

# Lógyca: De M. Curie y R. Franklin al científico contemporáneo

From M. Curie and R. Franklin to the contemporary scientist

**Rosa-María Bermúdez-Cruz** (1959, mexicana, Departamento de Genética y Biología Molecular. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. México).

**Rafael Quintero-Torres** (1961, mexicano, Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada. Universidad Nacional Autónoma de México, México).

roberm@cinvestav.mx, rquintero@fata.unam.mx

## Resumen

Solemos pensar que el futuro nos depara mejores condiciones de vida y de trabajo, y que la educación podría ayudarnos a incrementar la posibilidad de desarrollo humano e independencia económica; reflexión que se centra en la base de la formación de cuadros científicos para la investigación y la docencia y en el aumento de la base científica de la población en general. Aquí compartimos las ideas que presentan la diferencia entre las motivaciones de las personas para hacer el trabajo científico y el comportamiento real de los miembros jóvenes y consolidados; si este es el caso, la diferencia entre el desarrollo esperado y el logro real puede reducirse con mejoras en la formación de nuevos científicos y la formación de un ambiente retroalimentado en el que deben trabajar para ayudar realmente al progreso social.

**Palabras clave:** educación, ciencia, investigación, posgrado.

**Recibido:** 27-11-2013 → **Aceptado:** 11-12-2013

**Cítese así:** Bermúdez-Cruz, R. M. & Quintero-Torres, R. (2014). De M. Curie y R. Franklin al científico contemporáneo. *Boletín Científico Sapiens Research*, 4(1), 9-14.

## Abstract

We think that the future is full with better opportunities for work and a better standard of living awaits us, all driven by education offering better prospects for development and fueling the economic progress; this reflection is key in the foundation to build a scientific base to carry on investigation and teaching as well as to aspire to increase the scientific knowledge of the society as a whole. Here we unveil ideas presenting the difference between people motivations to do scientific work and actual behavior of junior and senior members, if this is the case, the difference between the expected development and the actual achievement can be decreased with improvements in the formation of new scientists and the ecosystem where they should work to really assist the social progress.

**Key words:** education, postgraduate, research, science.

## Introducción

Este trabajo se centra en tres observaciones. La primera es que cuando somos niños, se tiene gran curiosidad por entender cómo suceden los fenómenos y cómo operan las cosas, curiosidad que tiende a apagarse con el tipo de educación que se ha institucionalizado. Desvirtuamos la maravillosa necesidad de comprender los fenómenos, para convertirnos en jó-

venes que solo quieren aprobar una materia. La segunda es la retórica aceptada por la mayoría, donde se repite que la educación es la salvación para todos los males de los países en desarrollo, y por lo común no se especifica qué se entiende por educación ni cómo es que opera esa solución general, pero se sigue repitiendo. La tercera surge al consultar las biografías de las personalidades que dieron forma al contexto científico o tecnológico y que al estar en contacto con los antecedentes históricos de los desarrollos que forman nuestra realidad, nos maravillamos de las condiciones que les dieron forma.

El problema al que valdría la pena prestar atención es que la relación entre estas tres observaciones es muy estrecha, incluso irresoluble, ya que la formación de los cuadros de investigación, docencia y educación se dan en un ambiente particular que fomenta o inhibe la solución del problema. Entender la relación de la planta de investigadores y la formación de nuevos investigadores, por un lado, y la planta docente y la formación de docentes, por el otro, así como la expectativa que se tiene de las funciones de estos y su participación en el desarrollo de la sociedad es poco cuestionada. Pareciera que ser investigador o docente es un pase automático al edificio sin crítica y sin culpa.

En este contexto es que aspectos como la personalidad de los investigadores y la motivación que los condujo al trabajo académico y las expectativas que se les transmite en el proceso de formación académica son relevantes para entender la situación en que nos encontramos. Como referencia se comentan dos casos de figuras históricas bien conocidas que podría ilustrar este problema, el cual está exacerbado en los países en desarrollo.

No es relevante para esta comparación el género, el tiempo o el país. Lo trascendente en esta reflexión está en los aspectos poco contabilizados como la motivación al trabajo y su personalidad, porque en alguna medida estas características pueden ser guiadas durante el proceso educativo.

