

AVANCE y perspectiva

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
del Instituto Politécnico Nacional

Mario Molina
Honoris causa del Cinvestav

Augusto García
Un pionero de la física de altas energías

Cinvesnin@s, una experiencia de
difusión del conocimiento científico

Maestrías y Doctorados en Ciencias

Ciencias Exactas y Naturales

Ciencias Químicas

Física

Física Aplicada y Física Teórica

Física Aplicada y Fisicoquímica

Ingeniería y Física Biomédicas

Matemáticas

Ciencias Biológicas y de la Salud

Biología Celular

Biología Marina

Biomedicina Molecular

Bioquímica

Ciencias Marinas

Farmacología

Fisiología Celular y Molecular;

y Neurobiología Celular y Molecular

Genética y Biología Molecular

Neurofarmacología y Terapéutica

Experimental

Infectómica y Patogénesis Molecular

Toxicología

Tecnología y Ciencias de la Ingeniería

Biotechnología

Biotechnología de Plantas

Control Automático

Computación

Diseño Interactivo y Manufactura

Ingeniería Eléctrica (DF)

Ingeniería Eléctrica (Guadalajara)

Ingeniería Cerámica

Ingeniería Metalúrgica

Ingeniería Metalúrgica y Cerámica

Materiales

Nanociencias y Nanotecnología

Robótica y Manufactura Avanzada

Ciencias Sociales

Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad

Ecología Humana

Investigaciones Educativas

Matemática Educativa

■ Programas clasificados por el Conacyt como Competentes a Nivel Internacional

En el Cinvestav sabemos valorar el interés de nuestros estudiantes por su superación, por ello cada año otorgamos al menos 500 grados del más alto nivel académico, a un ritmo de 6 Maestros en Ciencias y 3 Doctores en Ciencias por semana.

Más de 600 investigadores* están preparados para recibirte en 54 programas de posgrado certificados por el Conacyt.

Ten la seguridad que tu perseverancia, disciplina, rigor crítico e imaginación serán la base para tu formación en nuestras aulas y laboratorios donde serás entrenado como un científico competente a nivel mundial.

*679 miembros de nuestra comunidad pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (SNI). El 60% está en los niveles II y III del SNI.



Ciudad de México (Zacatenco y Coapa) • Guadalajara • Irapuato • Mérida • Monterrey • Querétaro • Saltillo • Tamaulipas

www.cinvestav.mx



AVANCE y perspectiva

Sumario

PERFILES

- 5 Augusto García González (1942-2009):
un pionero de la física de altas energías
Miguel Ángel Pérez
- 13 Transferencia Horizontal de Genes:
la dinámica natural de los genes
Rocío Anaís Pérez
- 33 Cinvesniñ@s, una experiencia de
difusión del conocimiento científico
Francisco Cordero
- 49 El Cinvestav en el Parque Científico
y Tecnológico de Tamaulipas
Arturo Díaz Pérez

ESPACIO ABIERTO

- 55 Mario Molina, doctorado
Honoris causa del Cinvestav
René Asomoza Palacio
- 61 Mario Molina, un ejemplo a seguir
por los jóvenes científicos de México
Rodolfo Tuirán
- 64 México requiere más inversión en
educación e investigación científica
Mario Molina

DOCUMENTOS

- 67 Balance de actividades del
Cinvestav en 2009
René Asomoza Palacio

MATICES

- 72 Rayos cósmicos en México y Darwin
Luis A. Orozco
- 75 La línea y el color como escritura
Aurora Gallardo



Consejo editorial

José Víctor Calderón
Bioquímica

Ricardo Cantoral Uriza
Matemática Educativa

Rubén Gerardo Contreras Patiño
Fisiología

Carlos Artemio Coello Coello
Computación

Francisco Javier Espinoza Beltrán
Unidad Querétaro

Alonso Fernández Guasti
Farmacobiología

Julia Elena Fraga Berdugo
Ecología Humana
Unidad Mérida

Eugenio Frixione
Metodología y Teoría
de la Ciencia

Gerardo Gold Bouchot
Recursos del Mar
Unidad Mérida

José Mustre de León
Física Aplicada
Unidad Mérida

Fabiola Constanza Nava Alonso
Ingeniería Metalúrgica
Unidad Saltillo

Juan José Peña Cabriaes
Biotecnología y Bioquímica
Unidad Irapuato

Cristina G. Reynaga Peña
Ingeniería Genética
Unidad Irapuato

José Ruiz Herrera
Ingeniería Genética de Plantas
Unidad Irapuato

Martha Rzedowski Calderón
Control Automático

Arturo Sánchez Carmona
Unidad Guadalajara

Revista Avance y Perspectiva

Susana Quintanilla
Dirección editorial

Ricardo Cerón Plata
Subdirector de intercambio
académico

Héctor Martínez Martínez
Jefe de difusión

Felipe Campos Gutiérrez
Corrección de estilo

María Calderón
Hipatia Palacios, ReD basic color
Diseño

Josefina Miranda López
Coordinación editorial

Verónica Arellano
Apoyo editorial

revista@cinvestav.mx
mirandal@cinvestav.mx
www.cinvestav.mx/publicaciones
Teléfono y fax: 5747 3371

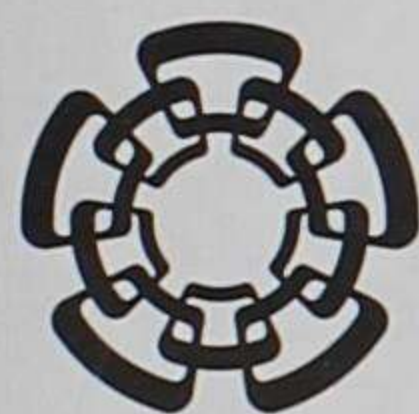
Cinvestav

René Asomoza Palacio
Director General

Arnulfo Albores Medina
Secretario Académico

Marco Antonio Meraz Ríos
Secretario de Planeación

Guillermo Augusto Tena y Pérez
Secretario Administrativo



Cinvestav

La revista *Avance y Perspectiva*, antes Cinvestav, órgano de difusión del Cinvestav-IPN (Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional) es una publicación trimestral dedicada a la difusión y divulgación de la actividad científica y de la vida académica del Centro. Los artículos publicados son responsabilidad de sus autores. Se autoriza la publicación parcial o total del material publicado con el requisito de que se cite la fuente. La edición correspondiente a octubre-diciembre, nueva época, volumen 2, número 4, se terminó de imprimir en el mes de abril de 2010. El tiraje consta de 5000 ejemplares. Editora responsable: Susana Ruth Quintanilla Osorio. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2008-102914483900-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 1728. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 1001. ISSN 1870-5499. Domicilio de la Publicación: Av. Instituto Politécnico Nacional, núm. 2508. Col. San Pedro Zacatenco, C.P. 07360, Deleg. Gustavo A. Madero, México D.F. Imprenta: Litoláser S.A. de C.V., Primera Privada de Aquiles Serdán núm. 28, Col. Santo Domingo Azcapotzalco, C.P. 02160, Deleg. Azcapotzalco, México D.F. Distribuidor: Cinvestav, Av. Instituto Politécnico Nacional, núm. 2508. Col. San Pedro Zacatenco, C.P. 07360, Deleg. Gustavo A. Madero, México D.F. Web del Cinvestav: www.cinvestav.mx

La obra reproducida en las fotografías de este número es de la artista plástica **Aurora Gallardo** a quien agradecemos su colaboración, agallardo@cinvestav.mx

Para las fotografías de los autores, agradecemos la colaboración de Ricardo Cerón, Sonia Izquierdo y Gerardo Ruíz.



Augusto García González (1942–2009): un pionero de la física de altas energías

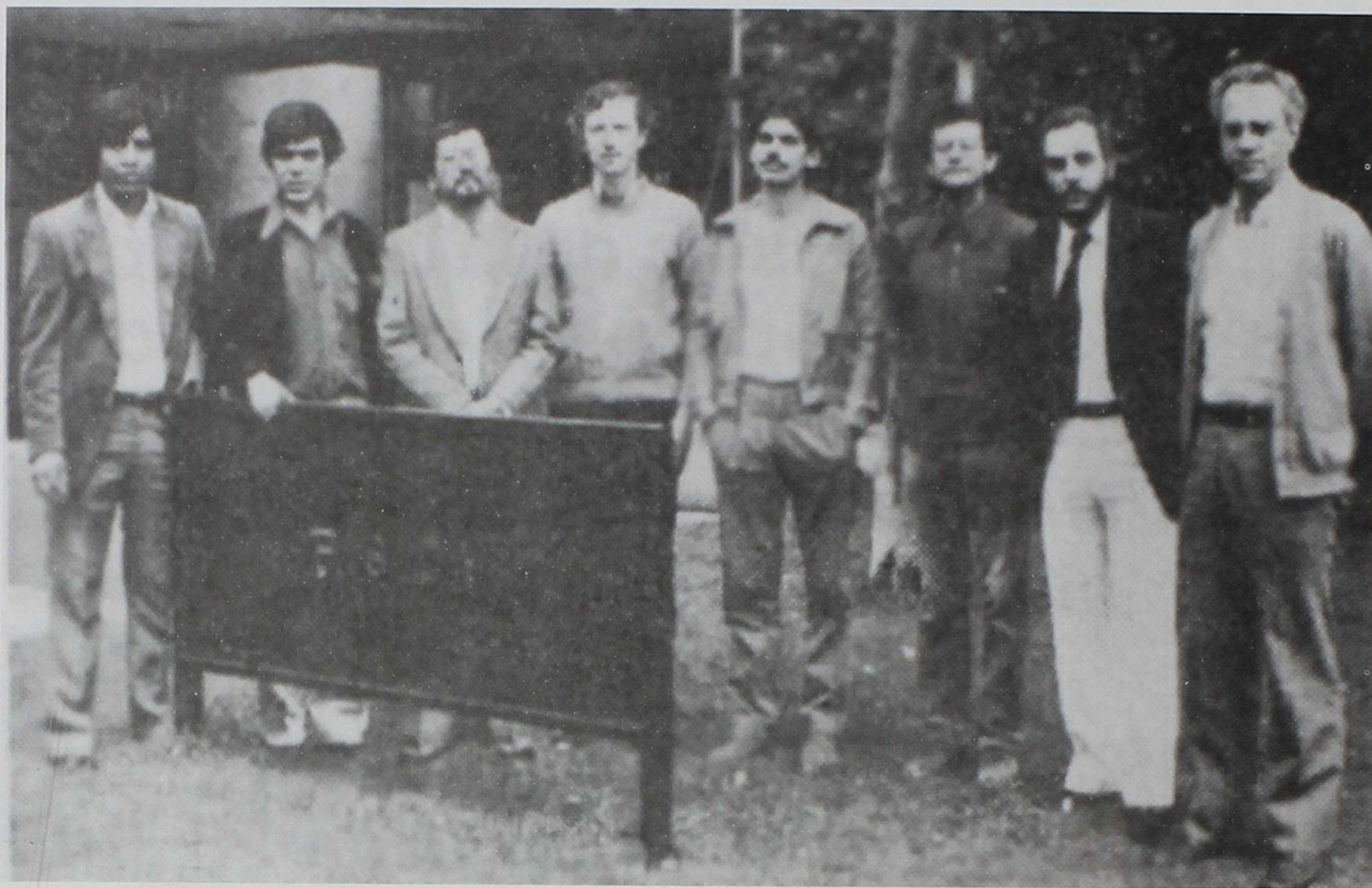
Miguel Ángel Pérez Angón

Semillero de nuevos científicos

El Dr. Augusto García González, quien era investigador titular del Departamento de Física del Cinvestav, falleció el 16 de agosto de 2009. Augusto realizó sus estudios de licenciatura en física en la Facultad de Ciencias de la UNAM y obtuvo su doctorado en la Universidad de Chicago en 1971. Después de una breve estancia posdoctoral en el Instituto Fermi de esa universidad, regresó a México para incorporarse inicialmente a la planta de investigadores de la Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN y luego al Departamento de Física del Cinvestav. Tuvo bajo su responsabilidad la jefatura de este departamento de 1981 a 1985, justo antes de la creación del Sistema Nacional de Investigadores y en una época de crisis económica caracterizada por la emigración de algunos científicos del país y de grandes dificultades para mantener la infraestructura física y académica en nuestro sistema de educación superior. Su liderazgo científico y su facilidad para negociar con las administraciones del Cinvestav, la SEP y el Conacyt permitieron sentar las bases para la consolidación de nuestro departamento como un semillero de nuevos científicos, con grupos de investigación que se han ubicado entre los más productivos en el área de las ciencias físicas en nuestro país.¹

El campo de investigación de Augusto fue la fenomenología de los decaimientos semileptónicos de los hadrones y desarrolló una estrecha interacción con los grupos experimentales que estudian estos procesos. Publicó más de 80 artículos originales de investigación en las principales revistas de física

El Dr. Miguel Ángel Pérez Angón es investigador titular del Departamento de Física del Cinvestav, mperez@fis.cinvestav.mx



El grupo de física de altas energías del Cinvestav en 1986: José Luis Lucio, Arnulfo Zepeda, Miguel Ángel Pérez Angón, Piotr Kielanowski, Rodrigo Huerta, Eduardo Cantoral, Miguel Socolowski y Augusto García.

de altas energías. En particular, su monografía *The Beta Decay of Hyperons*, publicada en colaboración con Piotr Kielanowski en la serie *Lecture Notes in Physics* 222 de la editorial alemana Springer Verlag en 1985, constituye un estudio exhaustivo sobre la física de las desintegraciones beta de los hyperones y se convirtió en una referencia clásica sobre el tema. Augusto y sus colaboradores, la mayoría de ellos formados por él mismo, se interesaron en generar predicciones precisas de la teoría electrodébil que pudieran ser utilizadas en las mediciones cada vez más precisas de los grupos experimentales del *Council Europeen pour la Recherche Nucleaire* (CERN, por sus siglas en francés) y Fermilab, *Fermi National Accelerator Laboratory*. Ante el avance de estas mediciones, Augusto y sus colaboradores tuvieron que explotar la consistencia del modelo estándar de las interacciones electrodébiles para calcular las correccio-

nes radiativas inducidas en el segundo y tercer orden del método de perturbaciones relativistas en el contexto de las teorías cuánticas de campo. Entre las citas que recibieron sus artículos de investigación están muchas de esos grupos experimentales y varios de sus artículos fueron citados en la “biblia” de partículas elementales: *Review of Particle Physics*.²

La formación de nuevos investigadores fue una actividad prioritaria para Augusto, tanto impartiendo clases como dirigiendo tesis de licenciatura y posgrado. Graduó 13 estudiantes de doctorado, 11 de maestría y tres de licenciatura. Formó una escuela de especialistas en su campo de investigación que trabajan ahora en la ESFM-IPN, Instituto de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Universidad de Guadalajara, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; además,



Augusto García con su esposa Kety y su hijo Pablo.

estimuló a varios de sus estudiantes para que incursionaran en nuevas líneas de investigación tales como: la física experimental de altas energías, la física médica, el control de redes satelitales, y sistemas computacionales.

Augusto era conocido por su actitud crítica y apasionada sobre todas las actividades académicas y de investigación, siempre adoptó una posición constructiva sobre el desarrollo de nuevos grupos de investigación fuera del área metropolitana de la ciudad de México. En uno de sus libros recientes,³ Freeman Dyson relata su relación con quienes llama “científicos rebeldes”, esto es, los investigadores que toman a la ciencia como una actividad subversiva en el buen sentido de la palabra. En este grupo de investigadores que tuvieron la visión de la ciencia como rebelión, se ubicarían reconocidos científicos como Richard Feynman, físico pionero en la gene-

ración de la teoría cuántica de campos; Norbert Wiener, matemático creador de la cibernética, que se negó a trabajar en instituciones gubernamentales de los EUA después de la explosión de las primeras bombas atómicas; Joseph Rotblat, el único científico que abandonó el proyecto Manhattan cuando supo que la amenaza de la bomba atómica alemana había desaparecido; Desmond Bernal, biólogo fundador de la biología molecular y militante del Partido Comunista Británico. A continuación relataré algunas de las “incursiones” protagonizadas por Augusto, que de manera clara lo ubican como un colega crítico, inconforme, independiente y solidario: como un científico rebelde.

COPEI

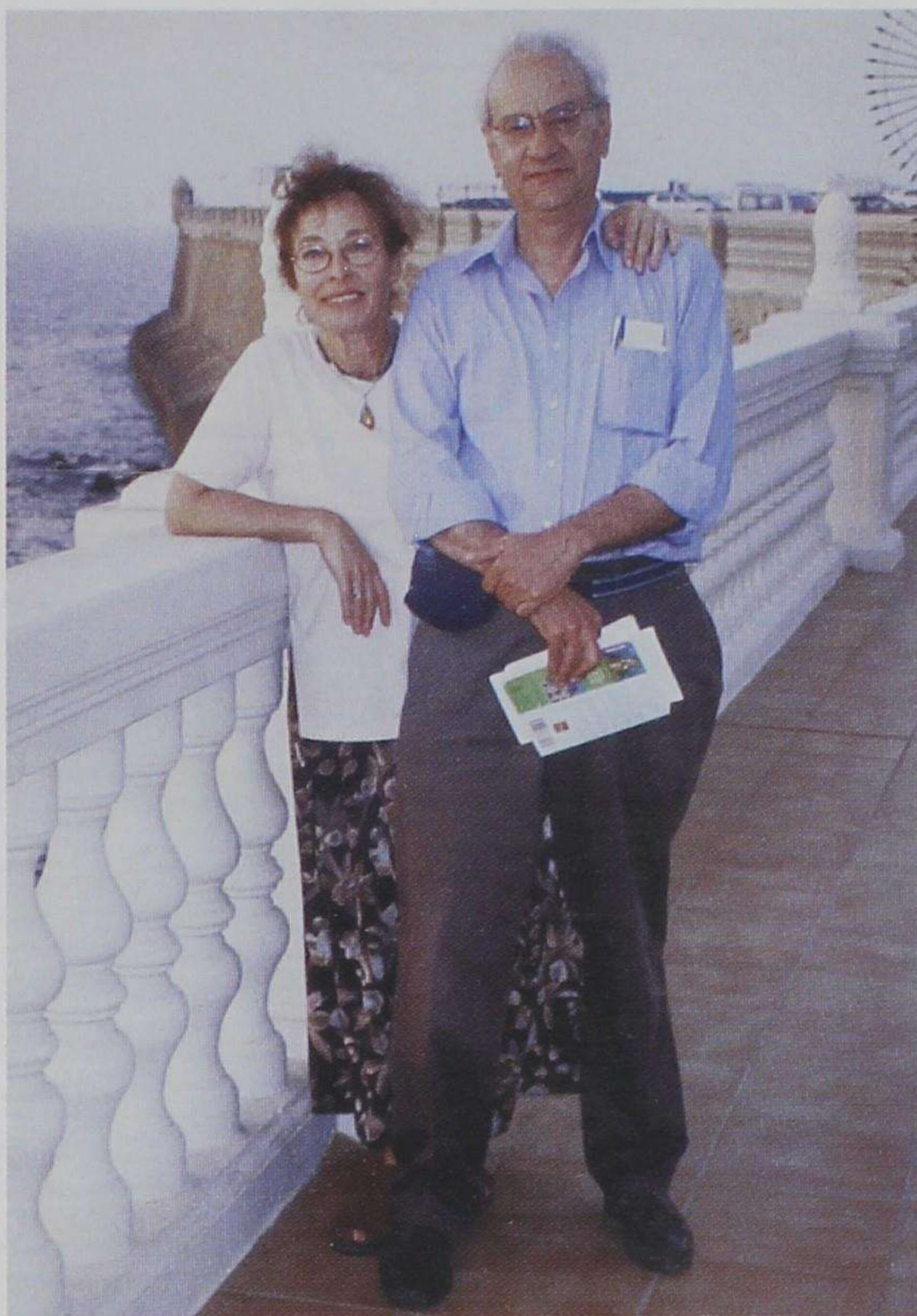
Cuando en 1981 presionamos a Augusto para que aceptara ser jefe de nuestro Departamento de Física en el Cinvestav, de inmediato se dio cuenta que mientras el Cinvestav no tuviera un esquema de promociones y contrataciones de nuevos investigadores sería imposible llegar a integrar un departamento de física competitivo, similar a los que existían en las universidades norteamericanas: “con cinco o seis grupos en diferentes líneas de investigación, cada grupo con unos 10 ó 12 investigadores, esto es, con una planta de 50 a 70 investigadores que impartieran los cursos de nuestros programas de posgrado” y que pudieran ofrecer un espectro razonable de temas de tesis a un grupo ideal de 100 a 120 estudiantes de posgrado. Ya como jefe de departamento, Augusto tuvo que convencer al director general y a los jefes de los departamentos del área biológica del Cinvestav, en aquel entonces “la crema y nata” del gremio científico de nuestro país, de la necesidad de contar con un reglamento sencillo y práctico que le permitiera a la Dirección del Cinvestav asignar categorías académicas razonables a jóvenes investigadores formados en el extranjero que deseaban incorporarse a nuestra planta académica. Augusto fue pionero en la conformación de lo que ahora es la Comisión de Promoción y Estímulos para los Investigadores (COPEI) del Cinvestav, con un reglamento que en su momento fue la base para definir las actividades de las comisiones dictaminadoras del SNI y otras instituciones del sistema científico mexicano.



Pero gracias a la labor paciente y a la capacidad de argumentación de Augusto, los departamentos con mayor tradición científica en el Cinvestav aceptaron una iniciativa originada en uno de los departamentos que, en ese momento, estaba en proceso de regenerar sus propios grupos de investigación.

SNI

En la primera convocatoria del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) publicada en 1984, los miembros de sus comisiones dictaminadoras tuvieron que realizar una evaluación apresurada de un elevado número de investigadores, de manera que el sistema entrara en operación en ese mismo año. Como consecuencia, sucedieron un gran número de injusticias en la asignación de las categorías académicas de los nuevos investigadores nacionales. El Cinvestav no fue la excepción: Augusto fue ubicado en el nivel II y la mayoría de nuestros investigadores obtuvimos el nivel I. Ante este problema, Augusto sugirió que invitáramos a Marcos Moshinsky a comer en uno de los restaurantes del norte del DF, con el fin de intercambiar opiniones sobre ese proceso de evaluación. Moshinsky fue muy franco y nos comentó que en su opinión nuestro departamento era claramente de nivel I y que sólo ubicó en el nivel III, la máxima categoría académica en el SNI, a la gente cuyo nombre le era familiar. En la evaluación de 1987 para definir la primera renovación de los nombramientos del SNI, Augusto fue ubicado de nuevo en el nivel II y como en ese entonces no existía un procedimiento de apelaciones, Augusto decidió renunciar a su nombramiento con el fin de tener otra evaluación de su currículum el año siguiente como miembro nuevo del sistema. Esto le permitió entrevistarse con cada miembro de la comisión dictaminadora para defender su currículum y convencerlos de sus méritos académicos. Resultado: en 1988 obtuvo su nombramiento como investigador nacional nivel III. A raíz de esta experiencia, Augusto me convenció de la necesidad de contar con un análisis estadístico sobre la producción científica de los miembros del SNI, de manera que pudiéramos ubicar los “mínimos reales” en su producción por nivel y especialidad. Para ello contamos con la colaboración de Salvador Malo, en ese



Augusto García con su esposa Kety.

entonces director del SNI. Este trabajo fue publicado en 1988⁴ y sirvió como una fuente de información “dura” para generar un sistema de evaluación más flexible en el SNI, una vez que Augusto se integró a las comisiones dictaminadoras.

Nuevas líneas de investigación

En 1982 se celebró en Cocoyoc, Morelos el primer congreso interamericano sobre física y tecnología de altas energías con la participación de tres premios Nobel de Física: León Lederman, Sheldon Glashow y Burton Richter. En esa reunión se decidió impulsar la creación de grupos experimentales de altas energías en las instituciones mexicanas. Por parte de la UNAM esta



iniciativa la encabezaron Matías Moreno y Clicerio Avilés, cambiando sus líneas de investigación teóricas a experimentales. Por parte del Cinvestav participamos Augusto García, Arnulfo Zepeda y Miguel A. Pérez Angón. Pero en nuestro caso decidimos entusiasmar a algunos de nuestros estudiantes de maestría para que realizaran sus tesis de doctorado en Fermilab o en el CERN, bajo la dirección de investigadores ubicados en esos laboratorios. Augusto fue el motor de esta iniciativa y a pesar de las restricciones económicas de la época, con el apoyo de esos laboratorios, fue posible formar la primera generación de investigadores experimentales que después de realizar estancias posdoctorales se incorporaron a nuestro departamento y a su vez ellos ya han formado nuevas generaciones de investigadores, ahora fungiendo ellos mismos como directores de tesis. Este proceso tomó casi 20 años y gracias al entusiasmo de Augusto ahora existen nueve grupos de investigadores mexicanos que participan de manera activa en las colaboraciones internacionales que desarrollan sus experimentos en Fermilab, CERN y DESY, *Deutsches Elektronen Synchrotron*. Hace diez años intentamos repetir esta experiencia en la creación de la física médica como una nueva línea de investigación en nuestro departamento. Pero en esta ocasión no contamos con el apoyo pleno de nuestra administración y el grupo de investigación todavía está en proceso de consolidación. Augusto estaba muy orgulloso de haber “graduado” (como co-director interno de tesis de doctorado) el primer investigador con doctorado en esta nueva especialidad en México. Se trata de Emilio Esparza, su director “real” fue Ross Huson de la Universidad Texas A&M, y el tema de tesis fue el desarrollo de un prototipo de magneto natural, en contraposición con los magnetos superconductores, para ser utilizado en aparatos de resonancia magnética nuclear. Emilio realizó una estancia posdoctoral en la Universidad de Wisconsin, la mejor en física médica en los EUA, pero no pudo reintegrarse a nuestro departamento por faltarle una publicación en revistas incluidas en los índices internacionales. En cambio, había generado nuevos programas de cómputo para ser utilizados en imagenología tridimensional de resonancia magnética, que no generan artículos en revistas, sino nuevos productos comerciales y esto no cuenta para las promociones en el Cinvestav o en

el SNI. Ahora Emilio se encuentra trabajando en el Hospital Anderson de Houston, Texas, dirigiendo el grupo de físicos médicos de ese hospital.

Nuevos grupos de investigación

Augusto también jugó un papel determinante en la consolidación de nuevos grupos de investigación y de sus propios programas de posgrado con innumerables consejos, sugerencias y críticas, con el fin de desarrollar proyectos de investigación y nuevos investigadores de calidad. Entre ellos están los grupos de ESFM-IPN, ESCOM-IPN, IF-UASLP, FCFM-BUAP, y las Unidades Mérida y Querétaro del Cinvestav. En particular, en el caso del Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato su intervención fue crucial para que no se dismantelara el grupo de física experimental de altas energías a la muerte de su fundador, Clicerio Avilés. En los últimos años asesoró en muchos aspectos al grupo de jóvenes investigadores que fundaron el Instituto de Física y Matemáticas de la Universidad Autónoma de Chiapas, en un medio ajeno a la actividad científica y con escasos recursos.

Sin lugar a dudas, Augusto cumplió con creces uno de sus principales consejos a los nuevos investigadores mexicanos⁵:

La principal tarea de los científicos básicos en un país como el nuestro es construir una red de universidades e institutos tecnológicos que funcionen bien, que formen a las nuevas generaciones con calidad en los aspectos profesionales y científicos. A final de cuentas, esto es lo que permanecerá de nuestra labor con el transcurso del tiempo.

REFERENCIAS

1. M. A. Pérez Angón y G. Torres Vega, *Avance y Perspectiva* 17, 147 (1998); <http://www.atlasdelacienciamexicana.org>
2. C. Amsler, *et al.* (Particle Data Group), *Phys. Lett.* **B667**, 1 (2008).
3. F. Dyson, *The Scientist as a Rebel* (New York Review of Books, EUA, 2006); traducción al español, *El científico rebelde* (Random House Mondadori, Barcelona, 2008).
4. M. A. Pérez Angón y G. Torres Vega, *Bol. Soc. Mex. Fis.* **2**, 65 (1988).
5. A. García y M. A. Pérez, *AIP Conf. Proc.* **857B**, 3 (2006).



Transferencia Horizontal de Genes: la dinámica natural de los genes

Rocío Anaís Pérez Gutiérrez

Durante mucho tiempo la naturaleza de los genes ha sido concebida como una característica estática y conservada a través de las generaciones, esto ha provocado que cuando se habla de alimentos transgénicos o cualquier proceso y producto que sea resultado de una manipulación genética, y por ende de un cambio o reubicación de genes entre diferentes organismos, se sienta temor por las consecuencias. Sin embargo, actualmente sabemos que los genes no son entidades estacionadas por y para siempre en un solo organismo, sino que tienen la cualidad de poder “saltar” de un organismo a otro y así innovar la información genética de los seres vivos. La naturaleza es la ingeniera genética por excelencia.

Un organismo transgénico o genéticamente modificado es cualquier organismo que, gracias al uso de la biotecnología, posee material genético que naturalmente es encontrado en organismos diferentes. Esta tecnología busca tener alto impacto en las esferas agrícolas, principalmente en la producción de alimentos. Actualmente son comunes las manifestaciones que satanizan cualquier intento de producir y aprobar el uso extenso e intenso de productos transgénicos, todo esto derivado del temor de mezclar genes de organismos diferentes. Sin embargo, lo que pocos saben es que en la naturaleza los genes no están estáticos y tienen el potencial de moverse o “saltar” de un organismo a otro sin importar que éstos sean completamente diferentes (con sus restricciones naturales por supuesto).



La Bióloga Rocío Anaís Pérez Gutiérrez es estudiante de Maestría en la especialidad de Biotecnología Vegetal en la Unidad Irapuato del Cinvestav, raperez@ira.cinvestav.mx

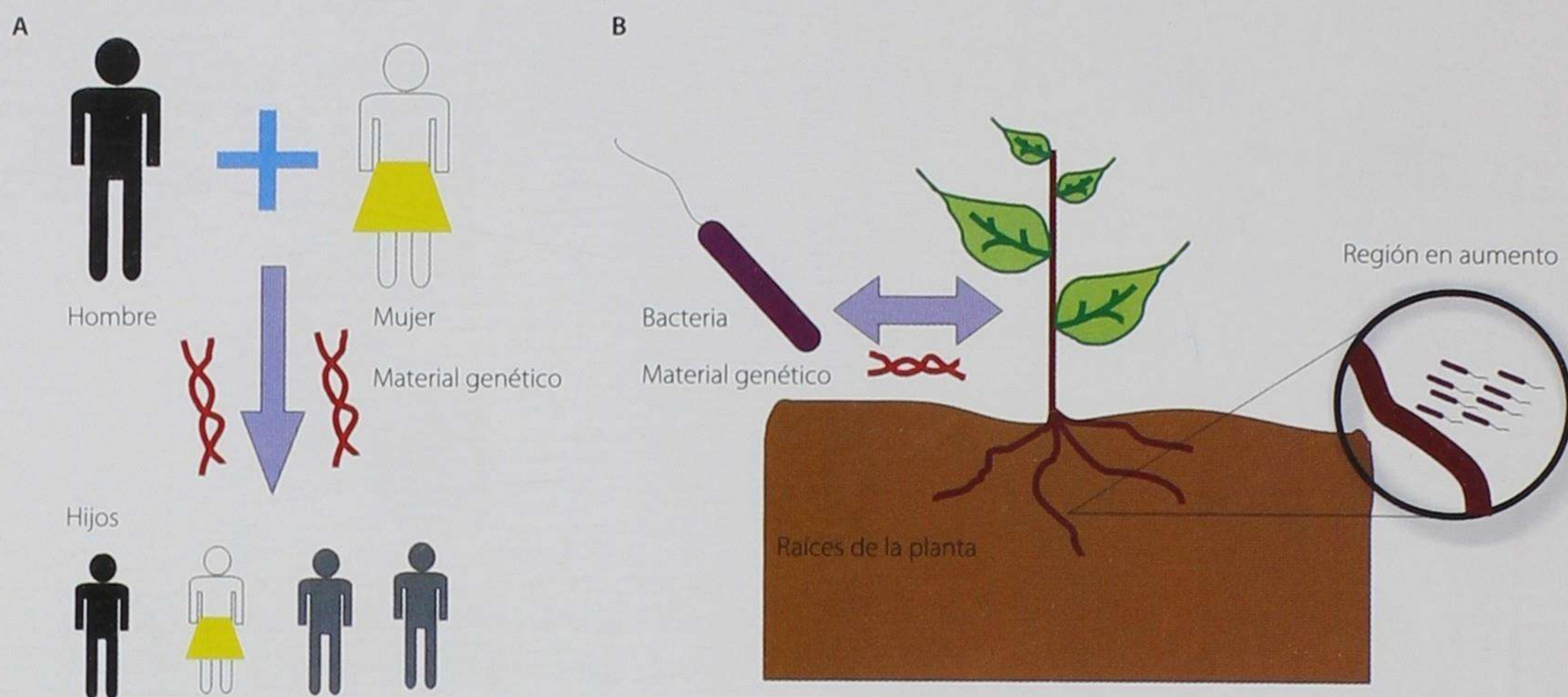


Figura 1. A) Transferencia vertical de genes. Generalmente involucra la reproducción sexual y se refiere a la herencia de material genético de progenitores a la descendencia. Se produce entre organismos de la misma especie. B) Transferencia horizontal de genes. Se produce entre organismos de una misma especie o de diferentes especies tal como señala la figura; entre una bacteria y las células de las raíces de la planta (ver región de aumento). El organismo que dona material genético no es el progenitor de aquel que recibe el material genético.

