

La actividad científica según un recién graduado*

Carlos Amador Bedolla**

Me presento, por fin. Las estrictas normas de nuestra cofradía han sido satisfechas y mi abandono de la adolescencia es inminente. Claro que, al igual que ocurre con los jóvenes cazadores en las ceremonias de iniciación, nadie garantiza mi éxito; a ellos se les reconoce la edad y la fuerza, la obligación y la necesidad de convertirse en cazadores; a mí se me otorga una patente.¹ Y los límites son los cielos o las fauces del primer lobo.

He decidido iniciar mi tesis de doctorado con una toma de posición, recuperando así el sentido original de la palabra. Quiero declarar públicamente algunas de mis certezas, algunas de mis dudas, algunos de mis escepticismos, algunos de mis temores. Mi intención en este prefacio es la de manifestar mi visión del quehacer científico en estos tiempos, desde este país, desde esta universidad, desde esta facultad. Quiero hacer una declaración de principio.

No es estrictamente cierto que esta tesis marque el inicio de mi carrera científica, pero es la última instancia clara a la que me podré referir como su inicio o, si se prefiere, como el final de mi instrucción. Mi carrera no se inicia bajo los mejores augurios ni con las mejores expectativas; y no me refiero tan sólo a los que tienen que ver con la calidad de mi educación o con mi propia calidad como científico; incluyo también otros de orden más general que tienen que ver con la actividad científica en sí misma. Después de todo, el proceso que de esta

* Prefacio de la tesis doctoral *Ni-Pt, tientos y aproximaciones*.

** Facultad de Química, UNAM, México, D.F. 04510

(1) La palabra *patente* me parece adecuada aquí en tres de sus acepciones: título que acredita la facultad para ejercer un empleo, profesión o privilegio./ Aquello que acredita una virtud o mérito./ Licencia que autoriza a uno a realizar actos prohibidos. *Diccionario Enciclopédico Grijalbo*.

forma culmina me ha puesto, durante diez años, en contacto estrecho con la comunidad científica mexicana, en contacto esporádico y superficial con la comunidad científica mundial, y en contacto con la ciencia. El panorama que estos contactos me permiten adivinar es más bien sombrío. No es improbable que esta visión obedezca únicamente a la depresión post-doctoral y que tanta insatisfacción se resuelva en nada con el paso del tiempo. Sin embargo, no resisto la tentación de utilizarla.

La comunidad científica mundial es hoy más grande que nunca antes en la historia de la humanidad: el número de científicos vivos es más grande que el de la suma de los científicos muertos. Esto en sí no es un problema: sucede lo mismo con el número de católicos, el de beisbolistas o el de chinos. El problema tiene que ver con lo que hacemos, y con las razones que tenemos para hacerlo. Nuestra producción está ahí a la vista (y díganlo si no las autoridades académicas y los jurados que otorgan becas y dineros para la investigación): cientos de miles de páginas anuales que nadie, o casi nadie, lee. Actualmente, la fuerza motriz de cualquier científico, con casi absoluta exclusión de toda otra, es la posibilidad de «fatigar la imprenta». Dos, tres, cinco, diez artículos en un año; cien, doscientos en una carrera; ésa es la medida del investigador. Pero, ¿cuál es el sentido de afanarse por contribuir con esas gotas al océano de la literatura científica? Preveo dos tipos de respuestas. La primera, en palabras de Borges:

...la democrática superstición que postula méritos reservados en cualquier obra anónima, como si supiéramos entre todos lo que no sabe nadie, como si fuera nerviosa la inteligencia y cumpliera mejor en las ocasiones en que no la vigilan.

O, de plano, en estas otras palabras, con la autoridad de Aristóteles:

Nadie puede alcanzar adecuadamente la verdad aunque, por otro lado, no podemos fallar colectivamente; pero cada uno dice algo cierto acerca de la naturaleza de las cosas, y aunque individualmente colaboremos en nada o en muy poco a la verdad, entre todos juntos conseguimos acumular una cantidad considerable de verdad.

Éstas son respuestas nobles. Nos justifican. Pero si las creemos, entonces ¿por qué tiene que ser la ciencia una actividad tan apremiante? ¿Por qué tan rígida, tan solemne, tan intolerante? Si admitimos que lo nuestro es una actividad colectiva, tendríamos que empezar a restarle importancia a la originalidad, a la paternidad de las ideas, al currículo.

La segunda respuesta es menos romántica y más moderna: publicar artículos de investigación no tiene sentido, de la misma manera que no tiene sentido montar obras de teatro, boxear o pintar; o tiene el sentido que cada participante le pueda encontrar. De acuerdo. Y, entonces, ¿qué es lo que hace tan importante a la ciencia? ¿Por cuáles razones es una actividad tan respetable? ¿Por qué tiene tanta autoridad?

Quizá lo anterior no tenga nada que ver con nuestro número. En todo caso, no deseo que el gremio se haga más exclusivo. Lo que sí deseo es que se haga más libre, más ligero. Quizás el error más grave sea ver la publicación como el fin último de la investigación. La publicación no es importante porque resuelva problemas importantes; lo es porque nos pone a trabajar y nos fuerza a terminar; porque provoca el ejercicio. Y ese ejercicio nos mantiene en forma: inteligentes, receptivos, dispuestos a cambiar de opinión. El texto no sólo espera ser leído; tiene también sentido por lo que produce en el autor.

La segunda preocupación es sólo otro aspecto de lo mismo y tiene que ver con la importancia de la ciencia. Creo que ésta deriva de la propaganda que le hemos hecho. (Y, como en toda propaganda, hemos dicho muchas mentiras.) Nos hemos convencido de que en la ciencia está la solución de nuestros problemas. No es posible negarlo —aunque la ciencia considerada en su conjunto es una plaga, se puede aprender algo de ella, dice Benn—: ha tenido algunos éxitos indiscutibles y algunas cosas buenas nos ha proporcionado. El problema es que nos convencimos de que es infalible e imprescindible. El discurso de la modernidad (tan cacareado en todo el mundo y tanto más aquí) nos la presenta como condición necesaria, y peor todavía, como condición *suficiente* para el “progreso”. Sin ánimo de discutir las comillas de la palabra progreso (ese largo debate que tiene sus extremos, por un lado, en las religiones judeo-cristianas y el paraíso del que nos expulsaron; y, por el otro, en el futuro paraíso que tan caro fue a los ilustra-

dos), es decir, admitiendo que existe, no es cierto que la ciencia nos asegure el pasaje. En nuestra legítima pelea por mejores condiciones de trabajo, mayor reconocimiento, mejores sueldos, más presupuesto, ¿hasta dónde vamos a prometer maravillas? Cuando este país destine, en apoyo a la ciencia, la misma fracción del producto interno que destinan los países desarrollados; cuando tengamos una población con la proporción de científicos que tienen ellos; ¿seremos un país desarrollado? Creo que no; es obvio que no. Pero eso estamos prometiendo: baste como ejemplo el *affaire* superconductor. Y no está mal; insisto en que es legítima nuestra pelea, tan legítima como la de los maestros o los mineros; pero no más importante.

Así pues, creo que lo que hacemos no tiene la importancia que creemos. Ni dentro de la comunidad científica ni dentro de la sociedad. Pero todavía podríamos ser una comunidad muy divertida de gente muy interesante. Gente inquisitiva, de intereses globales, de vitalidad exuberante. Sin embargo, con sus debidas y alentadoras excepciones, tampoco esto es cierto. Aun cuando todavía nos podemos agrupar con arreglo a un esquema que establece unas pocas disciplinas, muy generales, es común que el trabajo de un seguidor de alguna en particular, digamos un físico, no sólo no sea entendido por otro físico, sino que puede, incluso, despertar nulo interés en ese otro científico. Y ni qué decir del interés que puede provocar en un miembro de *otra* disciplina. Alguna vez creímos que los científicos buscábamos el conocimiento; ¿cómo sostener esta idea cuando la mayoría de nosotros somos incapaces (y ni siquiera nos interesa dejar de serlo) de salir de nuestro ámbito de especialización? Y así con el resto de nuestras vidas, de nuestras inquietudes, de nuestros deseos.

En fin, en palabras de Feyerabend:

En oposición a su predecesora inmediata, la ciencia del siglo veinte ha abandonado toda pretensión filosófica y se ha convertido en una influyente profesión que conforma la mentalidad de los que la practican. Una buena remuneración, mantener una buena posición con el patrón y con los colegas en su “unidad”, constituyen los principales objetivos de esas hormigas humanas que sobresalen en la solución de problemas muy sutiles pero que no pueden dar razón de nada que trascienda su dominio de competencia. Las consideraciones humanistas están reducidas al mínimo y lo mismo sucede con cualquier forma de desarrollo progresivo que trascienda las aplicaciones locales.

¿Qué propuestas presentar ante tan desolador panorama? Una primera posibilidad es la deserción y la invitación a la deserción. No es la que yo escojo; y tengo al menos dos razones. La primera es que, después de todo, el conflicto que tengo con la ciencia no es el más agudo: sin duda me iría mucho peor con la política o con

la especulación financiera. Por otro lado, está un problema de nuestros tiempos: sólo tengo treinta años, estoy empezando y, como quiera verse, aún no conozco cabalmente la profesión. (Ése es precisamente el problema de nuestros tiempos: no han bastado treinta años de vida para obtener todas las seguridades. ¿Cómo le hacían los griegos que sólo vivían treinta años?) La segunda posibilidad es más interesante, más ambiciosa y más improbable: encontrar la manera de habitar funcionalmente nuestro gremio trabajando activamente por restarle gravedad, solemnidad, premura, pedantería y por agregarle libertad, sentido del humor, interés, vida, diversidad. Buscar una fórmula que nos

reconcilie con una vida más rica, más plena, más interesante. Sí, es cierto, hay científicos que tocan el violín y escalan montañas; pero esas actividades no tienen nada que ver con la ciencia que hacen, no se reflejan en ella. Sus pasatiempos pertenecen a otro mundo, separado. La búsqueda debe ser la de una forma de reunir la actividad científica con el individuo. Olvidar la pretensión de objetividad e impersonalidad que eliminó al sujeto de la ciencia. Imprimir nuestra personalidad en nuestra obra. Quizás así dejemos de ser esas afanosas hormigas. Quizás así regresemos al mundo. Quizás así nos quieran más nuestros amigos. *LB*

¿Final de tragedia griega?

*Gabriel Gojon Zorrilla**

Tres características del autor veo en este prefacio: inquietud intelectual, arrogancia y una actitud ambivalente ante la ciencia.

Empezaré por encomiar la claridad en la exposición y la amplia cultura literaria del doctorando. Es ampliamente satisfactorio constatar que aún existen estudiantes universitarios de ciencias capaces de redactar un párrafo sin atentar gravemente contra la ortografía y la sintaxis, lo es más aún comprobar que no sólo su gramática es correcta sino que tienen ideas propias y espíritu crítico.

Recordemos, sin embargo, que el idioma universal de la ciencia es el inglés. ¿Poseerá también en este idioma una excelente capacidad de comunicación?

Desafortunada e inapropiadamente nuestro autor eligió el prefacio de una tesis en química para verter sus angustias existenciales y sus opiniones sobre los científicos y su quehacer. Es curioso que, a pesar de que le permitieran tal desahogo, califique de estrictas las "normas de nuestra cofradía". De nuevo desafortunadamente, no aprovechó la ocasión para ofrecernos alguna recomendación constructiva e innovadora para mejorar

el proceso formativo de un científico (cómo lograr por ejemplo, que un doctorante se considere ya un investigador) o para cuestionar seriamente los fundamentos del método científico, ni mucho menos para intentar sentar las bases de alguna manera radicalmente nueva de estudiar la naturaleza.