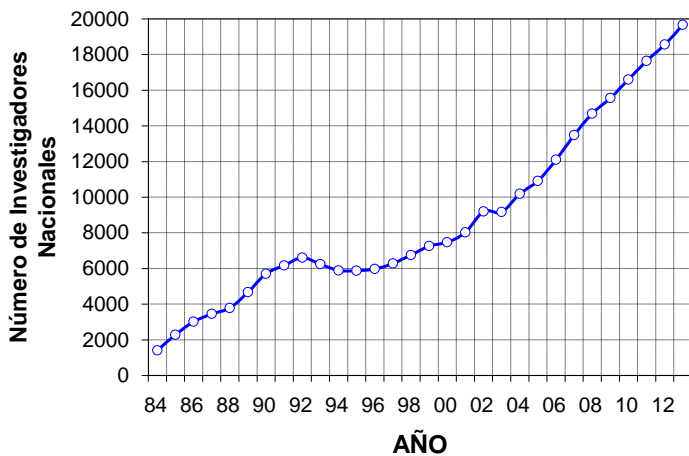
Marie Curie y Rosalind Franklin, al igual que otras personas, conservaron hasta la edad adulta ese anhelo de entender cómo funcionan las cosas, lo que les permitió realizar grandes avances en el área científica, y es eso lo que distingue a un investigador que hace ciencia de quienes no (Cerejido, 1994: 72). Es deseable en las sociedades saludables que, además de tener una población general enterada científicamente, se pueda contar con investigadores científicos, y de un ambiente retroalimentado donde se puedan desarrollar las potencialidades humanas.

En un contexto general se acepta que el beneficio de la ciencia se da al lograr siete condiciones (Seelig, 2012:85). Producir ideas, poseer el conocimiento, tener la actitud pertinente, trabajar en un ambiente retroalimentado, donde la cultura no es extraña a la educación, los recursos son acordes a las necesidades y existe una ética de trabajo. Estas características están consideradas, en alguna medida, en esta reflexión, pero más aún, su búsqueda consciente, donde las primeras tres son logros individuales, las siguientes tres dependen de la sociedad en que se habita, y la última debe ser agregada en ambientes donde no hay orden para guiar el trabajo de los jóvenes; y el desarrollo de estas características debería ser parte de los programas de desarrollo social.

### Conocimiento y desarrollo

En nuestro país, una hipótesis frecuente es que, si se aumenta el número de investigadores con posgrado, el desarrollo sobrevendrá consecuentemente, como ha sucedido en países desarrollados. Analicemos esta posibilidad: el indicador habitual de nuestro retraso se podría explicar por el reducido número de investigadores (~20,000) pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores (SNI)<sup>1</sup> (Ver figura 1), que ciertamente es muy pequeño. Sin embargo, no debemos engañarnos con su significado; este número no representa el total de la actividad científica. Ni siquiera se puede considerar como un indicador de desarrollo mejor que, por ejemplo, el número de los graduados de preparatoria (Quintero-Torres y Bermúdez-Cruz, 2010:13-14).

Figura 1: Número de Investigadores nacionales registrados en el sistema nacional de investigadores de 1984-2013



Para el fin que aquí se persigue, el problema reside en contar con información suficiente para juzgar cualquier comparación. Para ello, establezcamos un parámetro de comparación: nuestro país vecino, los Estados Unidos de América, que muestra sus estadísticas desde hace tiempo; México solo recientemente nos ofrece algunas. Veamos la figura 1 y la tabla 2 como indicadores de que la estrategia para promover el desarrollo puede estar mal enfocada. Para el año 2010 se registraron 250 mil individuos con doctorado y solo cerca de 15.000 de ellos pertenecían al SNI, los cuales ciertamente perciben un estímulo económico adicional a su sueldo por parte del gobierno, pero difícilmente indica algo más que eso. Con todo y el deseo del gobierno de estimular la investigación, aunado a los estrictos criterios de selección, esto no se logra.

<sup>1</sup> <http://www.conacyt.gob.mx/SNI/Paginas/default.aspx>

Tabla 1: Edad promedio de investigador nacional

Área	C	I	II	III
C. Fís. Mat. y de la Tierra	38	45	52	66
Biología y Química	36	46	53	67
Medicina y C. de la Salud	37	47	55	61
Hum. y C. de la Conducta	39	51	57	67
Ciencias Sociales	38	50	54	64
Biotec. y C. Agropecuarias	39	47	55	59
Ingeniería	37	46	52	58
Edad promedio	38	47	54	63

[http://www.sicyt.gob.mx/sicyt/referencias/datos\\_estadisticos](http://www.sicyt.gob.mx/sicyt/referencias/datos_estadisticos)

