

Fernando Luis García-Carreño



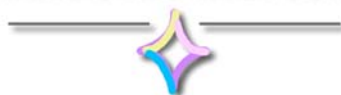
CAZADORES de conocimiento

Cazadores de conocimiento

Fernando Luis García-Carreño

Cazadores de conocimiento

EDICIONES DEL SUR



© 2003, Fernando Luis García-Carreño

© 2003, Ediciones del Sur. Córdoba. República Argentina

Primera edición virtual y en papel, Ediciones del Sur,
Córdoba, julio de 2003

Impreso en Buenos Aires, julio de 2003

ISBN 987-20868-1-8

Agradecimientos

Este libro no hubiera sido factible sin la retroalimentación que cotidianamente recibo de colegas y estudiantes. Ian Balam revisó el borrador inicial y sugirió varias mejoras. Manuel Díaz, Jorge Cancino y Raul Castillo hicieron sugerencias a la versión final. A todos ellos agradezco, a unos por motivarme a escribir el libro y a los otros por haberlo leído y sugerido mejoras.

Dedicatoria

Esta obra, al igual que todas mis obras profesionales y personales, ha sido posible gracias a la motivación principal de mi vida, Ann, quien ha influido en mí para intentar ser un human.

A Ixchel y a Balam, por todo lo que ellos significan para mí y por perpetuar la mitad de mi genoma.

*A Ann (fuente de amor y vida)
Por su sonrisa (fresca como la mañanita) de todos los días
y por haber contribuido con la mitad de su genoma
en Ixchel y Balam.*

*A todo lo que llevo en mí,
como el universo lleva a la entropía.*

ÍNDICE

Prólogo. ¿Por qué escribir este libro y por qué este título?	8
Introducción	10
Notas introductorias	11
Algunas ideas sobre ciencia	13
Definiciones de ciencia	15
¿Qué es ciencia y cómo se hace?	18
La revolución filosófica	27
El siglo de la Iluminación	38
La ciencia actual	40
Ciencia y sociedad	42
¿Hay sociedad(es) científica(s)?	42
¿Qué es conocimiento?	44
Conocimiento e información	52
La ciencia en la era de Internet	58
Ciencia aplicada vs. ciencia básica	63
Ciencia y tecnología	64
Aparato científico-técnico-productivo	65
¿Por qué dedicarse a la investigación científica?	67
Cómo nacen las ciencias	72
Ciencias experimentales y ciencias racionales	74
Ciencias descriptivas y ciencias experimentales	75
Metaciencias	76
¿Es la Biología Molecular una ciencia per se?	84

Creatividad en ciencia	88
Requisitos para ser científico	92
¿Cuál es la participación de un estudiante de posgrado en el hacer ciencia?	95
Aptitudes y actitudes	100
Ética de la personalidad y Ética del carácter	111
Cambio de paradigma	114
El balance P/CP	129
El estudiante de posgrado	132
El tema	137
El lugar	139
El grupo de investigación y el tutor	141
El cuerpo de científicos es una elite	149
La aptitud y la actitud del estudiante	151
¿Qué hay después del posgrado?	153
Bibliografía	156
Citada	156
Sugerida	158

PRÓLOGO
¿POR QUÉ ESCRIBIR ESTE LIBRO
Y POR QUÉ ESTE TÍTULO?

¿POR QUÉ escribir este libro? si ya hay libros escritos con la misma idea de servir de guía a jóvenes profesionales para que sepan qué es, cómo abordar, y qué esperar de una carrera científica. Esta pregunta requiere una buena argumentación. Hay libros como el famoso “Consejos a un joven científico” de Peter Medawar (1984), “At the bench” de Barker (1998) o el artículo y capítulo escritos por el Dr. Antonio Peña Díaz, “Breve manual del estudiante del postgrado” (1997) y “Los investigadores científicos que México necesita” (1994), incluso el libro para aquellos que están por obtener el doctorado: “A PhD is not enough. A guide to survival in science” de Peter Feibelman (1993) o el libro escrito para profesionistas mexicanos “Ciencia sin seso, locura doble” de Marcelino Cerejido (1994). Sin embargo, y a pesar de que todos son excelentes y el de Cerejido especial para profesionales de países en de-

sarrollo, hay temas que estos documentos no tratan y partes de algunos con los que no estoy de acuerdo.

Respecto al título, tuve varias ideas y sugerencias, como “Manual de Carreño para jóvenes investigadores”, propuesto por mi hijo Balam, que descarté porque me pareció que sólo tendría sentido para aquellos que conocieran el Manual de Carreño (1874). Escogí “Cazadores de conocimiento”, porque el libro “Cazadores de microbios” de Paul de Kruif (1978), ha inspirado y motivado a muchos jóvenes a interesarse en la ciencia y en una formación académica formal como medio para ser investigadores científicos. Koshland, el premio Nobel, en su capítulo introductorio “How to get paid for having fun” del *Annual Review of Biochemistry* de 1966 reconoce que haber leído el libro de Kruif lo inspiró a buscar ser científico.

La misma palabra “cazadores” invoca aventura, ya que una de sus acepciones es aquel que busca, examina total y cuidadosamente para encontrar algo, explorar, localizar o descubrir. Y “conocimiento”, porque yo no uso, a diferencia de otros investigadores la palabra “verdad”, ya que creo ésta es una palabra subjetiva y “conocimiento” es, en una definición de diccionario, la suma o rango de lo que ha sido percibido, descubierto, o aprendido. Ya en el cuerpo del libro trataré el tema de qué es conocimiento subjetivo y objetivo con más detenimiento. El título “Cazadores de conocimiento” describe mejor lo que hacemos los investigadores científicos y, sobre todo, la filosofía en la que se basa esta actividad.

INTRODUCCIÓN

DECIDÍ escribir este libro, sobre todo, porque ahora que me encuentro dirigiendo estudiantes de posgrado, siento la necesidad de estar, cada vez más, mejor preparado para esta aventura de ayudar a formar nuevos investigadores.

Quisiera poder detectar todas las circunstancias involucradas en la formación de investigadores y poder tener todas las respuestas a sus preguntas y necesidades, de tal manera que mi laboratorio ofrezca un ambiente tal, que el único factor de éxito o fracaso sea la capacidad y entusiasmo (aptitud y actitud) del estudiante. Sé que esto no es ciento por ciento posible, sin embargo me anima la idea de tratar de estar muy cerca de esta posibilidad. Y como cada vez que he querido aprender algo, la mejor manera de hacerlo es documentando el tema y después escribiendo sobre él, pues aquí está este libro, que pretende ser de utilidad a aquellos profesionales que decidan abrazar una carrera académica y científica.

También me animé a escribir este libro porque mi experiencia me dice que un estudiante de posgrado en ciencias naturales no tiene que llegar a ciegas a esta aventura, puede documentarse antes para tomar las decisiones lo más científicamente posible, es decir, basadas en información y su análisis.

Si bien el contenido de este libro es sólo sentido común, mi experiencia me dice que “el sentido común” hay que enseñarlo. Entender que la ciencia tiene una historia y su forma de hacerse y conceptualizarse ha evolucionado en el tiempo, permite predecir que seguirá cambiando. Entonces, quien decida hacer una carrera científica deberá estar preparado para saber hacia dónde se está dirigiendo, si es que quiere mantenerse dentro de la corriente principal.

Este libro no intenta llevar a cero los problemas a que se enfrentan los estudiantes en su formación académica, pero sí reducirlos significativamente, es decir, hacerles más plano el camino.

Pues bien, ¡caminemos!

NOTAS INTRODUCTORIAS

Para el manejo de fechas, si son actuales me referiré a ellas como números positivos, Ej. 1564 para el año del nacimiento de Galileo. Para fechas antiguas me referiré a: 323 AEC o -323, año en que ocurrió la muerte de Alejandro Magno en Babilonia. AEC se refiere, por sus siglas a Antes de la Era Común, derivado del inglés BCE Before the Common Era. Para fechas no conocidas con precisión usaré ca. que significa cerca de, tomado del latín *circa* que significa alrededor de.

Usaré “la ciencia”, aunque a veces esto signifique “las ciencias”.

Serán sinónimos: mundo, universo, naturaleza. También lo serán filósofo y pensador. Me referiré indistintamente a grupos humanos, sociedades, países, pueblos y culturas, etcétera.

ALGUNAS IDEAS SOBRE CIENCIA

EN CIENCIA no basta con tener una idea buena. Hay que demostrarse a uno mismo que lo es. Y luego, sobre todo, también hay que convencer de ello a los demás. Porque hay que admitir esto: ciencia es lo que la comunidad de científicos competentes dice que es ciencia.

Lo más fascinante de esta actividad es diariamente conquistar un pedacito de nuestra ignorancia y convertirla en conocimiento. FLGC.

El conocimiento científico no es un fin en sí mismo, sino un medio para dominar a la naturaleza y utilizarla en beneficio del hombre. “Knowledge is power”. FRANCIS BACON (1561-1626).

Filosofar no es buscar respuestas correctas a preguntas, es buscar hacer las preguntas correctas. FERNANDO SAVATER.

Para hacer ciencia hay que comportarse como extranjero, dejar de ser humano y tener la información en cuarentena. Ser escéptico no es rechazar cualquier evidencia, es conocer los límites del método científico. FLGC.

Para el científico es el mismo reto una cosa que la otra y lo que mueve la ciencia son los retos, entender a la naturaleza, no necesariamente a las aplicaciones finales.

La ciencia no puede estar exclusivamente al servicio del I + D (investigación y desarrollo) inmediata orientada al sector industrial, la ciencia es un recurso estratégico que debe penetrar distintas actividades.

Hacer propuestas con sustento. Que el proyecto pretenda resolver un problema científico. Hacer aportes al estado del arte de la línea de investigación seleccionada. Buscar colaboraciones interinstitucionales con personal que aporte puntos de vista que enriquezcan las propuestas. Sobre todo que se vea la empresa intelectual en la que el investigador pretende involucrarse. FLGC, en una conferencia sobre cómo hacer buenas propuestas de investigación.

...the most difficult problem in being a scientist is selecting in what to work... by making my work meaningful to others, it became interesting to me as well...
PETER FEIBELMAN, en su libro "A PHD is not enough..."

DEFINICIONES DE CIENCIA

LA CIENCIA es el estudio de progresiones sobre las que puede alcanzarse el consenso universal. CAMPBELL, 1921.

La esencia de la ciencia son las ideas. Siempre y cuando sean generadas, corregidas y reguladas por la realidad que pretenden definir y describir. RUY PÉREZ TAMAYO, 1992.

Ciencia es una actividad humana creativa cuyo objeto es la comprensión de la naturaleza y cuyo producto es el conocimiento, obtenido por medio de un método científico organizado en forma deductiva y que aspira a alcanzar el mayor consenso posible. RUY PÉREZ TAMAYO, 1992.

Ciencia es una forma de estudio de la naturaleza, en la cual los hechos son observados y clasificados, y generalmente, leyes cuantitativas son formuladas y constantemente verificadas. Involucra la aplicación

de razonamiento matemático y análisis de datos a fenómenos naturales.

El método científico es la formulación y prueba de hipótesis basadas en datos. Siendo el escepticismo la fuerza y esencia del método científico.

Ciencia es una actividad creativa que combina tanto emociones como intelecto e incrementa el conocimiento.

La ciencia, como la entendemos ahora, apareció como un subproducto del Renacimiento, conocido como la primera revolución. Los más importantes hombres del renacimiento son Galileo Galilei e Isaac Newton.

El conocimiento científico es tentativo, los conceptos son constantemente ajustados. Así será en el futuro, porque ésta es la forma del progreso científico.

La ciencia es un paradigma fundamentado. GUTIÉRREZ SÁENZ, 2000.

La ciencia estudia las relaciones constantes entre dos fenómenos.

La ciencia es una actividad creativa que involucra tanto las emociones como el intelecto, y sus mejores practicantes merecen ser llamados artistas. ROBERT MARCH, 1996, en "Physics for poets".

Ciencia es el resultado de reconocer el máximo orden oculto en todo aparente desorden. JORGE WASENBERG, 1990.

Ciencias son maneras de teorizar sobre el mundo. En ello se parecen a los mitos, religiones y concepciones metafísicas. Es una respuesta a la característica de la especie humana a su capacidad para formar conceptos, principios, y teorías con el propósito de comprender el mundo. Se le puede llamar teorización. ULISES MOULINES, 1990.

Nullum in verbis. (Don't take anybody's word for it). El *motto* de la "Royal Society de Inglaterra".

Science has for three centuries reigned supreme in human intellectual endeavor. BRIAN L. SILVER, 1998.

¿QUÉ ES CIENCIA Y CÓMO SE HACE?

HE LEÍDO muchas definiciones de ciencia (del latín *scientia*), algunas incluso inspiracionales. John Bernal en su libro “Ciencia en la historia” (1981), manifiesta no atreverse a dar una definición debido a lo complejo de la actividad llamada ciencia y su método para generar conocimiento, pero sobre todo a la rápida evolución de la forma de hacerse y conceptualizarse. Según él, distintas definiciones serían posibles en diferentes momentos históricos y en su libro de 693 páginas trata de extraer, por medio de la dialéctica de todas esas definiciones, lo que la ciencia es. Ruy Pérez Tamayo, en su libro “¿Existe el método científico?” de 1990, re-cuenta las diversas corrientes del pensamiento desde Tales de Mileto hasta los pensadores contemporáneos del siglo xx. Precisamente por esa diversidad cuestiona la existencia de un método científico fijo e inmutable. Para fines didácticos, yo me atreveré a dar una definición actual, aceptando que seguramente, esta resentirá el paso del tiempo.

Carl (Sagan) never wanted to believe. He wanted to know.

ANN DRUYAN, 1997.

Ciencia es una forma de interpretación y comprensión de la naturaleza, es decir, saber cómo es que ocurre lo que ocurre, el día, la noche, la temporada de lluvias, el funcionamiento del cuerpo humano, todo lo que hay en el universo. No es la única forma aceptada de interpretación de la realidad, también están la filosofía y la mitología, con las religiones que derivan de ella. La diferencia está en que mientras los mitos y leyendas se narran y aceptan o rechazan, el conocimiento científico y el pensamiento filosófico se argumentan. Se debaten entre personas que al ser parte de la dialéctica se convierten en iguales. En una raíz profunda de la ciencia yace la noción de democracia.

La ciencia, que es descendiente de la filosofía, reconoce el peso del argumento, no de quien lo argumenta. No acepta principios de autoridad, ni juicios de valor. La ciencia explica fenómenos naturales con interpretaciones naturales. La filosofía de la ciencia, por su parte, intenta dar significado a ese conocimiento. Aquí voy a usar un ejemplo dado por el filósofo español Fernando Savater en su libro “Las preguntas de la vida” (1999), para tratar de convencerlos de la importancia que tiene filosofar sobre ciencia y su conocimiento. No sólo para los que hacemos ciencia, sino incluso para todos. ¡Pensemos en el silogismo!

Si $A = B$
y $C = A$,
entonces, $C = B$.