A cambio nos ofrece numerosas nociones falsas o equívocas sobre la ciencia y los científicos, atribuibles a su inexperiencia y muy probablemente a su formación en el seno de una pequeña comunidad científica debilitada por la autofecundación, menospreciada por la sociedad e incomprendida por el Estado, en un país tan subdesarrollado y centralista como ella.

Desde luego que nuestro colega tiene razón en aspectos tales como la abundancia de publicaciones científicas de originalidad cuestionable y utilidad marginal, la propaganda plagada de mentiras de que es objeto la ciencia o la relatividad de los conceptos de progreso y desarrollo.

Sin embargo, ninguna empresa humana es perfecta y la ciencia no escapa a esta generalización. ¿Porqué achacar entonces a la ciencia el uso inadecuado de la tecnología? ¿Porqué enfatizar entonces los defectos y abusos de algunos científicos en vez de asumir una actitud equilibrada e imparcial?

* Investigador Nacional, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, División de Estudios Superiores.

Como nación admiramos a los futbolistas más que a los premios Nobel, a las estrellas de cine y televisión mucho más que a los profesores universitarios y a los émulos del Niño Fidencio más que a los médicos. Obviamente, la escala de valores de nuestra sociedad no coincide con la de nuestra comunidad científica, que está —en su gran mayoría— genuinamente convencida de que la generación de nuevos conocimientos es benéfica para todos, aun si no se traduce inmediatamente en menor dependencia, mejoras de la salud pública, incremento del PIB y mayores comodidades, o si “solamente” nos permite ampliar el ámbito de lo racional, eliminar supersticiones y temores, y afirmar nuestra identidad nacional.

¿Imagina nuestro colega lo que sucedería si no exagerásemos las bondades de la ciencia en un país donde el discurso oficial enfatiza la tecnología, minimiza la importancia de la generación de conocimientos *per se* (pues no entiende, a diferencia de Pasteur, que “la ciencia básica y la aplicada se relacionan como el árbol y su fruto”) y dedica a la investigación y la enseñanza de posgrado un porcentaje ínfimo del presupuesto?

¿Está consciente nuestro colega del carácter acumulativo del conocimiento científico, de nuestra enorme deuda con todos los químicos del pasado cuyas aportaciones —pequeñas o no— quedaron registradas por escrito y de la imposibilidad de planear la investigación científica a manera de asegurar que nos conducirá a descubrimientos significativos?

Parece no estarlo, así como tampoco apreciar que la investigación es un proceso intrínsecamente ineficiente y que a mayor certeza de obtener resultados en plazos previsibles menor probabilidad de realizar una aportación verdaderamente original.

Menos consciente parece estar del importantísimo papel que la ciencia ha desempeñado en la historia de la humanidad y de que sin ciencia nuestro país simplemente no tiene futuro como nación independiente. A este respecto le recomendamos leer a Bunge y sobre todo a Ruy Pérez Tamayo.

En cuanto a los científicos, me parecen igualmente gratuitas o exageradas sus acusaciones. Es falso que “la fuerza motriz de cualquier científico con casi absoluta exclusión de toda otra, sea la posibilidad de fatigar la imprenta”, esta fuerza en el caso de los que conozco y en el mío propio es la curiosidad.

Por otra parte, los químicos mexicanos pecamos precisamente de lo contrario, es decir de ser un “gremio ágrafo” como aptamente nos ha descrito A. Garritz.

Recomiendo al doctorando que lea la biografía de J.S. Bach: probablemente cambie entonces de opinión sobre la importancia de publicar, pues muchas valiosas creaciones del intelecto humano se han perdido precisamente por la renuencia de sus autores a publicarlas.

No es verdad (ver, por ejemplo, *Chemical and Engineering News*, mayo 30, 1988, p. 35) que el científico

promedio sea un ciudadano sin sentido del humor, poco interesante y de escasa vitalidad, es lamentable que este estereotipo sea repetido por un científico.

Menos cierto aún es que la ciencia contemporánea presente un panorama desolador. Por el contrario, abundan los testimonios en sentido contrario. Recomendando al doctorando que lea el “reporte Pimentel” y cito para refutarlo a Gregory A. Petsko del M.I.T. quien afirmaba en 1987 (*ACS Select Conference on Advances in Biotechnology and Materials*) que “éste es el periodo histórico en que resulta más excitante dedicarse a la ciencia, y la química es —entre todas— la ciencia más emocionante de nuestro tiempo”.


Afirmé al iniciar este comentario que campeaba la arrogancia en el prefacio de la disertación de nuestro doctorando. Ésta aflora desde la quinta línea, se hace más evidente al constatar el anhelo imposible (dado el carácter vertical y acumulativo de la ciencia) de abarcar hoy una o más disciplinas científicas, y queda consagrada en el *desideratum* inalcanzable de “imprimir nuestra personalidad en nuestra obra (científica)”.

Tenemos, pues, ante nosotros a alguien que se perfila como personaje de tragedia griega: la química no le permitirá abarcarla por completo y los químicos que editan libros y revistas —menos complacientes que quienes le permitieron el desahogo que aquí comentamos— frustrarán sus deseos de imprimir su personalidad en sus obras, a fin de garantizar la necesaria objetividad.

———— “ ” ————

Tres características del autor veo en este prefacio: inquietud intelectual, arrogancia y una actitud ambivalente ante la ciencia.

———— “ ” ————

¿Qué sugerencias puedo ofrecer para evitar a nuestro doctorando un final de tragedia griega? Resignarse a ser “una de esas afanosas hormigas” sin abandonar la esperanza de desenterrar algún día un granito de oro, o —si no posee suficiente curiosidad científica— reconvertirse profesionalmente dedicándose a la filosofía o a la creación literaria. En cualquier caso convendría tener presente que en palabras de Pedro Lain Entralgo —“cuando es vocacionalmente cumplido, el trabajo conduce en ocasiones a una, bien que fugaz, gozosa plenitud de la existencia”, a ese “regusto, como estelar, de eternidad” que Ortega y Gasset veía en el cabal cumplimiento ocasional de la vocación. 

Las normas de nuestra cofradía

Luis de la Peña*

Leer el prefacio a la tesis doctoral de Carlos Amador Bedolla invita a reflexionar; es no sólo la manifestación de una profunda insatisfacción por lo visto y lo no visto, lo vivido y lo no vivido durante sus primeros años de contacto con la ciencia y sus practicantes; es también un toque de atención a quienes hemos hecho de la ciencia una profesión, que tiene mucho de oportuno y de legítimo.

De los muchos problemas que Amador plantea: al filósofo, al investigador, al sociólogo, al psicólogo, ...“me decido a comentar sobre un par de ellos, pues me parece que tocan aspectos conflictivos de nuestra realidad y de nuestro quehacer como científicos, sobre los que valdría la pena que nos detuviéramos a meditar con algún detenimiento”.

La consagración del *paper*, la publicación como objetivo y medida del investigador es una de las inquietudes externadas, quizá la más recurrente y dominante en el ensayo. Éste es uno de los grandes problemas aún no resueltos por nuestro gremio. Cuando decidimos dedicar nuestra vida y nuestro esfuerzo total a la ciencia, lo hacemos “al menos algunos de nosotros” guiados por una profunda necesidad intelectual de inquirir, responder y entender un poco más allá de lo que hoy se sabe de la naturaleza, el hombre o la sociedad (y pido perdón a los matemáticos, a quienes preferiría clasificar como destiladores de poesía).

Creo que es peligroso reducir esta profundamente humana fuerza motriz a la necesidad de cumplir rigurosamente con un calendario de publicaciones. No sólo periodos y procesos incidentales de capacitación, revisión o aprendizaje, que deberían ser aceptados e incluso estimulados para permitir el enriquecimiento de la propia actividad científica, son evitados ante la presión del “publica o perece”, sino que otras formas de transmitir el conocimiento y la experiencia que no contemplan el artículo como producto final son eliminadas de tajo por el sistema. ¿Es que en realidad no hay otros

objetivos de la actividad científica al menos tan valiosos como el *paper*? Una respuesta afirmativa y por demás interesante a esta interrogante se da por ejemplo en el número de enero de *Educación Química* en la sección *DEBATE*; y cabrían otras más. Siento que el sistema de investigación que hemos logrado crear en la UNAM tiene ya madurez y experiencia suficientes como para estar en condiciones “y, sobre todo, necesidad” de generar criterios de evaluación de la actividad de los investigadores más universales y comprensivos.


Pero no sólo evaluamos con pobreza a los investigadores: exageramos a la vez las virtudes y potencialidades de nuestra actividad cuando, por ejemplo, presentamos a la ciencia como la panacea a nuestros males: haz ciencia y ya el progreso vendrá por sí mismo. La preocupación del autor sobre estos temas es una certera crítica al cientificismo que con frecuencia permea nuestras demandas y promesas, y que incluso puede leerse en documentos oficiales. Es legítima la observación de que el simple hecho de elevar la proporción de científicos o la fracción del producto interno bruto dedicada a la ciencia al nivel característico en los países desarrollados, no nos sacaría del subdesarrollo, aunque no falte quien así lo prometa. Obviamente, la mera actividad científica no está en condiciones de resolver problemas que tienen raíces sociales y económicas profundas, pero seguramente podemos hacer más de lo que hasta el momento hemos hecho. Estos temas son de extraordinaria importancia y merecerían que la comunidad científica se los planteara y los analizara de manera exhaustiva.

Precisamente por el hecho de que el país cuenta ya con una planta madura “aunque sea reducida” y altamente capacitada de investigadores, la que tiene que crecer y que seguramente va a crecer en forma importante en las próximas décadas, es tiempo de preguntarnos con la debida seriedad y responsabilidad sobre los objetivos que debemos plantearnos y la manera de alcanzarlos. ¿Debemos seguir viendo a la ciencia como una actividad individual, con objetivos de realización y satisfacción intelectual personales, o podemos combi-

* Instituto de Física, UNAM.

narlos con fines predeterminados de mayor alcance social? ¿Cómo podemos garantizar que se cumplan a la vez los objetivos personales y se respete a la ciencia y su quehacer, sin que ello signifique la renuncia a cumplir con el compromiso que la institución tiene con la sociedad? Todo un nuevo orden social y económico se está generando a escala mundial y es ya claro que el siglo XXI será muy diferente al nuestro; en este reacomodo, ¿qué papel queremos asignarnos como país y hasta dónde el conocimiento y la investigación pueden contribuir a ello? ¿Quién tiene ya la respuesta?

Pero la inquietud mayor del autor gira en torno a los aspectos humanos del quehacer científico. No sólo muestra que la rigidez, solemnidad, exclusividad del gremio chocan con su necesidad íntima de libertad y ligereza, sino que plantea aún otra contradicción: estimulamos a la ciencia como una actividad eminentemente individual “damos peso considerable a la prioridad, a la paternidad, al currículo personal” y, sin embargo, la

impersonalidad es norma de nuestro trabajo. Estamos tan acostumbrados a ello que ya no lo notamos y seguramente nos disgustaría que no fuera así. Pero en la realidad, la despersonalización del trabajo científico elimina al sujeto de la ciencia y le da a esta última mayor objetividad sólo en apariencia. De hecho, no lo elimina, sino lo esfuma y desfigura; deshumaniza, hace frías las cosas, pero el sujeto ahí queda, con sus errores, aciertos, pasiones, subjetivismos, miopías y catalejos. Así como al elaborar un libro el autor se siente en libertad de expresar su individualidad, podríamos preguntarnos si no sería conveniente extender esta libertad al trabajo cotidiano. En el ámbito de la física, esta inquietud se ha expresado más de una vez, a veces como intentos de ejercerla “la libertad sólo existe si se ejerce”, a veces como simple opinión expresada. Amador se pregunta si en caso de hacerlo no nos querrían más nuestros amigos. Nosotros nos preguntamos si no saldría ganando también la ciencia con ello. 