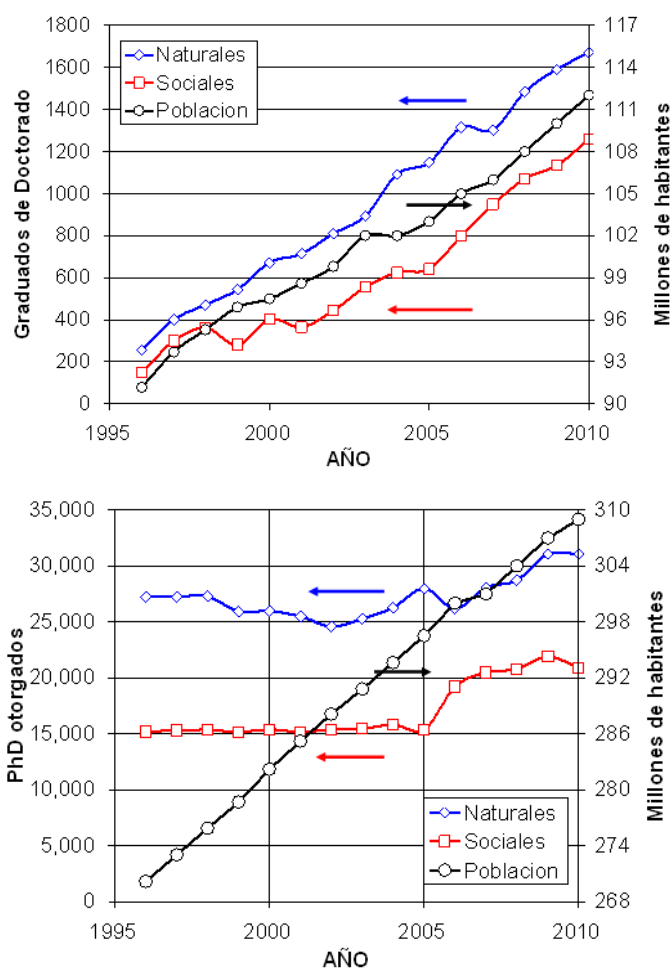
La tabla 1 nos muestra que la edad promedio de dichos investigadores va de 40 a 70 años, pero ¿se considera ésta la población activa? Ya que si bien la edad no debiera ser un indicador académico, a favor o en contra, sí resulta que la señoría académica se asocia, en algunos casos, con actividades no relacionadas con la investigación, como la administración. Asimismo, las reglas para ingresar y permanecer en el SNI son dictadas por los miembros de las máximas categorías de dicho organismo, que de manera natural tienden a replicar su perfil. Analizando otros indicadores como los que se ilustran en la tabla 2, de la población que es mayor de 20 años y que podría haber terminado la preparatoria, observamos que México tiene 32% con certificado de preparatoria, mientras que Estados Unidos tiene más del 80%, y otros países desarrollados alcanzan prácticamente el 100%, lo que sugeriría que la educación básica podría ser un indicador tan o más aceptable, ya que coincide con la gran diferencia económica entre los países. Con respecto a la población mayor de 25 años, los Estados Unidos tiene 40% y 1,5% de graduados de licenciatura y de doctorado, respectivamente, mientras México únicamente posee el 14% y 0,4%, respectivamente.

Aunque el número de investigadores en el SNI ha aumentado, su edad promedio es elevada y difícilmente se puede encontrar una repercusión de desarrollo en el ámbito nacional, sólo en el personal de cada uno de ellos (Celis-Colin, 1998:40). Así, el SNI termina siendo únicamente un programa gubernamental para complementar el salario de los profesionales de la investigación (los que pueden probar que su actividad primordial conduce a la publicación científica), y no necesariamente de los investigadores que, junto con los emprendedores, se requieren en las sociedades en desarrollo, ni que su número puede usarse para indicar algo más que pertenecer al programa. Nuestro país no logra un desarrollo tecnológico significativo que le permita crecer y subsistir de manera independiente, por lo que es necesario reflexionar en las posibles causas que generan esto.

Así que no se encuentra que el número de investigadores en el SNI sea un mejor indicador que el porcentaje de personas con certificado de preparatoria para calificar el desarrollo del país. Incluso la formación de los cuadros de docentes e investigadores recae en buena medida bajo la responsabilidad de los pertenecientes al SIN. Lo que les enseñan en esa atmósfera y lo que aprenden del contacto con ellos influencia en buena medida su formación (Morales Gómez, 2007:12).