Éste es un razonamiento formal y lógico. Sin embargo, cuando al mismo razonamiento lo planteamos con el silogismo:

Todos los humanos son mortales.
Yo soy un humano,
entonces ...

aquí seguimos razonando formalmente; sin embargo, las implicaciones para nuestro interés son considerablemente diferentes.

Debido a la capacidad de razonar, a los humanos nos resulta muy natural preguntar, cuestionar sobre la naturaleza, sobre nosotros y nuestro origen y futuro. Así que hemos buscado formas de explicación del “mundo” (me referiré indistintamente a mundo, naturaleza o universo para referirme a todo lo que hay, incluyendo a los humanos). Algunas de estas explicaciones están basadas en mitos como en la mitología y la religión; otra se sustenta en explicaciones de correlación con la naturaleza, la filosofía; y una más se basa en el razonamiento lógico y en la experimentación, la ciencia.

Una definición operacional de Filosofía es: el amor por la sabiduría. En su relación con la ciencia, tradicionalmente trata de tres temas: lo real, lo bueno y lo conocido, campos que estudian la Metafísica, la Ética y la Epistemología.

La Metafísica atiende a preguntas como: ¿qué existe?, ¿cómo es?, ¿se pueden aplicar leyes universales a lo que existe?

La Ética tiene que ver con juicios de valor y sobre qué criterios se pueden aplicar para adjudicar criterios de valor, y cómo éstos se relacionan con la responsabilidad individual, social e institucional.

La Epistemología trata de preguntas como: ¿qué cosas pueden ser conocidas?, ¿qué es el conocimiento? y ¿cómo se puede llegar a él? ¿Hay un conocimiento verdadero?

La ciencia se puede relacionar con la Metafísica y la Epistemología, y en algunos períodos antiguos lo estuvo con la Ética. Si bien actualmente se admite que la ciencia no debe aceptar juicios de valor o autoridad, no podemos dejar a un lado la aplicación de principios éticos a las actividades de los científicos.

El método científico es un sistema siempre en evolución, que los científicos han desarrollado para entender la naturaleza. No es un procedimiento rígido, perfectamente bien definido y autoritario que garantice dar respuestas correctas.

La ciencia no es una herramienta rotunda para resolver problemas; es un conjunto de principios emergidos durante los siglos siguientes al Renacimiento, basado en la concepción de que la naturaleza puede ser entendida por leyes deterministas y es susceptible a análisis racional.

En lugar de un sistema global de pensamientos, como: ¿por qué existimos?, ¿hacia dónde vamos?, ¿hay una causa final en todo fenómeno?, la ciencia se dedica a resolver preguntas bien definidas y accesibles.

Como resultado de una evolucionada forma de ver al quehacer de la ciencia, Einstein dijo: “lo difícil en ciencia no es encontrar respuestas correctas a las preguntas, sino formular preguntas correctas”. Por eso la ciencia moderna hace preguntas como: ¿cómo se formaron las células eucariotas? o ¿hay vida en Marte?, ¿por qué los diabéticos tienen los síntomas que tienen?,

cuyas respuestas construyen una conceptualización coherente de la naturaleza (Davis, 2000).

La ciencia trabaja por aproximaciones sucesivas, llevándonos, cada vez más cerca de la comprensión de las maneras como la naturaleza funciona (Sagan y Druyan, 1992). Para lograrlo, la ciencia se ha vuelto empírica y experimental, distingue observaciones de conclusiones.

Una premisa de la ciencia es que las observaciones siempre son verificables experimentalmente y las conclusiones deben ser sujetas a revisión y, si es necesario, ajustadas a los hechos descubiertos recientemente. Los cimientos del edificio de la ciencia son consolidados por el peso de los descubrimientos recientes que descansan sobre ellos (Davis, 2000).

La ciencia trabaja con modelos conceptualizados a partir de datos. Un modelo deberá explicar los hechos conocidos de un fenómeno y será mejor si con él se pueden predecir nuevos hechos por investigar. Cuando nuevos hechos ya no sean explicados por el modelo, éste debe ser revisado y ajustado y, si es necesario sustituido, aunque esto no ocurre con frecuencia. Con estos modelos se pueden derivar consecuencias de un fenómeno.

En medicina se usan los términos diagnóstico y pronóstico que son basados en modelos fisiológicos. La Teoría General de la Relatividad (TGR) de Einstein no vino a desplazar a la Mecánica Celeste de Newton, la que se sigue usando para explicar algunos fenómenos de los astros. La TGR es usada para explicar aquellos fenómenos que no pueden explicarse con las leyes de Newton. Los físicos siguen buscando un modelo que explique tanto el comportamiento de lo muy pequeño, la teoría (modelo) cuántica y de lo muy grande, la

fuerza gravitacional, en un conjunto de leyes llamado Teoría de campo unificado.

Ejemplos de modelos son: la estructura del átomo, el llamado dogma central de la genética molecular, el modelo de la evolución de los homínidos que llevo a la aparición del hombre moderno, y la teoría de la simbiogénesis. El estudio de la evolución del modelo del átomo es en sí una lección de filosofía de la ciencia y de cómo, a partir de experimentación creativa, se puede llegar a entender (conceptuar) fenómenos ajenos a nuestros sentidos, y por lo tanto altamente recomendable para ser documentada por el lector de este libro.

El modelo del paso de la información contenida en los genes para la construcción de proteínas en la célula es conocido como Dogma Central. Con la información que se tenía cuando fue propuesto, se pensó que la dirección del paso de información era del DNA a RNA y a proteína. Cuando se descubrió que era posible el paso de información de RNA a DNA, el modelo simplemente se ajustó a la información actual, adicionando una flecha de doble sentido entre DNA y RNA.

El modelo de la evolución de los homínidos es quizá el que más se ha adecuado por unidad de tiempo. En su libro "Origins reconsidered. In search of what makes us human", de Richard Leakey y Roger Lewin (1992), se muestra cómo la conceptualización de la evolución de los ancestros, que llevó a la aparición de los humanos, ha cambiado a la luz de nuevos descubrimientos de fósiles y de la mejora en las técnicas de fechado, identificación de plantas por su polen fosilizado, e incluso paradigmas filosóficos que ayudan a interpretar los nuevos hallazgos.

Un modelo hermoso por su conceptualización es el de la Teoría de la simbiogénesis propuesto por la Dra. Lynn Margullis. He tenido la dicha de asistir a sus conferencias con intervalo de unos diez años y podido aprender cómo el modelo se ha ido ajustando a la información generada por el cada vez mayor número de ejemplos que se van encontrando.

Ciencia es un proceso social, acumulativo y creciente, que genera, por incorporación de nuevos descubrimientos, un intrincado tejido llamado cuerpo de conocimientos. La importancia y la confianza que se da a los descubrimientos científicos no es en abstracto, sino por cómo éstos se ajustan al cuerpo de conocimientos previos y a la verificación (experimentación) cotidiana de los hechos.

Durante el siglo XVII la forma de explicación de la naturaleza era inductiva, esto es, infería principios generales a partir de particularidades. Esta forma de razonamiento fue practicada por Francis Bacon (1561-1626). Un ejemplo de razonamiento inductivo actual son las encuestas, con las que se intenta predecir la opinión general, no habiendo encuestado a todos. Después de Galileo Galilei en el siglo XVII, el paradigma cambió a un tipo de razonamiento deductivo. Esto es, ir de generalidades a particularidades. Derivar consecuencias de principios. A la forma como Galileo abordó la investigación se le llama hipotético-deductivo-experimental y con sólo ligeros cambios en el enfoque es la forma como actualmente seguimos haciendo ciencia en el siglo XXI.

La ciencia es o está formada por dos partes principales: 1) el conocimiento sistematizado que se encuentra en libros y otras formas de almacenamiento

de información y 2) un sistema para obtener el conocimiento, el método científico.

La ciencia se genera y comunica en un lenguaje simbólico propio, la terminología.

Si bien en general la ciencia trata con conocimiento, su rama más robusta es la forma como se llega a ese conocimiento. Según John Bernal (1981), la ciencia también es: 3) una institución en la que participamos los investigadores y científicos, 4) un factor en el mantenimiento y desarrollo de la producción y 5) una influencia en la conformación de las opiniones y actitudes respecto al universo y al hombre. Y es gracias a estas consideraciones que se puede entender la relación de la ciencia y la sociedad.

Debido a la cantidad de conocimiento y a la complejidad de los fenómenos, la ciencia organiza el conocimiento para simplificarlo. Divide en temas de conocimiento, ciencias: Astronomía, Física, Química, Biología, etcétera. Plantas con plantas, Botánica y animales con animales, Zoología. Cada ciencia con su terminología y metodología. Generaliza a partir de particularidades, conocimiento inductivo. O particulariza a partir de generalidades, conocimiento deductivo.

Si bien la humanidad ha poseído sabiduría desde tiempos prehistóricos, la ciencia es un subproducto del Renacimiento y, por lo tanto, relativamente reciente en la historia del hombre.

Una característica de la ciencia es que la forma como se hace y conceptualiza evoluciona rápidamente. Ya los primeros humanos sabían cómo hacer objetos herramientas y ornamentales y cómo simplificar actividades como la caza, incluso, hace unos 13,000 años ya estaban domesticando animales y plantas (Diamond, 1997), por medio de un sistema de ensayo y error. La

información se transmitía oralmente entre generaciones inmediatas.

La información, antes de la escritura, la poseían generalmente los más viejos y como no era mucha, el sistema funcionaba bien. Con la invención del lenguaje escrito, la información ya se podía pasar a generaciones no contemporáneas y sobre todo de manera más precisa.

En la actualidad, seguimos obteniendo información de documentos escritos hace miles de años, a veces de la fuente original. En civilizaciones que no desarrollaron la escritura, esto les llevó a serias desventajas.

Tú tienes que conocer el pasado para poder entender el presente.

CARL SAGAN, "Cosmos" (1980).

Sin embargo, no fue hasta más recientemente que se instituyó la ciencia como la conocemos. La historia es larga y muchos aspectos de su desarrollo se encuentran enraizados en culturas antiguas. La raíz principal se arraigó en un momento y sitio particular. La particularidad es que en Jonia, en la parte occidental de lo que ahora es Grecia, el poder político, a diferencia de otras culturas, estaba en manos de mercaderes, y no de sacerdotes o reyes.

Según Carl Sagan (1934-1996), en su libro "Cosmos" (1980), los jonios de hace 2,600 años se encontraban en una encrucijada de civilizaciones y no tenían un centro de poder, como ocurría en otras culturas contemporáneas, como la egipcia, persa, fenicia, o hebrea. Lo que les dio varias ventajas como veremos ahora.

LA REVOLUCIÓN FILOSÓFICA

La explicación que da Carl Sagan a por qué otras culturas no llegaron a consolidar un concepto científico de la naturaleza es que a diferencia de los jonios, en todas, incluyendo a los chinos, persas, judíos, egipcios, mayas, y aztecas, culturas que sí desarrollaron el lenguaje escrito, su paradigma de entendimiento de la naturaleza estaba basado en mitos y leyendas.

Los jonios se enfrentaron, gracias a que en sus islas coincidían marineros y viajeros comerciantes de las culturas vecinas, a una variedad de explicaciones de la naturaleza, todas ellas basadas en mitos donde los actores eran dioses o sacerdotes. Los jonios notaron que no podía haber varias y tan divergentes explicaciones para los mismos fenómenos, alguna tenía que ser falsa y por lo tanto inventada por los sacerdotes de esa cultura. Y si una explicación había sido inventada, ¿por qué no todas? Lo cual fue una revolución del pensamiento. Pasando rápidamente a entender que podía haber explicaciones a fenómenos regulares basados en principios, fuerzas, leyes naturales.

Otro factor que influyó fue el hecho de que al ser los jonios mercaderes, a diferencia de las castas gobernantes de las otras culturas, no tenían ninguna aversión por el trabajo manual, lo que les llevó a hurgar, reparar, e inventar maravillas.

El camino del pensamiento científico había sido creado. Este camino no ha sido lineal, ni progresivo, ya que ha habido bifurcaciones e incluso estancamientos y retrocesos, siendo el más notable retroceso la Edad Media creada por la forma de pensamiento de los cristianos europeos.

Los jonios, pensaban que la comprensión de los fenómenos del universo era accesible por medio de la observación y el razonamiento y buscando una correlación con los hechos. Algunos movimientos políticos y sociales afectaron a esta forma de pensamiento, lo que llevó a abandonarlo por casi 2,000 años. Lo lamentable de este abandono es que, sin este ejercicio, no hay forma de escoger entre hipótesis contradictorias (subjetividades) y, por lo tanto, la concepción de la naturaleza se somete a los mitos y leyendas.

Mitos son aquellas explicaciones de la naturaleza que involucran seres divinos, mientras que leyendas involucran humanos divinizados. Quizá ésta sea la razón por la que otros pueblos jamás desarrollaron el pensamiento científico. Los mayas, aztecas, e hindúes, gracias a su cosmovisión de la naturaleza, no desarrollaron el pensamiento científico.

El gran avance de los jonios fue haber cambiado de paradigma, entender que los fenómenos naturales podían ser explicados usando la razón y su correlación con los hechos.

Existen diferentes escuelas de forma de pensamiento, cada una con su propio paradigma. La meta de este libro no contempla un examen detallado de cada una, tampoco hacer historia, sino simplemente entender que diferentes interpretaciones de un mismo hecho son posibles.

La aparición de la ciencia, como la entendemos ahora, siguió caminos diversos pero coincidentes. En su momento, siglos VII a XII, los pueblos más avanzados fueron los árabes, los primermundistas, campeones de la intelectualidad, mientras que los subdesarrollados intelectuales eran los pueblos cristianos. Traductores árabes llevaron de las lenguas griegas a lenguas

árabes la mayoría de los documentos, que ahora, a través de traducciones al latín, conocemos de los filósofos helénicos.

Con la caída de Constantinopla en el siglo xv a manos de los árabes, la entonces biblioteca más importante de su momento, la de la catedral de Santa Sofía, fue saqueada y su acervo tuvo diferentes destinos, mucha de ella llegó a la Europa cristiana por vía de los puertos más importantes, siendo uno de ellos Venecia. Esta información, una vez asimilada y llevada a conocimiento fue la plataforma para la revolución intelectual que condujo al Renacimiento.

El término Renacimiento se aplica a varias etapas de la historia de la cultura humana. Se llama Renacimiento Carolingio a la etapa del siglo vii, en plena Edad Media, a una revolución iniciada por Carlomagno en lo que hoy es Francia. Carlomagno inició un reino con características particulares y distintivas de los reinos feudales de esa época. Legisló para que todos los monasterios y conventos tuvieran una escuela en la que se enseñara artes a los niños. Éste fue un avance sobre las formas de organización social de la época. Estas escuelas, eventualmente, siglo xii, se transformarían en universidades.