La ciencia en México, otro punto de vista

Ángel Trigos Landa*

Me parece oportuno relacionar el prefacio de la tesis doctoral de Carlos Amador Bedolla con un fragmento de la obra de Manuel Garcidueñas, denominada *Introducción a la historia de la Ciencia* (A.G.T. Editor, S.A., México), que dice:

...como hecho escueto, puede decirse que durante trescientos años, México —o cuando menos sus clases directoras— ha formado parte de la cultura occidental; sin embargo, aún hoy el pensamiento científico está ausente en una gran proporción de nuestro pueblo, e incluso en la fracción educada persiste una dualidad entre sus conocimientos y el enfoque diario de su vida. Por ello, somos meros consumidores de tecnología. Sabemos operar máquinas, duplicar y adaptar tecnologías, pero hemos

sido incapaces, excepto en contados casos, de mostrar en la ciencia la originalidad que hemos mostrado en el arte.

¿Por qué lo relaciono? Porque, a querer o no, en la mayoría de los campos de la ciencia, México está aún en pañales y, si optamos por una actitud pesimista desde y para la universidad más grande del país, ¿qué nos queda en la provincia, donde la mayor parte de las instituciones de estudios superiores cuentan con menos recursos destinados a la investigación?

Lo que planteo en el párrafo anterior, evidentemente provoca una situación, muchas veces tan precaria, que desemboca en muchos casos en una realidad distante para plantearse problemas de estatus científico, títulos de nobleza, publicación de un gran número de artículos, y cosas así, todo ello para engrosar un currículo que abra las puertas a becas, proyectos; en fin, para

* Universidad de las Américas, Cholula, Puebla.

obtener la supuesta gloria científica.

El panorama fuera de un gran centro de investigación resulta, aparentemente, desolador, pues nos ubica al margen de cualquier competencia científica. Pero nuevamente me pregunto: ¿No será que nuestro medio científico se ha polarizado hacia una falsa occidentalización sin tomar en cuenta que vivimos en un país con un mosaico socioeconómico heterogéneo, donde una de las metas prioritarias es tratar de cambiar la concepción de la ciencia en el pueblo para que éste, poco a poco, alcance un mejor desarrollo?

Por otra parte, creo que obtener una cierta formación científica a través de un programa de posgrado en México, sea cual fuera la especialidad, demuestra un esfuerzo personal digno de admiración, dadas las actuales condiciones socioeconómicas del país. Aquí, a diferencia de lo que sucede en países altamente industrializados, sólo un pequeño porcentaje de la población lleva a cabo este tipo de estudios, lo cual coloca a quien los posee en un sitio privilegiado.

Así pues, debemos tomar conciencia de la "gran oportunidad" y no esperar que el problema científico se resuelva adaptándonos o renunciando plenamente a los cánones establecidos, sino más bien cambiando nuestra postura y fomentando que otros más jóvenes incursionen en la ciencia con una actividad positiva y realista y la conserven dentro de su profesión. De este modo, la labor docente-investigadora se irá fortaleciendo poco a poco y, con el transcurso del tiempo, llegaremos a una etapa de madurez, donde el currículo no será lo más importante.

Indiscutiblemente, estoy de acuerdo que todo ser humano, independientemente de su ocupación, debe aspirar a una formación integral, que le permita ver la vida claramente, para así poder apreciarla más. Quizá nuestro pueblo, con el afán de occidentalizarse esté perdiendo incluso su propia idiosincrasia, su transparencia, etcétera. Tal vez cuando deje de pensar tan competitivamente, o de preocuparse por su entorno lleno de obstáculos de toda índole y recobre su personalidad, será tan creativo en la ciencia como ya lo ha demostrado en el arte.

Finalmente, considero pertinente añadir a mi comentario otras líneas del libro que cité al principio, cuyas ideas comparto:

Hacer ciencia es como levantar una catedral: unos tallan piedras lisas que servirán como cimientos o quedarán confundidas con miles de otras en los altos muros; otros hacen florecer la cantera en frisos y capiteles. Algunas piedras se destacan, otras apenas se advierten; pero todas forman la obra final. La ciencia mexicana actual no ha hecho grandes aportaciones que aparezcan en los diarios mundiales pero une efectivamente su obra original y meritoria al desarrollo de la Ciencia Universal... *LN*



Suscripciones

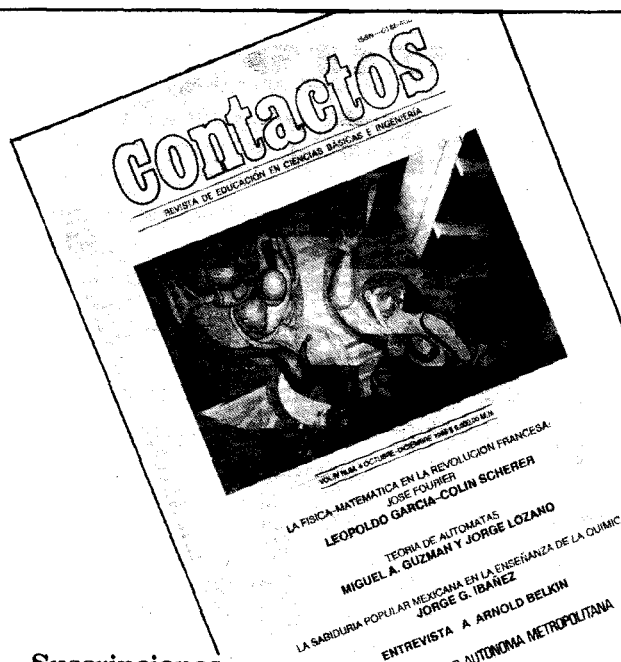
Precio del ejemplar: \$4 000

Humberto Arce

Coordinador editorial

Facultad de Ciencias, UNAM.

☎ 550 5215 ext. 3924 y 550 5909



Suscripciones

Anual (4 números):

Nacional \$10 000; extranjero \$15.00 USD

Enviar cheque o giro postal a:

Contactos, UAM-Iztapalapa, Av. Michoacán y Purísima, CP 09340, México, D.F.

☎ 686 0322, ext. 205.

The making of a scientist

A friendly letter to Carlos Amador

*George J. Leigh**

Dear Doctor Amador:

I read the preface of your thesis with much interest. You mention many disturbing facts, which I can not deny. There are more scientist alive now than ever before. There are many who prostitute themselves, selling their skills for money regardless of what they do. There are many academics whose primary concern is the output of papers, which few will read. There is a great deal of very uninspired work going on. There are those who treat their science as a solemn secret, which somehow they must keep exclusive and apart from the world at large. And yet ...

It is true that science is a collaborative undertaking. Nevertheless, it is the individual who has a creative idea, and I believe that the answers to your questions must be answered at the level of the individual. Maybe someone such as myself coming to the end of his career, can see some things a little clear than someone such as yourself, who is just embarking on his. I think that someone embarking on a career in chemistry should consider many questions, including some of those which follow.

Why did you take up chemistry? For myself, it was because of the drama of the changes I saw, the beauty of the colours and crystals, the systematic way so many diverse transformation fell into a pattern. I can still remember my excitement as the Periodic Table was disclosed to my school class.

Why did you wish to do research? For myself, I have been very lucky. I can only answer for myself, and I hope this does not sound too pious. I have been very lucky in spending the major part of my career trying to answer difficult questions related to nitrogen fixation. Before I

came to this work, I can remember that I had a considerable struggle to justify what I tried to do, mainly in silicon chemistry, to myself. I am now convinced that research which simply gropes for new facts is not as rewarding, valuable or difficult as that which has a specific objective. It is necessary to think in broad terms. I have had over the year rewards from my research which I can not quantify. I have begun to appreciate the logic and the beauty of Nature, known the excitement of discovery and the disappointment when one's insights prove unsound.

I know fellow chemists from all over the world. I have also seen the beauty which resides in some of the work of my fellow scientists. This is a very particular kind of beauty, which requires knowledge to be appreciated, but this is no disqualification. The beauty of modern painting, music and sculpture is equally often not easily accessible.

If these rewards are enough for you, then take up research as a career. The chances are that you will not be remembered by future generations as a great scientist. It doesn't matter if you are not. How many great bankers, accountants or shoemakers are so remembered? Only the few in any profession or calling. If you are attracted to research, try to do it. There is little more demanding or rewarding. There is, of course, at least, one further set of questions which you should satisfy yourself about. Society enables us to do research. What we do can have its impact on Society. You have to ask yourself whether, despite positive answers to the questions posed above, you do not fear that your activities might not do harm to Society and the world. Again, only you can answer to your own satisfaction. It is an individual's dilemma.

Oppenheimer and the scientists who worked at the Manhattan Project were divided on the morality of

* Laboratory of Nitrogen Fixation, Brighton, England.

what they did. I would never knowingly work on weaponry. The man who invented the modern industrial nitrogen fixation process believed that chemical warfare would save more lives than fighting by traditional means. The individuals who developed phosphorus and sulphur chemistry did not conceive of nerve gases. The discover of methyl isocyanate could not have foreseen Bophal. Knowledge cannot easily be unlearned in today's world.

One cannot know how one's work will be used. I believe that it reduces in the end to individual judgement. I believe that the knowledge I and my colleagues have obtained in our laboratory will not harm others, but I can't be sure of that. So perhaps there is a collective duty upon us, to explain what science is to every

one at every level, to inform people of what dangers and advantages it might bring, to ensure that Society as whole, and not just "the experts" is educated enough to make balanced judgements, and not to be so conceited that we can't accept what Society decides. This is a complex problem, but the collective duty however it is carried out, is the sum of individual decisions. No one is better able to ensure that is done than a researcher, perhaps most of all in a University. I wish you, my young colleague, a happy, rewarding, and successful career, and I hope that you will always ponder questions such as those you raised in your thesis. There are no absolute answers.

Yours sincerely
G.J. Leigh

No busques fuera lo que debe estar en ti

Martha E. Sosa Torres*

Después de haber leído el prefacio de la tesis doctoral del doctor Carlos Amador, me sentí motivada a comentar algunos aspectos mencionados por él, referentes a la ciencia en nuestro país, en nuestra Universidad y en nuestra Facultad.

Cuando llegué al párrafo que se refiere a la ciencia como "una actividad tan apremiante, tan rígida, tan solemne, tan intolerante"; me sobresaltó una pregunta ¿Por qué puede ser tan apremiante y rígida una actividad que se realiza por elección propia, en una forma cotidiana, como cualquier otra? Me puse a pensar mucho lo que a mí me motivaba a hacer ciencia.

Formamos parte de la naturaleza —comprendo—, y es la necesidad del individuo que desea entender su entorno la que lo lleva a observar, tomar su tiempo y lugar para descubrir lo que desconoce. Con este motivo, hubo de crearse una doctrina para lograr ese objetivo. Esta doctrina debe estar basada en reglas rigurosas y resultados reproducibles. Es así como la ciencia nace.

* Facultad de Química, UNAM.