En la figura 2 se muestra que anualmente México tiene en promedio aproximadamente 2.000 graduados de doctorado, mientras que Estados Unidos gradúa aproximadamente 60.000. Al margen de la gran diferencia numérica, la repercusión es mayor al considerar que en estos recaerá la responsabilidad docente y de investigación de los próximos años, lo que obliga a preguntarse: ¿necesitamos graduar más licenciados, maestros y doctores que vienen de un sistema desordenado? Se debe considerar que buena parte de ellos serán maestros formadores de estudiantes jóvenes que replicarán el comportamiento que cuestionamos.

**Figura 2: Grados de doctorado otorgados en México (gráfico de la izquierda) de 1996 a 2010 y en EE.UU. de 1996 a 2010 (gráfico de la derecha) Los datos están separados por ciencias naturales y otras, además de agregar la línea del aumento de la población. Datos de referencia [5] y [6].**



La preocupación implícita es que el uso de palabras con alto contenido emocional como educación o investigación, es decir, el solo nombre, justifica que se apoyen aunque se ignore cómo se hace o cómo se evalúa esta actividad; esta tendencia produce con el tiempo un desarrollo rampante de los sindicatos, la burocracia, las elites autocomplacidas y los sinsentidos. Además, los problemas nacionales siguen esperando mejores tiempos. Todo esto es, en parte, alimentado por la facilidad de asignar recursos para aumentar el número de alumnos, de escuelas o de artículos y,

por otro lado, por lo difícil que es juzgar el logro de objetivos como la educación, la cultura científica y el desarrollo del país. Esta falta de crítica nutre la definición de criterios de fomento a la ciencia por medio del culto a la personalidad y el corporativismo científico, en lugar de recuperar la actividad científica y el plantear y resolver problemas de la sociedad.

Los ejemplos propuestos surgieron de la posibilidad de ilustrar dos aspectos que poco aparecen en los números de la administración de la ciencia. La doctora Curie, como ejemplo de liderazgo intelectual y no corporativo, que puntualiza que la motivación para el trabajo no son los estímulos gubernamentales. La doctora Franklin, que parece indicar que el logro de su trabajo no requiere de complacer los requisitos institucionales y que contrasta con los indicadores de éxito aceptados hoy día que requieren dictar múltiples cursos, publicar numerosos artículos, graduar a varios estudiantes, participar en sendos comités, aderezado con la publicación de libros, organizar congresos y demás actividades relevantes que fluyen de manera natural en organizaciones de corporativismo científico. Así es que la intención no es la de sumar casos de científicos exitosos nativos o del pasado, más aún elucidar la receta para que en el futuro tengamos suficiente número de estos.

#### Madame Curie y las facilidades para el trabajo

Iniciemos por comentar el caso de Madame Curie que, al ser mujer y pionera en campos donde los hombres sobresalían, enfrentaba la apreciación de que las mujeres no tenían cabida, como lo era el área científica, y vivió un proceso difícil. Ella nació en Varsovia, estudió Física y Matemáticas y, posteriormente, adquirió la ciudadanía francesa; fue la primera mujer en la Sorbona y la primera galardonada dos veces con el Premio Nobel. Pionera de la radiactividad, estudió sus propiedades y descubrió los elementos Polonio y Radio; para lo cual trabajó con prácticamente una tonelada del mineral uranita que contenía Uranio, Radio y Polonio en muy pequeñas cantidades (Curie, 1937). Las condiciones en las que trabajó toda su vida no fueron las óptimas para su salud, ni para facilitar el trabajo en el laboratorio. Con el fin de realizar sus investigaciones, trabajó en un cuarto de almacén abandonado en la universidad, que no tenía el mínimo equipamiento para funcionar como laboratorio; nada parecido a los laboratorios con los que ahora contamos. Se propuso caracterizar los elementos radiactivos no conocidos presentes en la uranita, y lo logró.

Como sabemos, murió de una enfermedad debido a la cual todas las líneas celulares de la sangre estaban disminuidas, por lo que siempre sentía cansancio; sin embargo, el agotamiento resultante de esta enfermedad que desconocía tener no le impidió continuar con su pasión por la ciencia. Publicó 32 artículos, todos relacionados con la radiactividad y sus propiedades, así como las particularidades de algunos elementos radiactivos que tenían aplicación potencial en la medicina, para reducir el tamaño de tumores. Después, logró una posición en la universidad, que le fue otorgada a la muerte de su esposo, y seguía realizando investigación y enseñando a estudiantes; incluso, su hija Irene (que obtuvo otro premio Nobel) fue una de sus estudiantes.