¿Qué es la Transferencia Horizontal de Genes (THG)?

El movimiento de genes entre diferentes organismos es conocido como Transferencia Horizontal de Genes (THG), es un mecanismo importante en la evolución de las especies así como en su adaptación a entornos cambiantes. Incluso la historia evolutiva de los organismos nos ilustra la antigüedad del fenómeno con ejemplos clásicos. La adquisición de cloroplastos por parte de las plantas y de mitocondrias por parte de los eucariotes, no sólo necesitó de eventos de endosimbiosis, sino también de un intenso intercambio de genes entre el endosimbionte y su huésped, que hizo posible la evolución del endosimbionte en un organelo celular.

Además de la intervención de la THG en la formación de cloroplastos y mitocondrias, existen otras evidencias de THG: con los proyectos de secuenciación genómica se postuló que el 18% del genoma de *Escherichia coli* es producto de más de 280 eventos de THG, también han sido encontrados genes de cia-

nobacterias en *Arabidopsis thaliana* y *Oryza sativa* (arroz), incluso en el genoma humano han sido hallados genes cuya ocurrencia puede ser atribuida a fenómenos de THG. El presente esbozo tiene como finalidad presentar un panorama general y en la medida de lo posible detallado de la THG, para que el lector pueda ampliar su visión cognoscitiva sobre este fenómeno y por lo tanto tener una postura y opinión informadas sobre la dinámica natural de los genes.

Existen dos formas en que los genes pueden ser transferidos de un organismo a otro, son: la transferencia vertical de genes y la transferencia horizontal de genes (Figura 1). En la primera la transferencia se da entre cualquier organismo y su descendencia. Existe también la transferencia genética sin necesidad de establecer una relación ancestro-descendiente, ésta es llamada THG (o también conocida como Transferencia Lateral de Genes), misma que engloba cualquier mecanismo mediante el cual los organismos tienen la capacidad de recibir, donar o intercambiar material genético con

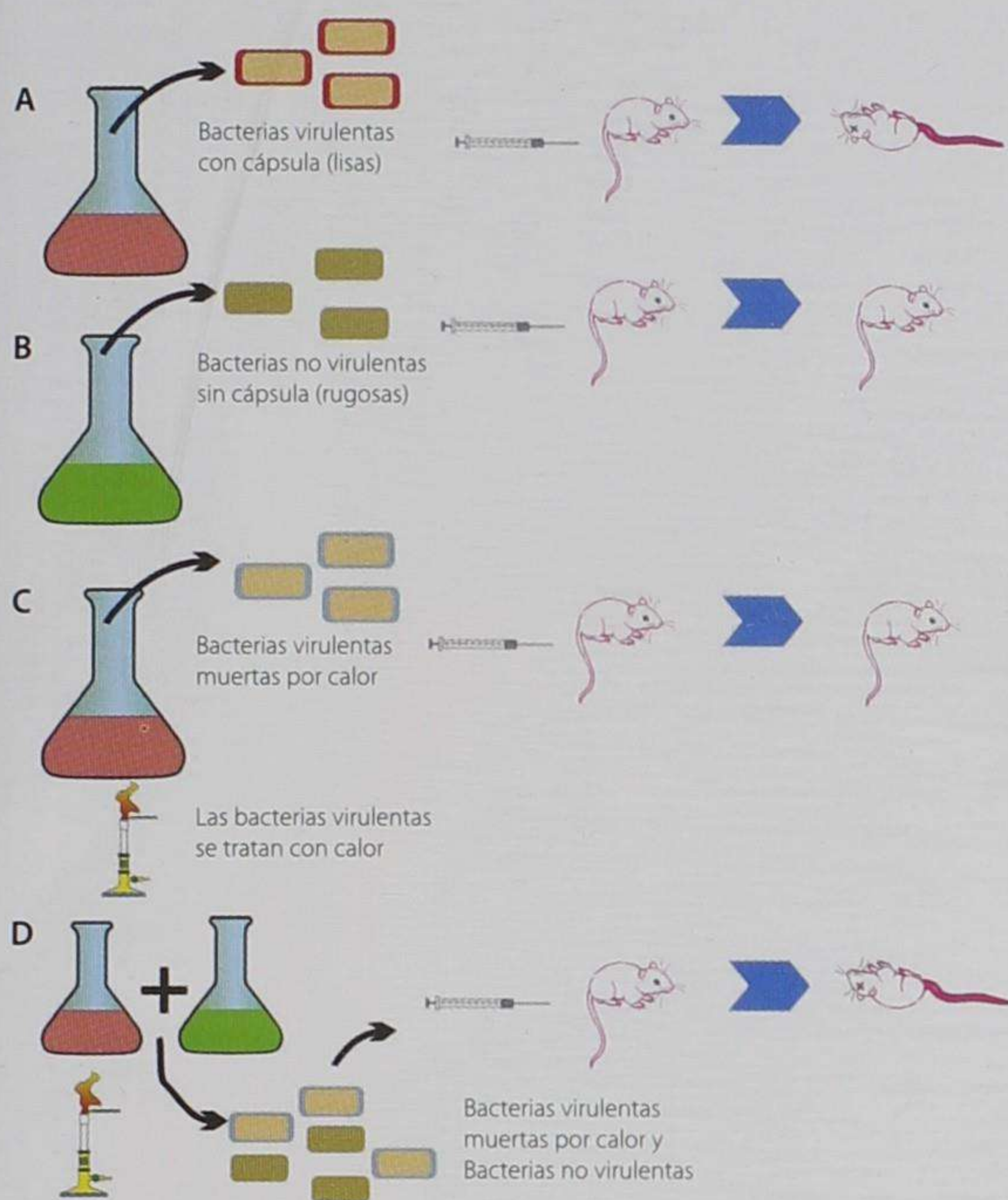


Figura 2. Observación de Griffith. Trabajando con 2 cepas bacterianas diferentes (cepa rugosa y cepa lisa) de la especie *Pneumococcus*, Griffith hizo una serie de experimentos que le permitieron concluir que el ADN transformaba a las bacterias. A) La cepa lisa era virulenta y al inyectarla en el ratón éste moría. B) Cuando la inyección era con cepas rugosas y por lo tanto no virulentas, el ratón sobrevivía. C) Cuando la inyección era de cepas lisas por lo tanto virulentas, pero tratadas con calor, el ratón sobrevivía, pues las bacterias habían muerto por el calor. D) Finalmente cuando se hacía una mezcla de bacterias no virulentas (rugosas) con bacterias virulentas (lisas), éstas últimas muertas por calor, el ratón moría, esto era debido a que las bacterias no virulentas (rugosas) se transformaban en bacterias virulentas (lisas) al estar en contacto con el ADN de las bacterias virulentas muertas por calor, proceso que se conoció como transformación.

organismos de la misma especie, de especies cercanamente emparentadas o incluso de dominios diferentes. La THG puede ocurrir de manera natural, por ejemplo algunas bacterias de suelo transfieren genes a las células de la planta que infectan o por intervención humana como las fertilizaciones *in vitro*, terapia génica o fusión de protoplastos, entre otras. El descubrimiento de este fenómeno se remonta a 1928 cuando Fred Griffith reportó la transferencia de material genético desde bacterias patógenas de *Streptococcus pneumoniae*, tratadas e inactivadas con calor, hacia cepas no virulentas de la misma especie (Figura 2), este proceso recibió el nombre de transformación. No fue sino hasta 1946 cuando fueron descubiertas otras formas de THG, y apenas en 1999 se ha llegado a postular que la THG debe ser considerada como uno de los nuevos paradigmas de la biología por sus implicaciones en la evolución.

Existen muchos procesos mediante los cuales naturalmente se produce THG, los más estudiados son los produci-

dos entre bacterias donde son reconocidos al menos tres: la transformación, la conjugación y la transducción, en otros organismos ha sido observada THG mediante fagocitosis, fusión celular, translocación mediada por vesículas o lisis de simbiontes intracelulares, entre otros.

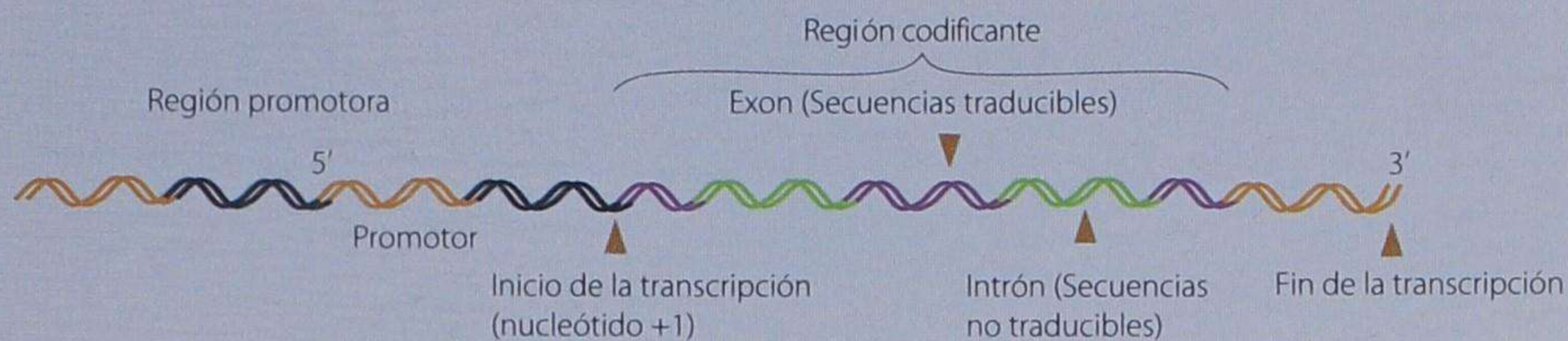
¿Cuál es el proceso general de las THG y a qué barreras se enfrenta?

No importa el mecanismo por el cual sea transferida una secuencia de ácido nucleico, en general deben cumplirse ciertas condiciones para que la transferencia sea un éxito, pueden ser resumidas en cuatro etapas.

Para que un fragmento de ADN ingrese al proceso de transferencia inicialmente necesita ser liberado desde la célula donadora, ya sea por exocitosis, por muerte de la célula, empaquetándose en una partícula vírica, integrándose a un



A Gen eucariótico



B Gen procariótico

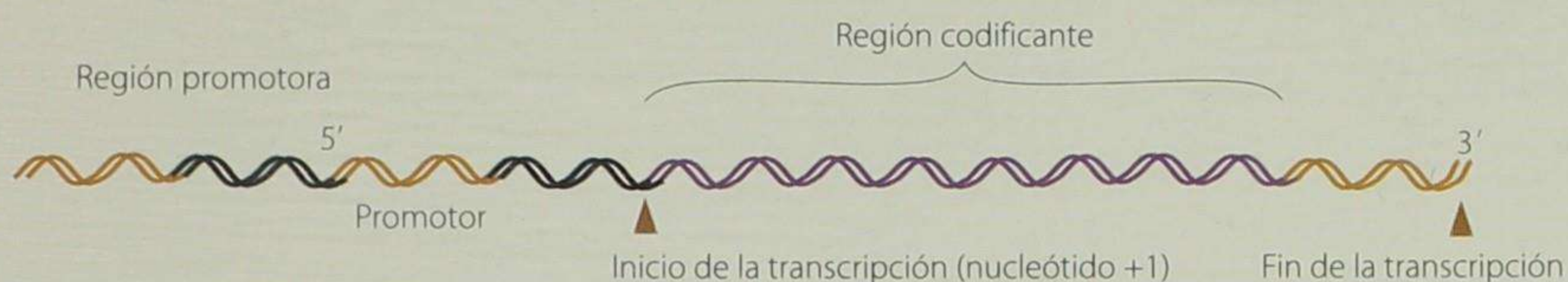


Figura 3. Partes de un gen. Todos los genes se componen de dos partes, la secuencia codificante y la secuencia reguladora. La secuencia codificante es la que lleva la información para producir un transcrito y la secuencia reguladora es aquella que controla el momento y niveles de expresión del gen. A) Esquema representativo de un gen eucariótico. B) Esquema representativo de un gen procariótico. Nótese que una de las diferencias es que en el gen eucariótico existen exones (secuencias que serán traducidas) e intrones (secuencias que no son traducidas) y en el gen procariótico solo hay un tipo de secuencia codificante.

plásmido o de cualquier otra forma previamente considerada. El siguiente paso en el proceso de la THG es que se presente una conexión entre el ADN de la célula donadora y el de la célula receptora, como podría ser el hecho de que en la superficie celular exista presencia de receptores para los mismos virus de la célula donadora, o bien que haya receptores que unan fragmentos libres de ADN o vesículas con material genético, esto con la finalidad de asegurar la entrada de las secuencias a la célula receptora.

Una vez concretado el intercambio físico de ADN, se avanza a la tercera etapa del proceso que se logra con los mecanismos necesarios para no dañar la secuencia; por ejemplo, que los sistemas de restricción no reconozcan la secuencia de ADN y la corten, o que el ADN empaquetado en vesículas sea capaz de quedar disponible en el núcleo y que no sea utilizado como fuente de energía.

Finalmente, la última etapa de cualquier proceso de transferencia es el establecimiento del transgén; éste puede producirse por recombinación homóloga o no homóloga, culmina con la expresión y regulación estable del

transgén, es decir que la secuencia que se ha insertado sea capaz de replicarse, transcribirse y traducirse de forma controlada. Cuando un gen logra integrarse y expresarse de manera exitosa en el genoma de una célula receptora, la transferencia horizontal ha sido exitosa a nivel celular; sin embargo, eso no asegura que será parte del genoma de toda la progenie, o que dicho gen será parte de toda la población. Para que esto suceda tienen que ocurrir una serie de eventos adicionales, como por ejemplo que el gen le confiera al organismo que lo recibió una ventaja adaptativa sobre el resto de la población, pues de esta forma el gen conferiría un mayor éxito en la supervivencia, haciendo que con el paso del tiempo la progenie con el transgén se haga mayoritaria en la población.

En caso contrario, puede ocurrir que la transferencia sea transitoria y que al tener un efecto neutral en el organismo, en las siguientes generaciones el transgén se pierda.

Lógicamente en la naturaleza no todas las células pueden completar la adquisición de un transgén, simplemente por su "compleción" genética. Los mismos requerimientos del



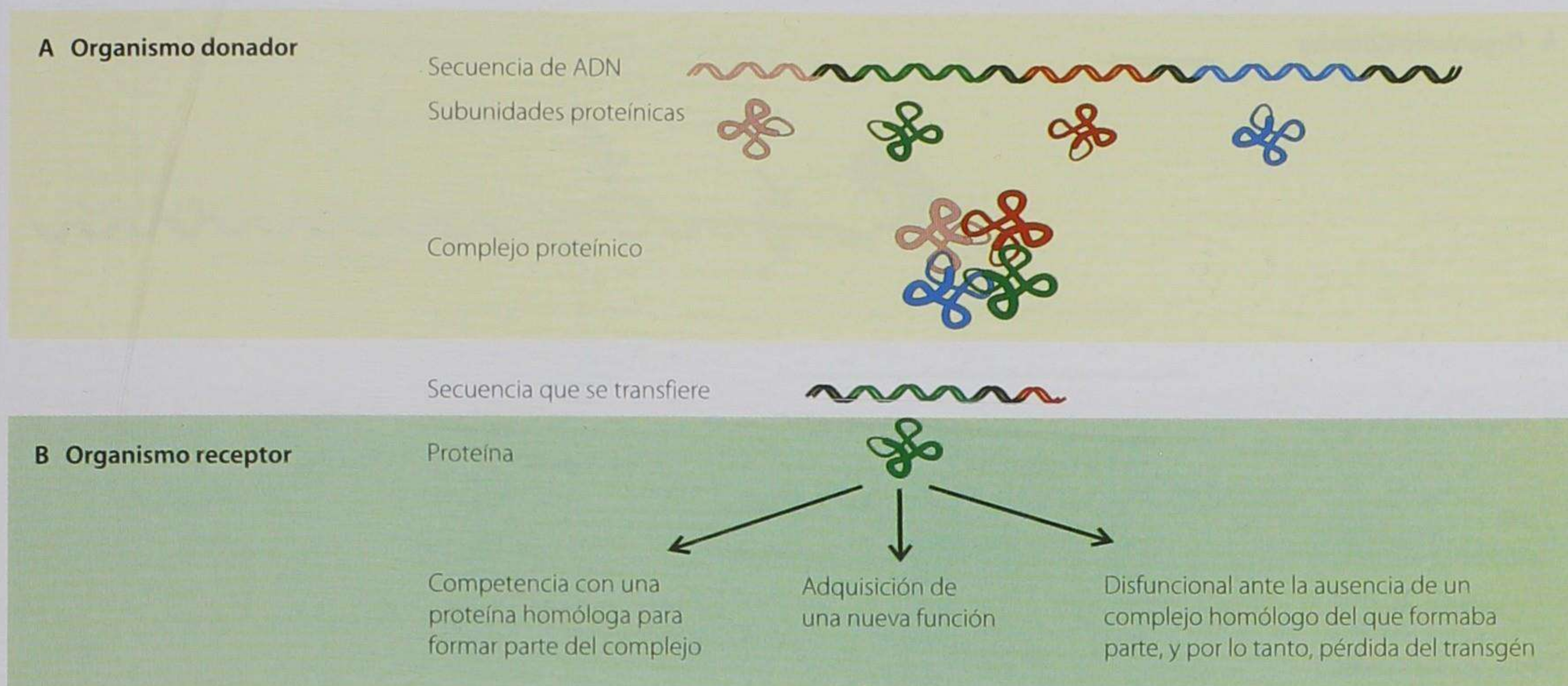


Figura 4. Complejidad proteínica. En la figura, el color amarillo representa al organismo donador y el color verde al organismo receptor, el color blanco es el entorno extracelular y puente de la transferencia de una secuencia en específico. A) En el organismo donador, existe una secuencia de ADN que tiene la información para codificar 4 proteínas, las cuales son subunidades de un complejo proteínico completamente funcional. B) Si el organismo receptor, permite la entrada del gen de una subunidad (subunidad verde), este gen una vez incorporado al genoma receptor tiene 3 destinos; el primero es competir con una proteína homóloga, ganar ventaja sobre ésta y por lo tanto formar parte del complejo homólogo. El segundo destino es adquirir una nueva función en el caso de que no haya complejo homólogo ni proteínas homólogas, y por lo tanto incorporarse exitosamente en el genoma receptor. Finalmente la secuencia gana mutaciones y degenera o se pierde del genoma receptor al codificar una proteína que no gana una nueva función ni se puede incorporar a un complejo proteínico, constituyendo este paso una barrera importante para la transferencia horizontal de genes.

proceso general de la THG fungen como barreras de la transferencia limitando el fenómeno a aquellos fragmentos y células que cumplan con todos los requisitos del proceso. De esta manera la exclusión por superficie (la ausencia de receptores compatibles), los sistemas de restricción, la incapacidad de un transgén para recombinar o incluso el hecho de que el gen confiera una característica negativa para la célula, constituyen barreras para la THG.

Además existen barreras adicionales para que un gen se fije o se establezca a través de las generaciones, como son la inserción sin promotor, la complejidad proteínica, la duplicidad génica, la conectividad génica del transgén y cambios en la dosis génica entre otros.

Un gen es definido como la unidad fundamental, física y funcional de la herencia, que transmite información de una generación a la siguiente; físicamente es un tramo de ADN compuesto de una región que se transcribe y una secuencia reguladora que hace posible la transcripción.

Dentro de las partes del gen (Figura 3) están los promotores; un promotor es una región reguladora situada a corta distancia del extremo 5' de un gen y actúa como sitio de unión de la polimerasa. Si una secuencia de ADN se transfiere sin su promotor y al integrarse en el genoma receptor no queda bajo la influencia de un promotor capaz de expresar la secuencia, dicho gen tenderá a perderse.

La complejidad proteínica es otra barrera a la THG. Se refiere al caso donde un gen codifique para una subunidad proteínica. Si en el organismo huésped no hay una contraparte al complejo proteínico del que formaba parte esta proteína y la subunidad proteínica no tiene función independiente, entonces tenderá a perderse; en caso contrario, si existe una contraparte del complejo proteínico, la subsistencia del gen dependerá del grado con que la subunidad proteínica se acople al complejo proteínico (Figura 4). Al mismo tiempo un transgén tendrá pocas posibilidades de perdurar si dentro del genoma germinal (el donador) estaba regulado

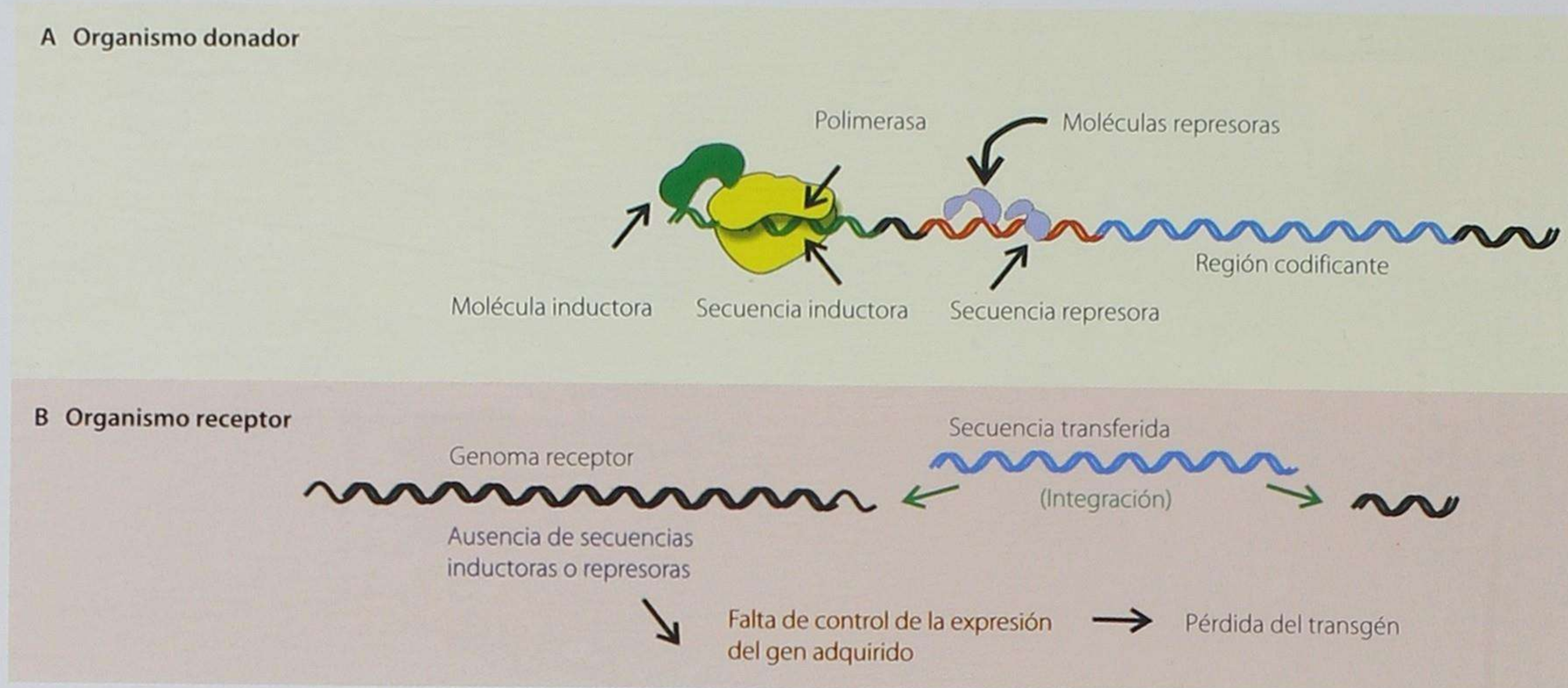


Figura 5. Conectividad génica. A) un gen o región codificante en el organismo donador se encuentra conectado con secuencias que inducen o reprimen su expresión. La molécula inductora aumenta la afinidad de la polimerasa por el promotor del gen, provocando la transcripción del mismo y la molécula represora se une a una secuencia río abajo del promotor del gen, evitando el libre tránsito de la polimerasa, ocasionando disociación y deteniendo la transcripción del mismo, esto regula la actividad del gen. B) Cuando el gen controlado y conectado a otras secuencias dentro del genoma donador se transfiere a un organismo receptor, corre el riesgo de integrarse en una región donde no haya secuencias inductoras o represoras, lo que derivaría en una falta de control de la expresión de dicho gen, teniendo como consecuencia la muerte de la célula y por lo tanto la pérdida del transgén en la población.

por la acción de diferentes genes (lo que es denominado conectividad génica) y en el genoma receptor no existen esos genes o no se establece esa regulación (Figura 5), pudiendo tener un destino fatal para la célula que recibe al gen.

Otro impedimento genético para que el transgén se mantenga dentro del genoma depende del número de copias que ya existen del gen en el genoma receptor, si se transfiere un gen que ya existía entonces se producirá una duplicidad génica y lo más probable es que sólo un gen se mantenga como tal en el genoma, el otro puede sufrir diversos destinos, ya sea que se pierda por delección o que acumule mutaciones que con el paso del tiempo le conviertan en una secuencia sin función o en un nuevo gen (Figura 6).

Finalmente un gen que porta información repetida para el organismo recipiente, puede modificar la *dosis génica* (cantidad de transcrito o proteína que debe expresarse en cierto momento y condición de la célula) lo que puede ser fatal para el destino de la célula (Figura 7).

Aunque hipotéticamente cualquier gen puede ser transferido, existen análisis que han evaluado las principales funciones de los genes que se han transferido en procariontes (sin considerar los elementos móviles) lo cual ha permitido categorizar a éstos en tres grupos: genes relacionados con la superficie celular, proteínas de unión al ADN y funciones relacionadas con la patogenicidad (Figura 8; modificado de Nakamura, *et al.*)

¿Cómo es detectada y cuantificada la THG?

Es posible detectar THG utilizando dos enfoques. El primero es una identificación indirecta y consiste en rastrear plásmidos, fagos y los estados de competencia en las células; si un organismo tiene plásmidos conjugativos, fagos activos y además es transformable naturalmente, es muy probable que pueda involucrarse fácilmente en procesos

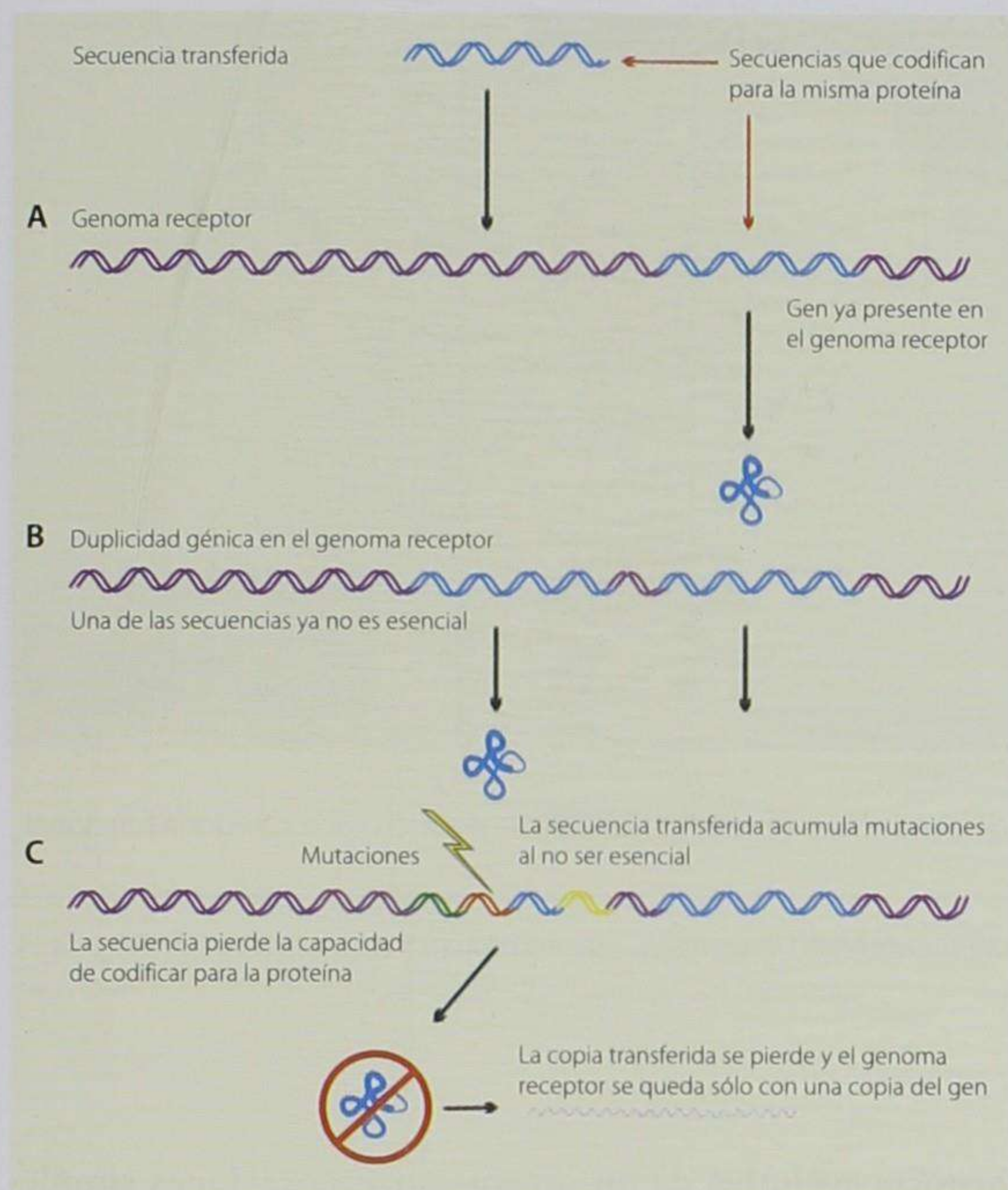


Figura 6. Duplicidad génica. La secuencia de la cadena de ADN se representa con colores diferentes. Nótese que en A) el genoma receptor tiene un gen representado en azul, que codifica a su vez para una proteína azul. En ocasiones la secuencia que se transfiere corresponde a un gen que ya estaba en el genoma receptor (véase que la secuencia transferida también es azul) B) Sin embargo al encontrarse ya una copia del gen transferido en el genoma receptor, una de las copias no es esencial y comienza a acumular mutaciones (representadas como cambios de color en la secuencia transferida). Esto puede derivar en la adquisición de nuevas funciones o en la degeneración y pérdida del gen.