La ciencia no es rígida, es el método científico el que tiene que ser riguroso —rigurosidad, acoto, es muy diferente de rigidez—, ya que de otra manera no se llegaría a obtener predicciones o conclusiones válidas. Es decir, es la necesidad interna del ser humano la que lo lleva a crear la ciencia, como un cúmulo de conocimientos aceptados y, por lo tanto, ésta no tiene que ser apremiante ni rígida.

———— “ ” ————

No se debe demandar a la ciencia algo que se debe encontrar en sí mismo.

———— “ ” ————

Continúa el autor: "Si admitimos que la nuestra es una actividad colectiva, tendríamos que empezar a res-

tarle importancia a la originalidad, a la paternidad de las ideas, al currículo." En cuanto a la actividad colectiva en la realización de la ciencia, puedo decir que en verdad lo es, en tanto que se realiza muchas veces en grupo. Sin embargo, el talento, la genialidad y la originalidad, están impresos en forma individual en la humanidad y es por esto que recobra importancia el individuo; sin menoscabar, en ningún momento, el trabajo creativo y cotidiano, para redondear, completar y comprobar así, una teoría, por ejemplo. Al igual que el arte, la ciencia es una expresión individual que necesita ser plasmada de acuerdo con una necesidad personal. Entonces, a diferencia del arte —retomando las palabras del autor— "¿qué es lo que hace importante a la ciencia, por qué razones es una actividad tan respetable? ¿Por qué tiene tanta autoridad?" Porque a través de la ciencia se genera el conocimiento y con éste se pueden entender los fenómenos naturales, entre otras cosas, permitiendo así resolver problemas para la humanidad. Por lo tanto, el investigador, quien posee el conocimiento, tiene la capacidad de manejar la información, controlando y previniendo sucesos, lo cual se manifiesta en forma de poder y es entonces que la ciencia adquiere "tanta autoridad".

"Quizás el error más grave, —dice el autor— sea ver la publicación como el fin último de la investigación. La publicación no es importante porque resuelva problemas importantes; lo es porque nos pone a trabajar y nos fuerza a terminar." Desde luego la publicación no

es el último fin de la investigación y no sólo es importante porque nos ponga a trabajar y nos fuerce a terminar, sino que lo es también, porque ese pequeño descubrimiento, ese conocimiento generado se debe comunicar a la humanidad. De lo contrario se caería en un juego egocentrista. El conocimiento generado debe hacerse del dominio público, lo que permitirá a alguien retomar y devolverlo en una forma más amplia y enriquecida, permitiendo así el avance del saber humano.

Después de haber expresado mi sentir, me gustaría resumir mi propia experiencia. Cuando uno realiza una actividad científica se conoce uno mismo profundamente, le lleva a uno a aprender sus capacidades y limitaciones. Cuando se enseña a investigar es cuando se tiene la oportunidad de conocer a fondo a cada estudiante, y es allí donde el investigador tiene la oportunidad de darse cuenta que cada aprendiz tiene algo que brindar, y que ese algo es diferente en cada caso. El poder descubrir las diferentes aptitudes de los alumnos y el ayudarlos a que las identifiquen, además del continuo aprendizaje, es lo que hace del quehacer científico un placer. La investigación realizada por alumnos jóvenes mexicanos dirigida por mí, ha significado una de mis más grandes realizaciones personales, no sólo por la obtención de los frutos de la misma, sino por compartir a lo largo de la realización de la investigación una serie de experiencias invaluable.

No se debe demandar a la ciencia algo que se debe encontrar en sí mismo. ✍

Un doctor en la industria

*Leonardo Ríos Guerrero**

Cuando se me pidió comentar este prefacio de tesis doctoral, al principio me pareció absurdo! Fue lógico pensar que era más "importante" comentar la tesis y no el prefacio. Reconozco ahora que este documento es **realmente** interesante. Me hizo meditar largamente sobre la misión y la trascendencia de nuestras actividades científicas.

Cabe remarcar que haré muy pocos comentarios

específicos sobre las diferentes ideas vertidas en este Prefacio. Me interesó mucho más lo que se puede "adivinar" atrás de estos párrafos, acerca de la formación (personalidad, madurez) que Carlos adquirió durante su trabajo doctoral, o sería mejor decir, a lo largo de toda su vida como estudiante.

Es muy difícil mediante un documento de apenas cuatro cuartillas apreciar los aspectos mínimos de la personalidad. Sin embargo, se pueden inferir algunas características muy claras. Se logró compaginar con el

* Investigación y Desarrollo-IRSA

trabajo doctoral una actividad humanista sumamente rica.

Una de las primeras reflexiones es sobre el rol del director o asesor de una tesis. ¿Qué estamos produciendo? ¿"Cómo se están formando" los nuevos científicos, o simplemente los nuevos ingenieros? Por "formación" quiero expresar aquí aspectos extracurriculares como la autonomía para investigar, sentido crítico y liderazgo. De estos párrafos se advierte a un científico que ya adquirió una gran madurez y que rápidamente será autónomo en sus actividades técnicas. Si cuestiona el comportamiento humanista de la cofradía científica y toma posición en cómo asumir su misión para integrar dos mundos, la vida social y el trabajo, de una manera más plena y más divertida; de igual manera cuestionará y seleccionará líneas de investigación con mayor impacto hacia la sociedad. No se conformará con publicar como único fin.

Otro aspecto no menos importante es el ejemplo humanista (vida social) que el asesor proporciona a los candidatos. Frecuentemente se olvidan estas funciones y nos dedicamos a aspectos puramente técnicos. ¿Qué tanto influyó el director de tesis en este caso? Es imposible saberlo. Sin embargo, debe quedar muy claro que esta influencia puede ser determinante.

Considero que un elemento vital en la formación de recursos humanos es el de inducir el desarrollo de un "sentido crítico agudo", mucho más allá del sentido común, que permita distinguir, entre toda una gama de posibilidades, las más atractivas. Esto implica una serie de cuestionamientos y racionamientos que muchas veces son contradictorios. A esto yo le llamaría también el adquirir cierta "visión global". Se ha desarrollado en Carlos un sentido crítico (visión global) de una manera poco común en la mayoría de los científicos.

Procederé enseguida a comentar algunos puntos específicos del documento referido.

«La fuerza motriz de cualquier científico es fatigar la imprenta»

Desafortunadamente, esta reflexión puede aplicar en varios casos. Pero, definitivamente no estoy de acuerdo en la generalización.

Los científicos más destacados no son los que han publicado más, sino los que han sabido impactar en mayor grado en la sociedad. Esto significa que la comunidad, en alguna forma, reconoce (evalúa) esta labor. Esto además tiene un efecto multiplicador muy importante. Sólo se multiplican los que destacan más. Son los ejemplos para los investigadores que inician. Los investigadores "grises", aunque acumulen muchos artículos, son olvidados rápidamente.

Otro aspecto clave es la vinculación cada vez más fuerte entre la universidad y la industria. La frontera entre la ciencia y la tecnología es cada vez más difusa. Lo importante ahora es reducir el tiempo entre un nuevo avance científico y la industrialización del mis-

mo. Cada vez es mayor la participación de científicos en las empresas privadas importantes.

La investigación aplicada en estas empresas, con adecuada dirección y planeación, ha resultado ser un buen negocio, impactando en el desarrollo de tecnologías propias y de nuevos y mejores productos.

Esto no es sólo propaganda sobre la "modernización". Las actividades científicas deben y pueden ser trascendentes, además de ser un reto continuo, si se les da la orientación adecuada.

Debe entenderse que la investigación fundamental (universitaria) y la aplicada (industrial) van de la mano, se necesitan mutuamente. Lo importante es identificar las áreas de traslape, de interés mutuo. Difícilmente podrán crecer suficientemente si están aisladas una de otra.

————— “ ” —————

Debe entenderse que la investigación fundamental (universitaria) y la aplicada (industrial) van de la mano, se necesitan mutuamente. Lo importante es identificar las áreas de traslape, de interés mutuo. Difícilmente podrán crecer suficientemente si están aisladas una de otra.

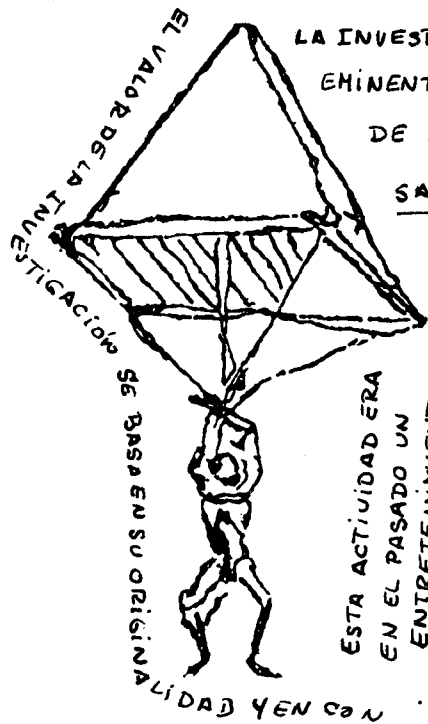
«Podríamos ser una comunidad muy divertida de gente muy interesante»

¡Sensacional! A muchos investigadores se nos ha olvidado vivir. Querer destacar, ser siempre los mejores, es positivo, pero buscando un equilibrio entre la vida social y el trabajo.

Por otro lado, el trabajo en grupos multidisciplinarios es una necesidad si se quieren tener actividades científicas que impacten con mayor rapidez e intensidad en la sociedad. Estas colaboraciones son mucho más productivas y permanentes cuando se combinan con algún tipo de relación social.

Como conclusión quiero apuntar hacia el futuro. No es difícil predecir que aplicando las habilidades desarrolladas, mencionadas anteriormente, la labor de los investigadores así formados tendrá mucho mayor posibilidad de ser trascendente. Pero sobre todo, ¡será mucho más plena y emocionante!!

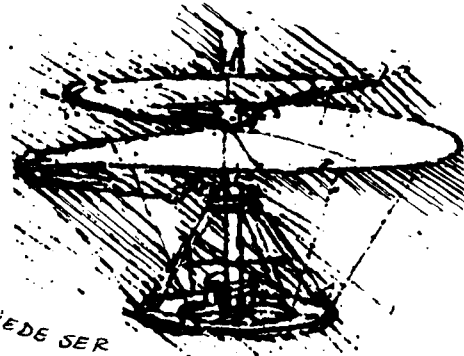
EL PLACER DE INVESTIGAR



LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA ES UNA ACTIVIDAD HUMANA EMINENTEMENTE CREATIVA QUE RESPONDE AL INSTINTIVO DE LA CURIOSIDAD. Y CUYO EJERCICIO PRODUCE UNA GRAN SATISFACCIÓN Y PLACER.

ESTA ACTIVIDAD ERA EN EL PASADO UN ENTRETENIMIENTO LIBRE, COSTEADO POR EL PROPIO INVESTIGADOR O PROTEGIDA Y ESTIMULADA POR NOBLES ADINERADOS EN ESOS TIEMPOS ERA ENTENDIDA COMO UNA FORMA DE ARTE. BASTA PENSAR, PARA ESTAR DE ACUERDO, EN LEONARDO DA VINCI. NO HAY RAZONES PARA QUE EN LA ACTUALIDAD SEA CONSIDERADA DE OTRA MANERA.