El científico contemporáneo, no tiene todos los inconvenientes que ella encontró. Generalmente, cuando alguien se inicia en la ciencia, atraído por su belleza, es natural tener acceso a un laboratorio más o menos equipado, donde puede trabajar y obtener algunos resultados novedosos. Posiblemente continuará sus estudios hasta concluir el doctorado y realizará algún estudio posdoctoral. No obstante, cuando finalmente se esta-

blece en un laboratorio que queda a su cargo, no siempre continúa haciendo experimentos. El sistema conduce a que los científicos se dediquen a conseguir presupuesto para atraer estudiantes que trabajen para él y así poder patrocinar los proyectos de investigación que le proporcionen el grado al estudiante y alguna publicación, lo cual le va a generar un cierto número de puntos que son valorados de acuerdo con los criterios de cada institución, al igual que al aspirar a promociones en el SNI y a buscar financiamiento en el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). De modo que sí puede verse cómo los científicos contemporáneos dedican una buena cantidad de tiempo a actividades administrativas o a ser parte de una organización para la producción de publicaciones científicas.

Más que moraleja, esta reflexión tiene un contraste histórico donde, además de la diferencia temporal, podría conducir a especular acerca de la actitud hacia el trabajo científico y la responsabilidad que se adquiere al perseguir tal profesión.

### **Rosalind Franklin y el efecto de la personalidad en el trabajo**

Otro ejemplo histórico es Rosalind Franklin, que nació en Londres y estudió química en Newnham College, en Cambridge, Inglaterra. Ella realizó su trabajo de posgrado en cromatografía de gases bajo la dirección de Ronald Norrish, que obtuvo el premio Nobel en 1967. De 1942-1952 trabajó en el laboratorio central de ciencias químicas en París, a fin de estudiar la estructura física del carbón y el carbono por difracción de rayos X. Después, en Londres, continuó empleando la misma técnica para estudiar virus y el ADN en King College en Londres y, al poco tiempo, anunció que el ADN existía en dos formas, A y B, ambas helicoidales. Murió de cáncer de ovario a la edad de 38 años, en 1958 (Maddox, 2004).

Es importante detallar algunos aspectos humanos que rodean la última etapa académica de su vida, pues un mal entendido ocasionado por J. T. Randall, jefe del laboratorio, donde Rosalind recién se incorporaba, tuvo efectos duraderos. Ella tenía entendido que trabajaría de manera independiente, y Wilkins, que ya trabajaba en el laboratorio, tenía entendido que Rosalind trabajaría con él. Esto condujo a lo que se llama la sombra del ADN, ya que ellos nunca se llevaron bien ni pudieron trabajar juntos.

Francis Crick, James Watson y Maurice Wilkins recibieron el premio Nobel en 1962, por el descubrimiento de la estructura molecular del ácido nucleico y su significado en la transferencia de información en material vivo. Rosalind no recibió mención alguna, y aunque su resultado experimental (famoso experimento 51) fue crucial para desentrañar la naturaleza de la estructura del ADN, murió sin que se le entregara el premio Nobel. De los tres trabajos seminales sobre la estructura del ADN publicados en Nature 171, 1953, uno fue de la Dra. Franklin. Ella no fue coautora en ninguno de los trabajos de los investigadores que recibieron dicho premio Nobel.

Su muerte la dejó al margen del mérito que rodea el entendimiento del ADN, aunque varios de sus colegas la clasifican como una científica extremadamente talentosa. Rosalind se la ha cubierto de un velo un tanto despectivo, al describirla como una mujer de carácter difícil. Uno entonces se pregunta, ¿qué relación guarda la personalidad de los investigadores con su progreso o posibilidad de éxito? De la misma manera, se puede reflexionar sobre la influencia que las diferentes reglas no escritas pero establecidas en cada laboratorio (por inercia o beneficio de los investigadores) influye en la formación de nuevos cuadros de investigadores que

quisiéramos que fueran independientes. ¿Debemos aceptar el estado de las organizaciones de los laboratorios en cuanto al trato con los estudiantes o la persecución de temas de investigación sin cuestionar ninguno?

Hoy día se espera que los profesores o científicos pertenezcan al SNI y que estén clasificados en la máxima categoría, tengan un cierto número de publicaciones por año, gradúen un cierto número de estudiantes, den conferencias, pertenezcan a diversos comités y sociedades científicas, den entrevistas, clases, asesorías, escriban notas periodísticas, etcétera, pero, ¿cuáles de estas actividades fluyen amigablemente sin un trato cordial con el sistema establecido?, ¿dónde queda el trabajo experimental al que no se le puede invertir el tiempo suficiente? ¿Es humanamente posible hacer todo esto? ¿Cómo se construye el trato con los estudiantes, que dejan de ser personas para convertirse en medios para lograr el avance de los investigadores exitosos? ¿Qué entrenamiento reciben los nuevos y futuros investigadores? ¿Dónde queda el objetivo que inició todo este camino si se entiende como la pasión por la ciencia?