Por la misma época, los musulmanes del norte de África iniciaban la conquista de la península ibérica (ca. 711), llevando con ellos libros traducidos del griego y sobre todo una forma de pensamiento diferente. Contrario a los conquistadores cristianos que eliminaban toda forma de pensamiento de sus conquistados, los musulmanes en Europa toleraron y fomentaron las formas de pensamiento de los habitantes de sus nuevos territorios. También fundaron escuelas, de tal manera que la Universidad de Salamanca fue

en su momento la escuela más avanzada y Toledo, al sur de Madrid, se convirtió en un centro de traducción de libros antiguos al latín. Isidro de Sevilla (560-636), fue uno de los compiladores más importantes de esa época.

Durante el siglo XII, se da otra forma de Renacimiento que coincide con el nacimiento de las universidades en el sentido en que hoy las conocemos. La más antigua de estas nuevas escuelas es la Universidad de Bolonia en Italia. Esta actividad pedagógica coincidió con el desarrollo de las técnicas como la metalurgia, textiles, agricultura, y otras artesanías. Fuentes de energía se mecanizaron, como la eólica y la hidráulica. La palabra ingeniero (*ingeniator*) fue acuñada entonces.

Tanto pedagogía como técnica hicieron ver que la naturaleza era inteligible, llegándose a una concepción mecanicista del mundo. Debido a que para entonces ya se habían inventado muy variadas máquinas, como relojes primitivos y los molinos eólicos e hidráulicos.

Observaciones del cosmos permitieron conceptualizar al universo como una gran máquina. La filosofía mecanicista de la naturaleza y el concepto de espacio al final de la Edad Media, es una deuda de la ciencia con los artistas, artesanos e ingenieros del siglo XII.

La visión artesano-técnico-pedagógica de la naturaleza, desarrollada por los artesanos, artistas y pedagogos de la Edad Media influyó hacia un cambio en el paradigma de cómo los humanos trataban de explicar los fenómenos y esto llevó al nacimiento de la ciencia como ahora la conocemos. Esta influencia se puede explicar con los siguientes ejemplos. Los pintores antes de esa época pintaban objetos que no guardaban proporciones, humanos del mismo tamaño de un

castillo. Incluso las proporciones del cuerpo humano eran irreales. No había sensación de tercera dimensión. En el siglo xv, ca. 1425, Tommaso di Giovanni Guidi, conocido como Masaccio, pintó, en la iglesia Santa María Novella, en Florencia, una obra llamada “Trinidad”. Esta obra es la primera en la que se reconoce que un artista usó en forma consciente y sistemática la perspectiva lineal, y se define como el “punto de fuga” a aquel sitio en donde coinciden las líneas imaginarias que dan la perspectiva y la sensación de profundidad. A partir de entonces ya había una concepción y un sistema para abstraer el espacio y sobre todo cuantificarlo. Por la misma época, los artistas ya dibujaban de un modo más realista a las plantas y animales, de tal manera que ahora es posible reconocer al nivel de especie organismos dibujados en aquella época, un cambio radical en la forma de conceptualizar a la naturaleza y a sus objetos, ¡un nuevo paradigma!

Leonardo da Vinci, entre miríada de artistas del siglo xvi, inició una etapa de descripción de la anatomía de plantas y animales y el bosquejo de máquinas con un detalle a nivel muy fino y preciso. La contribución de estos artistas, técnicos e inventores fue un gran impulso al progreso de la forma de pensamiento, era esa sociedad, liderada por algunos hombres, ahora reconocidos como notables, la que hacía el cambio. Ahora ya era posible abstraer y sobre todo identificar y clasificar, y cuantificar.

En este momento es importante aclarar, porque es un error frecuente asumir que los avances en el desarrollo de la ciencia se debieron sólo a grandes hombres que, de no haber existido, esos avances no hubieran sido posibles. Si un texto se refiere a esos grandes hombres, se debe a que no hay espacio para ha-

blar de todos y porque muchos nombres han sido perdidos.

En realidad lo que ha habido en cada época es un paradigma conceptualizado por una parte importante de la sociedad en la que se dio. Recordemos que en la Edad Media, en forma más pronunciada a la actualidad, no todos sabían escribir y leer, por lo que no todos participaron en el desarrollo del paradigma. Pero tampoco se puede decir que tal o cual personaje, ajeno a su entorno, desarrolló, sin influencia de nadie, la idea, teoría o invención por la que es famoso. Son las tendencias culturales de esas sociedades las responsables de los avances y retrocesos históricos. Y ésta es una de las razones por las que la ciencia encaja de manera muy forzada en sociedades como las de los países en desarrollo. Porque no son sociedades científicas. En otro capítulo profundizaré esta aseveración.

* * *

Durante el siglo XVII se dio otro gran avance a la forma de entender a la naturaleza. Para entonces ya se sabía que las ideas aristotélicas habían sido usadas por las sociedades cristianas de la Edad Media como base filosófica para dogmatizar el pensamiento. Ahora, a la luz de la interpretación hecha por los filósofos árabes y la influencia de la sociedad artesano-técnico-pedagógica, se podía ver a la naturaleza como accesible a ser entendida con abstracciones y razonamientos libres de dogmas. Esta libertad de pensamiento inició conservadoramente, pero resultó en una drástica visión nueva que generó la metodología experimental. A la vez, ya algunos miembros de la comunidad cristiana como Martín Lutero (1483-1546) y John Cal-

vin (1509-1564) habían desafiado a la autoridad papal, coadyuvando a desmitificar la autoridad basada en dogmas.

La forma de pensamiento del siglo XVII se volvió mecanicista, gracias a los técnicos que habían inventado máquinas y que hacían conceptuar a la naturaleza como una máquina. El mecanicismo se basa en el paradigma de conceptuar a la naturaleza como un arreglo de partes y elementos en contacto que producen efectos acordes a leyes deterministas. Es decir, que una vez entendidas las partes, sus interacciones y el momento en el que se encuentran y se han encontrado, es posible determinar lo que ocurrirá en el futuro. Se pueden conocer las causas por medio de cuantificar los efectos y con esto predecir las consecuencias de un fenómeno o proceso. La causa final aristotélica, y base de la mitología de los cristianos, ya no formaba parte de los razonamientos de quienes se encontraban involucrados en entender a la naturaleza, los filósofos.

La filosofía determinista daba los cimientos para aceptar que la naturaleza trabajaba sobre la base de leyes y principios, que los filósofos usaban estos principios para generar conceptos para entenderla y explicarla. Esta forma de explicar a la naturaleza no fue ni perfecta ni definitiva. Incluso hubo quienes, basándose en esta forma de conceptualización, promulgaron que si la naturaleza era determinista, no podía haber libre albedrío en los humanos, ya que todo estaba previamente determinado.

En este estado de la conceptualización de la naturaleza por las sociedades renacentistas, nace en Pisa Galileo Galilei, en 1564. Se ha llamado a Galileo el padre de la ciencia. Principalmente porque fue él quien

definió un sistema inédito para entender a la naturaleza. Galileo se percató de que los fenómenos son complejos y que no siempre podían ser accesibles a ser entendidos, debido a que los humanos tenemos sentidos que funcionan bajo ciertas circunstancias, pero que son inoperantes en otras. Los humanos podemos ver, pero sólo vemos si el objeto se mueve a cierta velocidad. No podemos ver a los continentes separarse unos de otros, ni con certeza a las alas de un colibrí en vuelo, ni definir si la velocidad de un objeto aumenta en caída libre, mucho menos una reacción química ocurriendo. Oímos, si la frecuencia de vibración del aire es tal, pero ni frecuencias más altas y más bajas excitan nuestro oído. Así que estamos muy limitados para detectar fenómenos que ocurren, no en las condiciones para ser detectados por nuestros sentidos.

La naturaleza tiene tamaños; desde partículas subatómicas en el orden de nanómetros, hasta galaxias en el orden de miles o millones de años luz o unidades astronómicas; velocidades, desde reacciones químicas que ocurren en milésimas de segundo hasta eones de miles de millones de años. Escalas que los humanos sólo podemos imaginar. Ésta es una de las razones por las que, para los que no han desarrollado la capacidad de abstracción, gracias a una educación formal les es tan difícil entender los conceptos científicos. Peor aún, no pueden saber cómo es que se llega a formular un concepto. Esto es, la aplicación de un método y sus principios y el desafío de una hipótesis explícita o implícita por medio de la experimentación.

Cuando un astrobiólogo como Carl Sagan busca evidencias de vida en planetas lejanos, no busca un organismo u OVNIS, como en los *comics*, sino evidencias de hechos que sólo puedan ser realizados por seres vivos

como compuestos químicos detectables con radiotelescopios. Sabiendo cómo son los astros, cómo están compuestos, se puede determinar si en ellos hay o no procesos ajenos a los geoquímicos y que puedan ser biológicos.

La tierra tiene una proporción exagerada de oxígeno en su atmósfera, gracias a procesos biológicos, no posibles por sólo procesos geoquímicos. Si en la tierra no hubiera habido seres fotosintéticos, esta composición de la atmósfera sería diferente y parecida a aquellos planetas similares en los que sólo hay transformaciones geoquímicas. Ésta es una experiencia ajena a los no educados en estas disciplinas.

Los hechos que ocurren en la naturaleza son, además de complejos, afectables por diversos factores. Cuando se estudia un fenómeno es prácticamente imposible detectar, aun con equipos muy complejos y sensibles, todos y cada uno de estos factores.

Galileo desarrolló un paradigma teórico para poder estudiar este tipo de fenómenos. Simplificó el fenómeno; lo llevó a un laboratorio (del latín *laborare*, laborar, trabajar), para aislarlo, lo más posible, de otros efectos, y ahí él pudo estudiar un solo efecto a la vez. Esta forma de pensamiento se conoce como reduccionista.

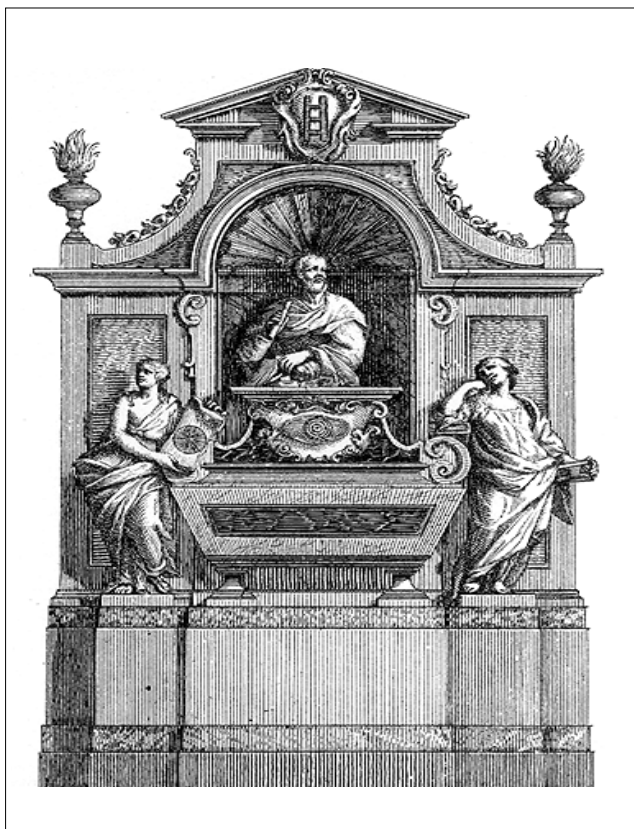
Según Robert March en su libro “Physics for poets” (1996), la más grande herencia de Galileo a sus sucesores fue liberar a la entonces infantil ciencia de la obligación de tratar con la realidad mundana, confusa y caótica.

Galileo dejó implícito que ya es suficiente descubrir los *¿cómo?* de la naturaleza, dejando los *¿porqués?* a la filosofía y rechazando a la teología en cualquier explicación sobre los fenómenos del universo. A par-

tir de entonces la ciencia nació y se independizó de la filosofía, y a aquellos involucrados en entender a la naturaleza y que usaron este nuevo paradigma, ya se les puede llamar científicos (*scientificus*, de *scientis*, y *facere*, hacer), aunque la palabra no se acuñó, sino hasta tiempo después.

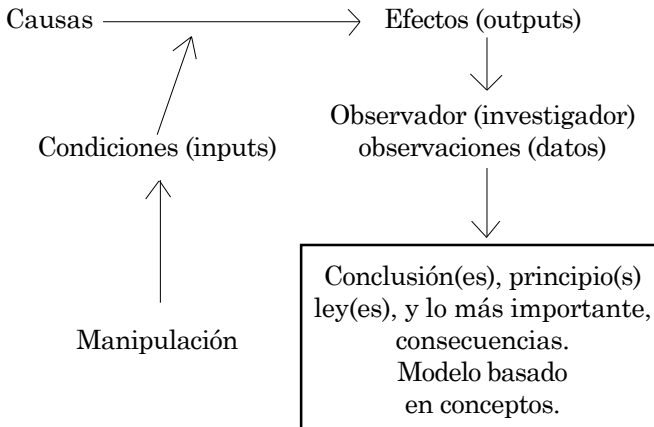
La vida misma de Galileo es digna de ser estudiada para entender por qué este insigne pisano hizo lo que hizo. Dos excelentes libros sobre su vida son: “La hija de Galileo”, Dava Sovel (1999) y “Galileo, el mensajero de los astros”, Maury (2000). En el primero se describen quiénes son las tres musas de Galileo, una lectura ciertamente recomendable. Galileo nació en 1564, el mismo año del nacimiento de William Shakespeare (1564-1616) y el de la muerte de otro toscano ilustre, Michelangelo Buonarroti (1475-1564) y murió en 1642, el mismo año del nacimiento de Isaac Newton (1642-1727). El cuerpo de Galileo se encuentra en una tumba conmemorativa en la iglesia de la Santa Croce en Florencia.

Después de Galileo, el desarrollo del pensamiento científico avanzó rápidamente, vinieron otros científicos que fundaron otras ciencias, así como Galileo había fundado la Física. Se desarrollaron variadas formas de llegar a aceptar un conocimiento como científico. Este tema será tratado históricamente en el capítulo de Teoría del conocimiento.



Tumba de Galileo en la Iglesia de la Santa Croce, Florencia.

El método experimental de Galileo se debió a un cambio de razonamiento inductivo a deductivo; lo que permitió derivar consecuencias de principios; esta forma de entender la naturaleza es lo que ahora llamamos ciencia.



EL SIGLO DE LA ILUMINACIÓN

Como consecuencia y con raíces en el siglo XVII, una corriente de pensamiento llamada Edad de la Iluminación dominó el siglo XVIII. Esta forma de pensamiento se desarrolló gracias a precursores como René Descartes (1596-1650), Baruch Spinoza (1632-1677), y John Locke (1632-1704), y a la confianza que había generado poder entender a la naturaleza, después de los trabajos de Isaac Newton y su *Hypotheses non fingo* (yo no invento hipótesis).

Esta época se caracterizó por un entusiasmo en una posible mejor forma de vida gracias a descubrimientos de la ciencia, respeto por la humanidad y sobre todo por la valorización que se dio al razonamien-

to. Immanuel Kant (1724-1804) resume esta forma de pensamiento con su motto *Sapere aude* (Atrévete a saber).