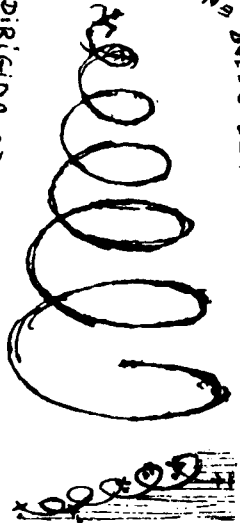
EN RESPUESTA A LA CURIOSIDAD Y AL IMPULSO CREATIVO LOS HALLAZGOS E INVENTOS RETROALIMENTAN Y ESTIMULAN AL INVESTIGADOR.



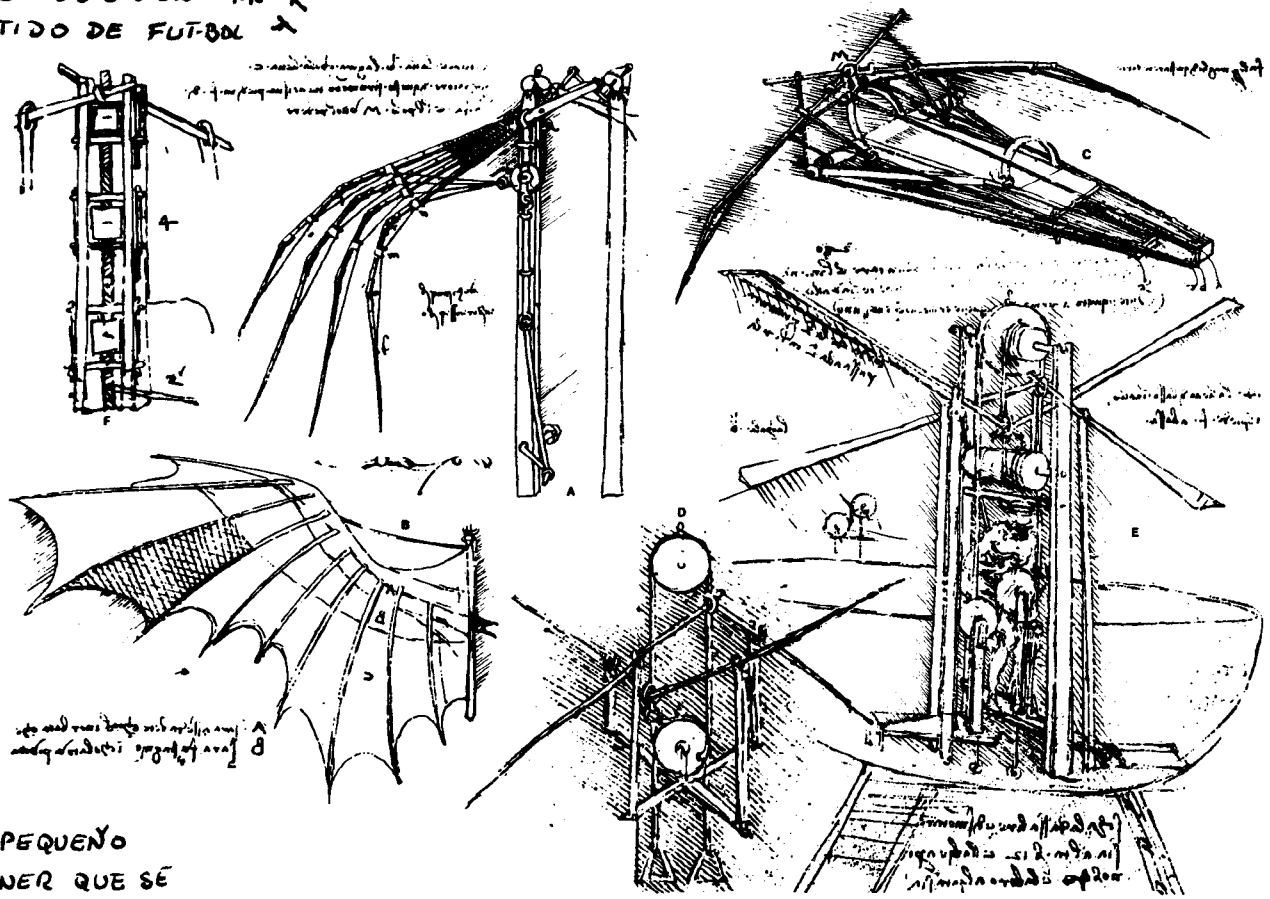
EN RESPUESTA A LA CURIOSIDAD Y AL IMPULSO CREATIVO LOS HALLAZGOS E INVENTOS RETROALIMENTAN Y ESTIMULAN AL INVESTIGADOR. PUEDE SER MEDIDA, PROGRAMADA NI DIRIGIDA OBJETIVAMENTE. PARA QUE UN AMBIENTE PROPIO, COMO OCURRE CON LOS ARTISTAS, SEA CREATIVO DEBE VIVIR Y TRABAJAR EL INVESTIGADOR.

SI LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA NO ES ENTENDIDA Y SENTIDA POR QUIEN LA PRACTICA COMO UN JUEGO PLACENTERO Y CREATIVO. SU EJERCICIO NO TIENE SENTIDO.

UN AMBIENTE PROPIO, COMO OCURRE CON LOS ARTISTAS, SEA CREATIVO DEBE VIVIR Y TRABAJAR EL INVESTIGADOR.

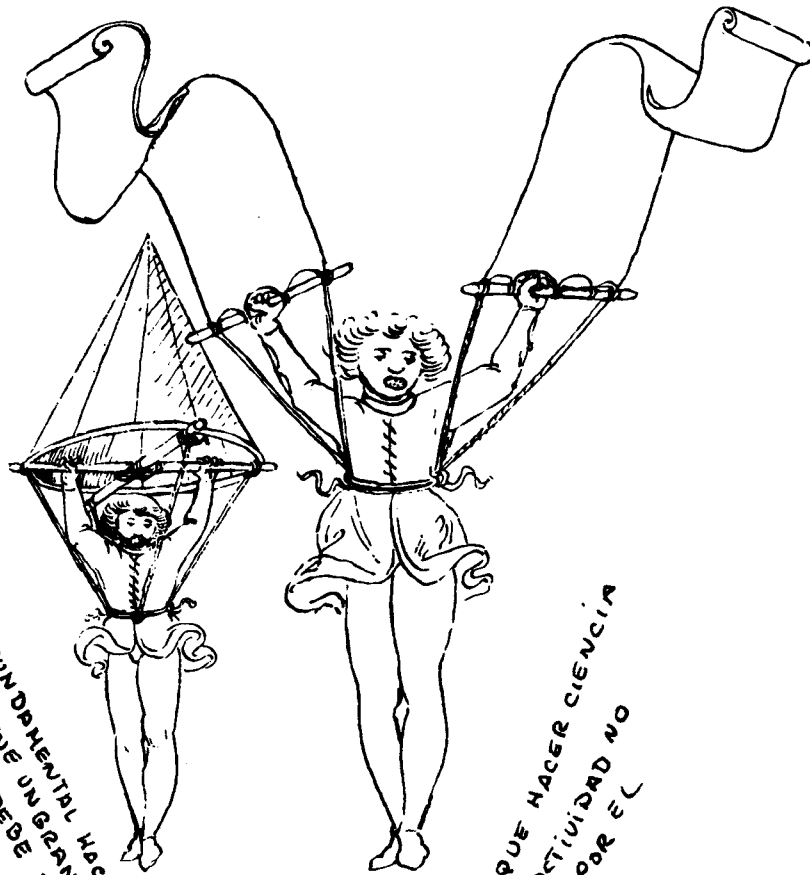


LOS TUTORES Y FORMADORES DE INVESTIGADORES TIENEN LA OBLIGACIÓN DE TRANSMITIR EL GUSTO POR EL TRABAJO CIENTÍFICO, Y ENSEÑAR LOS MEJORES CAMINOS PARA QUE LA INVESTIGACIÓN SEA GRATIFICANTE Y EXITOSA. LAS DIFICULTADES PARA EL EJERCICIO DE LA INVESTIGACIÓN DEBEN DE SER SUPERADAS DE LA MISMA MANERA QUE SE INTENTA METER GOLES EN UN PARTIDO DE FÚTBOL **→ TENER UN ANIMO SUPERIOR A LAS DIFICULTADES**



ES PEQUEÑO SUPONER QUE SE DEBE INVESTIGAR PARA HACER ARTÍCULOS QUE PUEBAN SER CONTABILIZADOS. SE TRABAJA PARA HACER CONQUISTAS. POR PEQUEÑO QUE SEA EL DESCUBRIMIENTO NO DEJARÁ DE SER UNA CONTRIBUCIÓN AL OCEANO DEL CONOCIMIENTO Y NO DEJARÁ DE SER SATISFACTORIO. CADA CONOCIMIENTO, CADA TRABAJO DEBE VERSE COMO UNA OBRA DE ARTE. COMO UNA CREACIÓN QUE AL IGUAL QUE CON UNA Poesía O UNA PINTURA DEBE DE SER OFRECIDA A LOS DEMÁS Y COMPARTIDA. SI ÉSTO NO OCURRE LA OBRA DE ARTE ES INEXISTENTE. DEL MISMO MODO, EL HALLAZGO CIENTÍFICO NO COBRARÁ VIDA SI NO ES COMUNICADO.

LOS
TUTORES
DEBEN TAM-
BIÉN DE ESTI-
MULAR EN SUS ES-
TUDIANTES, EL INTE-
RES DE ESCRIBIR Y RELA-
TAR SUS RESULTADOS, QUE AL
IGUAL QUE LAS EPOPEYAS HIS-
TÓRICAS PUEDEN SER VISTOS CON EL
MAYOR INTERES SI SABEMOS ENTEN-
DER Y TRANSMITIR SU IMPORTANCIA.



ES FUNDAMENTAL HACER VER A LOS ESTUDIANTES
QUE HACER CIENCIA
TIENE UN GRAN VALOR EN SI MISMO Y QUE ESTA ACTIVIDAD NO
DEBE DE SER DESVIRTUADA NI DESVALORIZADA POR EL
EJERCICIO DE ADMINISTRACIONES PASAJERAS
QUE LA DESCONOZCAN NI DEJARSE
INFLUIR NI PRESIDAR
POR ELLAS.

ESTAS SON OPINIONES
DE ROSALINDA
CONTRERAS

Ciencia y científicos en México

Reflexiones para el lector asiduo, un artículo dentro del artículo y una carta amplia para Carlos Amador

Andoni Garritz Ruiz*

La encuesta sobre la ciencia

El reportero de una famosa compañía de comunicación de masas toma el micrófono y lanza un par de preguntas a dos distinguidos miembros de la sociedad:

- *¿Tiene algún sentido hacer ciencia y formar científicos en México y Latinoamérica?*
- **Adalid local de la ciencia:** Desde luego, ¡vaya pregunta!, ¿cómo se le ocurre acaso dudarle? La ciencia es la única estrategia posible para salir de la ignorancia, la pobreza y el estancamiento. Vea el caso de americanos, europeos y japoneses. Donde hay apoyo para la ciencia y la tecnología hay desarrollo, educación y cultura. Parece mentira que ante evidencias de tal peso exista tan raquítico presupuesto para la actividad científica original en nuestros países y haya cada vez menos jóvenes que vean en ella un futuro profesional.
- **Emisario de la modernidad,** como él la entiende: DE NINGUNA MANERA ¡basta de subsidios improductivos y superfluos!, en nuestras economías tiende a fortalecerse el sector terciario. Si acaso, podríamos obtener todo el conocimiento y la tecnología que quisieramos del exterior. Así nos saldrían mucho más baratos. No tiene sentido pretender siquiera hacer la competencia a los países del norte. Siempre iremos a la zaga. Nos conviene maquilar y recibir inversión extranjera, que es el papel que podemos jugar en un contexto internacional interdependiente y globalizador como el actual. ¡De qué otra manera nos haremos del capital requerido para crecer!