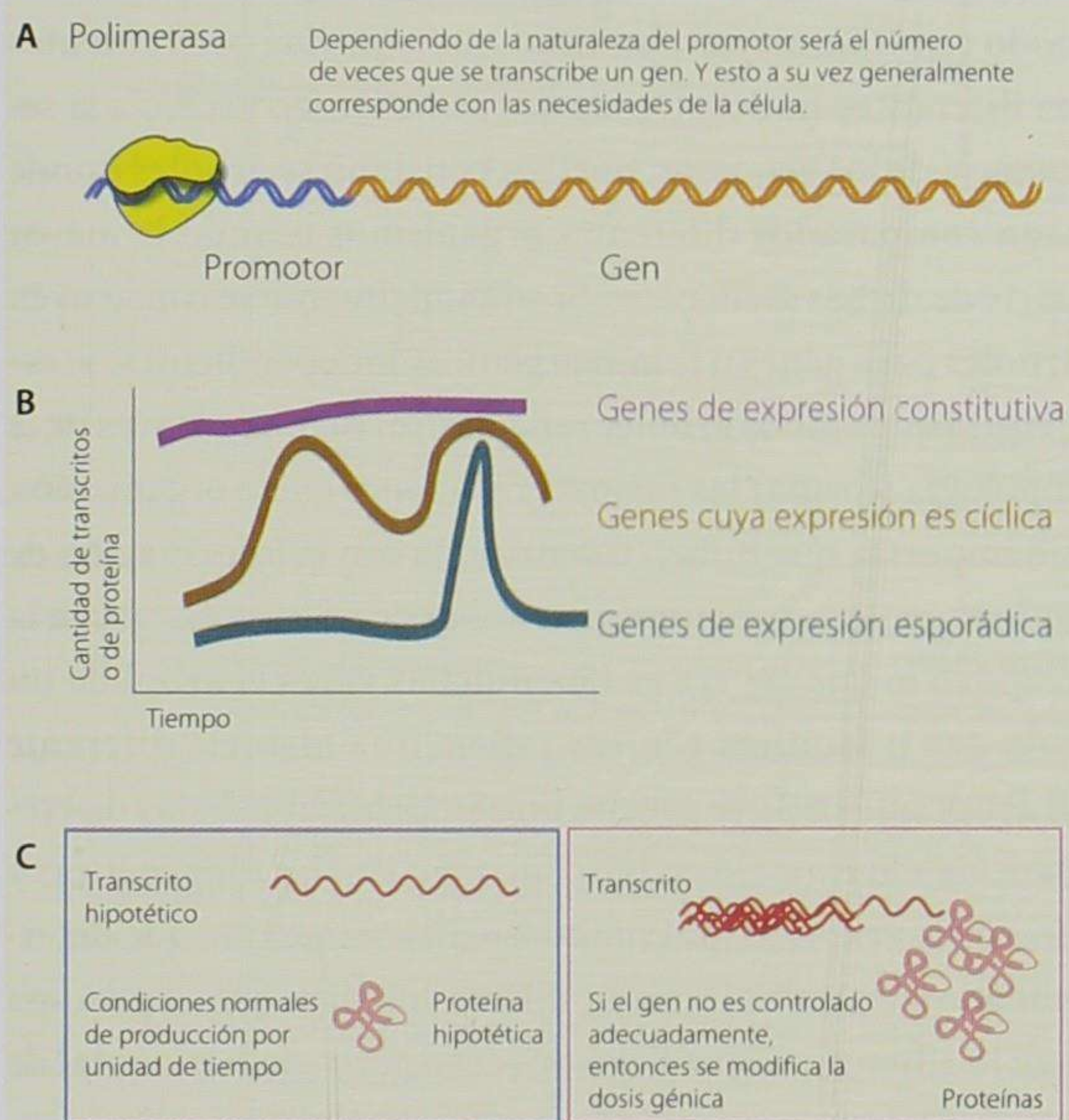


Figura 7. Cambios en la dosis génica de un organismo. A) La cantidad de transcrito o proteína producido por unidad de tiempo y bajo condiciones específicas para determinado gen se conoce como dosis génica y ésta depende del promotor del gen, pues es quien se une con mayor o menor afinidad con la polimerasa, enzima que transcribirá el gen. B) Existen 3 tipos de expresión génica; la expresión constitutiva (en la cual se produce transcrito y/o proteína durante toda la vida de la célula), cíclica (aquella que se induce y reprime según las necesidades de la célula) y la expresión esporádica (sólo presente en algunas etapas de la vida de la célula, como aquellos genes del desarrollo embrionario). Si un gen es expresado de manera diferente a la que le corresponde, esto puede tener consecuencias fatales para la célula C) Ejemplo gráfico de cómo se modifica la dosis génica, en el recuadro azul se observa la cantidad de transcrito y proteína bajo condiciones normales, si este gen es transferido y se inserta en un genoma receptor bajo un promotor diferente, ocurre lo que se ve en el recuadro rojo, la cantidad de transcrito y proteína (dosis génica) cambia y esto puede tener consecuencias letales para la célula, evitando que el transgén sobreviva en su nuevo hospedero.

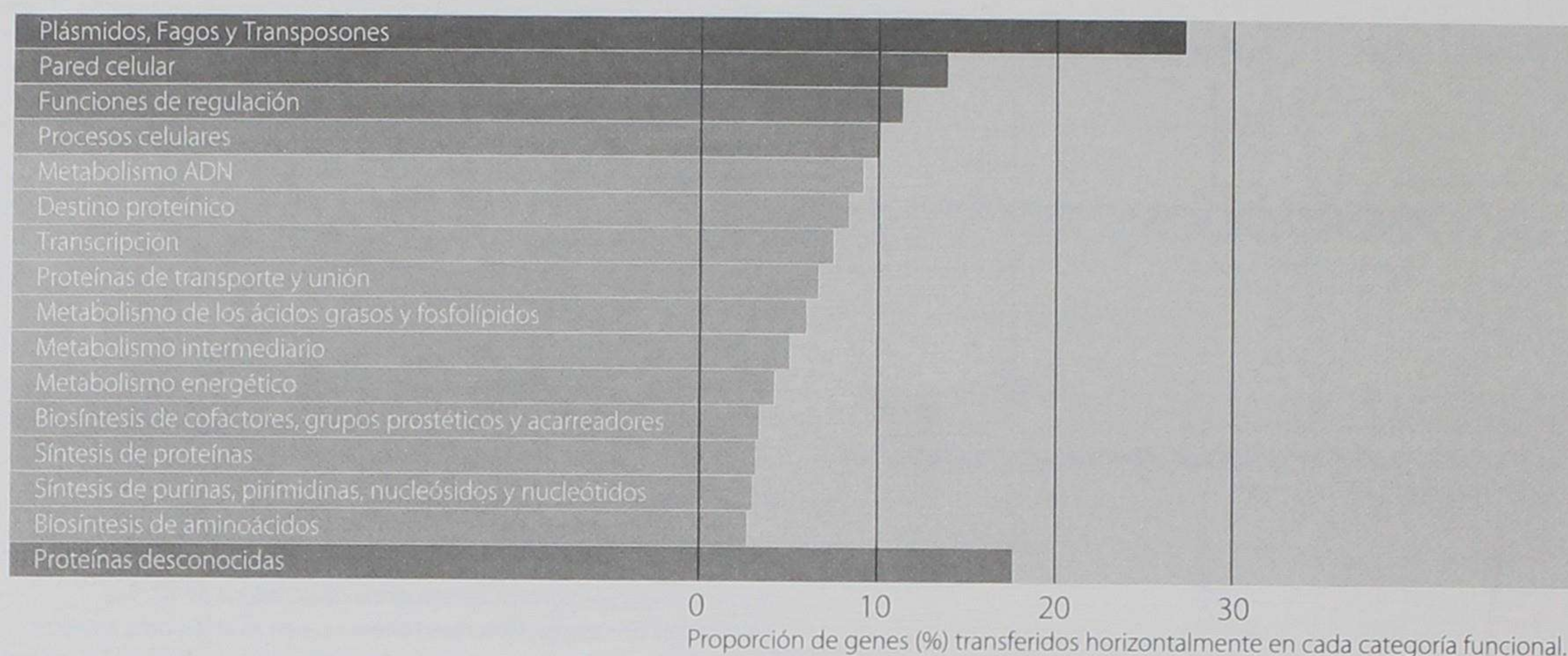


Figura 8. Categorías funcionales en las que se encuentran los genes mayormente transferidos horizontalmente en procariotes.

de THG. El segundo enfoque es directo y tiene diversas vertientes: la primera de ellas es mediante la evidencia experimental, donde un marcador genético es monitoreado desde un organismo que lo posee hasta un organismo que carece del marcador (Figura 9), el resto de las vertientes son ejecutando análisis bioinformáticos como:

- Métodos filogenéticos
- Análisis de composición de nucleótidos
- Análisis de uso de codones y aminoácidos
- Análisis de los escenarios evolutivos
- Búsqueda de homología

Métodos filogenéticos: para comprender claramente esta herramienta es prioritario definir que un árbol filogenético es un diagrama compuesto de nodos y ramas que muestra la relación entre distintas entidades (especies, genes, proteínas, etc.) según una característica observada. Cada nodo representa un evento de cambio y las ramas pueden correlacionar su longitud con el tiempo evolutivo o el número de cambios que debieron ocurrir entre cada evento. No todos los esquemas con esta forma tratan de explicar la

historia evolutiva de un organismo, en ocasiones simplemente señalan qué tan similares o divergentes son algunas entidades entre ellas, en cuyo caso es menos compleja la interpretación de un árbol: las ramas que surgen de un mismo nodo tendrán mayor similitud que aquellas provenientes de diferentes nodos. Desde que se ha tenido acceso a la secuencia de los genomas, pueden construirse árboles donde sean comparados diferentes organismos usando la mayor parte de dichas secuencias. Si adicionalmente se construyen árboles para genes o familias génicas independientes, se esperaría que ambos árboles reflejasen al menos a través de la topología (forma) las mismas relaciones entre organismos, sin importar que fuesen contruidos con la información de todo el genoma o de unos cuantos genes. Sin embargo, en la realidad lo que ocurre es que muchas veces el árbol de un solo gen o familias génicas refleja una historia diferente al árbol que incluye mucho más información. Estas discrepancias son conocidas como incongruencias filogenéticas y una de las explicaciones más sencillas es pensar que determinado gen no muestra la misma historia que el genoma que lo alberga porque llegó por transferencia horizontal de genes (Figura 10).

Marcador genético

(Por ejemplo: Resistencia al antibiótico X)

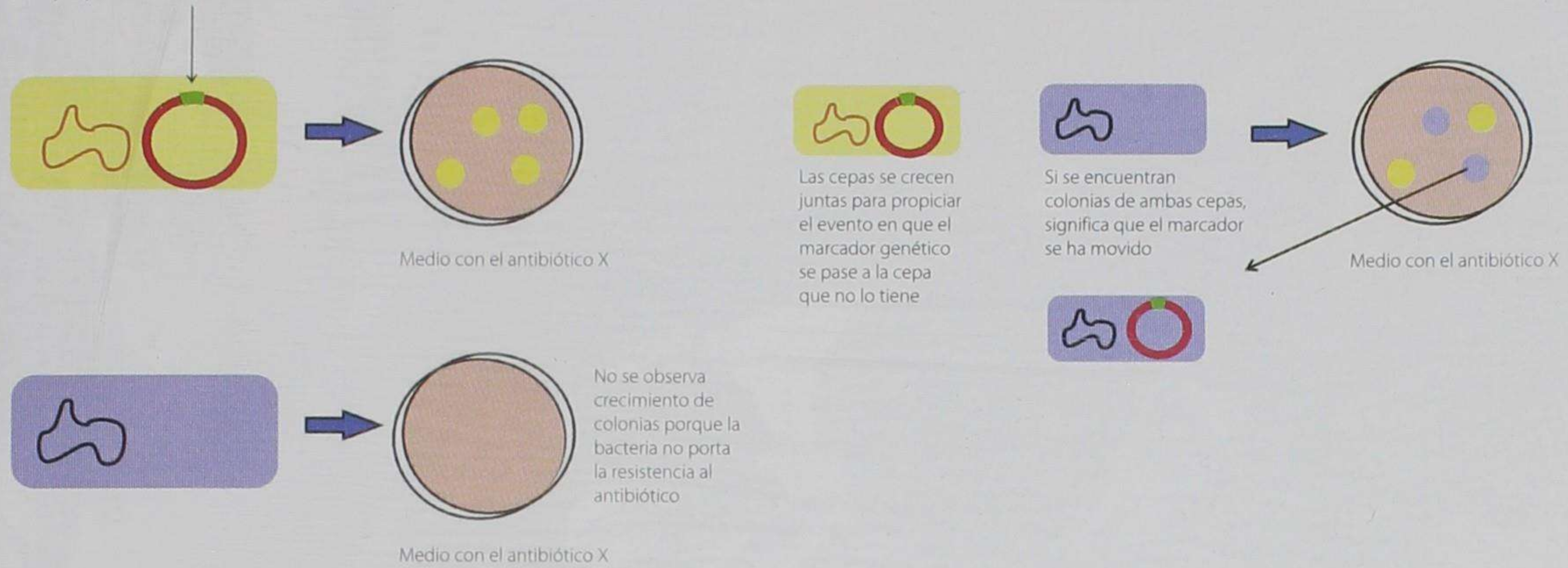


Figura 9. Enfoque experimental para detectar eventos de transferencia horizontal. Se identifica un marcador genético en un organismo y se busca su movimiento a través de organismos que carecen del marcador.

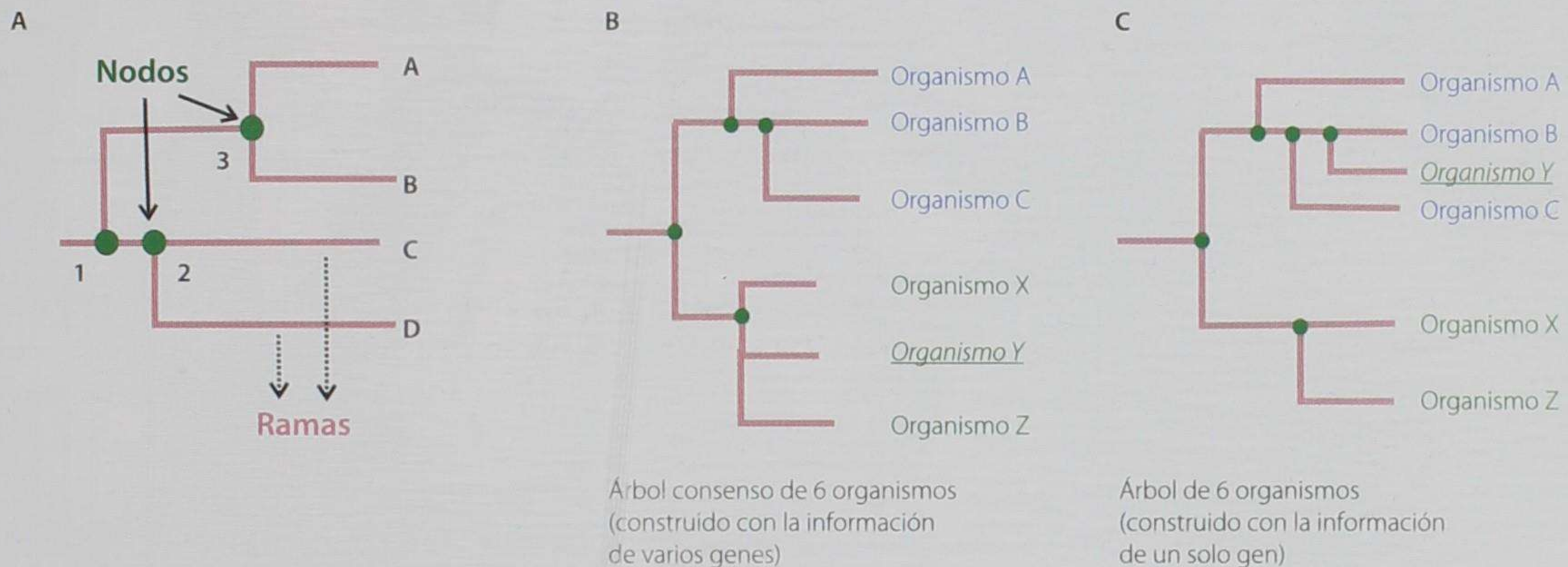


Figura 10. Detección de eventos de transferencia horizontal por métodos filogenéticos. Un árbol filogenético es una aproximación estadística de la historia evolutiva de un organismo. En A) se observan las partes de un árbol: las ramas y los nodos (los números señalan los nodos). De este árbol se obtiene la siguiente información: al comparar 4 entidades (organismos, genes, familias proteínicas, etc.) señaladas con 4 letras del alfabeto, se forman dos grupos, el primero proviene del nodo 2 y el segundo del nodo 3. Ambos grupos se originan del nodo 1. El grupo más antiguo es el que surgió del nodo 2, puesto que está más cerca del nodo "origen" (nodo número 1). Hipotéticamente A y B deben ser más parecidos entre ellos que comparados con C y D, y viceversa. B) Se muestra la historia filogenética consenso de 6 organismos (construida con genes específicos que casi no cambian a través del tiempo, es decir genes conservados). Se observan dos grupos, conformados por A, B, C y X, Y, Z respectivamente. Por lo tanto A, B y C están más emparentados y muestran mayor similitud entre sí que con respecto a X, Y, Z. Sin embargo, en C) se muestra un segundo árbol construido a partir de un solo gen, donde se observa una historia diferente, pues el árbol refleja que Y está más emparentado con A, B y C que con X y Z, esto se conoce como una incongruencia filogenética, pues el árbol construido con un solo gen debería ser igual o reflejar la misma historia que el árbol consenso mostrado en B), pero no es el caso. La detección de este tipo de incongruencias filogenéticas puede ser interpretada como "evidencia" de eventos de transferencia horizontal, donde la explicación es que el gen analizado en la ilustración (C) del organismo Y, se transfirió horizontalmente desde un organismo del grupo A, B, C. Lo que hace que el organismo Y se agrupe con A, B, C, cuando se analiza ese gen en particular.



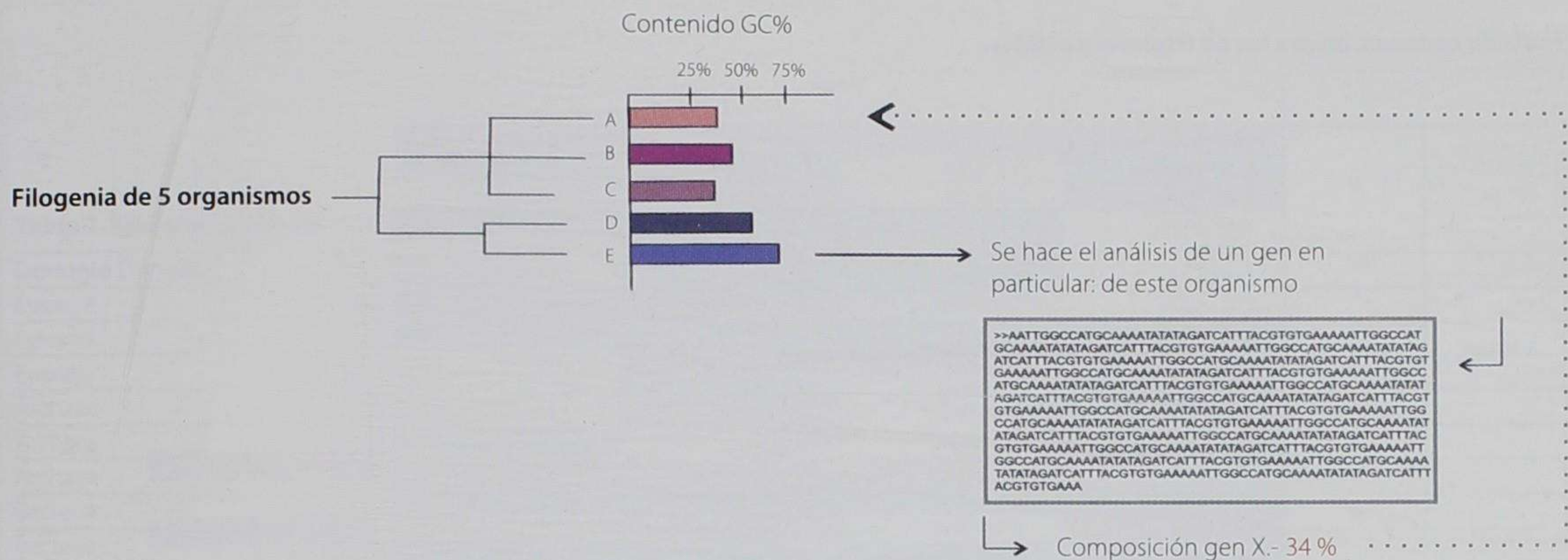


Figura 11. Análisis de uso de codones. En la ilustración, el organismo E tiene una proporción de GC en su genoma de aproximadamente 70%, pero al analizar el contenido de GC de un solo gen se encontró una proporción del 34%, cifra incongruente con el contenido de GC de todo el organismo, por lo tanto es probable que ese gen haya llegado por THG desde otro organismo, como por ejemplo el organismo A o el C, cuyo contenido de GC es similar al del gen analizado.

Análisis de composición de nucleótidos: con la secuenciación acelerada de diversos genomas, los científicos han observado que el contenido de GC (guanina y citosina) sobre AT (adenina y timina) es específico para cada especie y por lo tanto diferente entre organismos de especies distintas. Cuando es observado un cambio en el contenido de GC/AT en una secuencia con respecto al promedio observado en el resto de genes, puede presumirse que dicha secuencia ha llegado a través de THG (Figura 11).

Uso de codones: existen codones sinónimos donde a pesar de diferir entre ellos codifican para el mismo aminoácido. Ha sido observado que en una misma especie es favorecido el uso de ciertos codones sobre otros sinónimos. Si se encuentra una proteína codificada mayoritariamente por codones raramente distribuidos en todo el genoma, entonces se piensa que dicha proteína tiene un origen externo al organismo y que llegó por THG (Figura 12).

Análisis de los escenarios evolutivos: la presencia, en una especie, de uno o más genes que son hallados en organismos relativamente separados filogenéticamente, y que no se hallan en organismos cercanos a dicha especie, indica la ocurrencia de eventos de transferencia (Figura 13).

Búsqueda de homología: la homología significativa entre especies lejanamente relacionadas, es un método rápido para determinar THG (Figura 14).

Aunque todos estos métodos son útiles para detectar posibles eventos de THG, deben ser manejados con mucho cuidado para evitar los sesgos y las sobre o subestimaciones del fenómeno, lo que convierte en una tarea difícil detectar los sucesos de transferencia. Aun más difícil resulta determinar la dirección de la transferencia, es decir qué organismo es quien donó y cuál es quien recibió, para empezar porque la colección disponible de secuencias genómicas es una muestra pequeña del universo genómico, por lo tanto es razonable no esperar identificar la verdadera fuente de cualquier gen presente en un genoma dado.

La cuantificación de los eventos de THG hasta el momento sólo ha sido trabajada en los genomas ya secuenciados y en familias génicas o proteínicas determinadas. El planteamiento es básicamente aplicar alguno de los métodos bioinformáticos de detección con la finalidad de comparar el comportamiento de esa familia génica o proteínica, ya sea a nivel de contenido de GC, uso de codones o incluso el árbol filogenético con el análisis general de todo el genoma.

Tabla de codones. Ilustra los 64 triplete posibles.

		2ª base			
		U	C	A	G
1ª base	U	UUU Fenilalanina	UCU Serina	UAU Tirosina	UGU Cisteína
		UUC Fenilalanina	UCC Serina	UAC Tirosina	UGC Cisteína
		UUA Leucina	UCA Serina	UAA Ocre Parada	UGA Ópalo Parada
		UUG Leucina	UCG Serina	UAG Ambar Parada	UGG Triptófano
	C	CUU Leucina	CCU Prolina	CAU Histidina	CGU Arginina
		CUC Leucina	CCC Prolina	CAC Histidina	CGC Arginina
		CUA Leucina	CCA Prolina	CAA Glutamina	CGA Arginina
		CUG 4Leucina	CCG Prolina	CAG Glutamina	CGG Arginina
	A	AUU Isoleucina	ACU Treonina	AAU Asparagina	AGU Serina
		AUC Isoleucina	ACC Treonina	AAC Asparagina	AGC Serina
		AUA Isoleucina	ACA Treonina	AAA Lisina	AGA Arginina
		AUG 1 Metionina	ACG Treonina	AAG Lisina	AGG Arginina
	G	GUU Valina	GCU Alanina	GAU ácido aspártico	GGU Glicina
		GUC Valina	GCC Alanina	GAC ácido aspártico	GGC Glicina
		GUA Valina	GCA Alanina	GAA ácido glutámico	GGA Glicina
		GUG Valina	GCG Alanina	GAG ácido glutámico	GGG Glicina

Codones consenso del organismo
Codones del gen Z

Figura 12. Diferencias en el uso de codones. La tabla muestra todos los codones posibles para sintetizar los 20 aminoácidos. En rojo se representan los codones más usados por el genoma de un organismo y en azul, el uso de codones en un gen del mismo organismo. Nótese que usan siempre codones diferentes excepto la metionina y el triptófano, para los cuales sólo existe un codón codificante (es por eso que se distinguen en morado). En este ejemplo el uso de codones es claramente diferente por facilidad didáctica, en la realidad pueden existir varios codones compartidos, y el grado de diferenciación entre el uso de codones suele ser más complejo y menos evidente.

Además de encontrar un evento potencial de THG, es necesario encontrar la contraparte supuestamente donadora para completar la historia y demostrar que en algún periodo de la evolución ambos organismos compartieron al menos un mismo hábitat.

Recientemente surgió una base de datos pública dirigida por un grupo español de investigación (<http://genomes.urv.es/HGT-DB/>), la cual ambiciona registrar datos sobre THG de todos los genomas secuenciados. Por el momento han logrado analizar cerca de 480 genomas, los genomas completos publicados hasta hoy alcanzan los 935. Cabe mencionar que, con el afán de disminuir el margen de error de la estimación de eventos de THG, este proyecto utiliza una sofisticada combinación de métodos bioinformáticos previamente mencionados.

Extensión de la THG

Existen evidencias de la ocurrencia de la THG en los tres dominios de la vida; Bacteria, Archaea y Eukarya, en casi todas las direcciones. En la Tabla 1 podemos observar algunos ejemplos de dichas transferencias.

Los ejemplos por excelencia

Aunque en la Tabla 1 son observados diferentes ejemplos de casos concretos de THG, existen 3 ejemplos que generalmente saltan a la vista por su importancia en la vida humana y por las implicaciones evolutivas del fenómeno, son: la transferencia de genes de resistencia a antibióticos, la transferencia de genes entre un patógeno y una planta, y finalmente la THG que se estableció en la endosimbiosis que originó algunos organelos celulares.

Transferencia de genes de resistencia a antibióticos

El descubrimiento del primer antibiótico ocurrió en 1929 cuando Alexander Fleming descubrió la penicilina. Desde entonces los antibióticos han sido utilizados extensa e intensivamente para contrarrestar las enfermedades humanas principalmente.

De la misma manera como un microorganismo produce sustancias que afectan a otro de diferente especie, existen los microorganismos que cuentan con los mecanismos para defenderse de dichos antibióticos. Estos mecanismos que

Tabla 1. Ejemplos de la extensión de la Transferencia Horizontal de Genes

Dominio Donador	Dominio Receptor	¿Qué se transfirió?
Eukarya	Eukarya	Glutaminil-tRNA transferasa
Eukarya	Archaea	TrpRS
Eukarya	Bacteria	GsiB_Bs (Proteína general de estrés)
Archaea	Eukarya	Genes de la piruvato-ferredoxina oxidoreductasa
Archaea	Archaea	Genes de lípidos de membrana
Archaea	Bacteria	Girasa reversa
Bacteria	Eukarya	Plásmido Ti
Bacteria	Archaea	Maquinaria genética para los sistemas de transducción de señales de dos componentes
Bacteria	Bacteria	Resistencias a antibióticos

van desde un simple procedimiento para expulsar el antibiótico de las células, hasta la modificación química de receptores y del antibiótico en sí, están codificados en el genoma del organismo y sorprendentemente estas capacidades pueden transmitirse por THG. El uso indiscriminado y no controlado de los antibióticos ha provocado la diseminación de la resistencia a los mismos. El consumo de antibióticos no es trivial, en cuanto que hay que conocer la dosis, el tiempo y la frecuencia de su consumo para asegurar que el microorganismo que se desea afectar quede eliminado en su totalidad. Lamentablemente la ingesta de antibióticos por los pacientes no puede ser controlada y generalmente no llega a concluirse en tiempo y forma provocando que las bacterias sobrevivientes tengan tiempo de adquirir la resistencia o favoreciendo la proliferación de aquellos organismos que no eran tan susceptibles a la presencia del antibiótico.

La diseminación de la resistencia a los antibióticos es un tema de preocupación en la medicina, pues día con día las dosis efectivas de antibiótico son incrementadas y deben ser empleados antibióticos cada vez más agresivos para el organismo.

Transferencia de genes entre un patógeno y las plantas (Figura 15)

Existe un patógeno bacteriano de plantas que causa la enfermedad de la agalla de corona, se trata de *Agrobacterium tumefaciens*. La bacteria aprovecha las heridas de la planta para ingresar a ésta, dentro de la planta se establece en los espacios intercelulares y desde allí inserta a la célula vegetal un plásmido de ADN circular de gran tamaño (200kb) –el plásmido Ti- (del inglés *tumor-inducing*). El plásmido Ti acarrea información para la integración de un fragmento del plásmido en el genoma de la célula, este segmento es conocido como ADN-T, el cual se inserta aparentemente al azar en el ADN de la célula.