En esta época se conceptualizó al mundo sin dogmas e ideas preconcebidas, lo que no había ocurrido desde los antiguos griegos. Los así llamados entonces, naturalistas, reunieron y clasificaron animales y plantas.

El sueco Carolus Linnaeus (1707-1778) escribió su *Systema Naturae* en la que daba reglas de nomenclatura para los seres vivos.

La Química avanzó notablemente. Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) descubre el oxígeno y genera un concepto, una forma de explicación: la ignición y demuestra que el agua está compuesta por oxígeno e hidrógeno, fundando las bases del análisis químico cuantitativo.

La Astronomía sigue en auge después de Nicolaus Copernicus (1473-1543), Johannes Kepler (1571-1630), y Galileo Galilei (1564-1642). Y de Gottfried Wilhelm Leibniz (1643-1716) e Isaac Newton (1643-1727), quienes habían descrito el cálculo infinitesimal, y este último en su *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* las tres leyes que ahora llevan su nombre.

El físico holandés Pieter van Musschenbroek (1692-1761) de la Universidad de Leyden y Ewald Georg von Kleist (1700-1748) de Pomerania describen la Jarra de Leyden (ca. 1745), el primer capacitor eléctrico. Benjamin Franklin (1706-1790) demuestra que el rayo es una forma de electricidad. Y los físicos italianos Luigi Galvani (1737-1798) y Alessandro Volta (1745-1827) conducen los primeros experimentos con corriente eléctrica. Galvani causa contracción muscular en patas de sapos, demostrando que los animales producen y usan electricidad. Volta describe la batería eléctrica,

con lo que, desde entonces se puede almacenar esta forma de energía.

LA CIENCIA ACTUAL

Lo más importante de hacer un recuento histórico de la ciencia no es saber qué pasó y cómo, ni ensalzar a los grandes personajes responsables del desarrollo de la ciencia. Sino entender que la forma de hacer ciencia ha cambiado, ¿cómo? y ¿por qué? y que según todo indica, seguirá cambiando. Entonces quien decida dedicarse a esta actividad deberá tener la capacidad de saber en qué momento histórico se encuentra y hacia dónde se está dirigiendo la forma de hacer ciencia (ya podrán identificar que esta idea es deductivo-determinista), si quiere mantenerse dentro de la corriente principal. Entender que este cambio se está dando, debe ser una motivación para seguir documentando, leyendo y ejercitando la capacidad de razonar.

Ya que la ciencia está formada por varias operaciones, unas mentales (paradigmas) y otras manuales (métodos y técnicas), hay que saber hacia dónde se está moviendo cada una de ellas.

Lo más excitante de hacer ciencia es la aventura de encontrar un tema interesante, hacer el ejercicio mental para buscar cómo abordarlo y finalmente probar experimentalmente la validez de la(s) hipótesis propuesta(s), con toda la complicación técnica que esto entraña, analizar los datos, organizarlos sistemáticamente, pensar en qué significan, generar conceptos, deducir principios, predecir consecuencias y pensar qué decir en un informe de la investigación, casi siempre en la forma de un artículo científico, para que otros

expertos que lo lean, entiendan la importancia de la contribución a la ciencia y finalmente ver publicado el artículo en una revista, con lo que la contribución científica ahora queda disponible para que cualquier interesado tenga acceso a ella. Eventualmente, si la contribución hecha al estado del arte de la disciplina fue significativa y sirvió de base para nuevas investigaciones, que el artículo reciba citas, es decir, sea usado por otros científicos para soportar su propio trabajo. Nada se compara a esta aventura. Esta secuencia parece suficiente, sin embargo hay otros aspectos que un científico debe dominar, como el de conseguir un sitio donde desarrollar su trabajo y presupuesto para financiar el proyecto, dirigir estudiantes en su formación como investigadores, difundir el conocimiento o el concepto generado. De estos temas se hablará en un capítulo *ex profeso*.

CIENCIA Y SOCIEDAD

¿HAY SOCIEDAD(ES) CIENTÍFICA(S)?

NO ME refiero a asociaciones de investigadores, sino a pueblos, culturas basadas en actitudes científicas.

¿Qué significa que una sociedad sea científica? ¿que las decisiones que se toman, tanto colectivamente como individualmente están basadas en conocimiento obtenido científicamente, es decir, que ha sido adquirido por medio de la experimentación y la reflexión, que se han contrastado diferentes hipótesis, en un número suficiente de réplicas para que sea estadísticamente significativo. Desde generar leyes (legislar) que fomenten o no la clonación, el uso de organismos transgénicos para la producción de alimentos o fármacos, hasta si aceptamos el diagnóstico clínico o no de un médico. Por supuesto que esta sociedad no debería considerar argumentos de religiones y de pseudociencias. Como eso es muy difícil de evaluar, entonces tratemos de entender cómo es la relación entre la sociedad y la ciencia. Esta relación depende de la sociedad estu-

diada (aquí sociedades se usa eventualmente como sinónimo de países).

Hubo sociedades en las que se desarrolló la ciencia durante los siglos XVII al XX, como las de Italia, Francia, Alemania, Inglaterra, Holanda, y otras. Esos países, si bien algunos con períodos de estancamiento e incluso de retroceso, son de los ahora llamados desarrollados e incluyen a otros que se incorporaron a este grupo en el siglo XVIII, como USA, Canadá y Australia y que, si bien se independizaron políticamente de Inglaterra, ya tenían los paradigmas que los llevaron a ser desarrollados. Esos países estructuraron un aparato científico-tecnológico-productivo que permitió el desarrollo, no sólo de la tecnología y la producción, sino que incluso influyó en su forma de ver a los individuos de la sociedad. Sus leyes son producto de los paradigmas de conceptualización de los humanos y la naturaleza.

Países, de los llamados no desarrollados o en vías de desarrollo (desde la desaparición de la URSS, el término tercer mundo dejó de tener sentido), que no pasaron por la etapa de inicio de la ciencia, ahora tienen que apropiarla, pero les cuesta mucho esfuerzo e incluso cierta distensión social porque se da en un ambiente no propenso. Marcelino Cerejido en su libro "Por qué no tenemos ciencia" (1997) explica a detalle esta aseveración, y en un capítulo posterior retomaremos el tema.

¿QUÉ ES CONOCIMIENTO?

LOS HUMANOS, gracias a la capacidad neurológica del cerebro, podemos organizar ideas. El cerebro, además de permitir al humano promover la supervivencia y multiplicación de los genes que dirigen sus funciones, nos da la aptitud de pensamiento, raciocinio, e inteligencia. Y gracias a esta capacidad es que tratamos de explicarnos temas tan diversos como, quiénes somos, de dónde venimos, a dónde vamos, por qué calienta el sol y hasta organizar conceptos tan exquisitos como los de la teoría de la simbiogénesis.

Definir qué es una idea ha sido el tema de estudio de muchos filósofos antiguos y recientes y ahora de varias ciencias, incluyendo la Psicología. Las ideas son imágenes que se crean en la mente y son reflejos de la realidad. La mente permite no sólo registrar ideas, sino manejarlas, incluso imaginar, es decir tener ideas de cosas que no hemos visto o que no existen. Las ideas son imágenes que están estructuradas en palabras, las ideas se manejan por medio del lenguaje. Los humanos pensamos palabras, signos gráficos, que usamos

para comunicarnos con nosotros mismos y con otros humanos.

La teoría del conocimiento es una rama de la filosofía, así que hay que empezar por tratar de entender qué es la filosofía o quizá mejor aún qué es filosofar.

Se define filosofía nominalmente, es decir por su etimología como amor por la sabiduría. ¡No nos ayuda mucho esta aproximación! Y ya muchos pensadores han tratado de definir qué es.

Según Johan Hessen en su libro “Teoría del conocimiento” (1998), la filosofía es un intento del espíritu humano para llegar a una concepción del universo mediante la autorreflexión sobre sus funciones valorativas, teóricas y prácticas. Ésta es una definición a la que se llega por razonamiento inductivo, generalizar a partir de particularidades. Pero si seguimos la vía alterna, el razonamiento deductivo, es decir ir de lo general a definir particularidades, tendríamos que ubicar a la filosofía dentro del conjunto de funciones derivadas de la capacidad de razonamiento que en conjunto llamamos cultura. Estas funciones son la ciencia, el arte, la ética. Lo que engloba a intereses muy humanos como el conocimiento y cómo llegar a él, lo bello y lo bueno. De tal manera que la filosofía es una teoría de la concepción del universo y por lo tanto, para nuestra época, una teoría del conocimiento científico o teoría de la ciencia. Ésta incluye una forma formal llamada Lógica y una forma material llamada Teoría del conocimiento.

Son muchos los filósofos que se han interesado en definir qué es el conocimiento y cómo se llega a él. En la antigüedad, usando consideraciones metafísicas, Sócrates, Platón y Aristóteles fueron de los más importantes. No es hasta hace poco que se considera como

una disciplina independiente gracias al filósofo inglés John Locke, con su obra “Ensayo sobre el entendimiento humano” (ca. 1690). Leibnitz en 1765 se interesa en el tema y refuta la opinión de Locke con su obra “Nuevos ensayos sobre el entendimiento humano”. Durante ese mismo siglo, pensadores como George Berkeley (1685-1753), David Hume (1711-1776) e Immanuel Kant (1724-1804) opinaron sobre el tema. Estos pensadores dieron las bases para entender los principios psicológicos y lógicos del conocimiento. Otros pensadores fueron: Friedrich Schelling (1775-1854), Georg Hegel (1770-1831), Arthur Schopenhauer (1788-1860), y Eduard von Hartman (1842-1906).

En el fenómeno de conocer se distingue a quien conoce y lo que es conocido: el sujeto y el objeto. El sujeto debe tener la capacidad de conocer, y es por lo tanto sólo posible para los humanos. El objeto es la naturaleza o alguna de sus partes.

Es interesante notar que debido a que ésta es una actividad mental, es posible conocer algo que ya no existe o algo que no ha existido, la base de la inventiva. Este dualismo sujeto y objeto es el fundamento del conocimiento.

Son dos entidades diferentes, en la Teoría del conocimiento, la función del sujeto es conocer y la del objeto ser conocido. En el sujeto se da una imagen mental del objeto.

Una definición primitiva de conocimiento es: una identificación del objeto por el sujeto. Esta identificación no es el objeto. El objeto no entra en la mente del sujeto, es sólo su imagen. Es aquí donde se complica el fenómeno llamado conocimiento. Esto se debe a que el cerebro no recibe y acepta señales externas directamente, hay un procesamiento de sistematización y

adaptación de estas señales. Las señales externas son inicialmente captadas por los órganos de los sentidos; las células de la pupila captan luz, es decir energía asociada a fotones; el oído capta sonido, vibraciones del aire. Estos estímulos para llegar a las zonas cerebrales de almacenamiento y procesamiento son transformados a impulsos nerviosos. El procesamiento entonces depende de qué información previa ha recibido el sujeto en cuestión.

Se sabe que las conexiones entre neuronas que manejan la información se establecen durante los meses posteriores al nacimiento. Los bebés nacen con la capacidad genética para procesar (*hardware*), pero la capacidad para adquirir información llamada conocimiento se desarrolla durante la infancia. Los bebés nacen con el *hardware*, el *software* debe ser adquirido durante la infancia y adolescencia a través de las relaciones sociales y familiares por medio del lenguaje y otros estímulos. Como no hay dos bebés que nazcan con la misma información genética (quizá la excepción sean los gemelos homocigóticos), ni ambientes sociales y familiares idénticos, cada humano tendrá su propio *hardware* y *software*. De tal manera que cada individuo procesará la información captada por sus sentidos de manera particular: subjetividad. Si a esto añadimos que captar la realidad no significa entenderla, pues también influyen las emociones, podemos concluir que cada sujeto tendrá su propia concepción del objeto. Es por ello que Stephen Covey en su libro "The seven habits of highly effective people" (1989), menciona que los humanos no vemos la naturaleza como es, sino como quien la ve, es. Y esto se debe a que cada uno interpreta la realidad sobre la base de su biología y cultura.

Como el cerebro maneja imágenes simbólicas de lenguaje, y a éste lo aprendemos de nuestro ambiente social y familiar, hay un mecanismo de objetivación. Así el conocimiento involucra al sujeto, al objeto y a la imagen mental del objeto en el sujeto. Por lo que llamamos “conocimiento subjetivo” a la imagen mental de un objeto que posee un sujeto. A la concordancia entre la imagen mental y el objeto le llamamos “conocimiento objetivo”.

Esta relación objetiva se ha analizado desde la antigüedad y la forma de entenderla ha establecido escuelas de pensamiento, desde el “Dogmatismo” como posición epistemológica para la cual no existe el problema del conocimiento ya que los objetos son conceptualizados de manera absoluta, hasta el “Escepticismo” que considera que todo conocimiento está influido por el sujeto, es decir su bagaje genético y cultural. Y por esto los más acérrimos escépticos se manifiestan por la imposibilidad de que haya conocimiento exacto, ya que siempre estará influenciado por el sujeto en cuestión.

Uno de los más notables escépticos fue René Descartes, quien razonaba, puedo dudar de todo, pero ya que dudo gracias a mi capacidad de pensar, de algo sí estoy seguro, si pienso, luego existo: *cogito ergo sum*.

El “Subjetivismo” a su vez limita la validez de un conocimiento al sujeto que conoce.

El “Relativismo” considera que no existe un conocimiento absoluto, universalmente válido, sino que es relativo y tiene una validez limitada. Mientras que el Subjetivismo pone énfasis en factores que residen en el sujeto, el Relativismo pone énfasis en factores externos.

El “Pragmatismo” es una forma positiva y avanzada del Escepticismo, ya que va más allá de la simple negación de la posibilidad de conocimiento y cada concepto rechazado es sustituido por uno nuevo acerca de la “verdad.” Verdadero significa en esta forma de pensamiento: útil, valioso, alentador de la vida, y por lo tanto es la congruencia entre los fines prácticos y los pensamientos.

El Subjetivismo, el Relativismo, y el Pragmatismo son formas de Escepticismo y antítesis del Dogmatismo.

Una posición intermedia es el “Criticismismo” que si bien comparte con el Dogmatismo la posibilidad de conocimiento, no acepta con ligereza toda forma de afirmación de la razón humana. A la vez cercano al Escepticismo, establece criterios rigurosos, cuestiona los motivos y pide cuentas a la razón humana, su proceder es reflexivo y crítico, de tal manera que se establece como mediador entre la temeridad dogmática y la desesperanza escéptica. El Criticismismo Kantiano es un método de ayuda al filósofo.

Desde el punto de vista del origen del conocimiento, se deben considerar dos aspectos: el psicológico y el lógico. El primero está relacionado con la forma como trabaja el cerebro y la función neuronal. Este aspecto no será revisado en este texto. El segundo tiene que ver con los fundamentos para aceptar un conocimiento, es decir, cuáles son sus bases lógicas. Aquí haremos un análisis de sus posibilidades.