### **Contexto social de los involucrados en la formación de posgrado**

Pocos investigadores se percatan de la situación a la que el sistema actual los está empujando, condición que no deja tiempo para generar investigación científica ni para formar recursos humanos; y estos administradores de laboratorio solo se dedican a obtener fondos para continuar generando todos los puntos y productos que el sistema les demanda. Los estudiantes formados en este ambiente serán investigadores que también reproduzcan este sistema, es decir, se preocuparán de atender las demandas del sistema para cumplir y, al mismo tiempo, como fueron formados por un investigador que dedicó poco tiempo a su formación, ellos podrían no dedicarlo a la formación de sus estudiantes. De esta manera, no es extraño que estos administradores de laboratorio firmen como autores de artículos donde tienen poca participación en la estrategia o la metodología utilizada.

Es incorrecto pensar que todo investigador debe ser buen docente porque, en principio, el investigador está interesado en generar conocimiento y el docente, en asegurarse que el conocimiento sea transferido y en formar al estudiante. Investigar es el método para entender y su motor es el conocimiento, donde la esperanza es hacer investigación científica. Educar es promover actitudes, habilidades y conocimiento en un individuo, y su motor es el alumno (Postman, 1996). Así, dado que los programas de posgrado tienen que ver con la formación de estudiantes, hay que promover actitudes y habilidades en los estudiantes que les permitan definir problemas y, con el uso del método científico, desarrollar propuestas metodológicas para la solución de dichos problemas. Hacer ciencia es el estudio de las cosas y los procesos, con el propósito de entender a la naturaleza; por lo tanto, sería deseable desarrollar lo que hay muy poco en México: investigación científica.

La interacción alumno-profesor es muy importante, y cualquiera que sea el resultado es importante considerar que este tendrá repercusiones más duraderas que solo los estudios de posgrado. Para formar a un investigador científico es necesario fomentar “niños con método científico”; es decir, se requiere de promover actividades que estimulen la curiosidad y de practicar el método científico, el cual se perfecciona en contacto con los fenómenos naturales. La hipótesis optimista es que los jóvenes son curiosos y con método de trabajo. Sin embargo, ¿se puede formar un investigador con ellos? ¿Se puede despertar la curiosidad que ha quedado

olvidada después de años de desalentarla con el tipo de educación institucionalizada (restricción de la curiosidad por memorizar asuntos académicos triviales) y nada estimulante que prevalece en muchos países? (Cellis-Colin, 1998:38). La respuesta es que aunque no es imposible; es un reto difícil.

### Comportamiento de profesores-investigadores y estudiantes

Se debe valorar el comportamiento del profesor, que en este caso es un investigador (o esperamos que lo sea). Es importante el efecto que este investigador puede tener en la formación de un estudiante o investigador. ¿Es la administración de la investigación el pináculo de la carrera científica? El estudiante tiende a mimetizarse con el profesor: los malos hábitos tienden a propagarse por una extraña razón. En México se propagan más los malos que los buenos, aunque por supuesto existen las excepciones, donde el estudiante es ejemplar a pesar de un profesor menos meritorio; o cuando existen las situaciones con profesores muy dedicados y con estudiantes con formación deficiente, donde el estudiante puede salir beneficiado.

Las actitudes que pueden comprometer el éxito de los programas de posgrado pueden ser muy variadas, pero algunas pueden estar agudizadas por la "libertad de cátedra" y por la poca responsabilidad de formación en los nuevos investigadores. Durante los cursos, como grupo heterogéneo de investigadores, la actitud de los profesores marca grandes diferencias, desde fomentar dependencia en los estudiantes hasta ser ellos los instructores del profesor. La actitud de los estudiantes (futuros investigadores) es la misma que aquella de la educación básica, es decir, pasar el curso, ya que aprender no es importante.

Como parte de la formación de los estudiantes, es importante decir que estos tienen que acudir a numerosos seminarios donde se presentan diversas temáticas de investigación y ellos, con los conocimientos adquiridos y metodologías desarrolladas, deberían ser capaces de analizar, criticar, evaluar y cuestionar los trabajos que se presentan. Sin embargo algunos se presentan a los seminarios a pasar lista y no a analizar, evaluar ni realizar ninguna pregunta acerca del trabajo expuesto. Todo esto indica que el programa tolera este desinterés y promueve malos hábitos en los alumnos de postgrado (los futuros investigadores).