El ADN-T tiene 2 funciones principalmente: la primera es la producción de hormonas involucradas con el crecimiento vegetal y la segunda es la producción de opinas. Las hormonas de crecimiento vegetal son las que provocan un crecimiento descontrolado en la zona de infección (tumor o agalla) que generalmente se produce en la base (corona) de la planta. Las opinas son compuestos nitrogenados que sólo aprovecha la bacteria, se producen principalmente dos: la nopalina



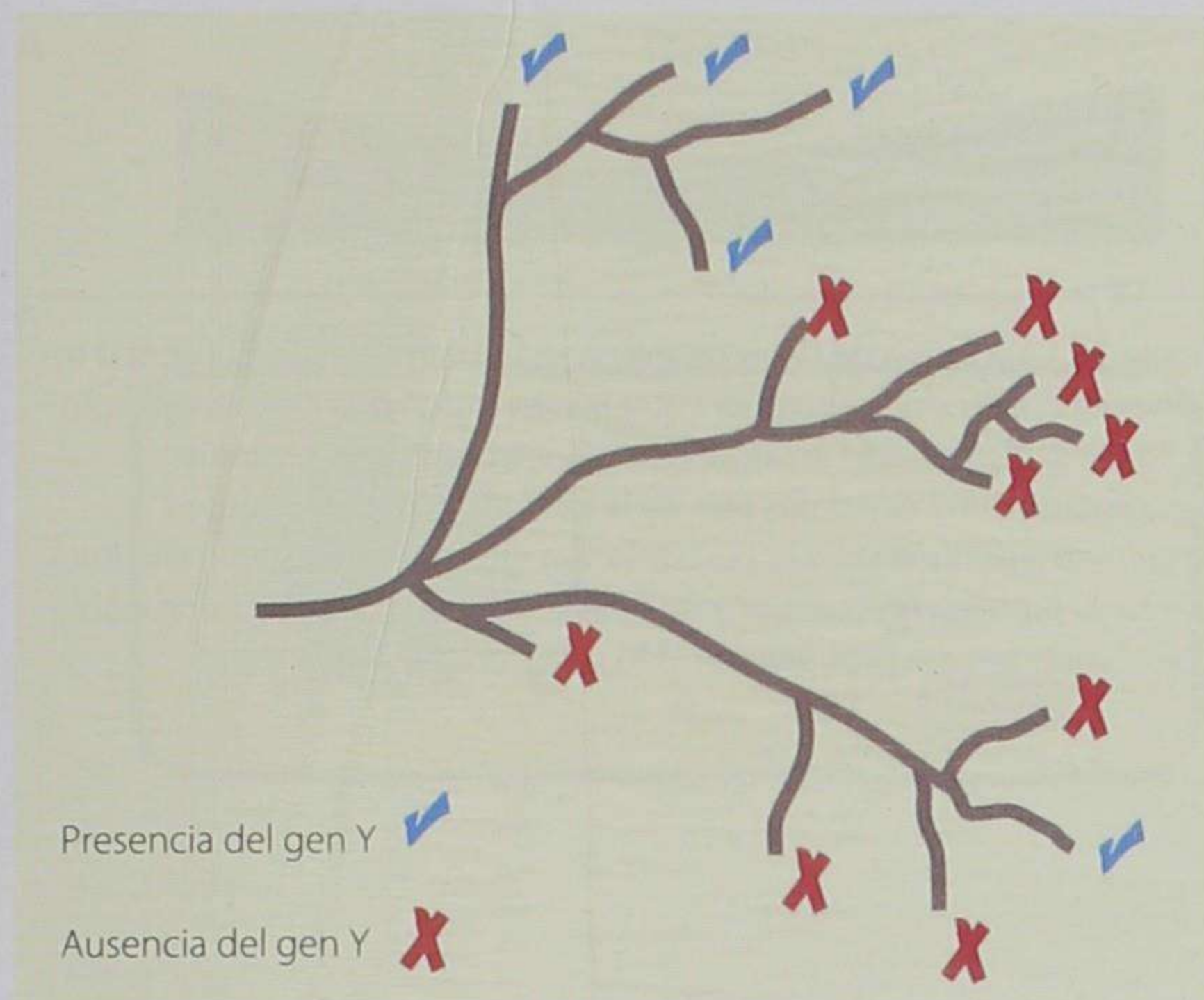


Figura 13. Análisis de escenarios evolutivos. Cada rama representa un organismo. Se distinguen 3 grupos de organismos por la cercanía de sus ramas. La presencia de un gen en un linaje (grupo) determinado, que está ausente en linajes emparentados, pero bien representado en organismos alejados filogenéticamente, puede ser evidencia de un evento de Transferencia Horizontal de Genes. En la ilustración obsérvese que en el grupo superior todos los organismos presentan el gen, luego, en el grupo intermedio ningún organismo presenta el gen y finalmente en el último grupo sólo hay un organismo con la presencia del gen y el resto de los integrantes del grupo carecen del gen, este gen presente en el organismo cuyo contexto evolutivo (los organismos agrupados con él) es diferente, pudo haber llegado por THG.

y la octopina. Esta es una enfermedad muy común en la que claramente se establece una THG entre la bacteria y las células de la planta. El comportamiento natural del plásmido *Ti* lo hace adecuado para su uso rutinario como vector en la producción de plantas transgénicas.

Transferencia de genes endosimbiótica

Tanto la mitocondria como el cloroplasto fueron en algún momento de la historia de la evolución organismos procariontes de vida libre. La evidencia apunta a que estos organismos fueron engullidos por un protista ancestral unicelular y nunca fueron digeridos. Con el paso del tiempo el protista cosechó ventajas de portar a su huésped y se estableció una relación de endosimbiosis. Sin embargo el huésped fue perdiendo información que en su nuevo hábitat ya no le era útil, hasta llegar el momento en que dependía 100% de la fisiología del hospedero. El cloroplasto se originó de una cianobacteria, mientras que la mitocondria de una proteobacteria.

Con la llegada de los análisis genómicos, fue observada una presencia abrumadora de genes de cianobacteria en los cromosomas de los vegetales y genes de proteobacteria en los cromosomas de los eucariontes en general. Esto es debido a que en escalas de tiempo evolutivo, tanto la cianobacteria como la proteobacteria transfirieron ho-

rizontalmente genes hacia el núcleo del hospedero, de tal manera que muchas funciones de estos organismos ahora descansan en el núcleo celular (Figura 16). La reducción del genoma de los huéspedes dentro de la célula, consolidó su constitución como organelos y ya no más como organismos de vida libre. Actualmente existen evidencias de que la mayoría de relaciones endosimbióticas (patógenas o no) conllevan eventos de THG.

Implicaciones de la THG natural

Los organismos están expuestos a constantes presiones selectivas a las que deben adaptarse para poder sobrevivir. La THG es un mecanismo natural que le confiere a las especies la oportunidad de adquirir rápidamente esas características que necesitan para la supervivencia. El descubrimiento y confirmación de que la THG es un fenómeno que ocurre naturalmente nos ha permitido ampliar nuestra visión sobre la evolución, comprendiendo que los genes son entidades completamente dinámicas y que el movimiento de estos genes de un organismo a otro permite la innovación genética dentro de una especie, importando y exportando información aprovechable de una manera rápida y eficiente. Sin embargo la evolución favorece al organismo con el balance apropiado entre variación y estabilidad genética.

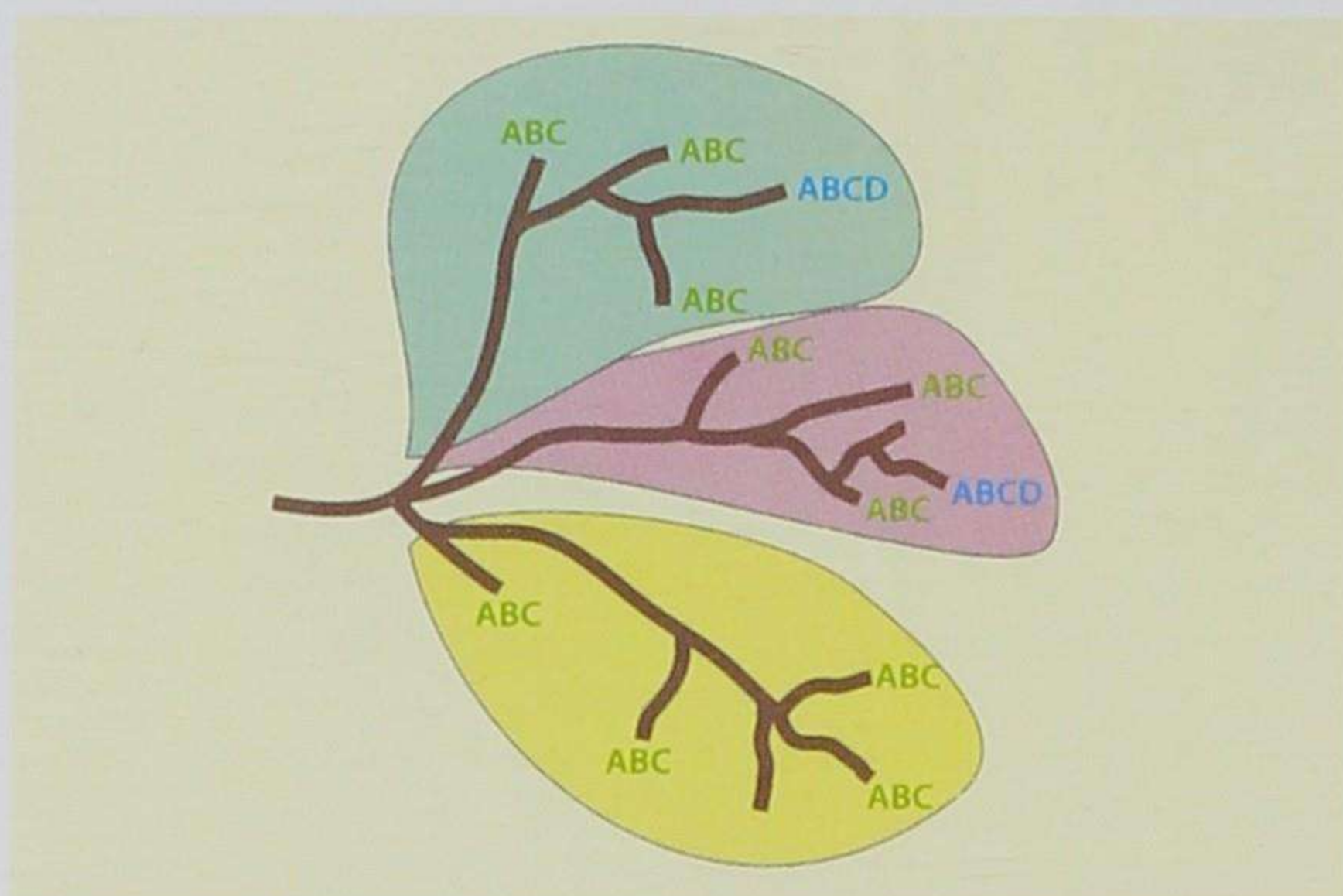


Figura 14. Otra forma de detectar eventos de Transferencia Horizontal de Genes es buscando homología entre linajes separados. En este ejemplo se ilustra la distribución en algunos organismos de una proteína conformada por 3 dominios (ABC) y la presencia de dos linajes filogenéticamente distantes pero relacionados por homología, al poseer la misma proteína en cuestión con cuatro dominios (ABCD). Es probable que compartan esa proteína por THG que por otro mecanismo.

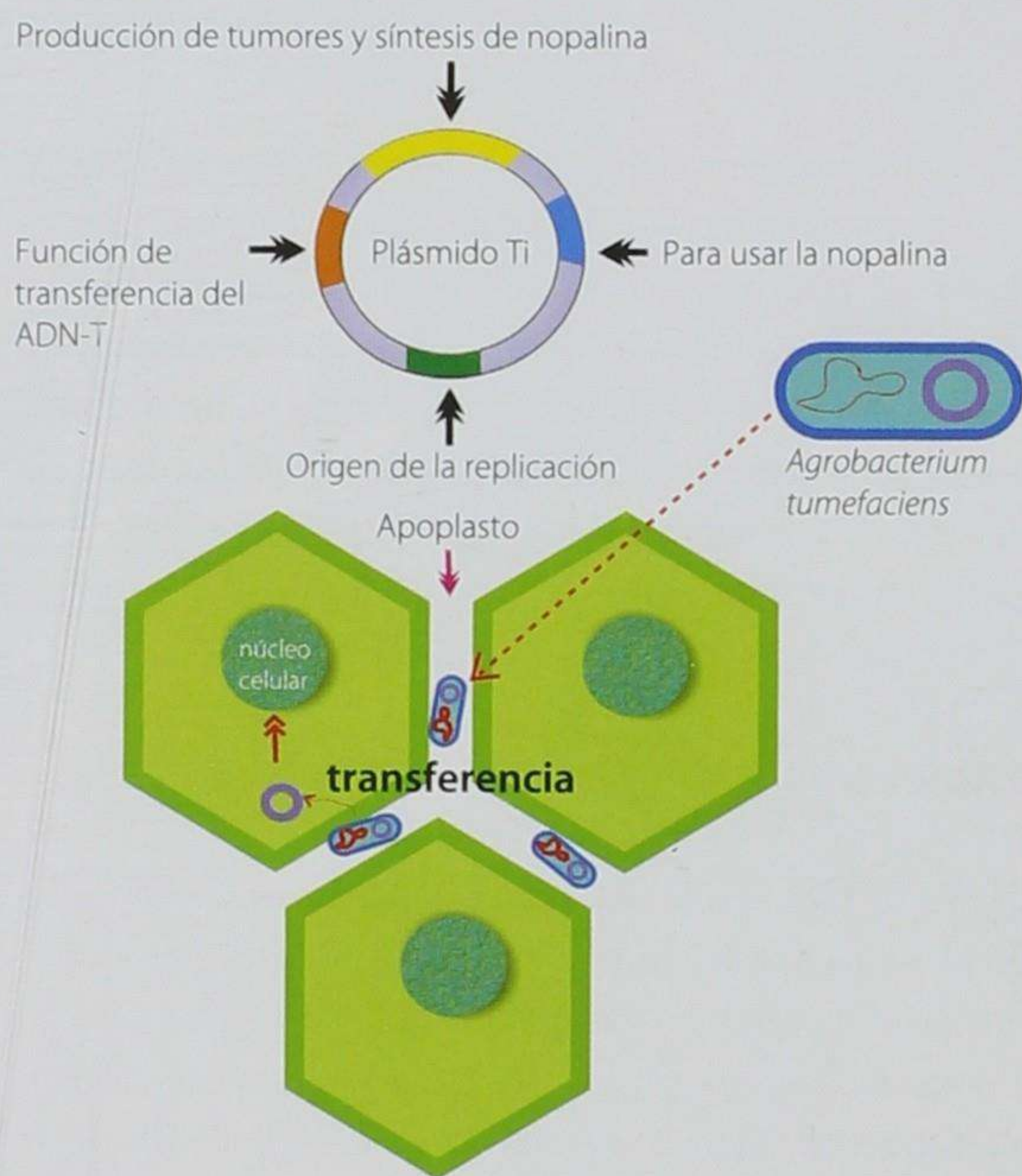


Figura 15. Plásmido Ti de *Agrobacterium tumefaciens*. La transferencia de los genes se da por infección de la bacteria a las células vegetales en las heridas de la planta.

Riesgos de la THG en organismos genéticamente modificados

Es importante señalar que la THG de manera natural se produce entre especies que comparten un ambiente al mismo tiempo y se produce con mayor frecuencia entre especies filogenéticamente cercanas, de allí el miedo de manipular genéticamente organismos con genes provenientes de diferentes hábitats y cuya relación filogenética con el organismo es claramente lejana.

La THG existe de manera natural, pero el temor ecológico se centra justamente en el hecho de que al modificar los organismos con genes de organismos tan distantes (tanto ecológica como filogenéticamente) se aumenta enormemente la probabilidad de un evento de THG involucrando organismos que ni compartían un nicho, ni estaban emparentados evolutivamente. Éste es uno de los argumentos más fuertes que usan algunos grupos ecologistas para rechazar la liberación de los cultivos transgénicos. Sin embargo hasta la fecha no existe un método lo suficientemente sensible que demuestre la migración significativa de transgenes de un organismo genéticamente modificado a organismos nativos. Además los experimentos agrícolas y de alimentación humana no han obtenido evidencia concluyente sobre la THG de plantas transgénicas hacia bacterias o humanos en condiciones naturales.

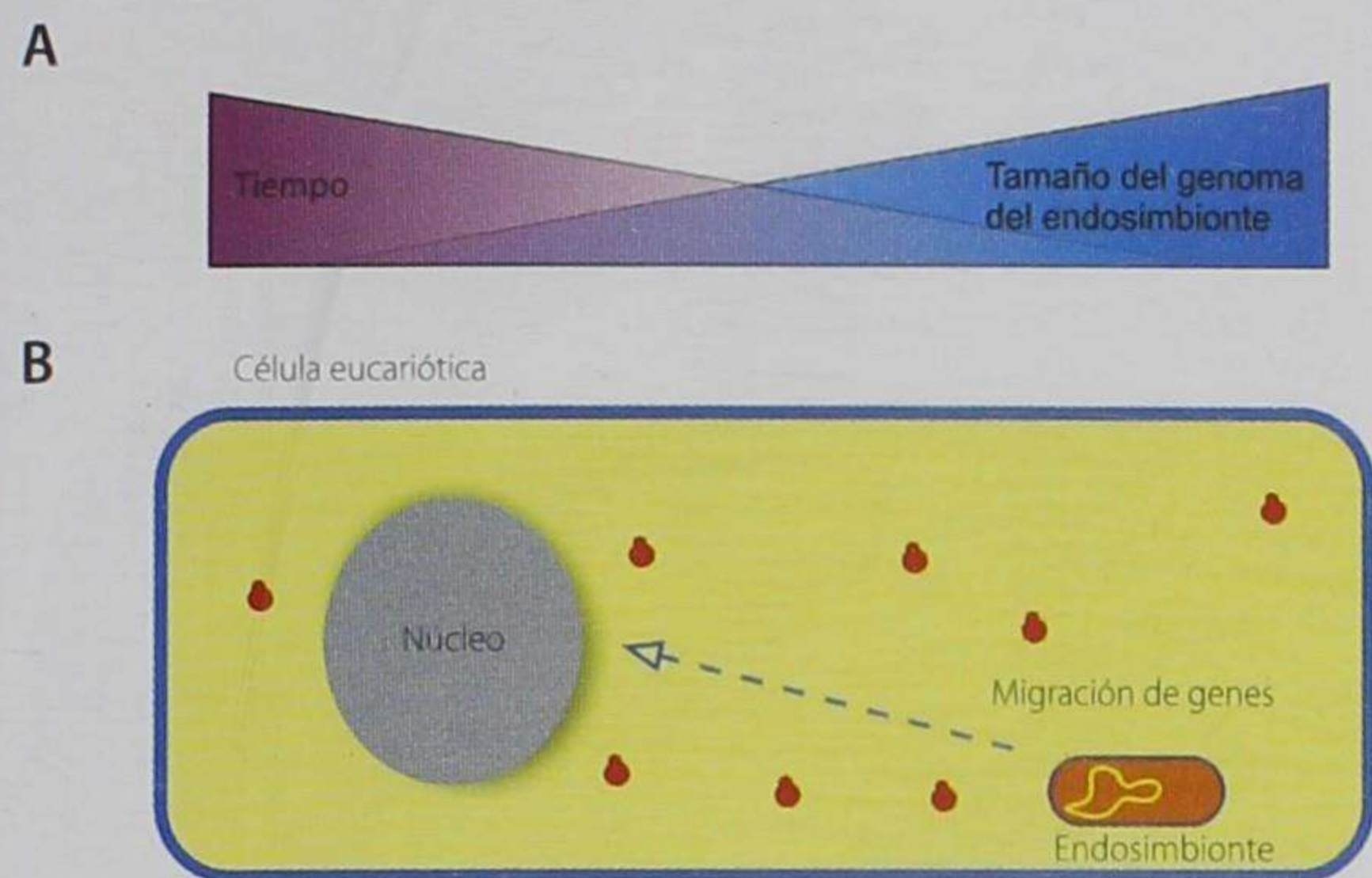


Figura 16. La Transferencia Horizontal de Genes también se produce entre relaciones de endosimbiosis. En A) se muestra una gráfica donde se aprecia que conforme el tiempo transcurre el genoma del endosimbionte se reduce y esto se debe entre otras cosas, a que como se aprecia en B) existe una migración de genes del endosimbionte al núcleo, de tal manera que el núcleo adquiere funciones que controlan al endosimbionte. Este último con el paso del tiempo pierde la capacidad de vivir fuera de la célula hospedera, constituyéndose en ocasiones como organelo, tal fue el caso de las mitocondrias y los cloroplastos.

Comentario final

La THG es un componente molecular y celular que se incorpora naturalmente a la teoría de la evolución. Es importante notar que la THG no es un fenómeno que implique peligro *per se*, ya que está ampliamente diseminado por la naturaleza y en algunos casos ocurre de manera frecuente. Todos los organismos tienen una historia de THG y todos los genes, incluyendo aquellos manipulados por tecnología genética, son capaces de ser transferidos entre los organismos.

Aunque la THG ha sido observada en los genomas secuenciados, y muchos investigadores se aventuran a decir que debiera ser la unidad de cualquier estudio filogenético, existen por el contrario los grupos científicos que dudan de la trascendencia del fenómeno en la evolución. Aunado a esto es relevante remarcar que la mayor parte de la evidencia *in silico* que se tiene del tema supera por mucho la evidencia experimental.

REFERENCIAS

1. J.P. Gogarten, J.P. Townsend, *Nature Reviews Microbiology*, **3**, 679 (2005).
2. P. Keese, *Environmental Biosafety Research*, **7**, 123 (2008).
3. E.V. Koonin, K.S. Makarova, L. Aravind, *Annual Reviews of Microbiology*, **55**, 709 (2001).
4. Y. Nakamura, *et al*, *Nature*, **36**, 760 (2004).
5. M. Syvanen, *Annual Reviews of Genetics*, **28**, 237 (1994).
6. C.M. Thomas, K.M. Nielsen, *Nature Reviews Microbiology*, **3**, 711 (2005).
7. A. Wellner, M.N. Lurie, U. Gophna, *Genome Biology*, **8**, 156 (2007).

Glosario

Agalla de corona: tumores bulbosos que, al desarrollarse, sobresalen del tallo de muchas plantas alimenticias infectadas.

Árbol filogenético: esquema que muestra las relaciones evolutivas entre diferentes especies u organismos.

Bioinformática: empleo de herramientas informáticas para estudiar y analizar procesos biológicos.

Biotechnología: aplicación tecnológica de los procesos biológicos que puede o no involucrar el uso directo de seres vivos para obtener algún producto en específico.

Clado: cada una de las ramas del árbol filogenético propuesto para agrupar a los seres vivos. Por consiguiente, se interpreta como un conjunto de especies emparentadas (con un antepasado común).

Ciclo lítico: ocurre cuando el material genético del virus (virus virulento) penetra en la célula huésped y comienza a fabricar nuevos virus.

Codón: unidad básica del código genético; tres nucleótidos contiguos en una molécula de ADN o mRNA que llevan la información para un aminoácido específico o para la terminación de la cadena polipeptídica. Existen 20 aminoácidos y 64 codones, por lo que para algunos aminoácidos existe más de un codón que los representa, esta característica es conocida como degeneración del código genético.

Dosis Génica: cantidad de transcrito o proteína de un gen determinado, que es requerida para el buen funcionamiento de la célula bajo condiciones específicas. La dosis génica es diferente para cada gen y en algunos casos es diferente hablando del mismo gen en diferentes condiciones.

Elementos móviles: elementos genéticos (secuencias) que tienen la capacidad de moverse de lugar, ya sea cambiando posición dentro de un genoma o brincando de organismo a organismo.

Fijación: término que hace alusión a la permanencia de un cambio genético ocurrido en un organismo a través de las generaciones y a su diseminación a toda la población.

Filogenética: estudio de las relaciones de evolución entre varias especies u otras entidades que se cree tuvieron una descendencia común.

Homología: la relación que existe entre dos partes orgánicas diferentes cuando sus determinantes genéticos tienen el mismo origen evolutivo.

THG: Transferencia Horizontal de Genes. Transferencia de material genético entre organismos que no involucra la herencia de caracteres en una relación de ancestro-descendiente.



Cinvesniñ@s, una experiencia de difusión del conocimiento científico

Francisco Cordero, Arnulfo Albores, René Asomoza, Eduardo Briceño, Luis Cabrera, Erika Canché, Claudia Cen, Karla Gómez, Moisés Miguel, Héctor Silva, Guadalupe Simón, Daniela Soto, Daniela Viramontes y David Zaldívar

Cinvesniñ@s es un programa para difundir el conocimiento científico que capitaliza la experiencia del Cinvestav para incentivar a la población infantil, que acudió a sus instalaciones en un fin de semana. Para ello, se ponen en juego los ejes de la estructura académica del programa que tienen como objetivo considerar la diversidad científica en el Cinvestav, algunos datos estadísticos que muestran su impacto social, así como la necesidad de valerse de constructos teóricos para entender el significado del programa cuando se presume que atiende la problemática de que la producción científica del Cinvestav no es difundida, cabalmente, a todos los sectores de la sociedad.

Introducción

Cinvestav del IPN son las siglas del nombre Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Es un centro de investigación que nace en 1961 (decreto de creación, 1982) y por su desarrollo ha alcanzado un estatus académico que lo pone entre las mejores instituciones que producen ciencia y forman científicos en México. Sus 32 posgrados de maestría y sus 31 de doctorado están adscritos al PNPIC,¹ el 90 por ciento de sus investigadores pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores, semanalmente se gradúan, en promedio, 3 doctores y 6 maestros en ciencias. Sin embargo, no es conocido por todos los sectores de la sociedad. Seguramente lo anterior no es un problema propio del Cinvestav, sino de las instituciones de investigación en el mundo.



El Dr. Francisco Cordero Osorio es investigador titular del Departamento de Matemática Educativa del Cinvestav y coordinador del programa Cinvesniñ@s, fcordero@cinvestav.mx



Se trata entonces de capitalizar la experiencia de la primera emisión del programa Cinvesniñ@s que se llevó a cabo en el Cinvestav, Unidad Zacatenco, con el objetivo de identificar indicadores que problematicen la difusión del conocimiento científico para, en el mejor de los casos, afectar realmente los diversos sectores de la sociedad.

Los niños fueron el foco de atención del evento. Se logró un impacto en el nivel básico educativo, en un tiempo considerablemente corto. Además se despertó un interés significativo de los investigadores para diseñar actividades y ámbitos científicos, como parte de su formación científica, que permitan abrir las puertas del Cinvestav a los niños ciudadanos,² en forma sistemática y permanente.

A continuación contextualizamos el programa y señalamos sus aspectos cualitativos y cuantitativos para formular perspectivas. Por último, a manera de conclusión, relacionamos elementos que la experiencia de la emisión de Cinvesniñ@s nos brindó, para perfilar un programa de investigación y de formación que difunda el conocimiento científico al seno del Cinvestav.

El programa Cinvesniñ@s y la problemática

Los sectores que componen una sociedad en general, pueden ser: la clase política, los profesores y los estudiantes de todos los niveles educativos (básico, medio superior y superior), empresarios, organismos nacionales e internacionales, y el ciudadano en general.

En cada uno de estos sectores, el niño es un elemento sensible que pudiera ayudar a enlazar a todos los sectores mencionados. Por ejemplo, son elaboradas políticas para el bienestar social del niño, son discutidos y formulados programas educativos para el niño y son financiados y presentados presupuestos para mejorar la infraestructura donde convive el niño.

Ahora bien, para que Cinvestav sea conocido por la sociedad tendrá que enlazarse con esos sectores. El niño puede ser el vehículo que permita la articulación del enlace, puesto que para el Cinvestav, socialmente hablando, el niño deberá ser el ciudadano potencial que dirigirá la ciencia del país. En este marco, el Centro tiene la obligación de construir un concepto con respecto al niño, acorde con la naturaleza de su producción

y de sus programas de formación científica. Lejos de pretender ofrecer una construcción de tal concepto, nos abocamos a las tareas o a las acciones pertinentes que vayan encaminándose a ese propósito. El programa Cinvesniñ@s pretende ser una de esas tareas o acciones. Así, la palabra Cinvesniñ@s refleja, en algún sentido, la problemática en cuestión: abrir las puertas del Cinvestav a los niños ciudadanos para interesarlos e integrarlos al desarrollo de la ciencia en el país.

De esa manera el programa Cinvesniñ@s conlleva problematizar que la ciencia no puede ser desarrollada si no se logra su socialización.³ Por eso se requiere de la construcción de programas permanentes y sistemáticos de difusión del conocimiento científico que realmente afecten a la sociedad entera (Caune, 2008). Pero estos programas deberán tener como base constructos teóricos que permitan resignificar acciones como las siguientes:

- Cinvestav tiene la obligación de ser un marco de referencia para la sociedad que provoque tradición científica.
- Cinvestav debe abrir sus puertas a toda la sociedad con la intención de incorporar el conocimiento científico en el cotidiano del ciudadano.
- Cinvestav debe crear y operar programas de difusión de la ciencia de gran envergadura visibles para la sociedad.

Cinvesniñ@s, en definitiva, pretende ser uno de esos programas. Para fortalecer el proyecto del programa fue importante crear un marco de referencia que recogiera las experiencias de iniciativas de otros programas de difusión del conocimiento científico, internas y externas al Cinvestav, para formular el antecedente de elementos intencionales y posibles para abrir las puertas del Centro a los niños ciudadanos y realizar actividades científicas *ex profeso* para ellos.

Una constante en los programas de esas iniciativas es enfocar la atención en los niños ciudadanos en general, con un *modus operandi* itinerante con temas científicos de las competencias de los investigadores: se trata pues de “diseñar actividades de difusión” y visitar las escuelas del sistema educativo o invitar a l@s niñ@s al lugar laboral del investigador. Otros programas instalan sus “diseños” en lugares abiertos, como museos de la ciencia o en plazas públicas.

Cinvesniñ@s presume ser un programa itinerante, permanente y sistemático, inicialmente entre las unidades del Centro para luego extenderse a las principales ciudades del país.

Cinvestav está integrado por 27 Departamentos y 3 Secciones, en 9 Unidades, distribuidos en diferentes ciudades de México. Por su naturaleza contiene una diversidad temática considerable. Por ello se buscó una manera de agrupar la diversidad en tres grandes ejes:

- El epistemológico. En este eje son considerados aspectos de la organización humana para construir conocimiento. Por ejemplo, las prácticas, los instrumentos y los usos de las disciplinas científicas.
- El científico. Este eje considera la obra científica para presentar el cuerpo de conocimiento. Por ejemplo, las teorías y metodologías necesarias para explicar o modelar fenómenos o acciones de situaciones de la ciencia, de la tecnología y de las ciencias sociales y humanidades.
- El social. En este eje es considerada la funcionalidad de la ciencia. Por ejemplo, las respuestas a la sociedad: contaminación, reserva ecológica, salud y educación, entre otras.

Toda temática relativa a las disciplinas, en mayor o menor medida para su desarrollo, necesariamente tiene que cruzar estos ejes. En algún sentido cualquier aspecto temático puede ubicarse en el espacio tridimensional compuesto por los ejes mencionados: organización, obra y funcionalidad.

Ahora bien, un centro de investigación como el Cinvestav tiene como tareas fundamentales formar científicos, desarrollar conocimiento y contribuir al desarrollo de la sociedad. Por ello mismo, en el programa académico de Cinvesniñ@s, los ejes deben orientar las temáticas disciplinarias hacia esas tareas y tener como meta socializarlas.

La indicación anterior es hipotética y requiere de investigaciones sistemáticas. Seguramente habrá que crear los constructos teóricos necesarios que hagan observable⁴ cómo es que un conocimiento científico se integra intencionalmente en el cotidiano⁵ del ciudadano.

En ese sentido y en el mejor de los casos, un programa de difusión del conocimiento científico, como Cinvesniñ@s, ayudará al niño ciudadano a valorar en su cotidiano el quehacer

Cuadro I. Distribución cualitativa de las actividades y de los participantes.

Recintos	Actividades	Talleristas
Departamentos del Cinvestav-Zacatenco: 8	Talleres científicos: 30	Estudiantes: 81
Otras Unidades del Cinvestav: 4	Conferencias: 6	Investigadores: 20
Instituciones externas: 4	Visitas de laboratorio: 10	Auxiliares de Investigación: 5
	Actividades culturales: 5	Apoyo externo y personal capacitado: 69
Total de recintos: 16	Total de actividades: 51	Total de talleristas: 175

Cuadro II. Número de ciudadanos asistentes registrados en Cinvesniñ@s 1-2008.