La postura epistemológica que sostiene que el pensamiento, la razón, es la fuente principal del conocimiento se llama “Racionalismo”. Entonces, para conocer, basta pensar sobre el objeto, despreciando a los sentidos como fuente de información. El mérito de

esta forma de pensamiento es haber dado valor a la razón en el proceso de conocer, aunque se quedó corto aceptando al pensamiento como única fuente de conocimiento. Otro defecto es su identificación con el Dogmatismo.

El “Empirismo” supone que el conocimiento procede de la experiencia, del contacto directo con la realidad. Para esta forma de pensamiento no existen ideas *a priori* en la mente, ésta es una *tabula rasa*, una hoja en blanco, en donde se escribe con experiencias.

El desarrollo sistemático del Empirismo se da hasta recientemente en los siglos XVII y XVIII.

Según John Locke (1704), existe una experiencia externa que llega a nosotros por sensaciones y una experiencia interna, la reflexión basada en esas sensaciones.

Como conocimiento es la relación entre un sujeto y un objeto, el problema de su estudio reside en discernir la relación. De tal manera que la única forma como la humanidad ha salvado las consideraciones epistemológicas, para llegar a tener cierta certeza de lo que conoce, es la experiencia. Es decir, experimentar para valorar todas las posiciones subjetivas, las hipótesis. Gracias a la experimentación, se puede avanzar en el conocimiento de un fenómeno, independientemente que lo haga un belga, sudafricano, mexicano, creyente de una religión o no creyente.

La ciencia ha tomado la batuta como una forma de obtener conocimiento. Según Fernando Savater (1999) en su libro “Las preguntas de la vida”, la ciencia y la filosofía intentan contestar preguntas suscitadas por la realidad. La ciencia explica cómo están hechas las cosas y cómo funcionan, mientras que la filosofía moderna se centra en explicar qué significa ese conoci-

miento para nosotros. La ciencia busca saberes, no meras suposiciones, mientras que la filosofía quiere saber lo que supone para nosotros el conjunto de saberes. La ciencia nos ayuda a mejorar nuestro conocimiento colectivo de la naturaleza, mientras que filosofar sobre ciencia ayuda a dar una visión personal amplia de quien se dedica a esta tarea. Y aquí me refiero a filosofar y no a filosofía, ya que Kant observó que no se puede enseñar filosofía, sino sólo a filosofar.

Aquí es necesario distinguir entre la forma de proceder de diferentes ciencias. La Física, Química, Biología, Astronomía, etcétera, son ciencias cuyo objeto material es un enfoque de la naturaleza y cada una tiene su objeto formal, lo que las distingue. Para llegar a un concepto, un conocimiento, ellas recurren a la experimentación. Sin embargo, hay otro tipo de ciencias. La Filosofía, la Ética y las Matemáticas (Álgebra, Trigonometría, Cálculo, y otras) son ciencias no experimentales, y se llega al conocimiento a través del razonamiento, son ciencias racionales (Gutiérrez Sáenz, 2000).

CONOCIMIENTO E INFORMACIÓN

UNA VEZ que se ha razonado sobre qué es conocimiento, hay que distinguir entre información y conocimiento.

Información es una colección de hechos o datos organizada, y sistematizada, en la mayoría de los casos, la medida numérica de un hecho. Encontramos información en los libros, manuales, diccionarios, enciclopedias. Las bibliotecas almacenan información, de la misma manera que lo hacen las computadoras.

Conocimiento, como ya vimos anteriormente requiere de un objeto a ser conocido y sobre todo de un sujeto que conozca. Por lo que no se puede almacenar conocimiento de la misma manera que se almacena información. El conocimiento sólo puede ser almacenado, poseído por el humano. Conocimiento es acceder a la información, jerarquizarla, y usarla. Usarla para resolver un problema práctico o para tener un concepto, una opinión.

Para conocer, hay que aprender a aprender. Se requiere de una formación, de un adiestramiento, “cargar el software”, por eso es que se toman los cursos

introdutorios antes de los avanzados. El proceso de conocer es progresivo y continuo, por lo que se dice que aprender es ir como nadar en contra de la corriente, cuando no se avanza, se está retrocediendo.

Empezamos aprendiendo palabras y sus significados, por eso todo curso introductorio incluye la terminología, para saber qué significa cada término. Incluso los libros contienen un glosario, para que en caso de duda, aclaremos significados de los términos usados en el libro. Por tal razón los cursos de Química empiezan con los nombres y los símbolos de los elementos de la tabla periódica, y los de Biología con nomenclatura y taxonomía.

Es imposible, o en el mejor de los casos muy difícil, para quien no ha recibido un adiestramiento sobre una ciencia, materia o tema, acceder a la información, abstraerla y usarla. Si bien existen los autodidactas, que no requieren de un adiestramiento formal, no por ello eluden el requisito de acceder a la información sin un instructor. Y ciertamente son excepciones. La mayoría requerimos un maestro que nos guíe, explique y resuelva dudas. Y sobre todo evalúe en qué proporción hemos accedido al conocimiento.

*Books give not wisdom where was none before,
but where some is, there reading makes it more.*

Sir JOHN HARINGTON.

Esta diferencia entre información y conocimiento se ejemplifica fácilmente. Es poco probable que alguien que no ha recibido una formación en Ingeniería y a quien se le diera un manual (información) sobre cómo

construir puentes y se le pidiera que construyera uno, construya un puente satisfaciendo los requisitos de construcción de un puente. Su problema empezaría con la terminología usada en el manual, el manejo de las técnicas usadas, y diferenciación de los materiales. De la misma manera que sería inocente pedir a un pueblo que recién ha desarrollado la escritura que, por darle una copia de todos los documentos contenidos en la Biblioteca del Congreso de los EU, en Washington, poseedora de toda la información generada por la humanidad, se convirtiera en un pueblo tecnificado y desarrollado económica y culturalmente. Ese pueblo necesariamente deberá adquirir la capacidad de acceder a la información para luego hacerla conocimiento. Ésta es una de las razones por las que a los pueblos que no tuvimos la historia que los ahora llamados desarrollados, nos cuesta tanto trabajo acceder al conocimiento. Se requiere que en ese pueblo haya quienes estén entrenados en esas ciencias, disciplinas, materias y sobre todo en cómo se llega a obtener el conocimiento. Ese pueblo será más desarrollado si todos o la mayoría de los individuos que lo conforman, sin llegar a ser expertos, tienen cierta noción de todo ese conocimiento.

La capacidad de acceder a conocimiento se desarrolla más agudamente en la infancia, cuando se están formando las conexiones interneuronales que permitirán después aprender en forma sistemática y es por eso que los niños aprenden más y más rápido. A aquellos individuos que en su infancia no tuvieron un ambiente nutricional, ya de adultos les es muy difícil, si no imposible aprender, porque no formaron las conexiones interneuronales adecuadas. Incluso se dice que un niño educado en un ambiente no estimulante

difícilmente tendrá la capacidad de acceder a conocimiento avanzado.

Parece ser que el tercermundismo se imprime en la infancia. Para detalles o abundar en este tema, revisar el excelente libro de Fanny Blanck-Cereijido y Marcelino Cereijido “La vida, el tiempo y la muerte” (1999).

A los países en vías de desarrollo les ha costado mucho esfuerzo integrar la mayoría del conocimiento a su desarrollo. Son escasos los ejemplos de fábricas de aviones jets, computadoras, microscopios, equipo médico como los de resonancia magnética nuclear o de ultrasonido con tecnología desarrollada por esos pueblos. Y la mayoría de los que existen son subsidiarias de fábricas de países desarrollados. Esto en lo que respecta a la tecnología.

¿Qué sucede en cuanto a la generación y transmisión de conocimiento, la Pedagogía? ¿Cuántas son las universidades, colegios o institutos equiparables a Harvard, Cambridge, MIT, Instituto Max Plack, en esos países?

Por otro lado, ¿por qué Internet llegó y se arraigó, si bien no tan rápidamente como en países desarrollados, en los no desarrollados? ¡Porque coincidieron tres factores! Un cuerpo de profesionales preparados en Informática e Ingeniería de sistemas computacionales, los empresarios que vieron esta necesidad como una posibilidad de desarrollo económico, y un pueblo usuario. Aquí se satisfizo el concepto de aparato científico-tecnológico-productivo al que se refiere Marcelino Cereijido (1994). Científico, en el conocimiento generado en otros países y apropiado por los nuestros; tecnológico en la capacidad de usar ese conocimiento y productivo en los usuarios dispuestos a pagar por

el servicio y los empresarios dispuestos a darlo. Sin embargo, en los países en vías de desarrollo son más los ejemplos contrarios, por no poseer el aparato científico-tecnológico-productivo.

No es lo mismo información que conocimiento, como no es lo mismo memorizar una información dada en un salón de clases, que usar esa información para acceder a conceptos, entender fenómenos y explicar otros, y para resolver problemas. La razón por la que esa información se enseña en las aulas es para que los ahora dueños de la información la usen para modificar su comportamiento ante situaciones prácticas, tanto profesionales como no profesionales.

Conocer es asimilar información y usar esa información.

La era de los antibióticos empezó con un caso de serendipia, el descubrimiento de la penicilina. Si bien los antibióticos han sido de gran ayuda en la calidad de vida de humanos y animales, y razón de desarrollo de la industria farmacéutica, también han sido, o mejor dicho han permitido entender el concepto de antibiosis o sea una de las formas como los organismos se asocian en la naturaleza. Y ahora ya no nos extraña descubrir que las plantas desarrollan, gracias a adaptación evolutiva, mecanismos químicos para defenderse de sus predadores. Y que éstos a su vez se adaptan a estos mecanismos de defensa de sus presas para contrarrestarlos.

Serendipia es la capacidad de hacer afortunados los descubrimientos accidentales, hacer conocimiento de la información obtenida azarosamente. La palabra deriva del nombre persa de la antigua Sri-Lanka. Ya Pasteur se refería a este tipo de descubrimiento en ciencia y afirmaba que no hay tal accidente, sino que

ese tipo de descubrimiento sólo se da en las mentes preparadas para ver lo afortunado en los accidentes. Es decir, entender qué está pasando (hipotetizar y experimentar) cuando se encuentra un efecto que no se ajusta al diseño de nuestra investigación. Pasar de información a conocimiento.

LA CIENCIA EN LA ERA DE INTERNET

HASTA ahora la decisión de qué se publica y qué no, está en manos de los editores de las revistas, algunas de ellas siguen dependiendo de sociedades científicas, mientras que la mayoría pertenecen a editoriales comerciales. Es ciertamente un tipo de oligarquía.

Con Internet, ahora todo mundo puede escribir y poner a la disposición de todos, sin necesidad de pasar por los editores. Si bien ésta es una nueva herramienta para obtener información, hay que tener cuidado, ya que para poner información en Internet no hay necesidad de desarrollar ningún talento o habilidad con un mínimo de calidad, que es precisamente la función de los editores de las revistas científicas, ver que lo que se publique lo tenga. Así que no hay que usar Internet como única fuente de información y cuando lo hagamos, que sea con actitud crítica y escepticismo.

En una carta a la revista *Time* de abril de 2000, George Case, de Burnaby - Canadá, opina que la diferencia entre la dominación corporativa de los medios

de comunicación y la hazlo-tú-mismo-en-línea es la misma que la diferencia entre oligarquía y anarquía. Y que la cultura popular ya no pertenecerá a los artistas y audiencias, sino a los tecnócratas y buscadores de tendencias, lo cual es una vergüenza para la cultura de Internet.

Aquí una reflexión sobre la importancia de por qué los países en vías de desarrollo deben mantener, sostener y promover la ciencia. La ciencia entendida según Bernal (1981), como “una organización en la que participamos los investigadores y científicos”.

En los países desarrollados, que ya poseen un aparato científico-tecnológico-productivo, buena parte de la inversión en ciencia la realiza el sector privado. En los no desarrollados no hay tal inversión, al menos en forma significativa. De tal manera que ésta ha sido y deberá seguir a cargo del Estado. No hay inversión significativa en desarrollo de tecnología basada en ciencia desarrollada en el mismo país, debido a que alguna de las tres partes del aparato científico-tecnológico-productivo no existe, o no al menos en grado significativo. Puede ser que no haya un cuerpo de intelectuales suficiente trabajando en una disciplina de la ciencia o que la política organizacional de la ciencia en esos países sea tal que no ayude a su desarrollo.

Es sabido que en la mayoría de los países en vías de desarrollo la inversión en ciencia es menor que la recomendada por la ONU. A esto se suma que la administración de la ciencia en estos países está dominada por la burocracia, y muchas otras formas sutiles que hacen ineficiente el esfuerzo-inversión de un país en ciencia. Como no hay evaluaciones basadas en criterios de científicidad del trabajo de los trabajadores de la ciencia, el número y calidad de los productos deri-

vados de esta actividad es significativamente menor que el de los científicos en países desarrollados. Y no me refiero a cantidad total por país, sino a la productividad por individuo contratado para hacer ciencia.

Otro problema es que la parte tecnológico-productiva del aparato científico-tecnológico-productivo de un país en vías de desarrollo generalmente está poco desarrollada y las industrias con capacidad de inversión en ciencia son generalmente subsidiarias de empresas con sedes en países desarrollados y es en esos países donde hacen sus inversiones en ciencia.

Finalmente, las tendencias en el mercado de nuevos productos no es resultado de un estudio de necesidades de los países en vías de desarrollo, sino impuestos por medio de publicidad a productos introducidos originalmente en los desarrollados.

Un problema adicional que afecta en forma más significativa a los países en vías de desarrollo es el costo por hacer ciencia. Desgraciadamente hacer ciencia toma tiempo y demanda inversiones significativas. Ya lo hemos mencionado anteriormente, la naturaleza es compleja y no accesible a nuestros sentidos directamente. Se necesita tiempo para ir encontrando cómo funciona y de facilidades que permitan hacer trabajo reduccionista y de aparatos que auxilién a nuestros sentidos a tener acceso a los fenómenos. Por desgracia no hemos sido capaces de hacerlo más rápido y menos oneroso. A esto hay que sumarle que la mayoría de nuestros métodos de investigación son destructivos, es decir destruyen al sujeto de estudio, no es extraño entonces que algunos grupos de la sociedad vean con recelo la forma de trabajo de los científicos.

Aquellos países en vías de desarrollo que hayan logrado formar un cuerpo de intelectuales trabajan-

do en ciencia en universidades, institutos o centros de investigación, esto es la parte científica del aparato científico-tecnológico-productivo, es importante que ya que lo poseen, lo conserven, o mejoren, en la medida de lo posible y que evalúen su desempeño con criterios de productividad basados en criterios de científicidad. Es decir, de la misma manera que se evalúan a los científicos en los países que han basado su desarrollo en el aparato científico-tecnológico-productivo. Por lo que triste es que esos países tienen poco y además no saben cómo manejarlo.