Los ciudadanos mexicanos comunes y corrientes tendrán posiblemente una apreciación intermedia entre las dos anteriores. Pero, ¿la tendrán?, ¿tendrán

alguna? Preguntémosnos qué es lo que sabe el ciudadano promedio de este país acerca de lo que es la ciencia. Imaginemos una encuesta amplia con un par de preguntas: ¿Qué es para usted la ciencia? y ¿para qué podría serle útil a México y sus vecinos del sur?

Los resultados serían dignos de estudio para un sociólogo. Tal vez la primera conclusión fuera que los entrevistados no saben, bien a bien, de qué les estamos hablando. Contaríamos con millares de opiniones muy distorsionadas sobre algo que se desconoce casi por completo. Hace tiempo, Ruy Pérez Tamayo apuntaba algunas posibles respuestas (*Serendipia, ensayos sobre ciencia, medicina y otros sueños*, Siglo XXI editores, México, 1980), clasificándolas en cuatro tipos: La ciencia como *magia*, como *arte*, como *factor de desarrollo* y como *enemiga*. En función de dichas caracterizaciones de la ciencia se darían puntos de vista como: “un don de Dios”, “la actividad que, por placer, llevan a cabo los científicos”, “el motor de la prosperidad económica” y “la caja de Pandora que liberará las huestes que liquidarán a la humanidad”. Su posible utilidad se derivará de estas concepciones como, por ejemplo, en: “la posibilidad de que, apretando botones, todos dejemos de trabajar”, “la actividad humana fuente de mayor placer intrínseco”, “la solución a las desigualdades sociales” y “la tentación satánica para no volver a la descansada y no contaminada vida del siglo XIII”.

Un prefacio para reflexionar

Este debate de *Educación Química* debe recoger algunos puntos de vista relacionados con el tema. El documento fuente es el prefacio de una tesis doctoral, que se declara como una “toma de posición” de un científico joven que, por fin, ha satisfecho “las estrictas normas de nuestra cofradía” científica, a los treinta años adquire la “patente” para ejercer y reflexiona sobre lo que

* Director de *Educación Química*.

ha vivido durante diez años en "contacto estrecho" con la ciencia.

Podría responder a Carlos Amador con algunas simplezas como un "no te preocupes, ahí la llevas", o un "qué mal empiezas", o bien "ojalá, como dices, se recuperara el papel del hombre y el sentido de la ciencia para éste", e incluso el "no le pidas peras al olmo, el problema eres tú". Mi intención va a ser doble: establecer un diálogo con Carlos para ver si lo convengo de algo o reunimos elementos para tomar un deleitable café y, asimismo, otro diálogo con el lector de esta revista que tolere la longitud de lo que he escrito, en plan de ayudarlo y ayudarme yo mismo a reflexionar. Por educación, usaré el "tú" para Carlos y el "usted" para usted, amable lector.

Para empezar, Carlos, sin necesidad de compartir contigo lo expresado, hay que aceptar que el prefacio de tu tesis doctoral está muy bien escrito —¡que muera la agrafia!—. Inmediatamente, hay que conceder que demuestras valentía. La intención "de manifestar mi visión del quehacer científico en estos tiempos, desde este país" es un paquete explosivo cuando se le pida el mismo ejercicio a cualquier miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Me atrevo a dudar que muchos de ellos realicen un escrito tan coherente, también tan polémico, pero sobre todo tan genuino como el tuyo.

Querido lector, hay que recordar que estamos frente a uno de esos extraños seres (unos docientos, cada año) que se gradúan de doctor en México. Ello implicó seguramente para el autor tomar varias decisiones. La primera, que vale la pena intentar la educación local de posgrado, aunque se reciba una beca (o un salario) apenas suficiente para la sobrevivencia. La segunda, que se está dispuesto a gastar mucho tiempo adicional en multitud de "talachas", llenado de papeles y limitaciones materiales que en otro país desarrollado estarían puestas sobre la mesa desde el primer día. La tercera, la más grave tal vez, no recibir por el esfuerzo realizado reconocimiento social alguno, —posiblemente no haya obtenido ni el de su tutor académico y sí un manojito de arañazos en su examen doctoral—, ni poseer a la mano más perspectiva que la del "apostolado científico". Es posible que los diversos apóstoles que Carlos ha tenido a la mano no hagan sino quejarse y quejarse, dándole de esta manera —e inconscientemente quizá— muy pocas esperanzas de futuro.

Tal vez por estas razones, Carlos expresa palabras como "insatisfacción" y reconoce en lo que le espera un "panorama sombrío". Conoce que su supervivencia económica depende de criterios que, desafortunadamente generalizados, se dedican a medir, más que a calificar, por eso habla de que "la fuerza motriz de cualquier científico, con casi absoluta exclusión de toda otra, es la posibilidad de «fatigar la imprenta»". Sabe que el científico mexicano es menos leído y citado que el dato promedio de la comunidad científica internacional, aunque exagera cuando habla acerca de "cientos de

miles de páginas anuales que nadie, o casi nadie, lee". Esto merece un comentario largo, que también va para el lector.

Publicaciones y citas de científicos mexicanos 1981-1985

Un estudio reciente realizado por el Centro de Información Científica y Humanística de la UNAM, y comentado en agosto pasado por el doctor Alfonso Serrano del Instituto de Astronomía (con datos de *Scientometrics*, vol. 16, 1989), proporciona mejores parámetros para juzgar el impacto mexicano en el medio internacional. Se analizan las revistas en las que han aparecido diez o más autores mexicanos en el periodo 1981-1985. Van algunos datos:

- Se trata de 58 revistas científicas de circulación internacional.
- El número de citas que recibe cada artículo por año varía mucho según el área. En la Tabla I se han tomado algunos datos de las áreas relacionadas con la química y de algunas otras más, por motivos de comparación. Las citas promedio son medidas por artículo y por año posterior a su aparición. Las últimas dos columnas corresponden a interesantes índices, que marcan el desarrollo del área en el país, en comparación con la misma en el resto del mundo:

$$\text{Actividad} = \frac{\text{Fracción nacional de los artículos del área}}{\text{Fracción mundial de los artículos del área}}$$
$$\text{Atractividad} = \frac{\text{Fracción nacional de las citas en el área}}{\text{Fracción mundial de las citas en el área}}$$

Lo que vale la pena resaltar, a pesar de que la Tabla I confirma un menor promedio de citas para mexicanos, es lo reducido del *citation* (global y por áreas) para toda la comunidad mundial (3.11 citas por año en promedio). Cuando un iberoamericano reciba tres citas a uno de sus artículos en un año, debe sentirse un "científico mundial promedio", aunque suene ridículo, mi querido Carlos.

El amable lector debe tomar su tiempo para localizar su área, digerir tanto número y empezar a sorprenderse. Lo más lamentable que puede apuntarse, para ayudarlo en la búsqueda, es que tanto la actividad como la atractividad estén tan claramente por debajo de la unidad, ya sea en el área química o la ingenieril. Éste es un indicador inequívoco del multicitado mayor rezaigo de la química en México, con respecto a las otras ciencias, así como el de la ingeniería y la tecnología.

Esperamos que estos números te den más tranquilidad, Carlos. Tus áreas, la fisicoquímica y la física de la materia condensada, no andan tan mal aquí. Es falso que no serás leído por "nadie, o casi nadie", si acaso un poco menos que tus colegas de otros países. Además,

Tabla I

| Área | citas promedio totales | citas promedio para mexicanos | Activ. | Atract. |
|--------------------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|
| Todos los campos | 3.11 | 1.89 | 1.00 | 1.00 |
| Ciencias de la vida | 3.39 | 1.89 | 1.07 | 0.78 |
| Bioquímica y biología molecular | 6.22 | 3.76 | 0.79 | 0.78 |
| Botánica | 2.35 | 1.90 | 1.97 | 2.61 |
| Genética | 3.97 | 2.10 | 2.83 | 2.46 |
| Neurociencias | 4.09 | 2.72 | 1.52 | 1.67 |
| Farmacol. y farmacia | 2.99 | 1.49 | 1.16 | 0.95 |
| Fisiología | 4.59 | 4.68 | 1.10 | 1.93 |
| Ciencias físicas | 3.44 | 2.44 | 1.28 | 1.48 |
| Astronomía | 4.53 | 5.56 | 1.49 | 3.00 |
| Física atómica, molecular y química. | 4.54 | 3.38 | 1.66 | 2.03 |
| Física matemática | 2.76 | 3.48 | 7.07 | 14.65 |
| Materia condensada | 3.24 | 2.01 | 1.53 | 1.55 |
| Química | 2.59 | 1.26 | 0.67 | 0.63 |
| Química orgánica | 2.59 | 1.44 | 1.01 | 0.92 |
| Química física | 2.84 | 1.29 | 1.04 | 0.78 |
| Ingeniería | 1.44 | 0.73 | 0.69 | 0.58 |
| Matemática | 0.88 | 0.91 | 0.91 | 1.54 |

ambas disciplinas están más desarrolladas en el país que el promedio.

En plan de seguir auxiliando al lector (ojalá surgiera por ahí el ojo de un miembro de las comisiones dictaminadoras del SNI), es "asesino" aplicar una tabla rasa para juzgar el número de citas a los trabajos científicos. Para la comunidad mundial, no es comparable en absoluto el 0.88 citas/año de la matemática, al 1.44 de la ingeniería, al 2.59 de la química y al 3.4 de la física o las ciencias de la vida.

Para dar una información más puntual, la Tabla II muestra algunos datos para 21 de las 58 revistas con más de 10 publicaciones mexicanas en ese periodo de cinco años. La última columna indica qué tanto fue citado por año el artículo más referido en ese periodo quinquenal (para que se sientan muy afortunados los científicos tercermundistas que en un año reciban más de 20 citas a una publicación suya).

Las revistas con un promedio de más de tres citas por año y por artículo son consideradas como de alto impacto. Se trata de las revistas con arbitraje más estricto. No dejan pasar "cualquier cosa" y por eso mantienen ese alto promedio de citas. Dentro de las trece que tienen esa característica en la Tabla II, corresponden a autores mexicanos 278 artículos: entre 4 y 5 artículos por año en revistas de alto impacto. Te parece bajo, ¿no, Carlos? Ojalá ya hayas o estés por publicar en alguna de ellas.