Día	Viernes 14 de noviembre	Sábado 15 de noviembre	Total
Ciudadanos registrados	1084	2980	4064

científico, tecnológico y el de las ciencias sociales y humanidades, a través de las tareas fundamentales para construir ciencia, como son:

- La formación de recursos humanos científicos. Por ejemplo, los programas de maestría y doctorado en las diversas disciplinas.
- El desarrollo de las disciplinas científicas. Por ejemplo: el desarrollo del conocimiento en las diferentes Áreas: Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Biológicas y de la Salud, Tecnología y Ciencias, y Ciencias Sociales y Humanidades.
- La creación de ámbitos científicos. Por ejemplo, seminarios, congresos, simposios y eventos de difusión, entre otros.

Primera emisión de Cinvesniñ@s

La primera emisión del programa (Cinvesniñ@s 1-2008) se llevó a cabo el viernes 14 y el sábado 15 de noviembre de 2008, en las instalaciones de la Unidad Zacatenco del D.F., con un horario de 11:00 a 17:00 horas.

La estructura general operativa estuvo compuesta por la Secretaría Académica, la Subdirección de Intercambio Académico y el Departamento de Difusión, del Cinvestav, junto con el nombramiento de un Coordinador del Programa Académico de Cinvesniñ@s (CAP).

El CAP, investigador titular del Cinvestav, propuso una estructura específica organizativa y académica compuesta por los así llamados Núcleos de Organización (NORG) y las iniciativas de difusión internas y externas al Cinvestav.

Los NORG tienen una doble función, por un lado, crear un modelo de organización logístico-académico que se reproduzca y se extienda hacia la comunidad del Cinvestav por medio de los departamentos y las secciones, y por otro lado, fomentar la autogestión en las tareas de cada NORG. Las funciones son de carácter formativo, por ello importa que los estudiantes, de los diversos posgrados del Centro, participen.

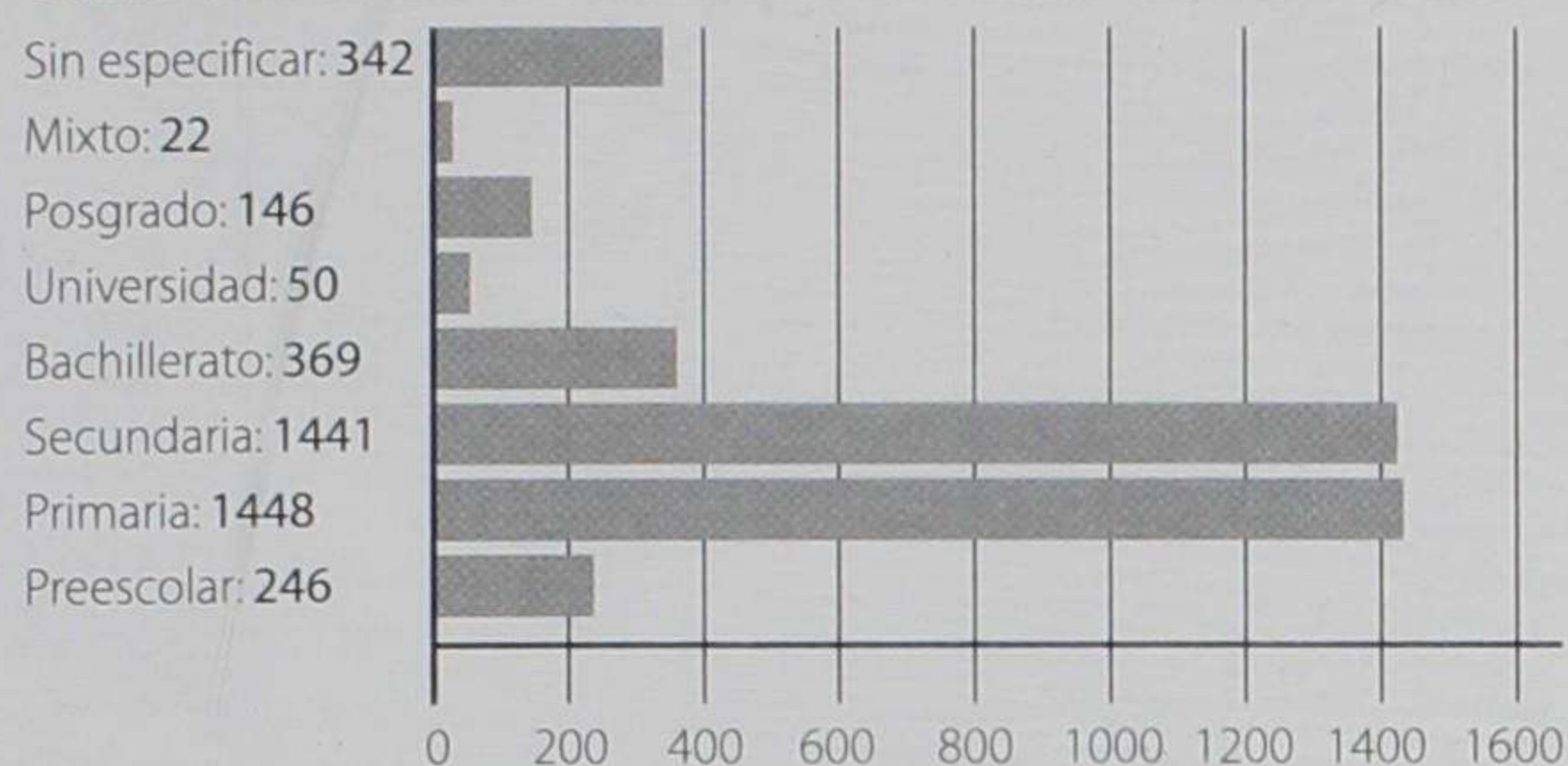
En esta primera emisión del programa los NORG estuvieron conformados por estudiantes de maestría y doctorado del Departamento de Matemática Educativa. Además, se crearon cinco NORG, los cuales cubrieron todos los aspectos logísticos y académicos necesarios en el “antes, durante y después” de la emisión. Estos fueron de Difusión y Relaciones; de Talleres, Conferencias y Visitas a Laboratorios; de Stands, Instalaciones y Edecanes; de Comida, Artículos de Promoción y Regalos; y de Eventos Culturales.

Mientras que las iniciativas de difusión internas del Centro fueron: el Circo de la Física, el Club Cinves, las Cabañas del Conocimiento, el CinvesArt, la Sede Sur, la Unidad Querétaro y la Unidad Mérida. Las iniciativas externas fueron: La Ciencia en las Calles, Museo de la Luz y Frijolito. Todas estas iniciativas colaboraron con la realización de talleres y conferencias.

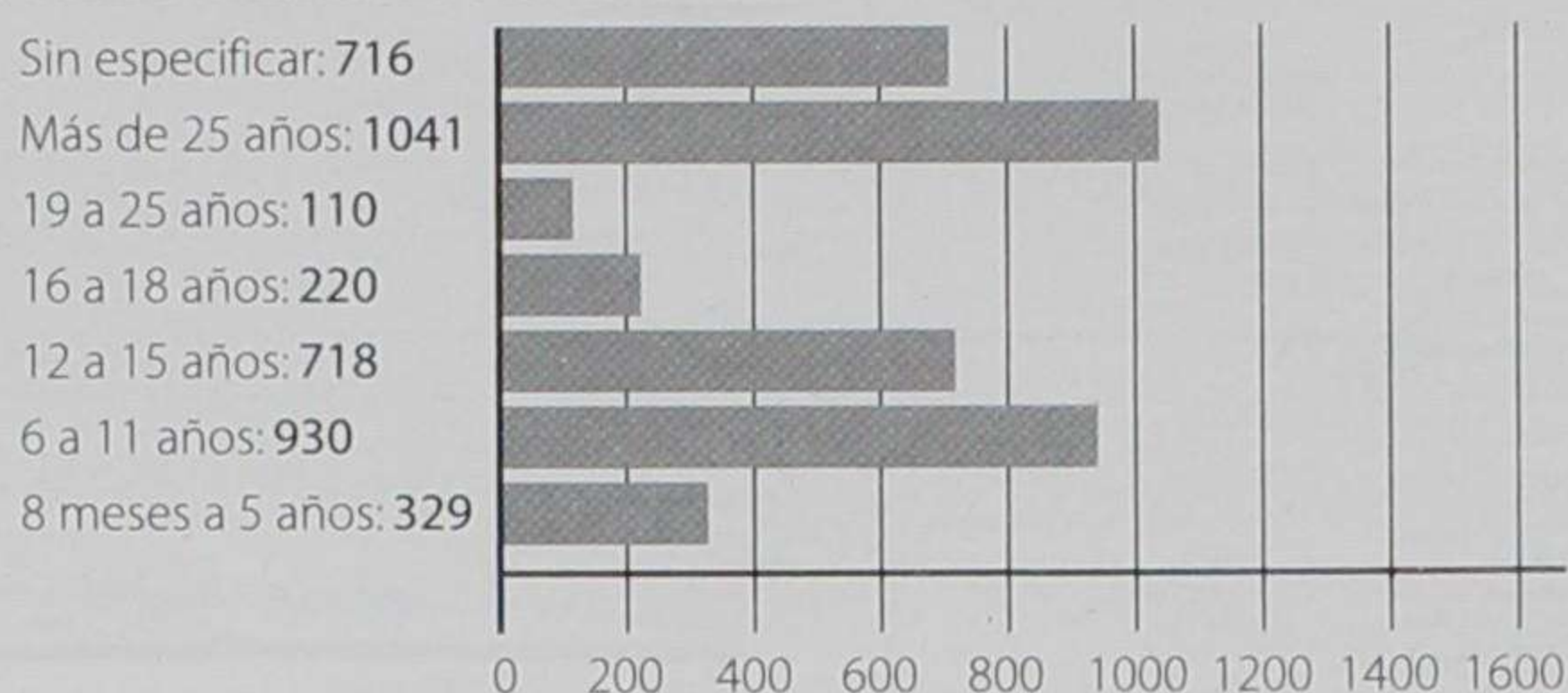
Con esta organización y colaboración fue formulado el programa académico de Cinvesniñ@s 1-2008. Sus actividades académicas y culturales se distribuyeron en: talleres científicos, conferencias, visitas a laboratorios, cine, teatro, arte, rally científico y danza folclórica (ver www.matedu.cinvestav.mx/~cinvesninos/).

El grupo de colaboradores académicos, que en adelante se llamarán, en términos generales, “talleristas”, estuvo conformado

Cuadro III. Nivel escolar de los ciudadanos asistentes a Cinvesniñ@s.



Cuadro IV. Edades de los ciudadanos asistentes a Cinvesniñ@s 1-2008



por investigadores, estudiantes de maestría y de doctorado, auxiliares de investigación, personal capacitado y de apoyo.

Los departamentos, unidades y secciones que intervinieron en las actividades, al seno del Cinvestav fueron: Biofísica y Neurociencias; Biología Celular; Computación; Coordinación General de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; Física; Fisiología; Infectómica y Patogénesis Molecular; Ingeniería Eléctrica; Ingeniería Genética-Unidad Irapuato; Investigaciones Educativas-Sede Sur; Matemática Educativa; Materiales-Unidad Querétaro; Recursos del Mar-Unidad Mérida; y Química.

Las instituciones externas fueron: el Instituto de Ciencia y Tecnología del D.F., el Museo de la Luz, la Revista de Difusión Frijolito, el Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Nacional Autónoma de México.

El público asistente estuvo compuesto por niños y jóvenes de: preescolar, primaria, secundaria, algunos de bachillerato y de nivel universitario, padres de familia, maestras y maestros de todos los niveles educativos.

¿Qué sucedió durante Cinvesniñ@s 1-2008?

Algunos datos estadísticos

En la jornada de dos días de la primera emisión del programa, que consistió aproximadamente de doce horas, se albergaron a un poco más de 4 mil ciudadanos, con 51 actividades científicas y culturales, donde participaron 175 talleristas. El Cuadro I, nos ofrece la distribución cuantitativa tanto de las actividades como de los participantes.

En el Cinvestav-Zacatenco hay 19 Departamentos, lo que significa que participó el 42% por ciento de éstos. Sin embargo se conformaron 51 actividades, que en promedio, cada actividad recibió un flujo de 80 ciudadanos y los 175 talleristas, *per cápita*, atendieron en promedio un flujo de 23 ciudadanos. Estos datos pueden valorarse mejor si son considerados algunos números sobre el impacto en la ciudadanía.

El Cuadro II expresa el número de ciudadanos asistentes por día que fueron registrados. Cabe decir que hubo un flujo adicional, aproximadamente, de 100 personas que asistieron pero por alguna razón no fueron registradas. De acuerdo a los datos, de los 1084 asistentes del viernes, la mayoría provenía de escuelas primarias y secundarias, que organizaron y promovieron la visita a Cinvestav. Mientras que el sábado, de los 2980 asistentes, la mayoría eran familias. El Cuadro III muestra los niveles escolares de los 4064 ciudadanos asistentes durante los dos días del evento. Los niveles escolares prevalecientes fueron primaria y secundaria, no obstante hubo 342 asistentes que no especificaron su escolaridad. Las edades de los 4064 ciudadanos asistentes pueden ser observadas en el Cuadro IV.

Si consideramos niño o niña a aquel ciudadano que tiene una edad menor a 18 años, de acuerdo a los datos del Cuadro IV, se podría decir que un poco más del 50 por ciento de los asistentes fueron niñ@s. Sin embargo es significativo que 1041 reportan más de 25 años y 716 no reportaron su edad. También vale la pena señalar que el flujo considerable de niñ@s está en las edades escolares del nivel básico.

La procedencia de los asistentes, a pesar de que Cinvestav-Zacatenco está al norte de la ciudad de México y que se promocionó la primera emisión de Cinvesniñ@s en el entorno



vecinal a dicha unidad, abarcó un radio considerable de delegaciones del D.F. y de algunos municipios del Estado de México. En el Cuadro v podemos apreciar los lugares de procedencia de los asistentes.

Fue aplicada una encuesta para conocer las opiniones del público acerca de mejorar las realizaciones futuras de Cinvesniñ@s y para recabar algunos datos como el nivel escolar de los padres o tutores de los niños o niñas. La muestra fue de 147 encuestados, de los cuales 96 dijeron ser padres o madres de los niñ@s, 11 declararon ser profesores y 40 sólo acompañantes, sin ser padres, madres, o profesores de ellos. A continuación el Cuadro vi muestra el nivel escolar de los encuestados que fungieron como tutores de los niños. De acuerdo a la encuesta la mayoría de los tutores tiene estudios universitarios, sin embargo representa un poco menos del 50 por ciento de la muestra.

El Cuadro vii señala las tendencias de sugerencias para mejorar las actividades de Cinvesniñ@s. De alguna manera las sugerencias tienden a señalar aspectos provocados por el impacto de Cinvesniñ@s. En primer lugar, cabe resaltar, un evento de esta naturaleza es inédito en la historia del Cinvestav Unidad Zacatenco, fue la primera vez que se abrieron las puertas al ciudadano, principalmente niños, en la dimensión ya descrita. De ahí la sugerencia de que sea más frecuente y dure más tiempo, es decir, un fin de semana les pareció poco tiempo. En segundo lugar, los flujos *per cápita*, por actividades y por talleristas, que se mencionaron anteriormente, muestran la tendencia hacia sugerir más material en los talleres, mejorar la organización y contar con espacios más amplios en talleres y laboratorios, y por ende el incremento de actividades.

Sobre la calidad académica de los talleres científicos

Los talleres científicos fueron coordinados por investigadores en los temas de incumbencia de su disciplina. Algunos de estos talleres tienen mayor tradición que otros, pero todos han sido diseñados en el “marco de la difusión del conocimiento científico”. Los acercamientos a este marco son diversos, los investigadores parten de sus propias experiencias y recursos al respecto, donde incorporan las reflexiones que necesariamente surgen en los cuestionamientos de lo que se debe entender por “difundir un conocimiento”.

Para que Cinvesniñ@s logre el impacto social que presume, deberá crear la tendencia, en las diferentes áreas disciplinarias, de hacer diseños y materiales de los talleres que difundan el conocimiento sustentado con investigación. Ésta no es un tipo de investigación similar a la que usualmente hace el investigador en su campo laboral. Su dominio del conocimiento científico no es suficiente para crear un ámbito de difusión, requerirá de hacerse de constructos teóricos que sustenten su pertinencia. Esto debido a que la difusión no es una “acción” de la ciencia sino una intencionalidad epistemológica de la organización humana (Arendt, 2005).

Con ánimo de ser consistente con el planteamiento anterior, a continuación, es presentado brevemente el diseño de un taller que avanza en ser una investigación de ese tipo y que fue trabajada en Cinvesniñ@s 1-2008.

La base del diseño parte de la idea de que “difundir” es integrar un dominio científico en el cotidiano del ciudadano. La idea misma conlleva admitir que hay un conocimiento intrínseco al dominio científico y que hay un conocimiento externo a ese dominio. A ese “conocimiento externo”, por distinguirlo del científico, se le llamará cotidiano. Así, lo científico y lo cotidiano requieren dos jergas distintas. El desarrollo de la ciencia, por su naturaleza, propicia un fenómeno obligado: la exclusión de la ciencia del cotidiano del ciudadano (Cordero y Gómez, enviado para su publicación). Se trata de analizar el escenario intencional de difusión manifiesto en el taller denominado “Conozca al señor Movimiento” (Briceño, *et al.*, 2009; Cen y Cordero, 2009; Gómez y Cordero, 2009; Viramontes y Cordero, 2009) manejando dos situaciones que, con ayuda de la tecnología, ponen en juego las prácticas de modelación y de graficación para desarrollar en los participantes aspectos de estabilidad y de variación (Zaldívar, 2009). Se pretende dar evidencia de la transformación de identidad del participante al estar inmerso en una situación propicia para socializar el conocimiento matemático. Se buscará la relación dialéctica, mantenimiento y transformación de la rutina que identificará al cotidiano (Berger y Luckman, 2006).

A continuación son descritos, en forma resumida, los elementos que componen la estructura del taller “Conozca al señor Movimiento”: la intención de la situación de difusión, los fundamentos del diseño de la situación, la puesta en escena y el *a posteriori*.

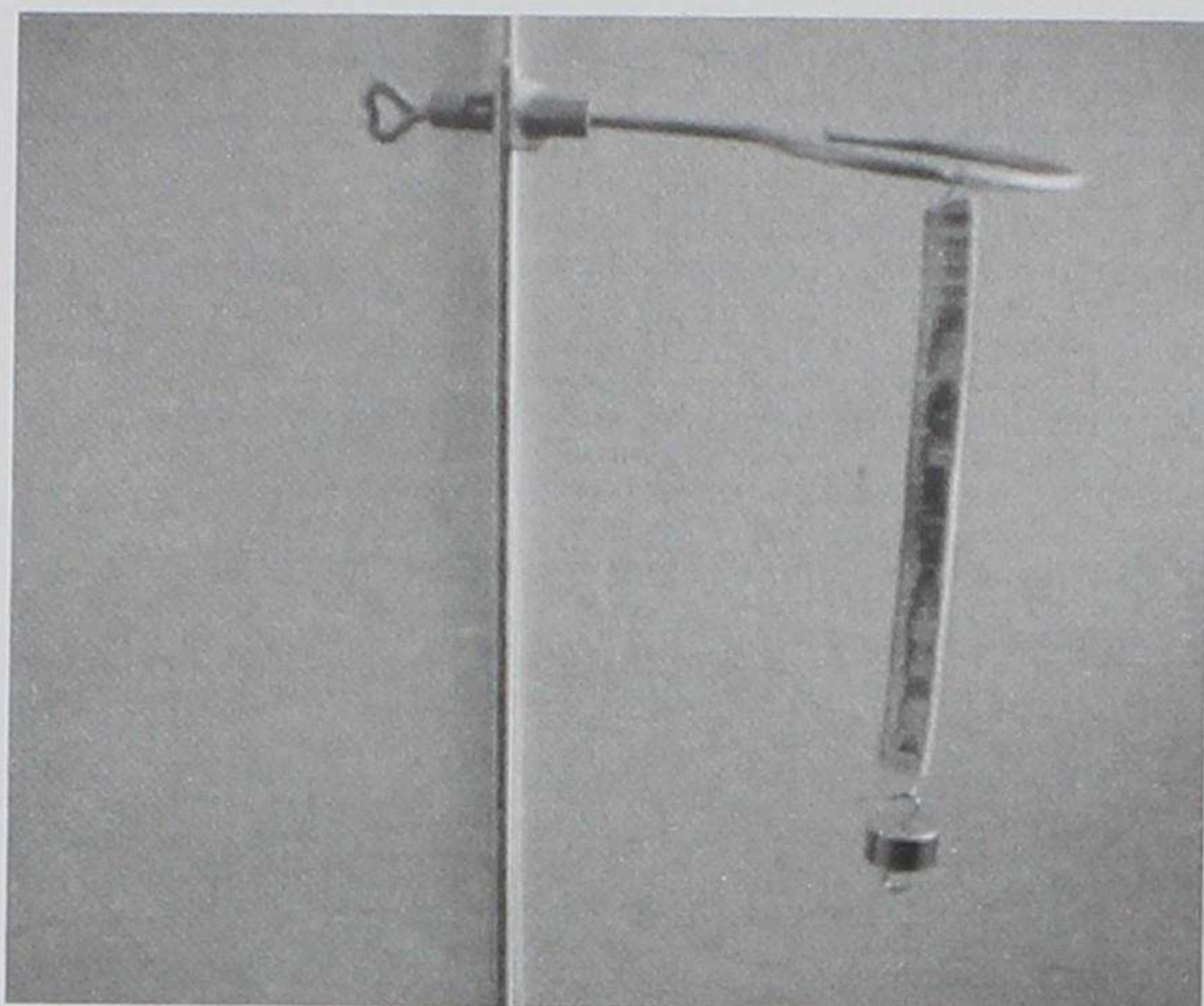


Figura 1. Instrumento de estabilidad.

- La intención de la situación de difusión. Desarrollar ideas relacionadas con el pensamiento variacional y algunos aspectos de la estabilidad de las ecuaciones diferenciales lineales. Dichas ideas tienen un estatus conceptual en los niveles educativos medio superior y superior, en donde el enfoque de éstos está en el objeto matemático. Sin embargo, dada la diversidad de los ciudadanos que participarían en el evento, con el uso de calculadoras graficadoras y sensores de movimiento, se hizo un diseño en donde el uso de dichos aspectos está presente sin hacer referencia al objeto matemático (Zaldívar, 2009).
- Fundamentación del diseño de la situación. Se asumió que el lenguaje utilizado en el taller sería cercano a la experiencia de vida cotidiana de los participantes. Debido a ello, el enfoque estuvo en el aspecto gráfico a través del uso de calculadoras graficadoras y sensores de movimiento. Por un lado, para expresar nociones de variación se proporcionó una gráfica y los participantes la reprodujeron con el sensor. Así, los argumentos cotidianos fueron: caminar lento o rápido, correr, detenerse, entre otras expresiones cotidianas. Además, fue primordial que los participantes generaran ideas relacionadas a los comportamientos con tendencia, porque es donde se encuentra la base de las ecuaciones diferenciales (Briceño, 2008; Cordero, 2008; y Zaldívar, 2009). Si bien, no

se trabaja con una ecuación diferencial, se propone una gráfica y los participantes, por medio de movimientos que registra el sensor, deben “dibujar” un comportamiento y hacer que otros se le parezcan. De acuerdo a esto, se propuso que los estudiantes hicieran que una gráfica “persiguiera” a otra, es decir que “tienda a comportarse como la otra”.

- La puesta en escena. Primera Fase (Contextualización). Se realizó la presentación del “señor Movimiento” (un animador hizo la introducción al movimiento), a continuación se explicó el uso de la calculadora graficadora y del sensor de movimiento, dando un tiempo para que los participantes los exploraran. Segunda Fase (Desarrollo. La variación y la estabilidad). Para el desarrollo de la idea de variación, se presentaron algunas gráficas, que se les llamó “montañas”, para reproducirlas por medio de los movimientos que los participantes realizaban frente al sensor. En el desarrollo de la idea de estabilidad de una ecuación diferencial, sin ser ésta explícita, las discusiones se dirigen hacia anticipar e imitar comportamientos de gráficas generadas con ayuda de la tecnología y de una balanza elaborada con un resorte y varias pesas (ver Figura 1). Se discutieron aspectos de comportamientos con tendencia de las gráficas obtenidas con el experimento, principalmente de anticipación de comportamientos (Cordero y Flores, 2007).

Cuadro V. Delegaciones del D.F. y municipios del Estado de México en Cinvesniñ@s 1-2008.

Delegaciones del D.F.	Municipios del Edo. de México
Gustavo A. Madero	Atizapán de Zaragoza
Azcapotzalco	Nezahualcóyotl
Coyoacán	Cuautepec
Cuauhtémoc	Tulpetlac
Venustiano Carranza	Ecatepec
Iztacalco	Tlalnepantla
Iztapalapa	Lomas de Atizapán
Álvaro Obregón	Coacalco
Miguel Hidalgo	Tultepec
	Tecámac
	Texcoco

Cuadro VII. Sugerencias para mejorar las actividades futuras de Cinvesniñ@s.

Sugerencias	Encuestados
Ninguna sugerencia. Todo estuvo bien.	35
Que sea más seguido y dure más tiempo.	33
Más material en los talleres.	13
Más difusión.	12
Mejor organización en: información personal, audio, programas, plano de los stands y talleres.	12
Espacios más amplios en talleres y laboratorios	11
Más actividades	9
Más actividades divertidas e interesantes	4
Otras	5
Sin sugerencias	13

Cuadro VI. Nivel escolar de los tutores encuestados.

Nivel escolar de los tutores	Básico	Medio Superior	Superior	Sin respuesta
Tutores	13	52	70	12

—El a posteriori. La experiencia de la realización del taller durante el evento permitió percibir que al modelar el movimiento, los participantes simulan, observan y explican resultados del movimiento a través de las gráficas obtenidas. En términos socioepistemológicos (Cordero, 2008), hacen “uso de las gráficas” para explicar fenómenos de cambio con relación a la variación y a la estabilidad. En ambos casos, dicho “uso” tiene un sentido específico que no depende de las propiedades analíticas de la función que ahí interviene, sino que las gráficas son los argumentos empleados para explicar los comportamientos (Cen, 2006). De esta manera, los participantes pusieron en juego las prácticas de modelación y de graficación.

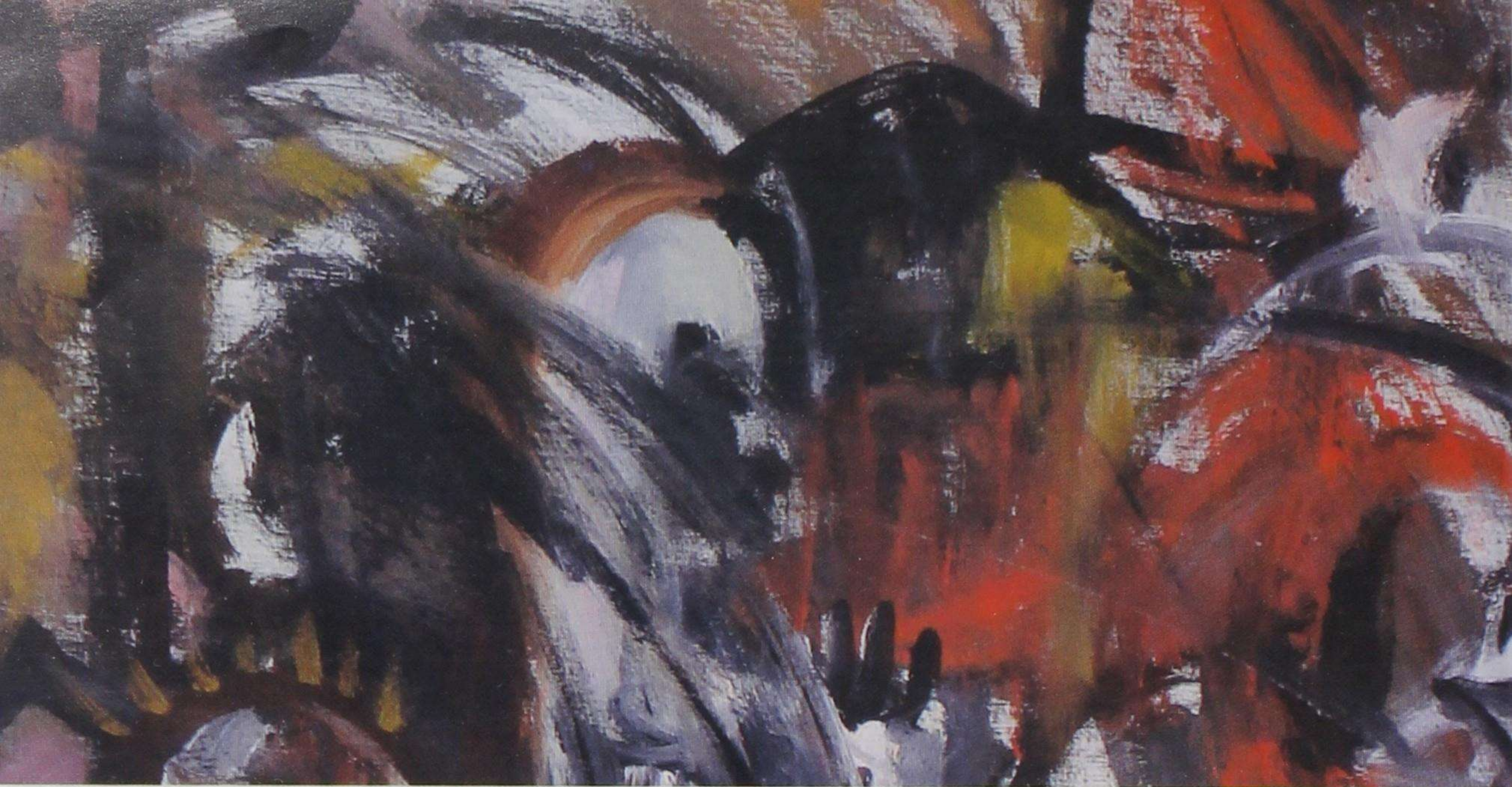
Prospectivas

En las secciones anteriores se han descrito y discutido aspectos relevantes del antes y el durante de la emisión de Cinvesniñ@s 1-2008. La información cualitativa y cuantitativa, ahí vertida, provee de tres focos para el después de la emisión y de esta manera potenciar sus futuras realizaciones y fortalecer su programa académico. Los tres focos corresponden a la estructura de organización operativa y académica, a

la problematización e investigación de la difusión del conocimiento y a las fuentes de financiamiento para realizar sus emisiones.

Estructura de organización

El modelo de los Núcleos de Organización (NORG) fue fundamental para la buena realización de la logística y para la formulación del programa académico. Además, fue acertado que los NORG estuvieran conformados por estudiantes de maestría y doctorado, porque como investigadores en formación alcanzaron niveles altos de compromiso y valoración de programas de difusión en el propio Cinvestav, así como un alto nivel de sensibilidad para significar el abrir las puertas y atender, especialmente, a los niños ciudadanos. Desarrollaron criterios eficientes de autogestión para tomar decisiones ante los imprevistos que en todo evento académico necesariamente aparecen. En ese sentido, una potenciación del modelo de NORG consiste en extenderlo a todos los departamentos y a las unidades del Centro. Los estudiantes que participaron en esta primera emisión fungirán como líderes de los núcleos para reproducirlos. Para ello habrá que formular una agenda de trabajo, antes de la segunda emisión del programa.