En los laboratorios, los investigadores tienen diversas actitudes, las cuales van desde proveer a los estudiantes de proyectos integrales que además de proponerse ciertos objetivos, dichos proyectos tienen contemplado el aprender diversas metodologías, hasta proyectos donde no hay objetivos definidos y sólo dominan una técnica durante todo el desarrollo del proyecto para que así el aporte de este proyecto individual sea parte de todo un trabajo que se publicará junto con la aportación de otros estudiantes y el investigador se verá beneficiado. De manera tal que, en el primer caso, los estudiantes tienen una visión completa desde el planteamiento de una pregunta hasta la concepción de una solución al utilizar el método científico. Al término del trabajo, con la concomitante adquisición de conocimientos y un cierto número de metodologías adquiridas, no solo son capaces de entender otros proyectos sino de proponer estrategias y metodologías para resolver preguntas. En el segundo caso, no hay suficiente plataforma para adquirir toda esa capacidad de análisis, por lo que su formación será deficiente y frustrante, actitud que pueden reproducir cuando sean investigadores independientes.

Tabla 2: Análisis de nivel de estudios entre México y EE.UU.

Año 2010	EE.UU (veces México) [5]			México [6]	
Población total	x2,8	(a1)	100%	112.336.538	100%
Población con 20 años o más	x3,4	(a2)	73%	68.794.630	61%
Poseedores de al menos certificado de preparatoria (de la población con 20 años o más)	x8,7	(a3)	85%	22.021.230	32%
Población con 25 años o más	x3,5	(a4)	66%	58.902.359	52%
Poseedores de al menos certificado de preparatoria (de la población con 25 años o más)	x10	(a5)	40%	8.229.540	14%
Han obtenido un doctorado	x12,3	(a6)	1,5%	249.312	0,4%
Producto Interno Bruto (USD)	x12,9	(b)		1.139.121.000.000	

(a1) 308.745.538; (a2) 225.477.982; (a3) 191.656.285; (a4) 203.891.983; (a5) 81.556.793; (a6) 3.058.379; (b) 14.657.800.000.000

### Cómo debe leerse las columnas de la tabla 2

En lugar de poner el número que le corresponde a la característica señalada (en el caso de Estados Unidos), se optó por expresar ese número como "el cociente del número en EE.UU. entre el número en México". Por ejemplo, en el rubro de la población total se escribe 2,8 ya que 308.745.538 (población en EU)/ 112.336.538 (población en México) es igual a 2,7484. En cuanto a los porcentajes, estos son relativos a su respectivo país. Por ejemplo, en el rubro de población con o más de 20 años, en EE.UU corresponde al 73% (de 308.745.538) y en México corresponde a 61% (de 112.336.538), todo esto en el año 2010. En relación a los datos aquí empleados, existe incertidumbre desde la fuente, porque la clasificación no es uniforme en el tiempo ni entre países. La separación entre posgrado y doctorado no es generalizada, como tampoco lo es la clasificación temática de incluir medicina o computación en el grupo de ciencias naturales. La información no es reunida consistentemente ni en EE.UU., donde la oficina encargada de esto (Council of graduate schools) no la clasifica sino que la obtiene directamente de las universidades clasificadas con criterios diferentes. Así que el número total es consistente, pero la clasificación es cuestionable.

Sería muy deseable que los puntos de reflexión aquí enumerados se mostrarán a la par de los criterios habituales de calificación de los programas de posgrado basados en los resultados de los investigadores, ya que estos solos podrían ser insuficientes, y que incluyeran el impacto producido en los estudiantes del programa. Aspectos intangibles como la personalidad de los involucrados y el ambiente académico que se fomenta o tolera dentro de los programas pueden tener un impacto más allá de la estancia de los futuros investigadores y formadores de investigadores en el programa, y nos pueden acercar o alejar del anhelado objetivo de mejorar de manera continua, y formar mejores investigadores con la capacidad para generar conocimiento y formar a otros investigadores para mejorar la condición de vida del país.

### Conclusiones-discusión

Los indicadores de progreso de nuestro país no pueden enfocarse exclusivamente en el porcentaje de la población que posee certificado de preparatoria (educación básica), como puede hacerse para otros países, y mucho menos en el número de investigadores que existen en el país, como indica nuestra reflexión. Lo que se sugiere es que el enfoque debe ponerse en tener mejores escuelas de educación básica (primaria, secundaria y preparatoria) y formar mejores investigadores científicos para que estos, a su vez, tiendan a reproducir un sistema virtuoso y se generen mejores docentes e investigadores.