Cuando se compara ese 278 con los 85 mil 087 artículos publicados en esas 13 revistas durante los

Tabla II

| Revista | citas promedio totales | citas promedio para mexicanos | Máximo número de citas |
|---|------------------------|-------------------------------|------------------------|
| <i>Am. J. of Phys.</i> | 0.69 | 0.70 | 13 |
| <i>Astrophysical J.</i> | 8.09 | 14.93 | 186 |
| <i>Biochim. et Biophys. Acta</i> | 5.38 | 3.58 | 134 |
| <i>Biochem. & Biophys. Res. Comm.</i> | 6.14 | 5.18 | 149 |
| <i>Chem. Phys. Lett.</i> | 4.41 | 3.50 | 75 |
| <i>Int. J. Quantum Ch.</i> | 1.99 | 1.29 | 37 |
| <i>J. Biol. Chem.</i> | 11.02 | 5.08 | 652 |
| <i>J. Chem. Phys.</i> | 3.73 | 3.15 | 53 |
| <i>J. Food Sc.</i> | 1.98 | 0.33 | 45 |
| <i>J. Heterocyc. Ch.</i> | 1.44 | 1.00 | 25 |
| <i>J. Math. Phys.</i> | 2.14 | 3.50 | 60 |
| <i>J. Neurosc. Res.</i> | 3.00 | 3.64 | 27 |
| <i>J. Org. Chem.</i> | 3.73 | 1.77 | 53 |
| <i>Phys. Lett. A</i> | 2.52 | 2.53 | 46 |
| <i>Phys. Rev. A</i> | 4.76 | 4.23 | 100 |
| <i>Phys. Rev. B</i> | 5.98 | 2.66 | 243 |
| <i>Phys. Rev. C</i> | 4.57 | 5.00 | 141 |
| <i>Phys. Rev. D</i> | 5.23 | 2.16 | 506 |
| <i>Phys. Rev. Lett.</i> | 11.03 | 3.70 | 287 |
| <i>Phytochem.</i> | 2.41 | 2.62 | 54 |
| <i>Synthetic Comm.</i> | 1.40 | 1.21 | 16 |

referidos cinco años, aparece un chocante numerito: México contribuye con algo así como 0.3% de la actividad científica mundial de alto impacto. Para devolver la respiración al lector basta un dato: 0.17% de las publicaciones en TODAS las revistas indizadas (casi dos millones de artículos en esos cinco años) corresponden a mexicanos. Es decir, nuestro "porcentaje de bateo" es mejor en las revistas más referidas. A pesar de nuestra muy modesta participación, somos un país con más ciencia buena que mala.

De vuelta al prefacio

Posiblemente Carlos Amador diría "ésas son respuestas nobles, nos justifican". Y seguramente añadiría (me permitiré hablar por boca de Carlos) "y qué tanto tiene que ver la cantidad de artículos que se escriben, o la cantidad de citas que reciban, con el impacto científico real, tanto sobre el avance del conocimiento o el bienestar que pueda proporcionar éste a la humanidad. Hay muchos ejemplos de verdaderas aportaciones que no fueron citadas en su momento, pero que se rescataron decenas de años más tarde. Se me ocurre mencionar a Amadeo Avogadro, por ejemplo, o a uno de los artículos más citados en física en los últimos años, escrito en 1966 por alguien que fue tachado de loco por postular que el número de bariones no es constante en el universo. Demostrarlo hoy equivale a confirmar teorías sobre la gran unificación de las interacciones físicas, pero en su momento nadie leyó a ese «genio-orate»".

Lo cierto es que siempre habrá argumentos para desnudar todo intento de calificar la calidad científica o cualquier otro asunto similar. La capacidad para

vender seguros, correr automóviles o jugar ajedrez son más sencillas de calificar. Pero hablando de una actividad humana tan compleja, Carlos, desde hace doscientos años no hemos encontrado en el mundo mejores criterios de evaluación científica que los que emiten “los pares” (los iguales), aunque ello implique cierto subjetivismo, intolerancia y canibalismo, desprecio por el trabajo tercermundista, y tantos otros bemoles.

El científico mexicano ha de saberse mover en esa selva, aunque no lleve la guadaña afilada, y debe rifársela con los tigres. Más vale que intente los altos vuelos. Someter un artículo a una revista de circulación y reconocimiento internacionales restringidos es más absurdo que publicarla en una revista nacional. Carlos, en aquéllas revistas sí te van a leer muy pocos, o nadie, aunque, por su título en inglés, la copia del sobretiro te permitirá permanecer como miembro del SNI. Hay que ir “por todas las canicas”, Carlos, por las grandes revistas; ser un científico de calidad. Lograrlo sí implica realizar una “actividad apremiante, rígida, solemne e intolerante”, como tú dices. Eso no es malo. Al contrario.

La importancia de la ciencia: otra reflexión

Volviendo a la importancia de la ciencia, Carlos, creo que tienes razón cuando expresas que es un espejismo pensar que la solución a todos nuestros problemas está en ella. Comparto contigo que no es una condición *suficiente* para el progreso, como quiera que lo entendamos, pero definiendo que sí es una condición *necesaria*. Tal vez no lo era en el siglo pasado pero, nos guste o no, hoy están indisolublemente ligados el desarrollo económico y el científico-tecnológico. De acuerdo, desarrollo económico no es sinónimo de progreso, pero eludo las discusiones bizantinas de si bienestar es lo mismo que riqueza —desde luego acepto que tiene mucho más que ver con la distribución de esta última—. No obstante, me atrevo aún a aceptar aquel “en última instancia” de la teoría marxista.

Querido Carlos, estimado lector, para los ciudadanos del primer mundo es una verdad de perogrullo que la actividad científica ha contribuido a elevar su calidad de vida. Lo observan cada día. Treinta o 40% de los que culminan una licenciatura continúan hacia el posgrado, y reciben con ello más reconocimiento social, más satisfacción y más salario. En el “norte”, 50% de las innovaciones del conocimiento o su aplicación se llevan a cabo en el sistema productivo, no en las universidades.

El problema es que no somos ciudadanos de ese mundo, “nuestro plumaje” no es de éstos. Tampoco debemos seguir lineal y mecánicamente ese patrón de desarrollo. No sólo porque puede ser una quimera, sino porque en muchos aspectos puede no satisfacernos. Si acaso, **nuestra búsqueda debe ser una mejor calidad de vida para los más de los mexicanos** —usa tu definición de “calidad de vida”, tampoco pienso polemizar—. Pero nuestros paisanos apenas alcanzan, en promedio, el tercer grado de primaria (viven en México


cuatro millones de iletrados, 21 millones sin primaria y otros 16 sin secundaria —los datos son de Fernando Pérez Correa, no míos—. Todos ellos, y aún más, bajo la incalificable influencia de Televisa, *Alarma, Lágrimas y risas,...*; sólo uno de cada 25 licenciados continúan hacia el posgrado; únicamente 8 a 10 % de la investigación se realiza en la industria.

Por lo tanto, la aceptación y concepción de la ciencia aquí no puede ser la misma. En nuestro medio, los investigadores no deben contentarse con investigar, y ya. Si desean que se estime su función, deben transmitir lo que la ciencia es para ellos, para el país y para el mundo; deben educar en la ciencia; deben divulgarla. Hay pocas cosas que no dudo y una de ellas es que esa labor de transmisión de conocimientos apunta a elevar la calidad de vida de mis conciudadanos. La haremos más efectivamente mientras existan investigadores nacionales en la cresta de la ola, en número creciente. Sé muy bien, Carlos, que no has descuidado tu función de educador y divulgador. No las abandones, aquí hay que hacerle de futbolista, director técnico y aguador. Toma una clase y escribe algo para un periódico en cuanto vuelvas de tu posdoctorado en la Universidad de Cleveland. Explota tu facilidad para la prosa, aquí no se da “en maceta”.

Moraleja: Científico, pero antes ser humano

Finalmente, y por supuesto, hacer ciencia rigurosamente no está peleado con divertirse, compartir alegrías y sinsabores con el resto del género humano, gozar de placeres (aunque algunos sean inconfesables), transmitir lo que sabes a las nuevas generaciones, estimar y profundizar en las distintas expresiones de la cultura universal, o mantenerse en forma física con la práctica de algún deporte. Carlos, lograr todo ello junto debe ser tu meta —¡Nomás!—. Como bien lo dices, busca ser una “gente inquisitiva, de intereses globales, de vitalidad exuberante”; intenta llevar “una vida más rica, más plena, más interesante”. Y puede que lo alcances si mantienes tu espíritu crítico. Porque en tu escrito se nota que persigues ser un humano completo. Desde mi muy criticable punto de vista, puede lograrlo un individuo que, como tú, reflexiona y pone en tela de juicio su propia actividad —aunque ello no lo garantice—. Haz el favor de criticar, pero para enmendar y construir. Lo que hay que hacer es bienhacer (ojo, no lo expreso en el sentido de una lección de moral).

Carlos, no sin pedirte perdón por asumir en este escrito una posición ciertamente paternal, recibe una recomendación última como corolario:

Deja que los caballos ciñan sus orejeras para no distraerse con lo que pasa en los otros carriles. Lucha por ser lo mejor en lo tuyo, pero no te quedes en tu ámbito de especialización. Sigue montado, viendo no sólo los límites de tu carril, sino la pista completa, el horizonte y el cielo. Y, no lo olvides, aférrate a tu montura. 

CONVOCATORIA

Segundo concurso nacional

PARA LEER LA CIENCIA DESDE MÉXICO



SEP



1990-1991

Con el objeto de fomentar el hábito de la lectura, la investigación, la disciplina y la creatividad, la Secretaría de Educación Pública, el Fondo de Cultura Económica, y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología coeditores de la colección *La Ciencia desde México*, convocan a este segundo concurso nacional.

En las dos categorías A y B se incluirá, en su caso, el nombre y la dirección de la escuela.

BASES

1.- Podrán participar lectores de cualquier nacionalidad que residan en la República Mexicana, en las siguientes categorías:

- A.- de 12 a 15 años
- B.- de 16 a 18 años
- C.- de 19 a 22 años

2.- Los interesados deberán enviar un trabajo sobre cualquiera de los primeros 92 títulos de la colección *La Ciencia desde México*, que aparecen divididos por áreas en esta misma convocatoria. Los libros se encuentran a disposición del público lector en todas las bibliotecas públicas del país, y en librerías de prestigio.

3.- Los trabajos deberán ser escritos a máquina, a doble espacio, en hojas tamaño carta.

CATEGORÍA A.- El texto será de tres a cinco cuartillas de extensión dividido en dos partes, la primera será un resumen de la obra y la segunda consistirá en la opinión del lector sobre la misma.

CATEGORÍA B.- El texto será de cuatro a siete cuartillas de extensión y consistirá en una reseña crítica del libro, en la que, con razonamientos bien fundados, se mencionen los aspectos que más interesaron al lector y cuáles considera más importantes.

CATEGORÍA C.- El texto será de cinco a diez cuartillas de extensión y consistirá en un ensayo sobre el conjunto de la obra o sobre alguno de sus aspectos, inscribiéndolo en un contexto más amplio que el del libro, incluyendo tanto referencias explícitas como los puntos de vista del lector.

4.- Los concursantes podrán ser orientados y apoyados por los padres, maestros, amigos o cualquier otra persona, pero la elaboración y la redacción del trabajo deberá estar exclusivamente a cargo del concursante. Cuando hagan una cita de la obra reseñada o de otras obras, estas deberán aparecer entrecuilladas y con la ficha completa de la obra consultada.

5.- Para todas las categorías los trabajos deberán ser acompañados de una constancia de edad (fotocopia del acta de nacimiento o de cualquier otro documento acreditativo); además, el concursante debe acompañar su trabajo de una carta en la que se responsabiliza de la originalidad del mismo.

6.- Los trabajos (original y dos copias) deberán enviarse con los siguientes datos:

- Nombre completo
- Domicilio
- Entidad federativa
- Teléfono
- Edad
- Categoría
- Título del libro
- Número de la colección
- Autor del libro
- Área a la que pertenece

7.- La recepción de los trabajos queda abierta a partir de la publicación de esta convocatoria y se cerrará el 30 de noviembre de 1990. Para el caso de los trabajos enviados por correo o cualquier otro medio, se tomará como fecha de entrega la del matasellos o de la boleta de expedición.

8.- Los participantes deberán presentar o enviar sus trabajos a:

Fondo de Cultura Económica
Concurso Para leer *La Ciencia desde México*,

Av. Universidad 975,
Col. del Valle,
03100 México, D. F.,
Tel. 524.53.43 ó 660.14.61 ext. 45,

9.- No se devolverán originales.