También conviene potenciar al Coordinador del Programa Académico (CAP) a través de conformar un Comité de Coordinadores del Programa Académicos de Cinvesniñ@s (CCAP), compuesto por las iniciativas de difusión de todos los departamentos y unidades del Centro. De esta manera el CCAP sería más representativo de la dimensión científica del Cinvestav, lo que conllevaría robustecer el programa académico del Cinvesniñ@s.

La frecuencia de emisiones de Cinvesniñ@s, puede ser de dos veces al año. Una en el mes de abril y otra en el mes de noviembre. En ambos meses sólo los días viernes y sábado, porque de acuerdo a los datos de la primera emisión, los viernes predominó el flujo de escuelas, mientras que el sábado, predominó el flujo de familias. Ambos sectores sociales son fundamentales para los objetivos del programa. Sin embargo habrá que agendar un programa anual itinerante entre las unidades del Cinvestav y articular las emisiones con eventos nacionales de difusión de la ciencia como la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología, Año Internacional del tema de la ciencia del momento, entre otros.

Antes de cada emisión será necesario diseñar un mecanismo de impacto, delimitándolo a los profesores del nivel básico y otro a los padres de familia. Ésto a través de conferencias o de talleres.

La página web permanente de Cinvesniñ@s⁶ deberá continuar, para anunciar e informar el programa académico y fechas establecidas de las emisiones al inicio de cada año. Además, para dar a conocer los programas de impacto.

Importa también crear un mecanismo de servicio a través de talleres, conferencias y visitas guiadas a los diferentes laboratorios de las unidades del Cinvestav, o las actividades pueden ser trasladadas a las escuelas de los diferentes niveles educativos que lo soliciten.

Problematización e Investigación

Cinvesniñ@s es un escenario de difusión del conocimiento científico, para entender y controlar su desarrollo habrá que convertirlo en objeto de estudio. La experiencia de la primera emisión dejó el legado de que la problematización y la investigación son inevitables. Conviene crear los mecanismos para realizar estudios al respecto, donde se involucren las diferentes disciplinas científicas al seno del Cinvestav. Algunos de estos estudios pueden derivar en proyectos de tesis para los estudiantes de posgrado, el Departamento de Matemática Educativa adelantó algunas iniciativas al respecto:

- La producción científica en el cotidiano.
- Estudio comparativo entre el saber funcional y el saber matemático.
- La modelación del movimiento: la variación y la estabilidad en el cotidiano.
- El rol de la funcionalidad de las gráficas.

Cada uno de estos proyectos se empeña en entender, en situaciones específicas, las dimensiones epistemológica, cognitiva, didáctica y social, en forma sistémica, de la función de las relaciones posibles entre el dominio científico y la sociedad.

Financiamiento

La dimensión del programa Cinvesniñ@s condiciona financiamiento para la investigación y para la realización de sus emisiones. Conviene así, buscar financiamiento autónomo del Cinvestav con instituciones y organismos gubernamentales que tradicionalmente apoyan a la investigación como Conacyt o el ICYT del D.F. Pero también conviene cabildear patrocinio, para las emisiones, con empresas comerciales. De la misma manera habrá que agendar anualmente las tareas pertinentes para lograr las sinergias correspondientes.

A manera de conclusión

Un fenómeno social latente con respecto a la ciencia es que el conocimiento científico por la condición de su desarrollo se aleja de la sociedad, más en específico del ciudadano, quien vive a través de mantener y transformar rutinas que expresan su cotidiano, y de esta manera construyen su mundo (Berger y Luckmann, 2006).

Los programas de difusión y divulgación del conocimiento científico, en el mundo, tienen como objetivo principal acercar la ciencia a la sociedad. Se valen de recursos y visiones diversas. Por ejemplo, el Proyecto 2061 (año en el que el cometa Halley volverá a ser visto) de la *American Association for the Advancement of Science* (SEP-Oxford University Press,

1997), elaboró un proyecto llamado *Ciencia: conocimiento para todos*, que consiste en recomendar un “núcleo mínimo de conocimientos y destrezas básicas” como una base común de formación para todos los ciudadanos, para que, de esta manera, sean más competentes para enfrentar los retos del mundo.

El *Fermilab*,⁷ en Chicago, un laboratorio científico que hace investigación en Física de Alta Energía, para responder a preguntas tales como: ¿de qué está hecho el universo?, ¿cómo trabaja? y ¿de dónde vino? Tiene sus puertas abiertas al público en general, con programas educativos de difusión permanentes, destinados fundamentalmente al nivel básico (*K-12 Programs*⁷). Estos programas atienden necesidades de estudiantes, profesores, familias y público en general. Tienen exhibiciones interactivas para explicar la ciencia y la tecnología, un centro de recursos para el maestro, en el cual elaboran materiales de matemáticas y tecnología, así como soportes para el desarrollo profesional del maestro en temas de la ciencia y tecnología. Un sinnúmero de emisiones al año, en forma sistemática los sábados por la mañana y en las vacaciones del verano. Todo ello funciona paralelamente, con la misma intensidad, a la producción científica que caracteriza al *Fermilab*.

En México hay un número considerable de iniciativas al respecto, las que ya fueron mencionadas y colaboraron directamente en Cinvesniñ@s, pero también hay otras como *Domingos en la Ciencia*⁹ de la Académica Mexicana de Ciencias, y *Niñ@s Talento*¹⁰ del Instituto de Ciencia y Tecnología del D.F., por mencionar algunas. El programa de *Domingos en la Ciencia* consiste en pláticas de divulgación de temas científicos, con un formato de “conferencia-espectáculo” para que el asistente interactúe y se integre en la charla. Las pláticas van dirigidas a niñ@s, y al público en general, en sedes que están distribuidas por diferentes ciudades de México. Este programa tiene una tradición de 25 años. Y el programa de *Niñ@s Talento*, consiste en incentivar a 100 mil niñ@s capitalinos, entre los 6 y 12 años de edad, de las escuelas públicas, con excelentes promedios de calificaciones. El programa realiza diversas actividades extraescolares en las disciplinas de artes, conocimientos y deportes.

Al seno del Cinvestav, se encuentra *Día abierto* en la Unidad Irapuato, con aproximadamente 15 años de experiencia y que en su última emisión, realizada en el 2008, albergó un poco



Cuadro VIII. Dimensiones del sistema educativo mexicano.
Ciclo 2006-2007 (INEE). Población Nacional.

Población nacional de todos los niveles educativos	
Alumnos	32 929 400
Maestros	1 665 373
Escuelas	240 152

más de 5 mil ciudadanos, principalmente niños. La Unidad de Mérida, con su programa *Ciencia y Tecnología a tu Alcance*, con una experiencia de 20 años, albergó en ese mismo año 25 mil ciudadanos, al articularse con otras instituciones del estado de Yucatán.

El número de asistentes y las edades de las iniciativas (la mayoría muy jóvenes) de los diversos programas de difusión del conocimiento científico, enfocados a los niñ@s ciudadanos, revelan la intensidad del impacto y su juventud. La sociedad es susceptible a este tipo de convocatorias, los niñ@s valoran y aprecian emocionalmente las emisiones de estos programas. Se podría decir que el impacto se logra. Pero conviene repasar algunos datos de la dimensión del sistema educativo mexicano para encontrar mayor precisión al significado del impacto descrito anteriormente.

Los Cuadros VIII y IX revelan que la población estudiantil de todos los niveles educativos en México, en números redondos es de 33 millones, y en el Distrito Federal, la población estudiantil del nivel básico, es aproximadamente de 2 millones. Con proporción a estos datos, los números que expresan el impacto de los programas de difusión no llegan al 1 por ciento.

Efectivamente, se está todavía muy lejos de impactar a todo el sistema educativo mexicano, sin embargo los programas de difusión mencionados son de gran trascendencia.

Sería ingenuo pensar que llegará el día que exista un programa de difusión que albergue, en una convocatoria, a los 33 millones de alumnos del país o a los 2 millones del D.F. Pero es factible pensar en crear un mecanismo de difusión itinerante,

Cuadro IX. Dimensiones del sistema educativo mexicano.
Ciclo 2006-2007 (INEE). Población del D.F.

Población del DF del nivel básico		
Nivel Educativo	Escuelas	Alumnos
Preescolar	3 865	335 993
Primaria	3 360	954 941
Secundaria	1 385	490 050
Totales	8 610	1 780 984

permanente y continuo, articulado con más iniciativas, de tal suerte que extienda su radio y vaya cubriendo delegaciones, municipios y ciudades.

El mecanismo de difusión, el significado y la función de difundir conocimiento científico requieren ser objetos de estudio que permitan regular los programas e iniciativas. Se requiere de constructos teóricos que vigilen la pertinencia de los diseños de talleres científicos, de las conferencias de difusión y de las visitas a laboratorios. Para que se logre todo ello, se requiere del trabajo sistemático en las diferentes disciplinas. Conviene así, crear en el Cinvestav una disciplina científica enfocada a la difusión del conocimiento científico, tecnológico y de las ciencias sociales y humanidades.

Con una disciplina así se lograría robustecer el impacto de tal suerte que realmente afecte al sistema educativo mexicano. Por un lado, se estaría desarrollando la disciplina de difusión del conocimiento y formando investigadores en el campo, a través de posgrados de maestría y doctorado. Y por otro lado, ofreciendo servicio a los profesores de todos los niveles educativos, a través de diplomados y talleres. En ese sentido Cinvesniñ@s se convertiría en el laboratorio de la disciplina mencionada, donde sistemáticamente se tomen datos y se analicen los procesos de difusión, en cuestión. Y oportunamente la creación de un museo de la ciencia para niños, el cual representaría un marco de referencia, permanente y visible para la sociedad que provoque tradición científica.

En resumen, Cinvestav no sólo velaría por su producción científica, sino también por difundirla.



NOTAS

1. Programa Nacional de Posgrados de Calidad
2. Niño ciudadano es el ciudadano menor de 18 años.
3. Se reconoce que hay una socialización del conocimiento cuando se afecta al cotidiano. El dominio científico, por su naturaleza, evoluciona independiente del cotidiano. La socialización de la ciencia busca devolverle, al cotidiano, el conocimiento científico de manera funcional (Programa de Difusión del Conocimiento Científico, 2008).
4. La noción de observable se refiere a que en el marco teórico de la investigación admita discusiones sobre su verificabilidad o su falsabilidad (ver Bribiesca, L. y Merino, G. (2008)).
5. La vida cotidiana se presenta como una realidad interpretada por los hombres y que para ellos tiene el significado subjetivo de un mundo coherente que comparte con otros. Se origina en sus pensamientos y acciones, y está sustentado como real por éstos. Por lo cual, lo cotidiano se organiza alrededor del "aquí y ahora" por los miembros de la sociedad. Es decir, lo cotidiano surge de lo que se hace, se ha hecho o lo que se piensa hacer en dicha sociedad (ver Berger y Luckmann (2006)). Además, es un constructo teórico para hacer notar lo externo al dominio científico (Programa de Difusión del Conocimiento Científico, 2008).
6. www.matedu.cinvestav.mx/~cinvesninos/
7. www.fnal.gov/pub/about/index.html
8. www.fnal.gov/pub/education/k-12_programs.html
9. www.comunicacion.amc.edu.mx
10. www.icyt.df.gob.mx/comunicados/noviembre/2707.html

BIBLIOGRAFÍA

- H. Arendt, *La condición humana* (España, Paidós, 2005).
- P. Berger y T. Luckman, *La construcción social de la realidad*. 20a reimpresión (Buenos Aires, Amorrortu, 2006).
- L. Bribiesca y G. Merino, Teorías, modelos y paradigmas en la investigación científica. *Ciencia. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 59, 2, 79 (2008).
- E. Briceño, F. Cordero y J. Zaldívar, *Una experiencia de modelación del movimiento en un programa de difusión de la ciencia*. Documento presentado en XLI Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana. Matemática Educativa (Toluca, México, 2009).
- E. Briceño, *El uso de las gráficas desde una perspectiva instrumental. Un estudio socioepistemológico*. Tesis de maestría no publicada (México, Cinvestav-IPN, 2008).

J. Caune, *La médiation culturelle: une construction du lien social* (2008). Disponible en: http://w3.u-grenoble3.fr/les_enjeux/2000/Caune/Caune.pdf

C. Cen, *Los funcionamientos y formas de las gráficas en los libros de texto: una práctica institucional en el bachillerato*. Tesis de maestría no publicada, (México, Cinvestav-IPN, 2006).

C. Cen y F. Cordero, *El rol de la funcionalidad de las gráficas en el bachillerato*. Documento presentado en XLI Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana. Matemática Educativa, (Toluca, México, 2009).

F. Cordero, El uso de las gráficas en el discurso del cálculo escolar. Una visión socioepistemológica. En R. Cantoral, O. Covián, R. M. Farfán, J. Lezama y A. Romo, eds., *Investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: Un reporte Iberoamericano* (México, Díaz de Santos - Comité Latinoamericano de Matemática Educativa. A. C., 2008) p. 285

F. Cordero y R. Flores, El uso de las gráficas en el discurso matemático escolar. Un estudio socioepistemológico en el nivel básico a través de los libros de texto. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 10, 1, 7 (2007).

F. Cordero y K. Gómez, Los procesos de difusión del conocimiento matemático: la funcionalidad y el cotidiano, *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*, (Enviado para su publicación).

K. Gómez y F. Cordero, *La producción científica en el cotidiano. Un eje de análisis socioepistemológico para la matemática educativa*.

Documento presentado en XLI Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana. Matemática Educativa, (Toluca, México, 2009).

Decreto Oficial del Cinvestav, *Diario Oficial*. (Septiembre 1982). Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, *Panorama educativo de México 2007*, (México, 2008). Disponible en: <http://www.oei.es/pdfs/panorama2007completo.pdf>

F.J. Rutherford, *Ciencia: conocimiento para todos*. Biblioteca para la actualización del maestro (México, SEP-Oxford University Press-Harla México, 1997).

Programa de Difusión del Conocimiento Científico. Coordinación: F. Cordero (México, Departamento de Matemática Educativa. Cinvestav-IPN, 2008).

I. Viramontes y F. Cordero, *El saber funcional en un marco de difusión de la ciencia*. Documento presentado en XLI Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana. Matemática Educativa, (Toluca, México, 2009).

D. Zaldívar, *Una caracterización de la función de un escenario de difusión de la ciencia desde una visión socioepistemológica. El caso de la resignificación de lo estable*. Tesis de maestría no publicada, (México, Cinvestav-IPN, 2009).



El Cinvestav en el Parque Científico y Tecnológico de Tamaulipas

Arturo Díaz Pérez

El pasado 11 de noviembre de 2009 fueron inauguradas las nuevas instalaciones del Cinvestav en el estado de Tamaulipas por el Ing. Eugenio Hernández Flores, gobernador constitucional del estado, el Dr. René Asomoza Palacio, director general del Cinvestav, y diversos funcionarios del gobierno federal y estatal. El 10 de noviembre de 2008 fuimos convocados para la ceremonia de colocación de la primera piedra del Parque Científico y Tecnológico de Tamaulipas. La construcción de las instalaciones del Cinvestav, junto con un edificio para las empresas de tecnologías de información y el primer edificio de la Universidad Politécnica de Victoria marcaron el inicio para el desarrollo de este Parque denominado Tecnotam. Las tres iniciativas de construcción se realizaron con relativa rapidez y en la actualidad están operando normalmente dentro del mismo.

Mediante la formación de recursos humanos especializados de alto nivel, la realización de investigaciones científicas y el desarrollo de proyectos tecnológicos, Cinvestav es parte integral del Parque Científico y Tecnológico. Tecnotam aportará sin duda grandes beneficios a la comunidad científica y tecnológica del estado y al desarrollo de su economía.

El Centro ha sido partícipe de las estrategias de desarrollo local dirigidas a fortalecer capacidades regionales y a iniciar proyectos de impacto a largo plazo que, sin embargo, demuestren viabilidad desde el inicio. El desarrollo del Cinvestav en Tamaulipas está orientado precisamente al fortalecimiento regional en uno de los sectores que a nivel regional, nacional e internacional es identificado como de alto impacto para el crecimiento económico que promueve el bienestar de la población: las tecnologías de la información y comunicaciones.



El Dr. Arturo Díaz Pérez es investigador y director de la Unidad Tamaulipas del Cinvestav. adiaz@tamps.cinvestav.mx



11 de noviembre de 2009. La inauguración de las nuevas instalaciones del Cinvestav, Unidad Tamaulipas.

De conformidad con el Plan Estatal de Desarrollo 2005-2010 y desde que fue firmado el Convenio de Colaboración entre el Cinvestav y el Gobierno del estado de Tamaulipas, el Centro decidió establecer el Laboratorio de Tecnologías de la Información el cual está orientado de manera prioritaria a fortalecer la investigación, los programas de posgrado y el desarrollo tecnológico en el sector de las tecnologías de la información y comunicaciones.

En julio del 2006, el Laboratorio de Tecnologías de la Información inició operaciones con un primer grupo de cuatro investigadores y la apertura del programa de posgrado en ciencias de la computación en el cual se inscribieron 16 estudiantes, 11 provenientes de Tamaulipas y 5 de otras entidades como: Hidalgo, estado de México y el Distrito Federal. Es importante destacar que la apertura de este programa fue posible gracias a que la comunidad académica del Departamento de Computación de la Unidad Zacatenco apoyó la creación de esta nueva sede del posgrado en Computación en la Unidad Tamaulipas.

En octubre del 2006 fue inaugurado formalmente el Laboratorio de Tecnologías de la Información con la presencia del Ing. Eugenio Hernández Flores y del entonces titular de la Secretaría de Educación Pública, Dr. Reyes Tamez Guerra. Hacia finales del año la planta de investigadores del Cinvestav en Tamaulipas se había incrementado a siete. Hubo una gran cantidad de solicitudes de incorporación de investigadores, rebasando las expectativas.

Durante el 2007 ingresaron 16 nuevos estudiantes, 13 al programa de maestría y los primeros 3 del programa de doctorado. La mayor parte fueron estudiantes de Tamaulipas que aprovecharon la oferta de un programa de posgrado en su estado y que cumplieron con un riguroso proceso de admisión. Se firmaron convenios de colaboración con la Secretaría de Salud del Estado de Tamaulipas y con la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cinvestav apoyó el inicio de actividades de la Universidad Politécnica de Victoria emitiendo recomendaciones para un diseño curricular moderno del programa de estudios de la ingeniería en tecnologías de la información.



El Dr. René Asomoza en la inauguración del Cinvestav estuvo acompañado por el Gobernador de Tamaulipas, Ing. Eugenio Hernández Flores y del Dr. Rodolfo Tuirán, subsecretario de Educación Superior de la SEP.

En el 2008 hubo avances importantes en las actividades del Cinvestav en Tamaulipas. Fue admitido un nuevo grupo de 15 estudiantes en el programa de posgrado; el 29 de septiembre de dicho año se llevó a cabo el examen de grado del primer estudiante egresado del programa de maestría del Cinvestav en el estado. A la fecha han sido graduados 17 estudiantes de dicho programa. En este mismo año se ampliaron las colaboraciones de los investigadores del Cinvestav con otras instituciones de educación del estado como por ejemplo: los Institutos Tecnológicos de Victoria, de Ciudad Madero y de Matamoros. Por otra parte, junto con el gobierno estatal, Cinvestav realizó las gestiones para la obtención del financiamiento que permitiera la construcción de las nuevas instalaciones. Gracias a la buena acogida que le dieron las autoridades federales de la Secretaría de Educación Pública y de la Secretaría de Economía a este proyecto, la materialización del Parque Científico y Tecnológico Tecnotam ha sido posible.

El 2009 fue un año de grandes retos. Con el apoyo del Departamento de Computación y de la Unidad Guadalajara

ha sido posible ampliar la cobertura del programa de posgrado hacia otros estados de la República. En el ingreso más reciente al programa fueron evaluadas solicitudes de ingreso de más de 80 aspirantes y les fue concedido el ingreso a estudiantes provenientes de diversas entidades federativas como Puebla, Oaxaca, Veracruz, San Luis Potosí, Zacatecas, Michoacán, Nuevo León y el Distrito Federal además del propio estado de Tamaulipas.

Así también, con el apoyo de la Secretaría de Educación Pública, ha podido incrementarse a doce la planta de investigadores. Es conveniente destacar que la mayoría de los profesores tienen menos de 40 años y son, excepto por quien firma esta comunicación, de reciente incorporación al Cinvestav. Por lo anterior, la planta de investigadores del Laboratorio es un grupo relativamente joven que con gran entusiasmo participa en todas las iniciativas que desarrolla esta dependencia. Nuestro grupo de investigadores ha publicado 9 artículos en revistas arbitradas, un libro especializado, 49 artículos arbitrados en congresos internacionales, 19 capítulos en libros



especializados, tres artículos en extenso en congresos nacionales y dos artículos de divulgación.

El 11 de noviembre de 2009, el Cinvestav inició una nueva etapa de su desarrollo en Tamaulipas. En sus nuevas instalaciones cuenta con espacio suficiente para el crecimiento que tiene previsto en los años por venir. El proyecto de construcción tomó dos años de preparación y uno de ejecución. Durante la primera fase, se trabajó con el Arq. Rolando González, designado por el gobierno de Tamaulipas para hacer el diseño completo de los edificios de la Unidad del Cinvestav. En la siguiente fase, fueron revisadas las alternativas junto con la Secretaría de Desarrollo Económico y del Empleo de Tamaulipas para la asignación del terreno de la Unidad Tamaulipas dentro de Tecnotam. El proyecto ejecutivo de la obra del Cinvestav Tamaulipas estuvo a cargo del Comité para la Administración de Planteles Educativos de Tamaulipas. Los contratos para la construcción de la primera fase fueron firmados uno en noviembre de 2008 y el otro en enero de 2009.

El espacio total asignado al Cinvestav dentro de Tecnotam comprende 10 hectáreas. La primera fase de construcción suma aproximadamente siete mil 800 m², donde se dispondrá de espacio para 10 laboratorios, 2 aulas de capacitación, 5 salones de clase, una aula magna, un auditorio y cubículos para que al menos 20 investigadores puedan desarrollar sus investigaciones. Además, hay espacios administrativos y el área específicamente diseñada para centro de telecomunicaciones. En estas instalaciones podrán ser atendidos 360 estudiantes de posgrado y 150 estudiantes más en estancias profesionales, servicio social, dirección de tesis y estancias de investigación.

Mediante el desarrollo de proyectos tecnológicos y de innovación con las empresas del sector de tecnologías de información y la formación de capital humano, está establecido el mecanismo inicial de acercamiento del Cinvestav con las empresas que se están instalando en Tecnotam. Dentro de sus instalaciones en Tamaulipas se encuentra alojado en su primera etapa de desarrollo un Centro de Innovación en el cual participa Cinvestav junto con el gobierno del estado de Tamaulipas y la empresa Microsoft. El Centro de Innovación con Microsoft será la primera iniciativa mundial de esta empresa para el desarrollo de tecnologías en *cloud computing* enfocadas a la gestión de documentos. A través de este centro de innovación también serán ofrecidos cursos de capacitación y un laboratorio de pruebas de compatibilidad entre aplicaciones de software.

Cinvestav Tamaulipas, como parte del ecosistema del Parque, tiene abiertas sus puertas a todas aquellas iniciativas de desarrollo científico y tecnológico que contribuyan al desarrollo armonioso de Tecnotam, y que como fin último contribuyan al desarrollo de México. El factor clave para el éxito de Tecnotam será sin duda la posibilidad de atraer el talento, proveniente de México o del extranjero, que contribuya al desarrollo científico, tecnológico y de innovación.

Estamos conscientes de las grandes expectativas generadas con la creación de este Laboratorio y la construcción de sus instalaciones. Quienes hemos participado en el desarrollo del Cinvestav en el estado de Tamaulipas asumimos la responsabilidad adquirida para que nuestro trabajo contribuya al desarrollo científico y tecnológico honrando el reconocimiento que tiene nuestra institución por el elevado nivel de su trabajo académico.



Mario Molina, doctorado *Honoris causa* del Cinvestav*

René Asomoza Palacio

Muy buenos días tengan todos ustedes...

Dr. Mario Molina, Premio Nobel de Química 1995; Dr. Rodolfo Tuirán, subsecretario de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública; Sean ustedes bienvenidos. El Cinvestav se honra con su presencia.

Dr. Arnulfo Albores, secretario académico del Cinvestav; Dr. Marco Antonio Meraz, secretario de planeación del Cinvestav; Dr. Eusebio Juaristi, jefe del Departamento de Química y miembro de El Colegio Nacional; Dr. Romeo de Coss, director de la Unidad Mérida e investigador del Departamento de Física Aplicada; Sra. Guadalupe Álvarez de Molina, reciba mis respetos.

Señoras y señores:

Quiero agradecer la presencia de personalidades que representan a organismos gubernamentales e instituciones del ámbito científico, educativo, social y político que nos acompañan en este evento tan especial, así como a los investigadores, estudiantes y trabajadores del Cinvestav que nos honran con su presencia y a los que siguen el evento en línea por videoconferencia o por Internet.

El Cinvestav, en sus casi 50 años de vida, ha otorgado siete mil 430 diplomas de posgrado, de los cuales dos mil 24 corresponden al grado de doctor. Sin embargo, hasta hace poco, no teníamos establecida en nuestra normatividad la figura del doctorado *Honoris causa*, una de las distinciones más apreciadas en el mundo académico tanto para quien la da como para quien la recibe. Es por ello que presenté a la Honorable Junta Directiva, nuestro máximo órgano de gobierno, la propuesta de facultar al Cinvestav para el otorgamiento del doctorado *Honoris causa*, propuesta que fue aprobada de manera unánime y entusiasta.

El Dr. René Asomoza Palacio es investigador del Departamento de Ingeniería Eléctrica y director general del Cinvestav, rasomoza@cinvestav.mx

* Discurso pronunciado en la ceremonia de entrega del Doctorado *Honoris causa* del Cinvestav al Dr. Mario Molina.



Mario Molina y René Asomoza.

Queremos reconocer a quienes, independientemente de su especialidad, raza, ideas, nacionalidad o idioma, han dedicado su vida a la investigación científica y han contribuido, de este modo, al conocimiento de los grandes problemas nacionales e internacionales y a su posible resolución. Con ello, el Centro no solamente honra a personalidades distinguidas de la ciencia, sino que se honra a sí mismo; sólo aquellos que reconocen lo diverso pueden admitir lo propio. Reconocer a los demás es una forma de compartir. En la actualidad la ciencia es desarrollada cada vez más en grupos multidisciplinarios y cada vez menos de manera aislada, por lo que el trabajo en colaboración, es la forma más eficiente de lograr resultados para atender los grandes problemas que actualmente enfrentamos como comunidad científica.

En esta ocasión, el reconocimiento será otorgado a Mario Molina, un científico que ha destacado de manera notable y cu-

yas contribuciones al conocimiento universal nos han abierto la conciencia hacia el cuidado del medio ambiente. El doctor Molina, como todos sabemos, ha obtenido los más altos honores que puede lograr un científico, entre otros, el Premio Nobel en su especialidad. Es por ello que en esta oportunidad, además de recibir del Cinvestav el doctorado *Honoris causa*, nos hace el honor de inaugurar con una conferencia magistral el Programa de Conferencias Nobel en el Cinvestav. Ambas celebraciones constituyen el inicio de lo que, confío, será una tradición del Centro. El problema del ozono en la estratósfera nos ha mostrado que las actividades humanas son capaces de afectar en gran medida la atmósfera en una escala global. Este mensaje fue difundido por Mario Molina en la conferencia que impartió con motivo de recibir el Premio Nobel de Química en 1995. El mensaje lleva en su contexto: sensibilidad, conciencia, un intenso trabajo científico con intelligen-



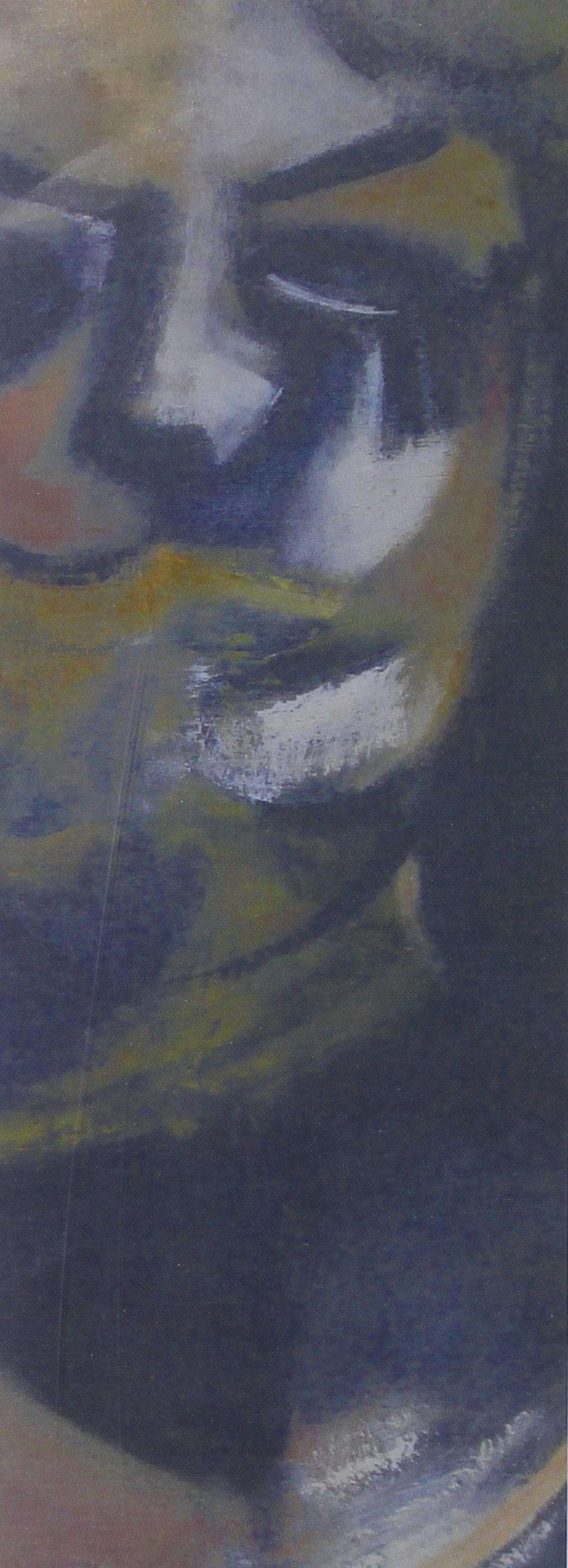
Jóvenes del Cinvestav muestran a Mario Molina su modelo de automóvil ecológico.

cia, capacidad, tenacidad y experiencia, sobre un problema que de no haberse detectado a tiempo tendría consecuencias mundiales inimaginables.

Mario Molina nació en la ciudad de México, donde cursó la educación básica. Su formación extra escolar tuvo un papel fundamental, comenzó con la observación al microscopio de paramecios y amibas, para continuar con experimentos de química en su laboratorio casero, con la asesoría de su tía Esther Molina. Después de radicar y estudiar en Suiza, regresó a México para realizar sus estudios de ingeniería química en la Universidad Nacional Autónoma de México. Esta licenciatura ofrecía las materias de matemáticas necesarias para formarse como físico-matemático, lo que sería su próxima meta. Posteriormente en la Universidad de Friburgo, en Alemania, dedicó años a la investigación en cinética de polimerizaciones. Ahí se percató de que requería más estudio de algunas materias básicas a fin

de ampliar sus fundamentos y explorar otras áreas de investigación. Regresó a México para desempeñarse como profesor asistente en la UNAM y durante su estancia logró crear el primer posgrado en ingeniería química en nuestro país.