Este aparato científico es por sí solo un recurso imprescindible y fundamental si es que se quiere que algún día la ciencia en esos países también sea, según Bernal (1981), “un factor en el mantenimiento y desarrollo de la producción”, esto es, la parte tecnológico-productiva del aparato. Mientras esto ocurre, el desarrollo de la parte científica del aparato es, en sí, de gran valor para una sociedad ya que si la dependencia tecnológica afecta terriblemente a un país, la dependencia intelectual es tal, que quizá en esos casos, ya ni se pueda hablar de “un país”. Si estos países no hacen inversión en un cuerpo de intelectuales dedicados no sólo a la ciencia, sino a todas las actividades intelectuales, con cargo al gasto social, nadie lo hará y la organización de investigadores y científicos en universidades y centros de investigación puede debilitarse, e incluso desaparecer. Una organización como ésta significa grandes inversiones y estrategias de desarrollo, pero sobre todo mucho tiempo, generaciones. Para documentar esta aseveración leer el libro “México ciencia y tecnología en el umbral del siglo XXI” (1994), editado por CONACYT, México.

Si un país sólo contara con la parte científica del aparato científico-tecnológico-productivo, esto es ya importante porque en esta sociedad sería, por lo pronto, “una influencia en la conformación de las opiniones y actitudes respecto al universo y al hombre”, el aporte de la organización de investigadores y científicos a la sociedad, ya es substancial. Porque al menos esta organización científica puede identificar e ir detrás de los avances en países desarrollados y no permitir que la distancia científica entre estos grupos de países aumente.

Con mantener accesible el conocimiento hacia los países en vías de desarrollo, la organización científica ya es de gran ayuda. Por ejemplo, ¿qué posición deberá tomar un país respecto a situaciones cotidianas y actuales como, clonación de embriones humanos, uso de alimentos y fármacos obtenidos de organismos transgénicos, cambio global, SIDA, eutanasia, aborto, y tantos otros? ¡La mejor alternativa es saber qué es cada uno de ellos, saber científico! Y esta información hacerla conocimiento, es decir jerarquizarla y hacerla útil.

Sólo con conocimiento de una situación o fenómeno podremos tomar la mejor decisión. Es aquí donde la organización científica de un país, en la forma de academias, sociedades, colegios de científicos, cobra relevancia. Estos temas no pueden quedar en manos de la opinión pública y legisladores desinformados, mal informados e ignorantes, como tampoco de las empresas privadas involucradas. Los resultados de esta alternativa son fáciles de imaginar. Por eso se dice que si la educación es cara, intenten la ignorancia.

Si se quiere que los países en vías de desarrollo basen su desarrollo en ciencia aplicada, tendrán primero que desarrollar una ciencia que se pueda aplicar.

CIENCIA APLICADA VS. CIENCIA BÁSICA

Basic research is aimed at understanding nature, applied research, aimed at providing useful control of nature. Distinction between both them is not sharp and confuse layman and source of tensions between scientists and governmen.
(DAVIS, 2000).

¿HAY CIENCIA básica y ciencia aplicada? Analicemos algunas opiniones.

Luis Pasteur decía que no hay ciencia aplicada, sino aplicaciones de la ciencia. Y Marcelino Cereijido (1994) que no es posible hacer una ciencia aplicada sin desarrollar primero una ciencia que se pueda aplicar. Lo que estos dos personajes quieren decir es que lo que la ciencia hace es conocer cómo ocurren los fenómenos, este conocimiento entonces podrá ser usado para manipular el fenómeno.

La ciencia, como la entendemos actualmente, mide, evalúa, o a veces cuando esto no es posible, estima variables asociadas a un fenómeno, los efectos, con la intención de que, una vez sabidos tales efectos, se pueda intentar conocer, conceptualizar las causas de tales efectos. Y más importante, una vez que se conocen las causas se pueden derivar consecuencias.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ANTES del Renacimiento, la técnica iba delante de la ciencia. Para entonces, ya había grandes obras hidráulicas, arquitectónicas, barcos que recorrían los “siete mares” y circunnavegaban el mundo, mecanismos primitivos de relojería, imprenta, textiles, cerámica, metalurgia, y otros ejemplos. Y apenas se empezaban a entender los fenómenos que regían esas técnicas. La ciencia estaba en pañales. La ecuación era sencilla, técnica = invención empírica. Todavía la máquina de vapor fue inventada antes de que se describieran las leyes de la termodinámica.

Después del Renacimiento y sobre todo en la época de la ilustración y del progreso, siglos XVIII y XIX, la ecuación cambió radicalmente a ciencia y tecnología. Nótese la diferencia en nomenclatura, llamo técnica, a la actividad antes de que ésta basara su desarrollo en ciencia. En palabras de Pérez Tamayo hacer ciencia es lo que hay que hacer para saber, mientras que tecnología es lo que hay que saber para hacer.

APARATO CIENTÍFICO-TÉCNICO-PRODUCTIVO

PARA que este sistema científico-técnico-productivo funcione es necesario que haya una sociedad científico-tecnológico-productiva. Que en esa sociedad haya un cuerpo de intelectuales haciendo investigación científica, un cuerpo de tecnólogos, generalmente ingenieros, haciendo uso del desarrollo científico y del conocimiento para resolver algún problema práctico y transfiriendo la tecnología a los usuarios, en la forma de manuales, cursos de entrenamiento y asesorías permanentes a los usuarios, los receptores de la ciencia. Estos dos cuerpos: científicos y tecnólogos pueden ser las mismas personas, ambos trabajando en laboratorios de investigación, o ser individuos diferentes que deberán tener una estrecha colaboración.

Es requisito indispensable que el receptor, el usuario de la tecnología desarrollada con bases científicas, tenga la capacidad de apropiarse la tecnología y sus consecuencias. Es decir, la capacidad de implementar la tecnología en su empresa, tanto administrativa como financieramente para desarrollarla y la capacidad para

usarla, esto es producir y llevarla al consumidor. Si no tiene estas capacidades, la nueva tecnología en lugar de ser una ventaja, será un dolor de cabeza para el usuario.

Ya países como Francia han hecho análisis de las condiciones necesarias para que un desarrollo científico-tecnológico sea apropiado por su país, concluyendo que las condiciones que permitieron el desarrollo de la biotecnología en USA no eran las mismas que en su momento en Francia (Ramani, 1995). De tal manera que el gobierno francés, el rector de la política científica inició acciones para desarrollar la biotecnología francesa. Este programa de desarrollo les llevó, según Ramani, 20 años.

La competitividad de una empresa en buena medida depende de las políticas de desarrollo de un país. Incentivos del gobierno para que un inversionista funde una compañía con base científico-tecnológica. Incentivos fiscales a la inversión y generación de empleos y capacitación de personal, una administración fiscal y de uso de suelo que si bien recabe y cuide el ambiente, no ahogue al inversionista, seguridad financiera del país, y otros aspectos que pueden o no apoyar el desarrollo de un país. Un ejemplo de que esto es posible es el Valle del Silicón en California, en el que se premia la inversión para el desarrollo de la empresa. Su éxito no radica en que todas las empresas son exitosas, hay un alto porcentaje de quiebras, las que sobreviven son las que dan fama a la comunidad.

¿POR QUÉ DEDICARSE A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA?

EMPECEMOS por preguntar, ¿por qué hacer ciencia? La ciencia, de la manera como ahora la concebimos, es la única actividad institucionalizada creada por la humanidad que ha tenido efecto en el desarrollo de la forma de vida de la humanidad actual. En tres siglos (del XVIII al XX) permitió un cambio tal en la forma de vida de la humanidad, que ahora sería impensable volver a vivir como en el siglo XVII. En esa época, la expectativa de vida de un humano era menor a la mitad de lo que es ahora, las poblaciones eran diezmaradas a menos del 50% por pandemias. Todavía Galileo tenía que esperar semanas para viajar de Florencia a Roma, para ser juzgado por la Inquisición, debido a epidemias en una u otra ciudad, que limitaban el paso de viajeros hasta que la epidemia hubiera desaparecido.

Comunicación, salud, educación, pero sobre todo un paradigma de la concepción de la humanidad y de la naturaleza son ahora diferentes, gracias a conceptos generados por la ciencia. Estos conceptos pueden

ser desde muy generales como explicar el funcionamiento del universo, como las Leyes de Newton o la Teoría general de la relatividad de Einstein, hasta las muy específicas como la de explicar cómo puede haber manglares en la Baja California. Pero estos conceptos tienen sus limitaciones, no son definitivos, sino que siempre pueden ser modificados en razón de nuevos descubrimientos; ninguno pretende ser considerado “la verdad” ya que sabemos hay subjetividad y que cada fenómeno puede ser explicado con diferentes paradigmas; y ninguno es absoluto, sino más bien obtenido estadísticamente, ante la incapacidad de evaluar al todo.

Si bien algunos detractores de la ciencia ven a estas características como una debilidad de la ciencia, en realidad son su principal fortaleza. Ya que se basan en la realidad y en la medida en que esto sea más cercano a ella, a poder modificarla. Y ésta es la gran virtud de la ciencia, que funciona y que ha permitido el desarrollo de la forma de vida de gran parte de la humanidad. De aquella parte que basa su vida en la ciencia.

En relación con el método científico hay que entender que no es un procedimiento infalible y directo para entender a la naturaleza o para resolver problemas urgentes. La naturaleza y los fenómenos que en ella ocurren son muy complejos y lleva tiempo y experimentación para llegar a entender cómo es que ocurren. El Dr. John Whitaker de la Universidad de California en Davis, solía decir a sus interlocutores, generalmente sus estudiantes graduados, cuando éstos se quejaban de que les tomaba mucho tiempo planear y realizar experimentos y de los cuales no siempre ob-

tenían resultados adecuados o útiles: “Good science takes time”.

Sin embargo, en general, hay ciertas reglas que ayudan a que el método científico sea de gran utilidad. Pérez Tamayo, basándose en los escritos de Rosenblueth, menciona las siguientes seis reglas.

El objeto de la investigación existe independientemente del sujeto que estudia el fenómeno. Así, diferentes sujetos, cada uno con su subjetividad, lo pueden estudiar.

Para que un concepto sea aceptado como científico, debe ser evaluado por diferentes sujetos y entre todos llegar a conclusiones que satisfagan a todos.

La realidad se comporta regularmente, a un efecto, una causa: el concepto de efecto-causa. No hay excepciones o anomalías, mucho menos milagros o magia. Si un fenómeno pareciera comportarse irregularmente, de seguro es por que no estamos buscando los efectos correctos. Incluso en aquellos fenómenos llamados caóticos y estudiados por la “Teoría del caos” se encuentran regularidades.

Para que la realidad se abstraiga como conocimiento, debe ser procesada por el sujeto. Es el sujeto el que, al abstraer la realidad, generar conceptos y ahora aplicarlos en el entendimiento de un fenómeno o en resolver un problema práctico, está generando conocimiento. Y ya que es el sujeto el que genera el conocimiento, el conocimiento no es entonces una imagen de espejo de la realidad, sino que es la forma como el sujeto percibió la realidad.

El conocimiento se basa en los descubrimientos y nuevos descubrimientos pueden reforzar o debilitar un concepto. La ciencia está hecha de ladrillos (descubrimientos) que se van ubicando sobre los cimien-

tos colocados por otros investigadores. Lo robusto de una ciencia se mide en relación directa con la fortaleza de sus cimientos. Todos los días comprobamos que la Teoría de la gravitación universal se cumple porque un objeto cae o porque un gramo de azúcar siempre es un gramo de azúcar cuando lo ponemos en una balanza.

Un experimentador avezado debe estar alerta a que en sus experimentos se obtengan resultados no esperados de acuerdo a la hipótesis planteada. El experimentador descuidado atribuirá estos resultados a una mala ejecución del experimento. El experimentador cuidadoso y parafraseando a Pasteur, con mente preparada, podrá distinguir una respuesta de la naturaleza que lo puede llevar a un descubrimiento. Muchos de los logros de la ciencia se deben a esta forma de contribución. Algunos pensadores llaman a este proceso serendipia y le dan gran valor en el desarrollo del conocimiento científico.

Hay detractores de estos cambios que acusan a la tecnología, uno de los productos de la ciencia, por calamidades de nuestra época. Que si la capa de ozono de la atmósfera se está afectando por culpa de los organoclorados, o que si tenemos una vida vacía y consumista, o que los frankenalimentos, etcétera.

Como ya fue mencionado anteriormente, según Bernal (1981) ciencia puede ser entendida de cinco maneras. Como el conocimiento sistematizado, el método científico, una institución en la que participamos los investigadores y científicos, un factor en el mantenimiento y desarrollo de la producción (ciencia aplicada y tecnología) y una influencia en la conformación de las opiniones y actitudes respecto al universo y al hombre. Así que quien se quiera dedicar a “hacer cien-

cia” deberá ver a esta actividad académica, como una labor profesional. Ya que en el siglo xx los científicos han pasado de ser entusiastas *amateurs* a ser empleados con una remuneración. La preparación formal de un científico toma más tiempo que el necesario para preparar a otros profesionistas.

CÓMO NACEN LAS CIENCIAS

PRIMERO hay que dar criterios para distinguir entre ciencias. Una ciencia tiene dos objetos de estudio: el objeto material y el objeto formal (Gutiérrez Sáenz, 2000). El objeto material de una ciencia designa su temática, materia, o asunto. Mientras que el objeto formal designa el aspecto especial, enfoque o estrategia que considera dentro del objeto material. Un ejemplo, el objeto material de la Ética, Sociología, Psicología y Eto-
logía es el comportamiento. El objeto formal de la Eto-
logía es el comportamiento de los animales; mientras que el de la Psicología es la construcción del pensa-
miento y los procesos mentales que explican el com-
portamiento; el de la Sociología es el comportamiento humano social, especialmente el estudio de sus orígenes, organización, instituciones, y desarrollo de las sociedades humanas; el de la Ética es el estudio de los valores de un comportamiento, es decir la bondad o maldad de los actos humanos.

Otro ejemplo, tanto la Física como la Química estudian la materia. Mientras que la Física estudia la

interacción de la energía con la materia, la Química estudia la composición, estructura, propiedades, y reacciones de la materia, especialmente a escala molecular. Ambas ciencias comparten interés en el objeto material de estudio, la materia, pero difieren en el objeto formal.

Otros ejemplos, la Psicología y la Medicina estudian al humano, una su mente y otra su cuerpo. La Veterinaria al igual que la Medicina, estudia la condición de enfermedad, cómo prevenirla o curarla, una tiene como objeto formal a los humanos y otra a los otros animales.

Aquí imagino las siguientes preguntas, ¿es lógica esta división? ¿Son diferentes los procesos patológicos en el *Homo sapiens* y en otros animales? ¿Qué llevó a que nacieran como ciencias independientes? ¿Esta división obedece a aspectos históricos de la cultura occidental? ¿De haber nacido en otra cultura, hubieran sido independientes?

La característica por la cual un sistema de explicación de la realidad es considerado ciencia, es su calidad de arquetipo universal, el que haya definido su paradigma, el modelo por el cual explica un fenómeno y no sólo eso, porque no debe ser sólo descriptiva, sino que el modelo o paradigma de una ciencia debe predecir cómo se va a comportar el fenómeno, la realidad objeto material de su interés y de cómo esta explicación y predicción se corresponden con la realidad. Esta última característica es la que permite diferenciar a la ciencia de las leyendas y mitos, y de las así pomposamente llamadas por sus partidarios, pseudociencias. Las disciplinas o ramas de una ciencia se diferencian precisamente por el objeto formal. Mientras que la Mecánica cuántica estudia la materia de lo muy

pequeño, la Termodinámica estudia las propiedades físicas de sistemas macroscópicos y su interacción con la energía, la materia de lo muy grande. Ambas son ramas de la Física.