Respecto a nuestras referencias históricas, concluimos que, debido al sistema existente de evaluación y estímulo de científicos en México en particular y de manera similar en otros países, no es tan fácil encontrar científicos apasionados que trabajen como Madame Curie y menos aún como la Dra. Franklin, ya que ahora, para tener voz en las decisiones que involucran la investigación, el posgrado y la docencia, se deben tener buenas relaciones con las autoridades y el sistema.

Las características requeridas para sostener un sistema virtuoso de investigación científica requiere estudiantes y mentores talentosos con ideas, con conocimiento y con actitudes ambiciosas, pero también de un ambiente que permita el desarrollo de estas habilidades por medio de un ambiente retroalimentado estimulante (Alon, 2009:1), de una cultura sólida y de recursos disponibles para el desarrollo de las ideas, adicionalmente de ética que permita que las decisiones sean medidas con la delicadeza que tienen los problemas de los países en desarrollo. La historia presenta ejemplos de esto que son pertinentes aun hoy día, donde la responsabilidad de los participantes se extiende por más tiempo que solo dar una clase o interactuar con un estudiante, pues se está involucrado en el futuro de la investigación científica y la docencia de los países.

**Reflexión del editor Nicola Caon:** Este artículo presenta una interesante perspectiva sobre los fallos del sistema educativo en la formación de científicos. Comparto la opinión de que el problema fundamental es que los científicos, al progresar en sus carreras, se transforman en administradores y gestores de proyectos, donde es más importante el número de artículos publicados o la cantidad de fondos obtenidos, que el anhelo de buscar avances científicos relevantes y significativos. Los estudiantes y jóvenes investigadores quedan atrapados en este sistema, lo cual los convierte en simples obreros de la investigación, pierden el entusiasmo y espíritu inicial, y sin tener la oportunidad de desarrollar sus propias capacidades críticas e independencia a la hora de hacer ciencia. Aunque las reflexiones de los autores surgen de la situación específica del país en el que trabajan (México), lo mismo vale, estoy convencido, para muchos

otros países como España o Italia. Creo que realizar un análisis comparativo de las relaciones entre recursos dedicados a la investigación, sistemas educativos y productividad científica en distintos países sería algo muy complicado, pero me gustaría mucho recibir comentarios de otros investigadores que puedan aportar sus propias experiencias, opiniones y perspectivas sobre este tema.

#### Referencias bibliográficas

- Alon, U. (2009). How to choose a good scientific problem. *Mol Cell*, 35, 726-728.
- Celis-Colin, G. (1988). La formación de investigadores en México. *Ciencia y desarrollo*, 140.
- Cerejido, M. (1994). *Ciencia sin seso. Locura doble*. México: Siglo XXI Editores.
- Curie, E. (1937). *Madame Curie*. New York: Double Day & Doran Company.
- Fuentes de datos para EE.UU.: U.S. Census Bureau. Extraído desde: <http://www.census.gov/>.
- U.S. Department of Commerce, Bureau of Economic Analysis. Extraído desde: <http://www.bea.gov/>.
- National Science Foundation. Extraído desde <http://www.nsf.gov/>
- Council of graduate schools. Extraído desde: <http://www.cgsnet.gov/>
- Fuentes de datos para México: Sistema integrado de Información, sobre investigación científica y tecnológica. Extraído desde: [http://www.siiicyt.gob.mx/siiicyt/referencias/datos\\_estadisticos](http://www.siiicyt.gob.mx/siiicyt/referencias/datos_estadisticos).
- Instituto Nacional de Geografía Estadística e informática. Extraído desde: <http://www.inegi.gob.mx/inegi/>.
- Maddox, B. (2002). *Rosalind Franklin: The Dark Lady of DNA*. New York: HarperCollin Publishers.
- Morales-Gómez, J. R. (2007). *El currículo oculto*. México-UNAM: Educar.
- Programa para reconocer la labor de las personas dedicadas a producir conocimiento científico y tecnología en México. Extraído desde: <http://www.conacyt.gob.mx/SNI/Paginas/default.aspx>.
- Postman, N. (1996). *The End of Education: Redefining the Value of School*. New York: Vintage.
- Quintero-Torres, R y Bermúdez Cruz, R. M. (2010). Ciencia, ingeniería y sociedad. *Ciencia*, 61, 13-15. Extraído desde: [http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com\\_content&id=168](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com_content&id=168)
- Seelig, T. (2012). *inGenius: A Crash Course on Creativity*. New York: HarperCollins.