Teniendo siempre presente su deseo de estudiar un posgrado en fisicoquímica, ingresó a la Universidad de California en Berkeley y se incorporó al grupo de trabajo del Profesor George Pimentel para estudiar la dinámica molecular con ayuda del láser químico. Esta herramienta le serviría en su trabajo de posgrado, se relacionaba con los estudios de la distribución de la energía interna en los productos de reacciones químicas y fotoquímicas. En poco tiempo, obtuvo su primer logro: explicar algunas propiedades de las señales del láser como oscilaciones de relajación predecibles a partir de las ecuaciones fundamentales de las emisiones láser. Una vez terminados sus estudios de posgrado, se unió al equipo de trabajo del Profesor



Sherwood Rowland como becario de posdoctorado. Le fue asignado el trabajo de averiguar el destino de ciertos productos químicos industriales inertes –derivados del carbono, fluorados y/o clorados (CFC, por sus siglas en inglés)– acumulados en la atmósfera, y que no parecían tener, en ese entonces, ningún efecto significativo en el medio ambiente.

Tres meses más tarde, el Profesor Rowland y Mario Molina propusieron la “Teoría del agotamiento del ozono por los compuestos CFC”. La importancia de este resultado pudo ser entendida realmente cuando compararon las cantidades industriales de los CFC’s con las de los óxidos de nitrógeno que controlan los niveles de ozono. Les alarmó la posibilidad de que la liberación continua de CFC’s en la atmósfera pudiera causar una degradación significativa de la capa de ozono en la estratosfera de la Tierra. Los descubrimientos obtenidos por Rowland y Mario Molina fueron publicados en la revista *Nature* en 1974. Con esta publicación y una campaña de difusión intensa se generó una gran agitación, no sólo en el ambiente científico, sino entre autoridades públicas, empresariales y en los medios de comunicación. Ésto es lo que buscaban Rowland y Molina, porque representaba una forma efectiva para que la sociedad tomara algunas medidas con el fin de reducir el problema. Sus investigaciones condujeron al Protocolo de Montreal de las Naciones Unidas, un tratado que prohíbe la producción de CFC’s en los países desarrollados desde 1996. Éste es el primer tratado internacional que ha prácticamente resuelto un problema ambiental a escala global.

Durante su estancia en la Universidad de California en Irvine, Molina estableció un programa independiente de investigación sobre las propiedades químicas de compuestos de importancia atmosférica, particularmente de aquellos que son inestables y difíciles de manejar en el laboratorio, como el ácido hipocloroso, el nitrito de cloro, el nitrato de cloro y el ácido peroxinitrico. Posteriormente, se incorporó al Laboratorio de Propulsión a Chorro en el Departamento de Física y Química

Molecular, en donde pudo demostrar que las reacciones de activación por cloro ocurren con mayor frecuencia en presencia de hielo, bajo condiciones estratosféricas polares. De esta forma pudo simular en el laboratorio los efectos químicos de las nubes sobre la Antártida.

Igualmente, junto con su equipo realizó experimentos con peróxido de cloro, un compuesto que no había sido reportado y que resultó ser clave para explicar la rápida pérdida de ozono en la estratósfera polar. Hace dos décadas, Mario Molina se incorporó al Instituto de Tecnología de Massachusetts, dando continuidad a su trabajo de investigación sobre temas generales de química atmosférica. La detección del problema no fue suficiente. Para alertar sobre éste, actualmente ha emprendido una poderosa campaña cultural mundial, con acciones reales viables y factibles, para la preservación de la capa de ozono y una fundamental participación en estudios estratégicos sobre energía y medio ambiente.

Creó el Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, cuya misión es: apoyar la creación e instrumentación de soluciones prácticas a los problemas clave de la energía y el medio ambiente mediante consensos entre todos los involucrados y que deberá ser percibido como modelo para tratar esos problemas en países en desarrollo. El Centro Mario Molina representa un puente entre las naciones desarrolladas y en desarrollo en la búsqueda de métodos limpios y sustentables para satisfacer la demanda creciente de energía en el mundo.

La importante intervención de Mario Molina a través de su Centro tiene objetivos bien definidos: participa en la elaboración de estudios básicos sobre el sector transporte y la definición de políticas, programas y acciones para disminuir la contaminación que produce. Promueve acciones para desarrollar un transporte público sustentable, lo que significa la renovación acelerada de la flota vehicular para aprovechar la disponibilidad de nuevos combustibles y de tecnología auto-

motriz limpia. Propone medidas orientadas a disminuir las emisiones de gases que producen el efecto invernadero asociadas al consumo de energía. Apoya en la elaboración de una Estrategia Nacional de Acción Climática y participa en la conformación de una cartera de proyectos financiados con el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto para el sector de energía, por mencionar algunos de estos objetivos. A largo plazo, el Centro Mario Molina busca contribuir a que las ciudades mexicanas cuenten con aire limpio, igualmente intenta contribuir a la transición energética hacia sistemas eficientes, limpios y con fuentes renovables de energía.

La vida, desde cualquier punto de vista, es lo más preciado que tenemos. Para conservarla y disfrutarla necesitamos que todo lo que nos alimenta, exista y permanezca. La naturaleza es un sistema complejo y caótico, reorienta procesos y resultados, y busca regularlos, muchas veces con trágicas consecuencias. El hombre no sólo vive y evoluciona, también modifica su entorno buscando mejores condiciones de vida. Al alterar su entorno consciente o inconscientemente ha alterado procesos naturales que en muchos casos ponen en riesgo su propia supervivencia. No todos somos sensibles a estas modificaciones ni a sus consecuencias. Los intereses económicos, políticos y tecnológicos, entre otros, no siempre toman en cuenta las repercusiones en el medio ambiente y en nuestras vidas.

Afortunadamente, y creo que todavía oportunamente, existen personas que han dedicado gran parte de sus vidas, con sensibilidad y visión, hacia la preservación de la vida en sus diversos niveles y alcances. Estamos reunidos hoy en el Cinvestav, para reconocer el trabajo científico de Mario Molina, quien ha demostrado ser un hombre con una gran sensibilidad hacia la vida y con un claro compromiso por la supervivencia de la humanidad y la preservación del medio ambiente.

Muchas gracias a todos...



Mario Molina, un ejemplo a seguir por los jóvenes científicos de México*

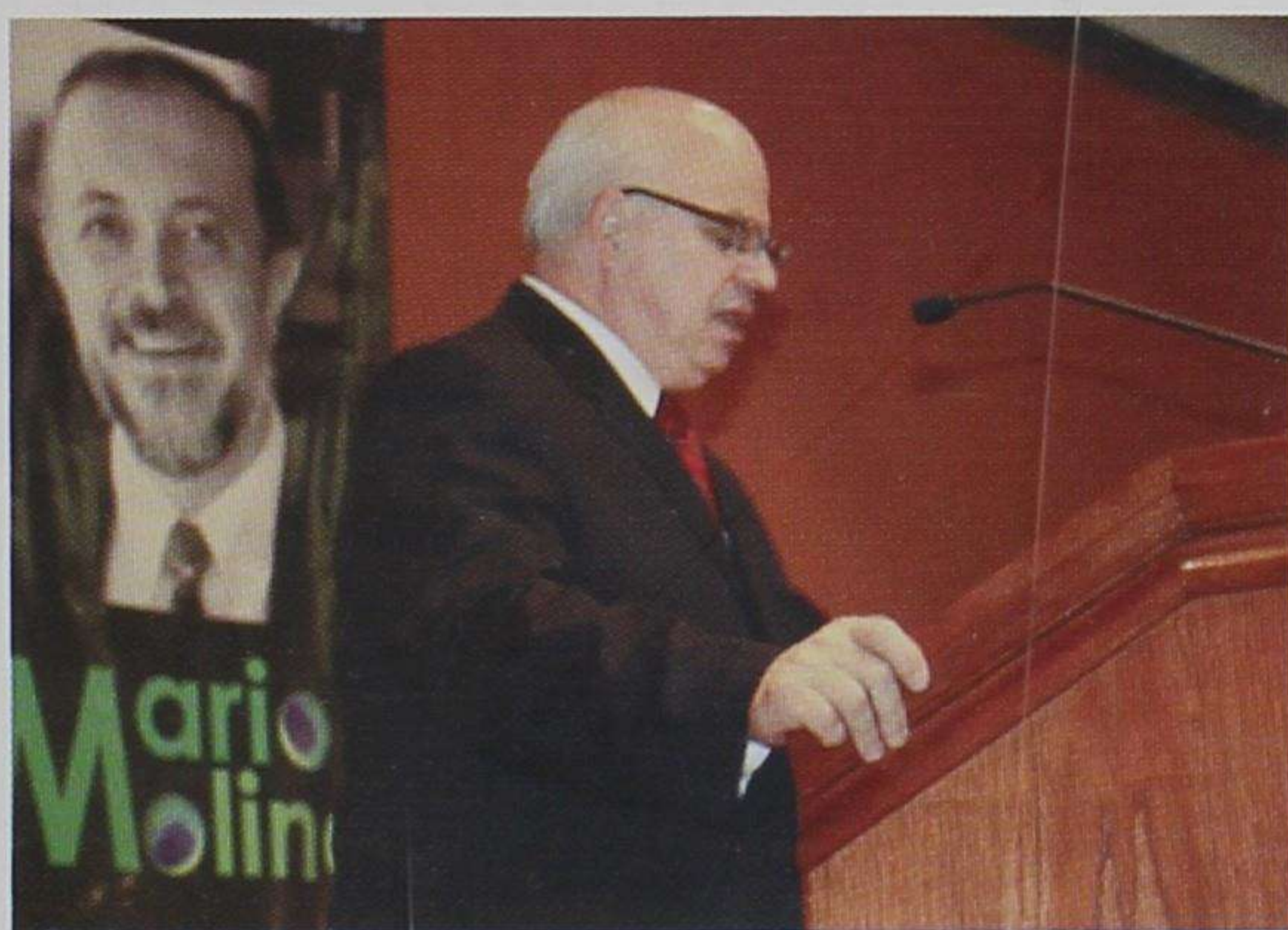
Rodolfo Tuirán

Mucho me enorgullece participar con ustedes en esta ceremonia en la que el Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados, una de las instituciones de investigación científica de mayor prestigio en México, reconoce con el doctorado *Honoris causa* la excelencia y calidad de un mexicano excepcional. El secretario de Educación Pública, Mtro. Alonso Lujambio, le envía, doctor Molina, sus felicitaciones y le reitera que es un verdadero privilegio contar en México con científicos de su nivel.

Deseo agradecer al Cinvestav y a su director doctor René Asomoza Palacio su amable invitación para que, junto con ustedes, pueda ser testigo y participe en un acto tan significativo y de tanta trascendencia como éste. Celebro, por supuesto, la decisión tomada por la Honorable Junta Directiva del Cinvestav de reconocer con el doctorado *Honoris causa* la labor y las contribuciones que ha realizado el doctor Mario Molina.

Recuérdese que *Honoris causa* es una locución latina que significa “por causa de honor”. Éste es exactamente el caso del Dr. Molina, quien cuenta con una larga, fecunda y destacada trayectoria científica y académica, y ha realizado importantes aportes al desarrollo científico en el campo de la química ambiental. De esta manera, la academia honra al académico y al hacerlo se honra a sí misma. A diferencia de lo que proponía el poeta José Gorostiza, es decir, la inteligencia como soledad en llamas, el *ethos* esencial del trabajo académico se basa en la cooperación exigente y el reconocimiento entre pares.

Los jóvenes científicos de México tienen en el doctor Molina un ejemplo a seguir. Sobresale su talento, disciplina y tenacidad, pero también su generosidad y amor por lo que hace.



El Dr. Rodolfo Tuirán es Subsecretario de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública.

* Discurso pronunciado en la entrega del Doctorado *Honoris causa* del Cinvestav al Dr. Mario Molina.



Es también ejemplo de una visión sobre el uso de la ciencia y la tecnología para procurar el bien y hacer de este mundo algo mejor. Así lo muestra, por ejemplo, una narración del doctor Molina en su semblanza autobiográfica, cuando describe los años que pasó en Berkeley, la cual me permito citar textualmente:

Me impresionó el hecho de que en otros lugares se estaban desarrollando láseres químicos de alto poder para fines bélicos: deseaba participar en investigaciones que fueran útiles para la sociedad, y no que derivaran en resultados potencialmente destructivos.

La trayectoria del doctor Molina es conocida y acaba de ser anotada por el doctor Asomoza: un joven orientado a la ciencia que hizo sus primeros experimentos a edad temprana. Luego el ingreso a los circuitos académicos: la facultad de Química de la UNAM, los posgrados internacionales, el retorno para crear el primer posgrado en ingeniería química de México y la nueva exploración. En 1968 llegó a la Universidad de California en Berkeley para realizar sus estudios de posgrado en físicoquímica y, poco después, realizó un hallazgo paradigmático para la investigación científica. El doctor Molina demostró, con el Profesor Sherwood Rowland, que la capa de ozono que protege a la Tierra de las radiaciones ultravioleta estaba siendo afectada por los clorofluorocarbonos contenidos en artículos que eran usados como refrigerantes, solventes y propelentes para latas de aerosol.

A raíz de este descubrimiento, de enorme trascendencia para enfrentar un problema ambiental a escala global que pudo haber tenido consecuencias catastróficas, vendría la firma y ratificación del llamado Protocolo de Montreal de las Naciones Unidas, que obligó a cesar la producción de los clorofluorocarbonos. Cuando recibió el Premio Nobel de Química en

1995, Molina ya había obtenido una enorme cantidad de premios y reconocimientos, como el Premio Tyler de energía y Ecología en 1983, el Premio Essekeb en 1987 y un amplio número de doctorados *Honoris causa*, entre otros.

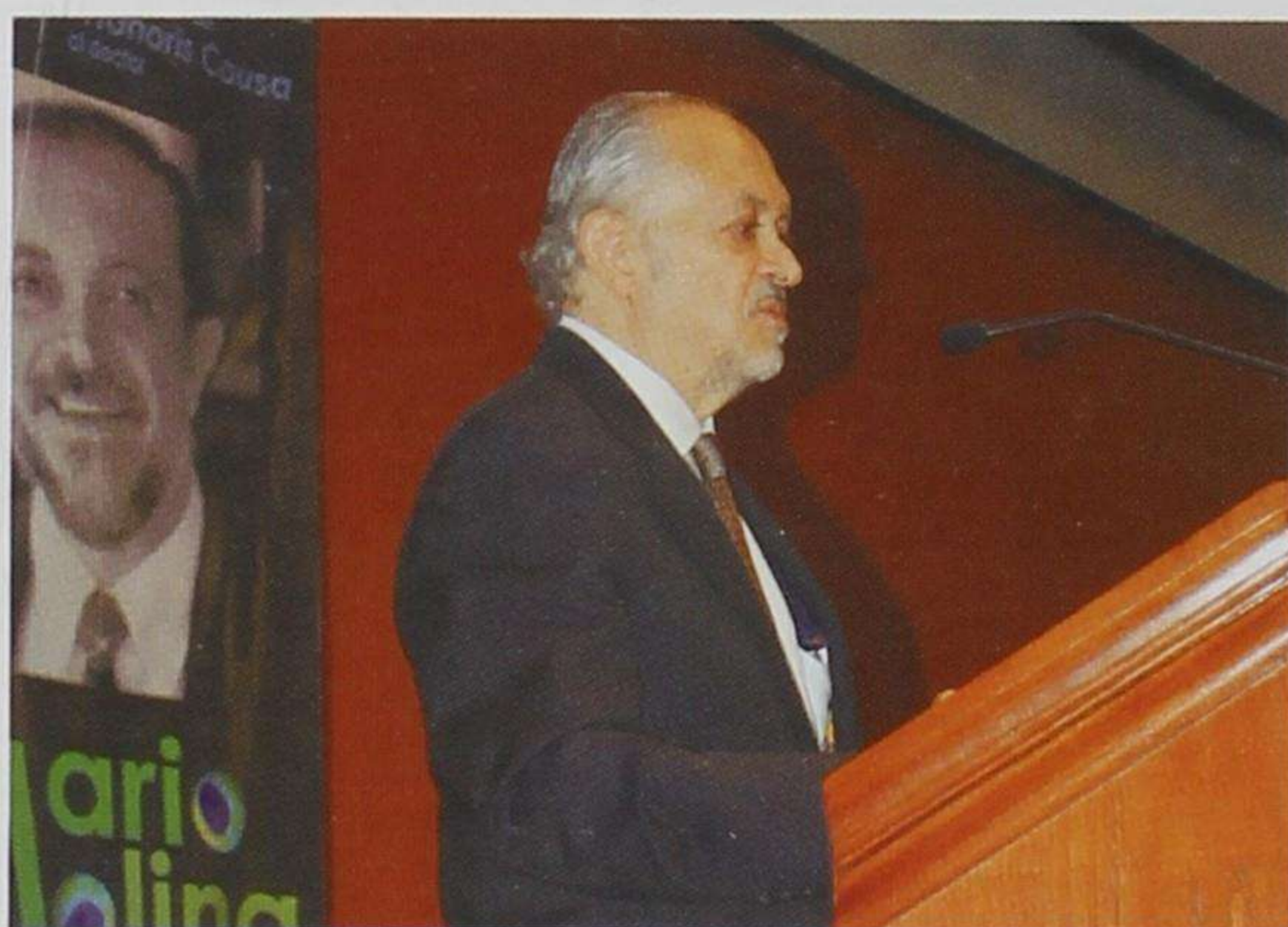
Mas su legado no se reduce a sus numerosas investigaciones y contribuciones científicas. Molina es un científico que además se ha ocupado en entender y ofrecer soluciones a muchos de los problemas ambientales que aquejan a México y al mundo, avalado por las certezas que brinda el conocimiento científico. Mario Molina ha sido enfático en advertir sobre las amenazas que podrían acompañar al cambio climático y la necesidad de integrar una agenda al respecto. También ha llamado la atención acerca de la necesidad de avanzar en el ahorro de energía y su producción a partir de fuentes renovables como la eólica, la geotérmica y la solar para contribuir a la mitigación de emisiones de bióxido de carbono a la atmósfera. También ha sido un gran impulsor de la investigación básica y aplicada para enfrentar el problema de la calidad del aire. Mucho se le debe por sus ideas y recomendaciones para entender y proponer soluciones a la contaminación atmosférica que aqueja al Valle de México y otras regiones del país.

El doctor Mario Molina es uno de nuestros más eminentes científicos; también es un ciudadano comprometido con las mejores causas de la sociedad. Y es un académico en toda la extensión de la palabra. Sus alumnos hablan de él no sólo con respeto y admiración, sino con mucho cariño. Felicito, a nombre propio y de la Secretaría de Educación Pública, al doctor Molina por este merecido reconocimiento. Por su vida y por su obra, doctor Molina, usted es un mexicano verdaderamente excepcional. Su trabajo ha dejado una huella profunda y duradera. La deuda que tenemos con usted es enorme.

Felicidades y muchas gracias.

México requiere más inversión en educación e investigación científica*

Mario Molina



Es para mí un gran honor recibir este doctorado *Honoris causa*, es un evento muy emotivo. Quiero felicitar al Cinvestav y al doctor Asomoza por gestionar el programa de traer Premios Nobel para que nos den conferencias en México.

Algunos Premios Nobel, como el mío con mis colegas, están relacionados con ciencia aplicada, aunque también tienen un componente muy importante de ciencia fundamentada, el de entender cómo funciona la atmósfera. Muchos Premios Nobel se dan por ciencia fundamentada. Por eso tardan varias décadas antes de ser entregados. Así funciona la ciencia fundamentada, puesto que tiene aplicaciones futuras en muchas ocasiones muy importantes para el beneficio de la sociedad.

Pero ¿por qué es sumamente importante reconocer esto en México? En mi opinión es importante que aquí desarrollemos tanto ciencia aplicada como ciencia fundamentada, lo que nos obliga a preguntarnos, ¿podemos darnos el lujo en México de invertir en ciencia fundamentada? ¿Qué eso no sólo tienen que hacerlo los países ricos nada más?, y la respuesta contundente es: no.

En México nos conviene tener no sólo ciencia aplicada sino también fundamentada. Está muy claro que los países que en décadas recientes han tenido éxito en su desarrollo económico han invertido en ciencia, tecnología y educación. Y de la ciencia fundamental podemos además decir lo siguiente: es una parte esencial de la formación de jóvenes científicos en universidades y centros de investigación; es preciso contar con cien-

El Dr. Mario Molina recibió el Premio Nobel de Química en 1995. Es profesor del Departamento de Química y Bioquímica de la Universidad de California.

* Discurso pronunciado por el Dr. Mario Molina al recibir el Doctorado *Honoris causa* del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, el 9 de julio de 2009.



El Dr. Mario Molina al recibir el *Honoris causa* del Cinvestav.

tíficos de primera clase. Por fortuna los tenemos en México y claramente aquí en el Cinvestav. Pero necesitamos más, ¿y por qué en ciencia fundamental? Porque es la garantía de realmente formar y generar científicos de excelencia, que puedan competir con científicos del resto del mundo. Esa excelencia se adquiere a través de esta participación en todas las ramas de la ciencia.

En México necesitamos más científicos y por eso requerimos más inversión en educación y en investigación científica. Pero no solamente debemos aspirar a tener más o aumentar el número, sino aspirar a que sean de excelencia, y tratar de con-

vencer a más estudiantes para que se dediquen a este tipo de actividades, que son arduas pero altamente satisfactorias y que resultan en un beneficio para la sociedad. Los podemos convencer pero al mismo tiempo debemos garantizar que tengan trabajo, que tengan institutos y recursos donde puedan desarrollar sus investigaciones. Así pues de nuevo felicidades al Cinvestav por este programa que están iniciando y reconocer el gran honor que es para mí recibir tan alta distinción.

Muchísimas gracias a todos.



Balance de actividades del Cinvestav en 2009

René Asomoza Palacio

El 4 de diciembre de 2008, durante la ceremonia de entrega de reconocimientos de antigüedad, comenté lo siguiente:

Vivimos una situación de incertidumbre en la economía mundial. En los últimos meses se ha desatado un fenómeno complejo que ha generado en Estados Unidos y los países europeos una grave recesión, las perspectivas de la economía mexicana son muy delicadas.

Para muchos de nosotros la palabra crisis resulta familiar, hemos vivido sus consecuencias y sus efectos en los planos personal y profesional, en algún sentido sabemos de qué se trata. Hoy el carácter internacional de la crisis financiera nos genera una nueva incertidumbre; sin embargo, sabemos que podemos sobreponernos a ella. Tenemos las capacidades para responder a los retos que las restricciones externas nos imponen. La peor crisis es la que nos inmoviliza.

Para la Dirección del Cinvestav la actual coyuntura obliga a actuar con cautela. Aprendimos de las crisis que es necesario proteger las áreas estratégicas, cuidar los recursos y ser extremadamente cautos al establecer compromisos. La actual coyuntura nacional e internacional nos obliga también a revisar nuestras agendas de trabajo y a otorgar una nueva mirada a nuestros proyectos. Es necesario que el Centro sea capaz de contribuir significativamente en estos momentos; estamos convencidos de que la ciencia y la tecnología constituyen herramientas fundamentales para mejorar el bienestar de la sociedad. Es momento de redoblar esfuerzos para ofrecer respuestas y aportar soluciones a los grandes problemas.

Sin duda, depende de la actual generación de científicos y tecnólogos que nuestro país se incorpore a la economía del conocimiento. Creo que para todos este objetivo es importante: implica impulsar la educación y la investigación en sus diferentes ámbitos y establecer vínculos entre las disciplinas y los sectores de la sociedad. Nos obliga a pensar en la investigación básica y aplicada con una orientación específica.



El Dr. René Asomoza Palacio es investigador titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica, actualmente es el director general del Cinvestav, rasomoza@cinvestav.mx



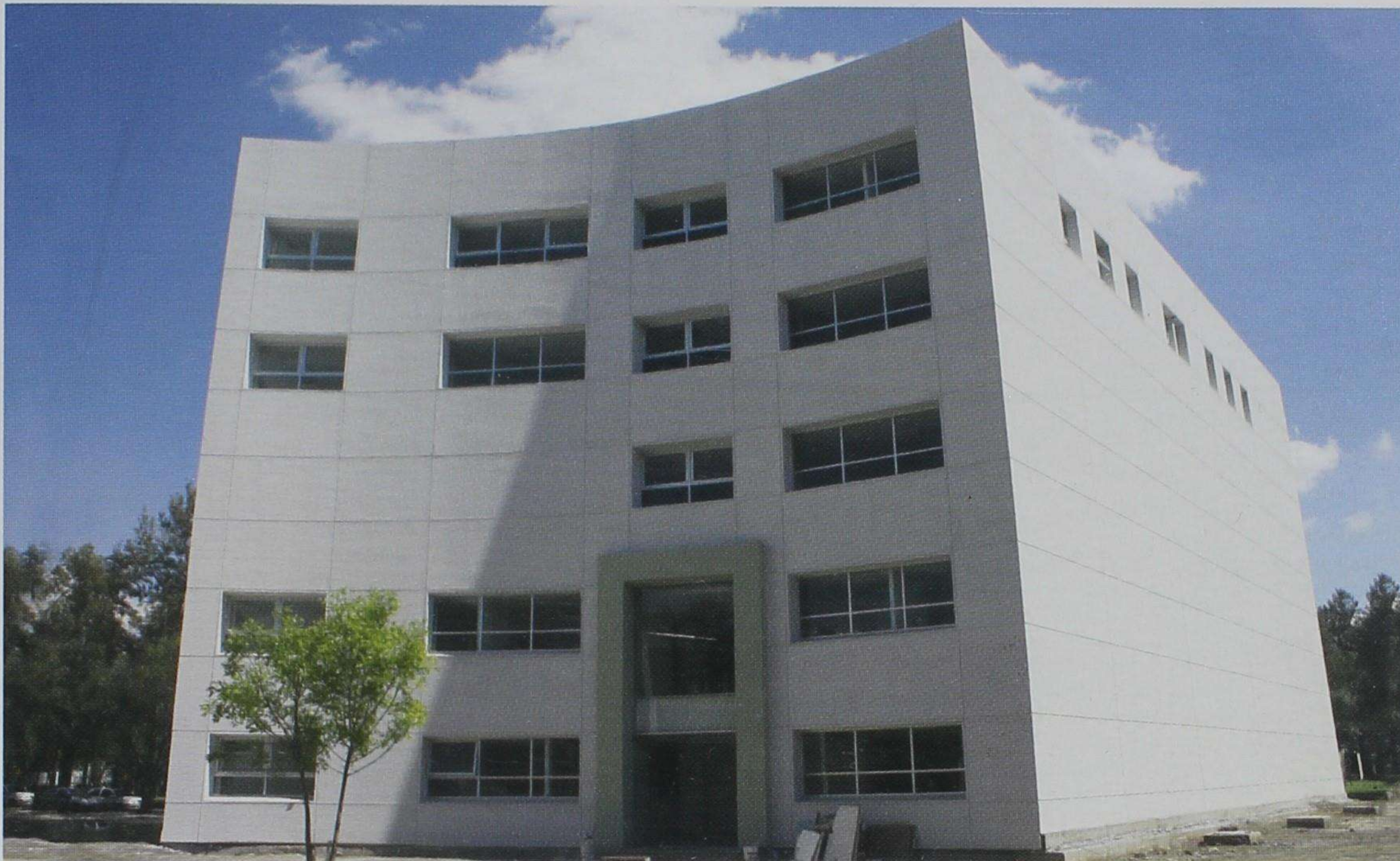
Edificio de la Unidad Tamaulipas del Cinvestav.

Ese discurso daba cuenta de la situación que en aquel momento percibía yo. Se auguraban tiempos difíciles; sin embargo, ni en las perspectivas más pesimistas preveía un escenario como el que nos tocó vivir durante 2009. Por principio, la crisis mundial se hizo evidente y tuvo consecuencias graves en México: desempleo, deslizamiento del peso, menores ingresos. Por otro lado, la crisis sanitaria afectó a la economía e influyó en sectores como el turismo y la captación de divisas. Todo ello provocó que fueran tomadas medidas de emergencia para intentar resolver la compleja situación. En el Cinvestav, como en todas las entidades del gobierno federal, tuvimos que aplicar medidas de austeridad. Sin embargo, hemos seguido el plan trazado desde un inicio por esta administración y tenemos resultados importantes. Gracias al apoyo directo del secretario de Educación Pública y de varios de sus colaboradores, entre ellos el subsecretario de Educación Superior, a quienes agradezco su solidaridad con el Cinvestav, pudimos recuperar un alto porcentaje de los recursos re-

cortados. Esto nos permitió tener un cierre de año razonable, asegurando cosas tan importantes como seguir recibiendo la colección de revistas científicas esenciales para realizar nuestro trabajo de investigación y las actividades sustantivas.

En segundo lugar, pudimos continuar con nuestro programa de fortalecimiento de estructura experimental, que incluye la reposición de equipo de laboratorio y las obras planeadas para este año, entre las que destacan un nuevo edificio para el Departamento de Investigaciones Educativas y un auditorio para la Sede Sur, ambos terminados, las nuevas instalaciones de la Unidad Tamaulipas con siete mil 500 m², que fueron inauguradas el 11 de noviembre; así como dos edificios en Zacatenco y tres más en la Unidad Saltillo, que están a punto de ser concluidos.

Por otro lado, durante 2009 aumentó la matrícula de estudiantes con respecto a años anteriores. En 2007 tuvimos dos mil 374 estudiantes inscritos, en 2008 fueron dos mil 506 y en 2009 llegamos a dos mil 659, un aumento del 12% con respecto



Nuevo edificio en el Cinvestav-Zacatenco.

al 2007. Nuestro programa de internacionalización ya está dando resultados. Durante 2009 recibimos 54 estudiantes extranjeros de nuevo ingreso. Comparados con los 25 que ingresaron en el 2007, representan un aumento de 116%.

En 2009 firmamos 26 acuerdos de entendimiento con universidades del extranjero para enviar estudiantes y tener intercambio de investigadores. Actualmente cinco de ellos realizan estancias de seis meses en otros laboratorios en el marco de estos convenios. En cuanto a estudiantes graduados, durante el año pasado 576 obtuvieron su grado, 398 de maestría y 178 de doctorado. Esta cifra representa el máximo histórico para la institución, superando considerablemente los 509 del 2008.

Hemos iniciado nuevos programas de posgrado en áreas de actualidad y de impacto para la sociedad, utilizando y optimizando los recursos con los que contamos; es decir, no hemos creado nuevas plazas, ni laboratorios adicionales, sino que son el resultado del trabajo en colaboración y de una en-

tusiasta participación de un gran número de investigadores que han encontrado en estos programas vías de desarrollo novedosas y fructíferas.

El pasado 11 de noviembre firmamos con la compañía Microsoft un convenio para establecer en la Unidad Tamaulipas un centro de diseño para esta empresa, que es único en América Latina. El 19 de noviembre firmamos un acuerdo de cooperación con la embajada de Francia en México, para establecer en el Cinvestav Unidad Mérida, en la Estación Marina de Telchac, la Sede Golfo de México y Mar Caribe del Observatorio de los Mares y Litorales, que lleva el nombre de Jacques-Yves Cousteau. Una iniciativa binacional que abre la posibilidad de trabajo colaborativo entre investigadores de redes mexicanas y francesas. En esa ocasión también firmamos un convenio con la Universidad de Bretaña Occidental, de Francia, para unir nuestras experiencias y capacidades en el área de Ciencias y Recursos del Mar, con el fin de desarrollar proyectos conjuntos y colaborar en programas de posgrado; y uno más con la Sociedad



La Estación Marina de Telchac que pertenece a la Unidad Mérida del Cinvestav.