10.- El jurado estará integrado por destacados científicos, en los diferentes campos del conocimiento. Su fallo será inapelable.

11.- PREMIOS (en cada categoría)

PRIMER LUGAR \$ 2'000,000.00 (DOS MILLONES DE PESOS 00/100 M.N) en efectivo, diploma y un lote de libros.

SEGUNDO LUGAR \$ 1'500,000.00 (UN MILLÓN QUINIENTOS MIL PESOS 00/100 M.N) en efectivo, diploma y un lote de libros.

TERCER LUGAR \$ 1'000,000.00 (UN MILLÓN DE PESOS 00/100 M.N) en efectivo, diploma y un lote de libros.

12.- ESTÍMULOS

- Visita al centro de trabajo del autor del libro.
- Publicación de los trabajos premiados.
- Diploma a las escuelas de los alumnos ganadores.
- Presentación de los trabajos seleccionados en el auditorio Pedro Henríquez Ureña.

13.- ACTO DE PREMIACIÓN

Los nombres de los concursantes premiados se darán a conocer por los mismos medios que la presente convocatoria, durante la primera semana de junio de 1991.

La entrega de premios se llevará a cabo durante la última semana de junio de 1991.

14.- Cualquier caso no considerado dentro de las bases de la presente convocatoria, será resuelto a criterio del jurado y de los organizadores. La participación en este certamen implica la aceptación total de sus bases..

México, D.F., a 10 de septiembre de 1990.

LA CIENCIA DESDE MÉXICO

Núm. de
Colección

ASTRONOMÍA

- 1 UN UNIVERSO EN EXPANSIÓN
Luis Felipe Rodríguez
- 4 HISTORIA DE LA ASTRONOMÍA EN MÉXICO
Marco Arturo Moreno Corral
- 6 EL DESCUBRIMIENTO DEL UNIVERSO
Shahen Hacyan
- 15 ODISEA 1874. O EL PRIMER VIAJE INTERNACIONAL DE CIENTÍFICOS MEXICANOS
Marco Arturo Moreno Corral
- 38 ENCUENTRO CON UNA ESTRELLA
Silvia Bravo
- 49 ESTRELLAS BINARIAS INTERACTIVAS
Juan Echevarría
- 50 LOS HOYOS NEGROS Y LA CURVATURA DEL ESPACIO TIEMPO
Shahen Hacyan
- 53 CUASARES: EN LOS CONFINES DEL UNIVERSO
Deborah Dultzin
- 57 TELESCOPIOS Y ESTRELLAS
Daniel Malacara y Juan Manuel Malacara
- 62 LA FAMILIA DEL SOL
Julieta Fierro y Miguel Ángel Herrera
- 89 GÉNESIS Y TRANSFIGURACIÓN DE LAS ESTRELLAS
Joaquín Bohigas

BIOLOGÍA

- EL OCEANO Y SUS RECURSOS
*Juan Luis Cifuentes Lemus
Pilar Torres y Marcela Frías*
- 2 I. PANORÁMICA OCEÁNICA
 - 12 II. LAS CIENCIAS DEL MAR:
OCEANOGRAFÍA GEOLÓGICA Y
OCEANOGRAFÍA QUÍMICA
 - 17 III. LAS CIENCIAS DEL MAR:
OCEANOGRAFÍA FÍSICA
MATEMÁTICAS E INGENIERÍA
 - 24 IV. LAS CIENCIAS DEL MAR:
OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA
 - 35 V. PLANCTON
 - 46 VI. BENTOS Y NECTOS
 - 63 VII. FLUJOS DE ENERGÍA EN EL MAR:
REPRODUCCIÓN Y MIGRACIONES
 - 67 VIII. EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS DEL MAR
 - 81 IX. LA PESCA
 - 87 X. PESQUERÍAS
 - 90 XI. ACUICULTURA
 - 18 LAS MEMBRANAS DE LAS CÉLULAS
Antonio Peña
 - 25 DE LAS BACTERIAS AL HOMBRE:
LA EVOLUCIÓN
Daniel Piñero
 - 28 HORMONAS: MENSAJEROS QUÍMICOS Y COMUNICACIÓN CELULAR
Jesús Adolfo García
 - 30 LAS CÉLULAS DE LA MENTE
Ricardo Tapia
 - 43 EL MUNDO DE LOS MICROBIOS
Georges Dreyfus
 - 45 LA MEDICINA CIENTÍFICA Y EL SIGLO XIX MEXICANO
Fernando Martínez
 - 47 LAS AMIBAS, ENEMIGOS INVISIBLES
Adolfo Martínez
 - 48 CÓMO VIVEN LAS PLANTAS
Carlos Vázquez Yanes
 - 60 ANIMALES DESCONOCIDOS.
RELATOS ACAROLÓGICOS
Anita Hoffmann
 - 65 COMPORTAMIENTO ANIMAL
Alejandro Estrada
 - 70 LAS MUSAS DE DARWIN
José Sarukhán
 - 71 EN LA FRONTERA DE LA VIDA:
LOS VIRUS
Armando Aranda Anzaldo

Núm. de
Colección

- 76 DE LOS ANTEOJOS A LA CIRUGÍA REFRACTIVA
Rogelio Herremán
- 82 ECOLOGÍA DE POBLACIONES
Jorge Soberón
- 83 LA DESTRUCCIÓN DE LA NATURALEZA
Carlos Vázquez Yanes y Alma Orozco
- 91 DE LAS CHINAMPAS A LA MEGALÓPOLIS (EL MEDIO AMBIENTE EN LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO)
Exequiel Ezcurra
- 92 LA ENERGÍA Y LA VIDA (BIOENERGÉTICA)
Antonio Peña y Georges Dreyfus

CIENCIAS DE LA TIERRA

- 34 TERREMOTOS
Alejandro Nava
- 54 LA SUPERFICIE DE LA TIERRA. UN VISTAZO A UN MUNDO CAMBIANTE
José Lugo Hulep
- 58 EL CALOR DE LA TIERRA
Rosa María Prol
- 74 EL TERCER PLANETA. EDAD, ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA TIERRA
Juan Manuel Espíndola

FÍSICA

- 3 UNA OJEA A LA MATERIA
Guillermo Aguilar Sahagún, Salvador Cruz y Jorge Flores
- 5 DE LA MÁQUINA DE VAPOR AL CERO ABSOLUTO. CALOR Y ENTROPÍA
Leopoldo García Colín
- 7 UNA MECÁNICA SIN TALACHAS
Fernán Viniestra
- 8 LAS RADIACIONES: RETO Y REALIDADES
Jorge Rickards
- 11 LA GRAN ILUSIÓN I. EL MONOPOLO MAGNÉTICO
Jorge Flores
- 13 UN MOVIMIENTO EN ZIG ZAG
Eliezer Braun
- 14 NIELS BOHR: CIENTÍFICO, FILÓSOFO HUMANISTA
Leopoldo García Colín, Marcos Mazari y Marcos Moshinsky
- 16 EL FENÓMENO MÁGICO DE LA OSMOSIS
Luis Felipe del Castillo
- 19 UNA FACETA DESCONOCIDA DE EINSTEIN
Eliezer Braun
- 22 LA GRAN ILUSIÓN II. LOS CUARKS
Jorge Flores
- 23 EL DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA. LA APORTACIÓN DE LA FÍSICA
Fernando Alba Andrade
- 26 ARQUITECTURA DE SÓLIDOS Y LÍQUIDOS
Eliezer Braun
- 27 TRAMPAS DE LUZ
Carlos Ruiz Mejía
- 29 LOS MATERIALES DE LA CIVILIZACIÓN
Carlos E. Rangel
- 31 ALBERT EINSTEIN. NAVEGANTE SOLITARIO
Luis de la Peña
- 32 LA LUZ
Ana María Cetto
- 36 Y SIN EMBARGO SE MUEVEN... TEORÍA CINÉTICA DE LA MATERIA
Leopoldo García Colín
- 37 LA FÍSICA EN LA MEDICINA
María Cristina Piña
- 41 LA GRAN ILUSIÓN III. LAS ONDAS GRAVITACIONALES
Jorge Flores
- 42 LA RADIATIVIDAD
Silvia Bulbulian
- 44 SACERÍA DE CARGAS
Eduardo Piña

Núm. de
Colección

- 56 DE LA BRÚJULA AL ESPÍN: EL MAGNETISMO
Julia Tagüña y Esteban Martina
- 61 ARMAS Y EXPLOSIONES NUCLEARES: LA HUMANIDAD EN PELIGRO
María Ester Brandan
- 64 LOS SUPERCONDUCTORES
Fernando Magaña
- 68 EL DISCRETO ENCANTO DE LAS PARTÍCULAS ELEMENTALES
Arturo Menchaca
- 69 EL HOMBRE Y LOS MATERIALES
Guillermo Aguilar
- 78 RELATIVIDAD PARA PRINCIPIANTES
Shahen Hacyan
- 84 ÓPTICA TRADICIONAL Y MODERNA
Daniel Malacara

QUÍMICA

- 9 MAS ALLÁ DE LA HERRUMBRE
Javier Ávila y Joan Genescá
- 10 LA QUÍMICA HACIA LA CONQUISTA DEL SOL
Magdalena Rius y Mauricio Castro
- 39 PETROQUÍMICA Y SOCIEDAD
Susana Chow
- 51 QUÍMICA, UNIVERSO, TIERRA Y VIDA
Alfonso Romo
- 55 LA ZEOLITA UNA PIEDRA QUE HIERVE
Pedro Bosch e Isaac Schifter
- 59 CATALIZADORES. ¿LA PIEDRA FILOSOFAL DEL SIGLO XX?
Sergio Fuentes y Gabriela Díaz
- 72 DEL TEQUESQUITE AL ADN. ALGUNAS FACETAS DE LA QUÍMICA EN MÉXICO
Antonio Garriz Ruiz y José Antonio Chamizo
- 79 MÁS ALLÁ DE LA HERRUMBRE II. LA LUCHA CONTRA LA CORROSIÓN
Javier Ávila y Joan Genescá
- 85 CALOR Y MOVIMIENTO
Magdalena Rius, Carlos M. Castro Acuña y Rainer Wachalowsky

GEOFÍSICA

- 20 LAS ACTIVIDADES ESPACIALES EN MÉXICO: UNA REVISIÓN CRÍTICA
Ruth Gall
- 33 LA PERCEPCIÓN REMOTA: NUESTROS OJOS DESDE EL ESPACIO
Jorge Lira
- 66 NUESTRO HOGAR EN EL ESPACIO
José Francisco Valdés (compilador)

INGENIERÍA

- 80 ACERO
Lorenzo Martínez
- 86 DEL ESPACIO AL SUBSUELO
Ricardo Peralta y Fabi

MATEMÁTICAS

- 75 LA CARA OCULTA DE LAS ESFERAS
Luis Montejano Peimbert
- 77 ¿EN QUÉ ESPACIO VIVIMOS?
Javier Bracho

VARIA

- 21 COSAS DE LA CIENCIA
Fernando del Río y León Máximo
- 40 ACERCA DE MINERVA
Ruy Pérez Tamayo
- 52 LA VIDA, EL TIEMPO Y LA MUERTE
Fanny Blank Cerejido y Marcelino Cerejido
- 73 EL SABER Y LOS SENTIDOS
Eliezer Braun
- 88 MEMORIA NATURAL Y ARTIFICIAL
Laura Viana