CIENCIAS EXPERIMENTALES Y CIENCIAS RACIONALES

Por su método de estudio las ciencias son experimentales o racionales. Se entiende aquí por método al procedimiento sistematizado por medio del cual una ciencia estudia a su objeto material. Si bien Galileo en el siglo XVII dio las bases para que las ciencias experimentales se volvieran experimentales, hay aquellas en las que, por su objeto material, esto no es posible.

Ciencias experimentales son aquellas en las que se puede aislar un fenómeno y de él se estudia, una a la vez, las variables que afectan al mismo, en la intención de que al entender las influencias de cada variable, al final se puedan reunir para tratar de entender al fenómeno tal como ocurre en la naturaleza. Ejemplos de estas ciencias son la Física, Química, Medicina, Astronomía y Oceanografía.

Ciencias que no son experimentales son las Matemáticas (Álgebra, Cálculo, Geometría, Trigonometría, y otras), y la Filosofía (Metafísica, Ética y Epistemología). Su método de estudio es racional, sólo pueden ser desarrolladas por medio del razonamiento, son, sin ningún demérito, subjetivas y abstractas. Y no por ello menos útiles que las ciencias experimentales.

Otra forma de clasificación de las ciencias por su contenido y sistema de estudio las distingue en: ciencias normativas, aquellas que se interesan en normas, como la Ética; ciencias formales como las Matemáti-

cas y la Lógica; ciencias empíricas como la Química, Biología y Física; y las ciencias empíricas sociales que incluyen a la Sociología, Antropología, y Psicología.

CIENCIAS DESCRIPTIVAS Y CIENCIAS EXPERIMENTALES

Por su alcance, algunas ciencias son descriptivas, relacionan o caracterizan por descripción; conciernen a la clasificación o descripción; expresan atributos sobre el objeto material de una ciencia. El objeto formal de estas ciencias, independientemente del objeto material, es sólo describir. No intenta dar explicaciones ni teorizar sobre el objeto material. Mientras que las ciencias experimentales van más allá, proponen hipótesis sobre las causas de un fenómeno o hecho, luego desafían a la hipótesis por medio de experimentación. Con los resultados se generan relaciones matemáticas que explican el fenómeno, sobre todo generan conceptos, modelos y paradigmas y finalmente, cuando avanzadas, pueden pronosticar consecuencias.

Toda ciencia experimental o racional nació siendo descriptiva. Siempre ha sido necesario primero hacer una descripción del objeto material a estudiar. ¿Quiénes son los actores del objeto material? Si se va a estudiar el sistema solar, primero hubo que describir cómo es, qué lo forma. ¡El metabolismo de un organismo! entonces, ¿cómo es el organismo?, ¿es unicelular o multicelular?, ¿qué órganos tiene?, ¿qué enzimas posee?, ¿de qué se alimenta?, ¿qué secreta y excreta?, etcétera. O si se va a estudiar la biodiversidad de una zona marina, ¿cómo es? ¿cuál es la condición física y química del ambiente? ¿qué organismos se encuentran? Una vez hecha la descripción del objeto material, las cien-

cias experimentales y racionales proceden a buscar relaciones, qué variables influyen, y a generar conceptos, etcétera. En Medicina y Bioquímica, por la dificultad de usar humanos, se han empleado modelos animales como la rata, el ratón, el cerdo, algunos primates para experimentar. En Astronomía se han utilizado fenómenos naturales como experimentos, un eclipse, o el envío de sondas espaciales para evaluar variables, etcétera.

El problema de algunos investigadores de ciencias experimentales es que se queden en la etapa descriptiva, no se podría llamar ciencia (en el sentido moderno) a su quehacer, si no se pasa a la siguiente etapa. Y es precisamente en la etapa experimental en la que se encuentran los retos mayores y las mayores satisfacciones del trabajo de investigación realizado. Es claro que sin la descripción no se puede pasar a la experimentación, pero ciencia experimental sin experimentación, es una ciencia parapléjica. No basta decir esto ocurre o existe, hay que explicar por qué ocurre o existe y predecir qué pasará o existirá.

METACIENCIAS

Son las ciencias cuyo objeto material son las ciencias. Su objeto formal es tener ideas sobre las ideas científicas. Cuando los humanos intentan explicar o entender una realidad inmediata, por ejemplo un relámpago, teorizamos sobre el fenómeno. A este tipo de actividad le llamamos “primer nivel de teorización” dado que se refiere a la realidad inmediata. El resultado de esta actividad genera las teorizaciones del primer nivel. Cuando se trata de entender el relámpago,

un místico teorizará: ¡dios! y si es cristiano: ¡castigo! Mientras que un humano educado en ciencia teorizará: ¡electricidad o campo electromagnético!

Los humanos somos recursivos en muchas de nuestras actividades: podemos hablar sobre lenguaje o soñar que estamos soñando, o teorizar sobre nuestras teorías. Esto nos permite analizar, sistematizar, ordenar las teorizaciones de primer nivel. Entonces ya estamos en un “segundo nivel de teorización”. Ahora ya no teorizamos sobre los relámpagos, sino sobre las teorías místicas, religiosas o científicas que explican al relámpago. Cuando los científicos teorizan sobre teorías científicas, están construyendo metateorías.

La ciencia cuyo objeto material son las teorías científicas es llamada Metaciencia. Así, la Metaciencia y la Filosofía se encargan de estudiar, analizar, sistematizar y entender el valor de las ciencias. El objeto formal de la Metaciencia es teorizar sobre las teorías, el de la Filosofía es dar significado al conocimiento científico.

Carlos Ulises Moulines, en su conferencia “La Metaciencia como arte” (1999) (publicada como capítulo en “Sobre la imaginación científica” de J. Wagenberg), menciona que ya que los que estudian a las ciencias quieren hacerlo científicamente, todos están de acuerdo en que la Metaciencia es una forma de ciencia. Lo que él trató de demostrar en esa conferencia es que cuando se trabaja en el segundo nivel de teorización, se pueden aplicar una serie de categorías estéticas características de las artes. Y mencionó que es posible comprobar que algunas actividades científicas son, en un sentido profundo, muy próximas a lo que normalmente se entiende por arte, sin perder por ello su carácter científico. Un ejemplo son las Matemáticas.

Otro parecido entre las ciencias y las artes es su carácter creativo (Davis, 2000). Es interesante saber que muchos científicos competentes han tenido formación o al menos vocación por alguna de las artes. Todos hemos visto a un Einstein tocando violín.

Según Robert March, en su libro “Physics for poets” (1996), la ciencia es una actividad creativa que involucra tanto a las emociones como al intelecto, y sus mejores practicantes merecen ser llamados artistas. Aquí me surge una pregunta: ¿ayudará a aquellos con creatividad artística a ser creativos en ciencia?

La madre de todas las ciencias es la Astronomía. Gracias a observaciones de los astros, el hombre primitivo sabía cuándo migrar y poco después, cuándo sembrar. Los griegos predijeron eclipses y que la tierra era redonda y pudieron navegar guiándose por la estrella polar, al menos dentro del mar Mediterráneo.

Eratóstenes, en el siglo –III, siendo director de la Biblioteca de Alejandría, una colonia griega en Egipto, fundada por el Macedonio Alejandro el Grande, usando sencillos cálculos trigonométricos, demostró que la tierra era redonda (o casi redonda, para nuestro conocimiento actual) e incluso calculó, con una gran exactitud, la medida del diámetro de la tierra.

Eratóstenes se enteró que en la antigua Siene, hoy Aswan, al sur de Egipto (cerca de la primera catarata del Nilo), durante el solsticio de verano, el día más largo del año, una columna perpendicular al suelo no proyectaba sombra al mediodía y el sol se reflejaba en el fondo de un pozo de agua. Ambas observaciones indicaban que el sol estaba exactamente sobre las cabezas de los observadores, en el cenit. Ese mismo día, a la misma hora en Alejandría, una columna posicionada

perpendicularmente al suelo, proyectaba una sombra pronunciada. Como Eratóstenes tenía una mente preparada para cuestionar a la naturaleza, empezó a teorizar sobre el hecho, hizo analogías, pensó en qué pasaría si el mundo fuera plano, la respuesta no explicaba lo observado. La única explicación lógica fue: ¡la tierra es redonda! y es por eso que un objeto localizado en lo que hoy conocemos como el trópico y en el día en que el sol está exactamente sobre ese punto de la tierra, no proyecta sombra. Un objeto situado al norte, proyectará una sombra, cuyo ángulo será mayor mientras más al norte se encuentre. No quedó ahí su teorización. Como él estaba bien educado en matemáticas, pudo imaginar (aquí quiero decir hacer una analogía), un triángulo. Uno de sus vértices sería el centro de la tierra y dos de sus lados pasarían, uno por Alejandría y otro por el sitio al sur. El ángulo que separa a ambos lados sería el mismo que el proyectado por la sombra de una columna en Alejandría. Como trigonometrista sabía que si medía la hipotenusa, podría conocer la medida de los lados, que en este caso son el radio de la tierra. Así, solicitó se midiera la distancia entre ambos sitios y con esta medición pudo calcular el radio, el diámetro, y usando la relación π , la circunferencia terrestre.

Un ejemplo de razonamiento lógico, contrastado con la realidad y llevado a experimentación permitió, hace 23 siglos, lograr tal hazaña, producto de usar un paradigma basado en correlación entre un fenómeno y un razonamiento lógico, pero sobre todo llevado a comprobación. Varias situaciones coincidieron: una mente entrenada, conocimiento en trigonometría y un método bien llevado. Claro, para entonces ya se habían observado eclipses y se sabía que la sombra de la

tierra en la luna era redonda y que los barcos cuando se alejaban iban desapareciendo desde abajo. Los tres hechos, apoyándose entre sí, permitieron a los griegos tener un paradigma de la tierra muy cercano a la realidad (excepto porque ahora sabemos, por fotografías de la tierra, que no es exactamente esférica).

No hay actas de nacimiento de las ciencias. Pero se sabe cómo se engendraron y cómo nacieron algunas de ellas. El nacimiento de las ciencias, en el sentido que ahora le damos, el paradigma que usamos para clasificarlas como tal, se dio después del siglo XVIII. Incluso la Astronomía se instituyó como ciencia gracias a Copérnico, Kepler y Galileo, quienes dieron la pauta para que su paradigma se separara de los mitos y se buscara explicar, en términos lógicos, y en la medida de lo posible, en forma experimental.

Otras ciencias se engendraron en la misma época, la Física, Química, Medicina son algunas de ellas. Disciplinas con raíces muy antiguas pero que no tenían el componente experimental científico. Es por ello que una vez cambiado el paradigma, desarrollaron rápidamente y ahora son de las ciencias más maduras.

Otras ciencias nacieron gracias a descubrimientos realizados debido a la invención o descubrimiento de algún principio o aparato que facilitara observar o medir un fenómeno antes no accesible a los sentidos del humano.

La Microbiología nace cuando se descubren los microorganismos en el siglo XVII por Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) gracias a la invención del microscopio. La Microbiología tuvo una infancia larga, pero después su desarrollo fue rápido. Para el siglo XIX, gracias a Louis Pasteur (1822-1895), Robert Koch (1843-

1910) y otros, ya se había desarrollado el paradigma explicativo de la causa de las enfermedades infecciosas y de las fermentaciones alcohólicas.

El nacimiento de la Bioquímica sí está bien documentado. No fue hasta principios del siglo XVIII que se generó el paradigma relacionado con la existencia de elementos y moléculas y su participación en procesos químicos. Con la “Teoría celular” de los alemanes Matthias Jakob Schleiden (1804-1881) y Theodor Schwann (1810-1882), cuyo paradigma mostró que la célula es la unidad anatómica, funcional y patológica de los seres vivos, y sabiendo que dentro de la célula ocurren transformaciones químicas, y que incluso esas transformaciones seguían ocurriendo aun después de que la célula se hubiese desintegrado y perdido la capacidad de duplicarse, los investigadores interesados en ese tema empezaron a desarrollar técnicas para sus estudios.

Con el desarrollo de las investigaciones aparecieron nuevos términos, ahora ya se hablaba de fermentos (las enzimas actuales), y eventualmente nuevos conceptos: metabolismo, fotosíntesis en organismos que generan energía química a partir de energía luminosa tomada del sol, o heterotrofia para aquellos que toman energía de los alimentos, etcétera.

Estos investigadores, al separarse de la línea que venía de la Microbiología y Medicina, engendraron a la Bioquímica. Un nuevo paradigma de explicación del funcionamiento de los seres vivos, cuyo objeto formal es el estudio de las transformaciones químicas en las células, había nacido.

La Inmunología es un caso parecido al de la Bioquímica. Cuando aquellos investigadores estudiosos de la enfermedades infecciosas se dieron cuenta de

que los vertebrados poseían mecanismos fisiológicos para defenderse de los agentes infecciosos, tuvieron que diseñar metodologías que les permitieran entender estos mecanismos, acuñaron términos y conceptos como anticuerpos, inmunización, inmunidad humoral, inmunidad celular, histocompatibilidad, etcétera. Y finalmente un paradigma que les dio el derecho de llamar a su actividad Inmunología. Eventualmente, estos investigadores se dieron cuenta de que ya poseían intereses particulares entre sí y decidieron organizar sus propias reuniones científicas y agruparse en las llamadas Sociedades de Inmunología.

¿Qué pasa? Ahora estos investigadores asociados en sus respectivas sociedades ya no necesitan de otras ciencias? ¿Pueden estar al margen del desarrollo de otras ciencias?, y aun así realizar adecuadamente su trabajo científico? La respuesta es: ¡no! La diferencia es que ahora los bioquímicos y los inmunólogos tienen su propio paradigma, pero la naturaleza es una (y ciertamente muy compleja), y lo que hacemos los científicos es orientarnos en un solo enfoque o paradigma, una especie de deducción (contrario a inducción), ante la incapacidad de entender y manejar a todos los paradigmas con solvencia. Y no es extraño ver a microbiólogos hacer uso de herramientas típicamente bioquímicas o inmunológicas, para entender problemas microbiológicos, e incluso asistiendo a reuniones de bioquímicos o inmunólogos y viceversa.

Las ciencias, como ya lo vimos, por lo general nacen por gemación. Quizá una excepción sea la Biotecnología. Esta ciencia es muy peculiar, no se desarrolló de la misma manera que la Bioquímica. Agustín López-Munguía en su libro “La Biotecnología” (2000), reconoce como lo que él llama “Biotecnología tradicional” a

la actividad realizada en campos de la fermentación durante el siglo XIX. Y llama “Biotecnología moderna” a esta disciplina cuando incorpora herramientas de la Biología molecular. Sin embargo, el término Biotecnología no es acuñado hasta la segunda mitad del siglo XX. ¡Así que analicemos por qué la discrepancia!