Cousteau, para realizar divulgación y promoción de la ciencia de manera conjunta.

A partir de la contingencia sanitaria originada por el virus de la influenza A/H1N1, un grupo de investigadores de diferentes departamentos trabajan de manera coordinada para contribuir en la solución a este problema de salud que nos amenaza a todos. Así, fue planteado un proyecto al Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal (ICYTDF) y obtuvimos su apoyo para crear en el Centro un laboratorio para el manejo del virus a nivel de seguridad B2, escalable a B3, es decir, con altos estándares de seguridad, lo cual conformará parte de un Centro de Diagnóstico del Distrito Federal. En este caso transformamos una situación de riesgo o de crisis en una oportunidad, y el Cinvestav contribuye a mejorar las condiciones de salud de la población generando y aplicando el conocimiento científico.

Con el objetivo de reconocer a aquellas personas que, independientemente de su raza, ideas, nacionalidad o idioma, han dedicado su vida a la investigación científica y han contribuido de este modo al conocimiento de los grandes problemas nacionales y a su posible solución, fue creada en el Cinvestav la figura del doctorado *Honoris causa*. Durante 2009 entregamos el reconocimiento al Dr. Pablo Latapí Sarre y al Dr. Mario Molina. Al mismo tiempo, este Centro inició el programa de Conferencias Nobel en el Cinvestav, en él participaron los doctores Mario Molina, Premio Nobel de Química 1995, y Ferid Murad, Premio Nobel de Medicina 1998.

Cabe resaltar también que para una mejor comunicación y manejo de documentos institucionales entró en operación la primera fase del Sistema de Información Académica (Sinac), soporte tecnológico que sin duda responderá a las exigencias actuales de contar con información precisa de nuestros estu-



El nuevo edificio del Departamento de Investigaciones Educativas y el auditorio para la Sede Sur del Cinvestav.

diantes e investigadores de manera inmediata y facilitar diversos procedimientos escolares.

En este año fortalecimos nuestra comunicación hacia la sociedad, con el fin de promover nuestras actividades. Estas acciones nos posicionan en los medios de comunicación impresos y electrónicos de manera destacada. Basta decir que durante 2009 el promedio mensual de impactos en los medios fue de 60 notas relevantes sobre el Cinvestav, en ocasiones planas completas. En septiembre alcanzamos un máximo espectacular de 115 notas en los medios, incluida una nota publicada por la BBC de Londres, mencionando el trabajo hecho por el grupo de Irapuato en Cuatrociénegas, Coahuila, que estudia microorganismos cuyo origen data de cientos de millones de años.

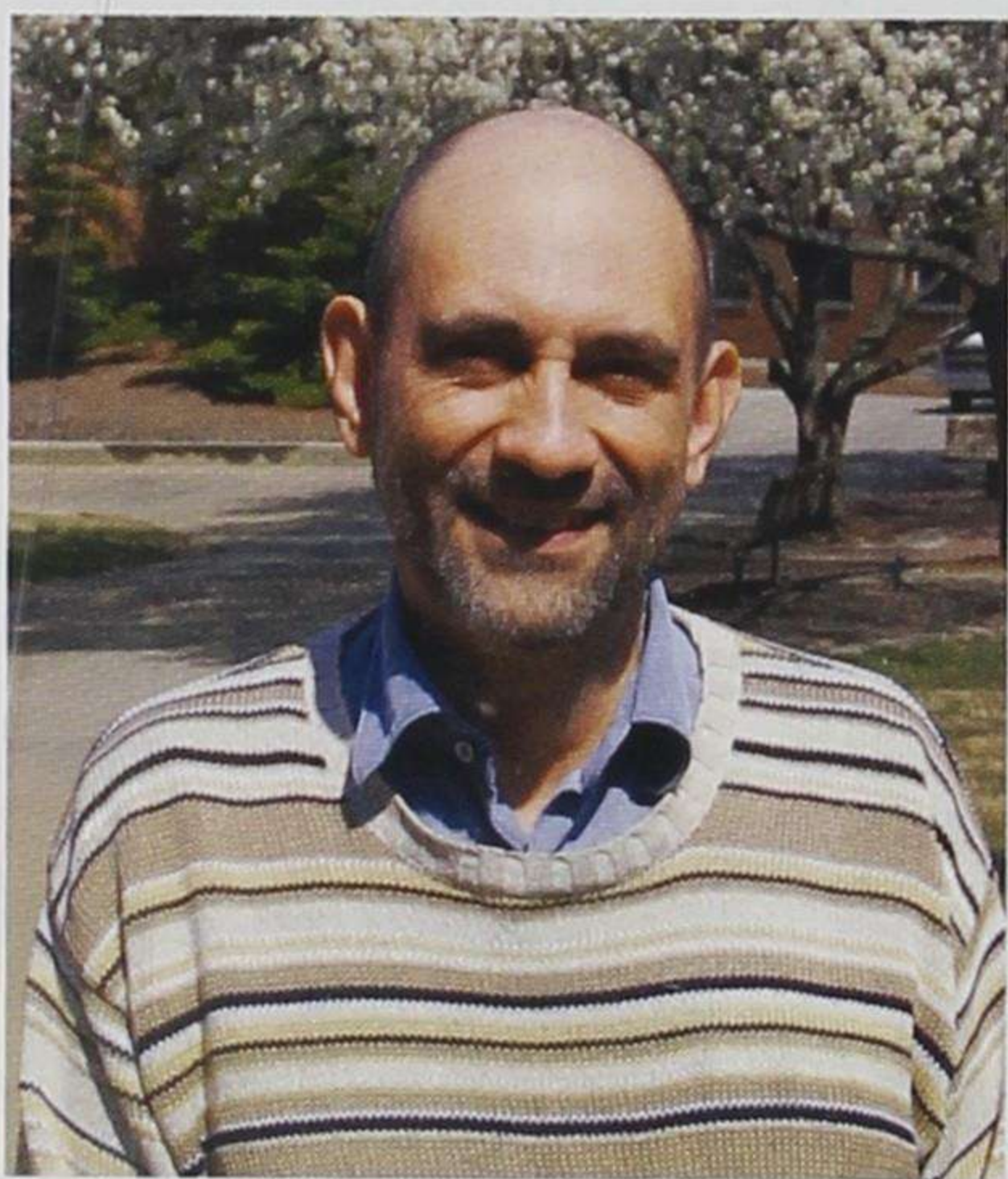
La crisis no logró paralizarnos. Estos resultados muestran que avanzamos. Todo esto y muchas acciones más han sido

posibles gracias al trabajo decidido, comprometido y entusiasta de toda la comunidad del Cinvestav. Ante situaciones de crisis debemos ser creativos y buscar nuevas vías para desarrollar nuestro trabajo. Afortunadamente trabajamos en lo que nos apasiona, tenemos recursos, aunque no en la cantidad que quisiéramos, para seguir trabajando. Hacemos contribuciones para mejorar las condiciones de vida de la sociedad y hemos creado un clima de confianza que consolida el prestigio académico del Centro. Es un orgullo pertenecer al Cinvestav y es un honor para mí trabajar con todos quienes conforman su comunidad.

Rayos cósmicos en México y Darwin

Luis A. Orozco

El estudio de las mutaciones inducidas por los rayos cósmicos manifiesta la actualidad de *El origen de las especies*, a 150 años de su publicación.



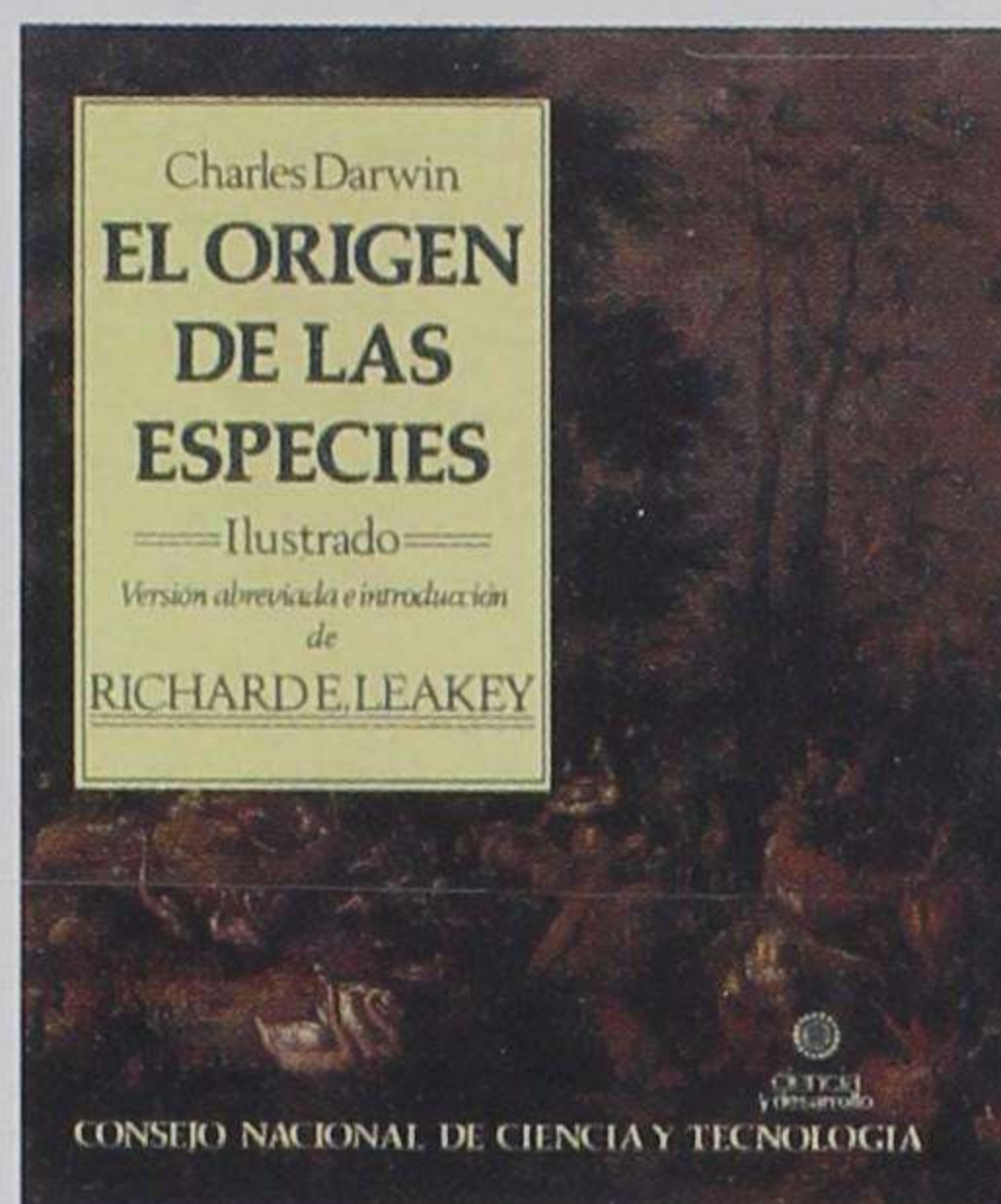
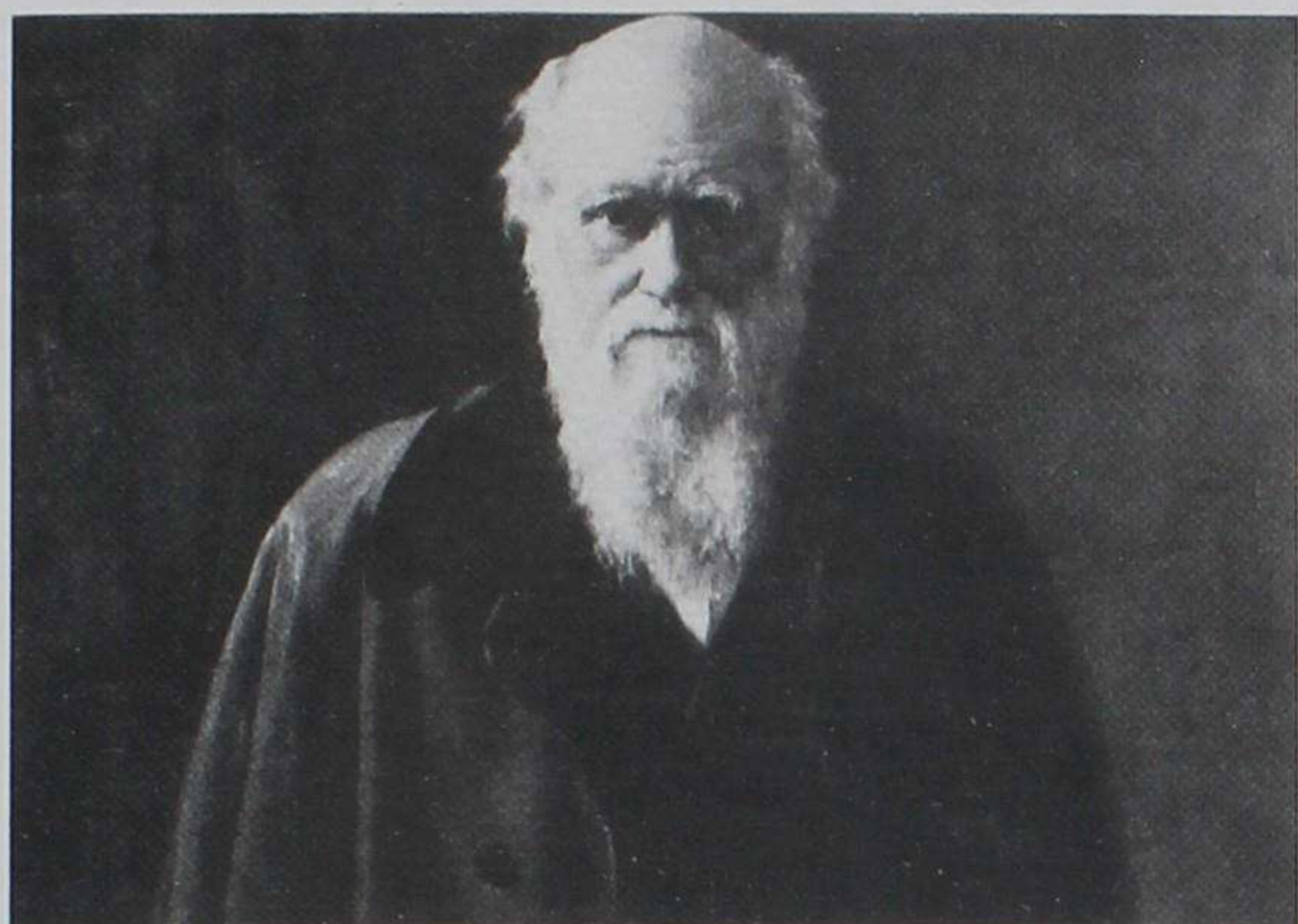
El Dr. Luis A. Orozco es investigador titular del Departamento de Física y Astronomía de la Universidad de Maryland, lorozco@umd.edu

Hace ciento cincuenta años Charles Darwin publicó su libro sobre el origen de las especies donde presentó su teoría de la evolución. Dicha teoría se apoya en dos principios: la selección natural y los cambios aleatorios.

El primero de estos principios está bien fijado en la cultura científica y ha tratado de ser adaptado a otras áreas además de la biología. Darwin no sabía de la existencia de cromosomas, genes y mucho menos del ADN, pero su intuición le llevó a postular la necesidad de los cambios aleatorios para poder explicar las manifestaciones de la vida y cómo nos adaptamos al medio ambiente.

El mecanismo que induce cambios en el código genético de manera aleatoria son los rayos cósmicos. Ese bombardeo constante de partículas cargadas desde el exterior de la tierra ocasiona suficientes mutaciones para causar cambios en el ADN. El origen de los rayos cósmicos continúa siendo objeto de estudio entre los astrofísicos.

El 8 de noviembre de 1895 Wilhelm Roentgen (Premio Nobel de Física en 1901) descubrió los rayos x. Su descubrimiento mostró otras formas de radiación electromagnética que nuestros ojos no detectan y que sólo pueden ser bloqueadas por gruesas capas de plomo. Al año siguiente el descubrimiento de la radioactividad introdujo los rayos alfa, beta y gama; los primeros con carga positiva, los segundos negativa y los terceros neutros pues son radiación electromagnética más energética que los rayos x.



Armado con su conocimiento de la mosca de la fruta (*Drosophila*) de rápida reproducción, Hermann J. Muller (Premio Nobel de Medicina en 1946) hizo experimentos para estudiar los daños hereditarios causados por radiación. Sus trabajos con rayos x y con radioactividad en la alteración genética de la mosca de la fruta dejaron establecido el mecanismo postulado por Darwin. A lo largo de la historia de la vida en la Tierra, los rayos cósmicos han ocasionado las mutaciones aleatorias necesarias para la evolución.

Víctor Hess (Premio Nobel de Física en 1936) identificó radiación proveniente de la atmósfera, en un ascenso con globo sonda, como la causa de descargas en un electrómetro en 1912. Robert Andrews Millikan (Premio Nobel de Física en 1923) los llamó rayos cósmicos e identificó correctamente su procedencia extraterrestre. Estos rayos llegan del espacio exterior y aunque el campo magnético desvía sus trayectorias, los de altas energías bombardean constantemente a la Tierra. En 1933 Thomas Johnson y Luis Álvarez (Premio Nobel de Física en 1968), quien trabajaba con Arthur Compton (Premio Nobel de Física en 1927), alentados por una sugerencia de Manuel Sandoval Vallarta, entonces profesor del MIT, viajaron a México con sus detectores y realizaron un experimento en la azotea del Hotel Genève (Londres 130, Zona Rosa, ciudad de México) donde quedó establecido fuera de toda duda que los rayos cósmicos eran mayoritariamente partículas positivas. Álvarez rememora con gusto en su autobiografía su deleite al probar

vinos y licores en la ciudad de México en la época de la prohibición en Estados Unidos.

El estudio de rayos cósmicos continúa. Ahora tenemos que considerar sus efectos en las computadoras, ya que pueden dañar los transistores de los circuitos impresos. No es sólo a la vida (química del carbono) sino también a la inteligencia artificial (química del silicio) a quienes afecta. México participa activamente en el diseño y construcción de un nuevo detector de rayos cósmicos, High Altitude Water Cherenkov Experiment (HAWC, por sus siglas en inglés) en la Sierra Negra de Puebla. Rayos cósmicos con energías superiores un millón de veces a la de los aceleradores más grandes de partículas, llegan a la tierra y pueden ayudarnos a encontrar respuestas a preguntas sobre cosmología y partículas elementales.

NOTAS

1. Para más detalles del viaje y la estancia en México de Luis Álvarez ver: Luis W. Álvarez, *Adventures of a Physicist* (Basic Books, New York, 1987).
2. Los artículos donde aparecieron los resultados de las investigaciones en México aparecen en el mismo volumen uno después del otro: Thomas H. Johnson, The Azimuthal Asymmetry of the Cosmic Radiation, *Physical Review*, **43**, 834 (1933).
3. Luis Álvarez, Arthur H. Compton, A positively Charged Component of Cosmic Rays, *Physical Review*, **43**, 835 (1933).



La línea y el color como escritura

Aurora Gallardo Cabello

Pertenezco al Departamento de Matemática Educativa desde hace 28 años. En este escrito quiero decir a la comunidad del Cinvestav, y de hecho a todo el que me lea, que pinto desde siempre. Este acto creativo ha equilibrado y enriquecido mi investigación y docencia realizadas en Matemática Educativa. Puedo afirmar que mis proyectos en ciencias y en arte se conjugan en uno solo. El lenguaje matemático y el lenguaje pictórico son reconciliables e imprescindibles el uno para el otro, en mi caso. No es un asunto de voluntad, sino de necesidad. Lo común a estos dos lenguajes han sido los procesos de abstracción y de comunicación, identificados en el acto creativo.

En estas páginas sólo me remitiré a establecer un diálogo con el lector sobre mi pintura¹. Existen muchas imprecisiones en este testimonio que provocarán desacuerdos en torno a la concepción de mi obra, pero también busco eso: la discusión, la reflexión y la confrontación con el otro.

Sobre la lucha de contrarios: mi pintura ha sido un campo fértil para la expresión de elementos opuestos. ¡Eh ahí, su vitalidad!

La proximidad inevitable de objetos sin relación surgidos en el lienzo, me ha conducido a rozar con lo posible y lo imposible, lo pensable y lo impensable, lo consciente y lo inconsciente, el recuerdo y el olvido. He creado entonces, a “los alucinantes”. “Los alucinantes”, los que se quedan en la mente todo el tiempo y para siempre. Los que me han acompañado en el Metro en mi viaje cotidiano al trabajo. Los que también aparecen en el café, en cualquier café de cualquier ciudad. Los humanos sobrevivientes de las grandes urbes de asfalto.



La Dra. Aurora Gallardo Cabello es investigadora titular del Departamento de Matemática Educativa del Cinvestav, agallardo@cinvestav.mx



En ellos nos reconocemos todos alguna vez, somos todos nosotros cuando nos abrimos, cuando logramos hablar... Hay además otros alucinantes, los interiores, los que se escapan de una y aparecen extraños e irreconocibles y tal vez absurdos. Asimismo, surgen en mi obra lo íntimo y lo público; lo simple y lo complejo; lo acabado y lo inacabable. Respecto a este último par de opuestos, manifiesto la preocupación obsesiva por el detalle o bien, si omito un ojo al pintar una cara, sé que el ojo ausente, esto es, la creación de un vacío, llena más la visión del observador.

Cuando he construido algo sobre la tela o el papel, no tengo miedo de comenzar a destruir la figura y en ocasiones desaparezco toda la imagen hasta conseguir la autonomía del lienzo que vivirá sin mí.

Otras veces, adquieren presencia lo intencional y lo equívoco, por ejemplo, al pintar deliberadamente un tronco viejo, imaginarán algunos un cuerpo desnudo de mujer. La obra ambigua habla más de lo que somos.

Juego con la miniatura y con la gran escala. Creo obras reflexivas de gran formato: pinturas al óleo, acrílico, acuarelas, aguadas. También realizo obras pequeñas donde busco el momento decisivo, la crónica del instante y a la vez la presencia de lo inadvertido, de lo minúsculo, de lo que pasa desapercibido en la primera mirada. Surgen así dibujos insistidos o bocetos sugeridos, que aunque se ve menos se dice más y resultan por ello, definitivos. Todos estos trazos los he realizado en carbón, tinta y lápiz. ¿Por qué sigo utilizando los mismos materiales? Porque no he agotado aún las posibilidades de los medios pictóricos de antaño. Así, puedo usar el óleo solo o combinado con carbón o con tinta. Los medios electrónicos me quedan muy lejos del tacto. Mis manos son poco hábiles con los instrumentos tecnológicos. Lo virtual no me remite a mi verdad. No puedo abandonar el lienzo o el papel por la computadora. Sería deshonesto.

Tienen cabida en mi trabajo el grito súbito y la calma apacible, el ruido y el silencio. Sucede a veces que el silencio habla más fuerte que el ruido. El humor y el demasiado enojo; el horror y la belleza, la multitud y el sujeto aislado, también entran en escena. Así, laboro muy deprisa vía un impulso espontáneo o bien, soy exageradamente reflexiva, insistiendo en la superposición de capa tras capa de pintura sobre el lienzo

hasta la creación de múltiples imágenes de tal manera que una imagen neutraliza a la otra y la superficie del cuadro se transforma en un todo único. Así, negando la figura, ésta emerge con mayor intensidad y universalidad: queda exhibida la controvertida tensión entre lo figurativo y lo abstracto.

Mis cuadros no tienen ni principio ni fin, están en tránsito, en un espacio, sin línea de horizonte, sin la existencia de la perspectiva tradicional. Deseo transmitir la sensación de profundidad y a la vez, alterar desacomodando los cerca y los lejos, los abajo y los arriba. Estoy siempre en la transición de lo figurativo a lo abstracto. Cuando pierdo la brújula y me encuentro al borde del precipicio, regreso a la figura, a lo aparentemente real. Ahora bien, el espacio se entrecruza con el lenguaje y creo textos, no verbales pero textos. Cuando pinto transformo la vida en metáfora, en signos. Manejo dos tipos de signos. Un tipo deriva de mi conocimiento del mundo exterior y de los fenómenos naturales y puede identificarse fácilmente, ya que la idea existe antes del signo pictórico que la identifica. El otro tipo corresponde al del dibujo, al que tardíamente adquiere un nombre y su significado aflora. En general, no entendemos al principio los signos que un artista crea porque son únicos, son de él. Busco comunicarme utilizando la línea y el color como escritura, un lenguaje que se vuelve universal a pesar de su inicial subjetividad. Pintar es descubrirse a sí mismo. Todo artista pinta lo que es.

Paisajes humanos: el hombre como género ocupa mi preferencia. Creo a veces, hombres y mujeres completos. En otras ocasiones los pinto fragmentados porque sus pedazos logran construir un todo a plenitud. Esta experiencia de vida me ha conducido a entender mejor la naturaleza humana. Mi idea es fragmentar para analizar, para poseer al sujeto en su totalidad, creando una nueva identidad.

Pretendo lograr que la superficie del cuadro viva mucho tiempo. Trato de dotar a la abstracción de sentido. De hecho, está colmada de significados pero es necesario realizar innovaciones formales para expresarla.

Sobre el color: últimamente mi color ha comenzado a divorciarse de los contornos lineales bien definidos y a desparramarse por donde sea creando formas irregulares. Asimismo, las luces y las sombras han emergido por derecho propio expresando el vacío y la plenitud, vía el blanco y el negro. Partes



del lienzo sin pintar, adquieren más color por su propia ausencia y contrastan con la luz del blanco mancha pastoso y puesto a propósito cercano a la blancura de la tela virgen. En ocasiones tiendo a vaciar el centro del cuadro y el contenido pictórico se retira a los bordes del lienzo. El cuadro pierde sus fronteras y escapa.

Sobre la línea: concibo mis pinturas como dibujos y mis dibujos como pinturas. Para mí el negro, el blanco y la gama de grises son coloridos. Mis figuras tienen los esqueletos impresos en el cuerpo. Estas líneas óseas son líneas de vida aunque no olvido lo carnal en la mujer y el hombre. He realizado una incesante búsqueda de nuevas formas que trascienden al esqueleto. Organizo el paisaje y el cuerpo como un todo. Esto me ha conducido a la estructura lógica, a la estructura subyacente de la materia.

Sobre la historia y sobre mi historia: en mi trabajo, siempre he recurrido a la historia, atragantándome en ocasiones con los acontecimientos y en otras de forma fluida. Mi proyecto de vida nunca ha prescindido de los textos históricos. La historia se cuela de manera inconsciente en mi obra, lo que sale abstracto, puede tener un contenido figurativo implícito.

He sentido la necesidad de volver atrás, en mi propia historia, he recordado la muñeca de trapo de mi infancia y he hecho garabatos simples y espontáneos. Como sujeto histórico que soy, he absorbido todo lo que he podido del conocimiento a mi alrededor. He aprendido a dialogar con otra manera de pintar tanto del pasado como del presente, con mentores artísticos de todos los tiempos tanto de Oriente como de Occidente. Me he saturado de situaciones dramáticas sobre todo del viejo continente a través de las vivencias de mis padres, refugiados españoles. México, lo conozco por mi propia experiencia de vida. Así, pinto con el negro originario de las minas de carbón del pueblo natal de mi padre, Espiel,

España. Y pinto con el blanco de las paredes encaladas del pueblo donde nació mi madre, Alora, España. Y también pinto con todos los colores adquiridos al deambular por el mundo. Este deambular ha sido principalmente en México, mi patria.

Sobre la experimentación: el arte nunca puede producirse solamente por el pensamiento. Existe la experimentación aún en el arte primitivo. No me contento con sentarme ante la naturaleza y copiarla pasivamente. Intervengo y experimento, la transformo y la hago mía. Interrogando a la naturaleza, comprendo cada vez más a la humanidad.

Sobre el observador: soy muy consciente del papel del espectador. Mi cuadro vive en su compañía, expandiéndose y estimulándose por la mirada del otro. Mi cuadro muere ante la soledad. Es preferible, como me ha pasado, que pongan un abrigo cubriendo mi obra porque no la pueden soportar, a la indiferencia total. Hay que estar dispuesto a arriesgar. Deseo que el espectador pueda leerme, hay mucha honestidad en mis signos. Soy consciente de que el observador extrae del texto lo que el texto no dice. Desconozco lo que no he dicho en mis obras. No sé cuáles han sido mis silencios; lo que sí sé es que la inevitable y necesaria intervención del lector, transformará mis siguientes lienzos.

Por último, quiero mencionar que dentro del Cinvestav, se creó en el año 2002 el grupo Cinvesart al que pertenezco. Este colectivo ha dado cabida a las manifestaciones artísticas de nuestra comunidad. Exhorto a los miembros de mi institución a que se adhieran al Cinvesart y llenemos los espacios del campus con nuestras producciones, pues muchos de nosotros nos reconocemos como individuos y como colectivo, en más de una dimensión.

REFERENCIAS

1. Exposición permanente en: www.agallardo.com

Contribuciones

Las contribuciones para *Avance y Perspectiva* deberán ser enviadas a las oficinas del Cinvestav o a la dirección electrónica: revista@cinvestav.mx de la siguiente manera:

Textos:

- Los artículos deben ser entregados en Word.
- Si el texto incluye tablas y figuras, éstas serán entregadas en archivo por separado; debe ser indicado en el original la ubicación de las mismas.
- Las notas deberán ser incluidas al final del trabajo, incorporadas a la bibliografía o, en su caso, a las referencias debidamente numeradas.

– Las referencias deben apegarse a los modelos siguientes:

– Libro:

N. Wiener, *Cibernética: o el control y la comunicación en animales y máquinas* (Barcelona, Tusquets, 1985).

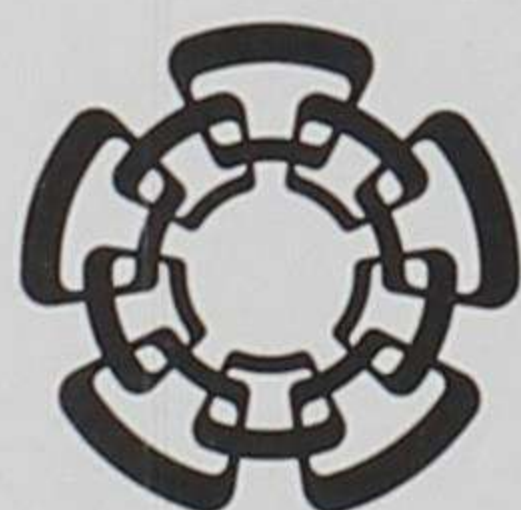
– Artículo de revista:

J. Ádem, *Avance y Perspectiva*, 10, 168 (1991).

– Todos los textos deben incluir el nombre del autor, grado académico, adscripción y cargo que desempeña, teléfono y correo electrónico.

Imágenes y gráficas:

- TIFF, 17 x 10 cm (mínimo), 300 dpi, en CD-ROM. No serán aceptadas imágenes de Internet.



Cinvestav

revista@cinvestav.mx | www.cinvestav.mx/publicaciones

Av. IPN 2508, Zacatenco, C. P. 07360 | Teléfono y fax: 5747 3371

2010

Cinvesniñ@s

Porque el conocimiento también se siente

Talleres
Conferencias
Visitas a laboratorios
Actividades culturales

**4 y 5 de junio
11 a 17 horas**

Escribenos a:
vinculacion@cinvestav.mx

www.cinvestav.mx

**Ven
construye y
descubre la
ciencia**



Cinvestav