Lo que ocurrió fue que durante la segunda mitad del siglo XX, algunos investigadores se percataron de que al hacer “uso de procesos biológicos en actividades industriales” (mi definición de Biotecnología), procesos que incluían metodologías y conceptos de varias ciencias, como la Microbiología, Bioquímica, Inmunología, e incluso Ingeniería, empezaron a generar un nuevo paradigma que fue llamado Biotecnología. Y como algunos procesos biológicos habían sido usados en forma inconsciente y empírica en la antigüedad (producción de alcohol por fermentación, conservación del valor nutritivo de la leche por preparación de quesos y yogures), a esto se le llamó Biotecnología tradicional, sin que sus practicantes hayan sido llamados, ni ellos se vieran como biotecnólogos.

Esto es parecido a llamar agrónomos y veterinarios a los primitivos hombres que en el Creciente Fértil de Asia Menor estaban, hace 12,000 años, domesticando plantas y animales útiles al humano. O científicos a los individuos que generaron conocimiento antes de Galileo, si se acepta que la ciencia nace, como la aceptamos hoy, gracias al paradigma que implantó el ilustre pisano.

El problema es semántico y analiza puntos de vista diferentes. Lo importante es saber por qué a algo le llamamos de tal manera bajo cierta circunstancia y por qué de otra manera bajo otra circunstancia. Así, López-Munguía tiene razón desde su perspectiva. Lo

que yo creo es que ya que la Biotecnología (a la que López-Munguía llama moderna) nació, no de la gemación de otra ciencia, sino que tiene varias ciencias madres, como ya hice notar antes, por lo tanto debe ser una ciencia poliploide.

¿ES LA BIOLOGÍA MOLECULAR UNA CIENCIA *PER SE*?

Raúl Ondarza (“La Biología molecular en México”. En H. Arechiga y C. Beyer. 1999. *Las ciencias naturales en México*), muestra en forma histórica cómo en las décadas de 1940 y 1950 había dos paradigmas para entender el funcionamiento de la célula a escala molecular.

Existían dos grupos, los llamados bioquímicos que estaban interesados en procesos enzimáticos y termodinámicos de catabolismo y anabolismo, usando como modelo preparaciones de células animales. Los biólogos moleculares, por su parte, se interesaron en la fisicoquímica de la estructura de macromoléculas y la transmisión de información genética usando modelos microbianos y virus.

Para entender la síntesis de proteínas, los bioquímicos buscaban la maquinaria celular responsable, mientras que los biólogos moleculares intentaban aclarar el código genético, la información contenida en los genes y los mecanismos de traducción, y uso de esta información en la síntesis de proteínas.

Los biólogos moleculares pudieron describir, gracias a la incorporación de paradigmas de la física, la estructura de los genes; el DNA, y el código genético, las palabras en las que está escrita la información genética.

Los bioquímicos describieron a las moléculas intermediarias en la síntesis de proteínas y el sitio donde esto ocurre; los ribosomas. Incluso que los aminoácidos, unidades que forman a la proteína, para incorporarse en una proteína debían ser activados por una fracción soluble de material parecido al DNA.

Los biólogos moleculares habían postulado la necesidad de una molécula adaptadora, necesaria para llevar la información desde el gen situado en el núcleo de la célula al ribosoma situado en el citoplasma celular.

El paisaje completo relacionado con la transmisión de la información genética, no se hubiera obtenido si no hubieran coincidido ambos paradigmas.

Raúl Ondarza muestra una caricatura en la que se ve a Francis Crick (biólogo molecular; 1916-) debajo de una mesa de laboratorio, buscando una rata que serviría de donador involuntario de hígado para obtener tRNA (la molécula adaptadora) y a Mahlon Hoagland (bioquímico) cuando este último se incorporó al laboratorio de Crick para demostrar que el tRNA es el responsable de llevar la información del gen al ribosoma. Una muestra de que, para entonces, no había diferencia entre Biología molecular y Bioquímica. La pregunta que ahora aparece es, ¿la hay ahora?

Analicemos los objetos materiales y formales que cada grupo dice estudiar.

El objeto material de la Bioquímica son los seres vivos, la vida. El objeto formal de la Bioquímica son las transformaciones químicas que ocurren en la célula; qué moléculas están involucradas, bajo qué reacciones se transforman entre sí, de dónde sale la energía para ello, cómo se usa la energía en la célula, cómo se enferma la célula, qué factores externos la afectan,

cómo pasa la información de qué debe hacer una célula a sus descendientes.

El *Journal of Molecular Biology* de la Editorial Academic Press delimita su competencia al estudio de organismos o de sus componentes a escala molecular, queda claro que el objeto material de la Biología molecular son los organismos, lo vivo, la vida, quedando como el objeto formal los componentes a escala molecular. Desde este punto de vista, no hay diferencia entre Bioquímica y Biología molecular, como tampoco la hay desde su etimología. Bioquímica de bios: vida y química y Biología molecular, nuevamente vida y moléculas. La conclusión es sencilla y coincide con el argumento de Ondarza.

Lo que yo he observado es que gracias al desarrollo de técnicas de Biología molecular, otras ciencias han avanzado significativamente. Este desarrollo hace que los estudiantes de posgrado y futuros investigadores vean a esta actividad como revolucionaria y gracias a su poca experiencia como un paradigma nuevo y les hace pensar que es una nueva ciencia, en un afán de sentirse pertenecer a un grupo especial. Sobre todo, porque existe la idea de que, resolviendo o entendiendo los fenómenos de transmisión de la información genética, tendremos resueltas todas las preguntas de la vida, sin considerar que la vida es mucho más que genética. Los seres vivos somos mucho más que genes. Los genes dan el *software*, pero se requiere un *hardware*, la bioquímica y ésta está modulada por su relación con el ambiente. Aquellos organismos sociales, además requieren aprender las conductas de sus antecesores, así que vida es mucho, mucho más que genes.

Si bien el concepto Genomics es un paradigma actual, ya se está bosquejando uno más avanzado llama-

do Proteomics que permitirá tener una mejor idea de los que es vida.

Sólo podrá llamarse, con todo derecho, biólogos moleculares a aquellos investigadores que estén investigando los fenómenos relacionados con la transmisión de la información genética a escala molecular y no a aquellos que sólo estén haciendo uso de las herramientas que esta actividad desarrolla que, a mi parecer, son la mayoría de los que ahora se hacen llamar biólogos moleculares.

CREATIVIDAD EN CIENCIA

UNA PREGUNTA que todo científico se hace, y por fortuna algunos han dedicado su tiempo y esfuerzo a estudiar sistemáticamente este tema, es: ¿cómo ser creativo en ciencia? Como para ser creativo hay que tener imágenes mentales de un fenómeno, y a esta actividad se le llama imaginación, hay que empezar por definir imaginación.

Imaginación es un proceso mental consciente que evoca ideas o imágenes de objetos, sucesos, relaciones, atributos, o procesos nunca antes experimentados o percibidos.

Desde el punto de vista de la Psicología, se distingue a la “imaginación pasiva”, también llamada reproductiva, por medio de la cual imágenes, originalmente percibidas por los sentidos son generadas, de la “imaginación activa”, constructiva, o creativa, por medio de la cual la mente produce imágenes de sucesos que no estén necesariamente relacionados con la realidad pasada o presente.

A la imaginación pasiva se le conoce como memoria y es diferente de la imaginación activa o verdadera imaginación. La cual sí puede generar conceptos nuevos por contraste o retomando algo del pasado. Imaginar es trascender las apariencias inmediatas.

Para explicar un fenómeno que no se apega a lo conocido y cuyas características parecen no relacionadas, hay que buscar hacer analogías, aunque para hacer analogías es necesario ser culto en la disciplina que se está trabajando, haber tenido acceso a muchas formas de explicación de fenómenos. Hacer analogías es una forma de inferencia lógica, basada en asumir que si dos cosas conocidas son similares en algunos aspectos ya conocidos, deberán serlo en otros aspectos. Un proceso en el cual los conceptos son reformados o creados en el modelo de patrones existentes.

Conocer el mayor número posible de ejemplos, es decir tener la mejor base conceptual, permite hacer combinaciones y de ahí imaginar explicaciones. Es como querer cortar un nudo gordiano (esta expresión es usada para referirse a una situación compleja que demanda una solución empleando métodos diferentes a los comúnmente utilizados, incluso drásticos o aparentemente inverosímiles).

Aquí uso el término analogía de la misma manera que Cerejido (1994) llama hacer metonimias y metáforas o deslizamientos del inconsciente, en los que los pensamientos se asocian por contigüidad. En este proceso, un pensamiento lleva a otro. En los casos afortunados este proceso se da hasta que “Eureka” encontramos una asociación de ideas que puede explicar el fenómeno que estudiamos.

Ahora la experiencia, nuestra calidad científica, dará peso específico a las diferentes asociaciones y seleccionará la que nos parezca la mejor explicación.

Por fortuna en ciencia, mi explicación debe ser “la explicación” de toda la comunidad científica, así que no basta que a mí se me ocurra, ahora debo llevarla a la comunidad y ella, sobre la base de nuevas experiencias, la desafiará y en la medida en que convincentemente explique el fenómeno y mejor todavía, que prediga otros aun no evaluados, se irá convirtiendo en “la explicación”. Este último proceso deja fuera mi subjetividad y la de otros experimentadores. Es cuando se vuelve conocimiento universal.

Todavía nos falta mucho para entender cómo se genera la imaginación científica, llamada creatividad, sobre todo porque no sabemos cómo se dan los pensamientos creativos. Lo que sí queda claro con la poca información accesible es que es un fenómeno complejo y no lineal. Puede tener bifurcaciones o incluso trabajar en paralelo. Varias ideas a la vez. Los que estudian la relación mente-cerebro tienen un gran desafío por resolver.

Hay ciertas sugerencias para buscar ser imaginativo. Ramón Margalef (1988) dice que no hay nada que estimule más la imaginación que el hecho de no tener la obligación de desarrollarla. La mente debe poder vagar libre a su antojo. No hay que forzarse. Hay que empezar por conocerse y aprender a explorar las propias cualidades y el propio talento. Imaginar debe ser algo natural como bailar, besar, o andar en bicicleta. Quizá un primer paso sea conjeturar para advertir contradicciones entre las conjeturas y los hechos. Expertos en el tema dicen que al principio se debe ser muy libre en la imaginación, quizá hasta ser un poco loco,

y paulatinamente ir acotando sobre la base de la experiencia, es decir ser disciplinado para continuar. Parece que hay que ser un poco loco para tener una buena idea, y luego disciplina para hacerla triunfar. Se cuenta que Niels Bohr (1885-1962), un día que alguien se acercó para mostrarle una teoría un tanto extraña, le respondió: su teoría es muy loca, pero me temo que no lo suficiente.

Por eso es que muchos científicos aceptan que lo primero que sienten al ser espectadores de un fenómeno es perplejidad. Maravillarse de que ciertos fenómenos puedan ocurrir y sobre todo, las condiciones en las que ocurren. Dicen que si un fenómeno no los deja perplejos, no tendrán interés en él, y por lo tanto no tendrán la vocación para intentar explicarlo. Es un tanto como ser niño, maravillarse de los fenómenos y dejarse ir en la imaginación con explicaciones. Teniendo un balance con la experiencia y conocimiento para pasar a una etapa disciplinada que dé valor, peso específico a cada una de las conjeturas y analogías consideradas. Dice Marcelino Cerejido (1994) que si la perplejidad lo asusta, entonces no tiene vocación de científico.

REQUISITOS PARA SER CIENTÍFICO

Lo más fascinante de esta actividad llamada investigación científica es diariamente poder conquistar un fragmento de nuestra ignorancia y convertirla en conocimiento.

PARA SER científico hay que ser como un extranjero, es como tratar de dejar de ser humano. Esto es, intentar ver a la naturaleza sin prejuicios, cándidamente, sin la influencia que nos da nuestra cultura, sin nuestra subjetividad. Siendo una tabla rasa: la inmaculada concepción. Como un extranjero que ve a otra cultura, y sólo observa ante la incapacidad de entender por qué ocurre lo que ocurre. Como si estuviera viendo al planeta desde fuera de él.

Con este ejercicio se puede tratar de explicar un fenómeno sólo sobre la base de lo observado y sin la influencia de creencias. Sin embargo, los estudios de psicología y antropología muestran que esto no es posible, que siempre hay una influencia de nuestro yo biológico y socio-cultural, el que interpreta lo que percibimos con nuestros sentidos. La información no pasa libre de los sentidos al cerebro, hay una interfaz biológico-socio-cultural que interpreta lo que percibimos. Por eso tenemos que ser cuidadosos. Si sabemos cómo nuestra biología y cultura afectan a nuestra visión de

la naturaleza, tengamos a la información en cuarentena. Evitemos brincar a conclusiones, sin haber razonado lo suficiente en ellas. Démonos la oportunidad de considerar varias alternativas. Es como se dice en México, “consultarlo con la almohada”. Esto es, llevarse el problema para considerarlo cuando más relajados estemos y tengamos todas las condiciones mentales para tomar una decisión.

También hay que ser escéptico, no como una forma de rechazo de cualquier evidencia o conclusión, sino conociendo las limitaciones del método científico y de nuestra capacidad de interpretar los hechos, nuestra subjetividad, pensar seriamente en nuestra evidencia o conclusión: ¿será cierto? Habrá otras posibilidades y nuevamente apoyados en la experiencia, contrastar y hasta no haber tomado todas las consideraciones a nuestro alcance, dar a conocer nuestra observación y contribución.

Para el científico es igual un tema que otro; lo que mueve a los científicos competentes son los retos, entender a la naturaleza, encontrar nuevos conceptos, definir nuevas formas de acceder al conocimiento, nuevas técnicas, hacer contribuciones significativas al estado del arte de su disciplina, no necesariamente las aplicaciones finales. En esto el científico es muy humano, ya que valora, por sobre todo, el reconocimiento de sus pares que, por ser iguales a él, su opinión sobre la contribución de uno es tan importante como el descubrimiento mismo.

En ciencia no basta con tener una idea buena, hay que demostrarse a uno mismo que lo es. Y luego, sobre todo, también hay que convencer de ello a los demás, a los pares o a la comunidad. Porque hay que ad-

mitir esto: ciencia es lo que la comunidad de científicos competentes dice que es.

Feibeldman (1993) sostiene que cuando demostramos a otros la importancia de nuestra investigación, a la vez estamos convenciéndonos de la importancia de la idea y del proyecto de investigación que tratamos de desarrollar. Porque ahora ya no es nuestra idea, es la idea de la comunidad, debido a que pasó por el escrutinio de los expertos y ahora ha adquirido el derecho de desarrollarse.

¿CUÁL ES LA PARTICIPACIÓN DE UN ESTUDIANTE DE POSGRADO EN EL HACER CIENCIA?

LA CIENCIA, desde que se llama ciencia, en el sentido que ahora le damos, se ha hecho de una manera particular. Un individuo educado formalmente en esta actividad decide en qué tema hará su contribución a la ciencia. Para lograrlo requiere de facilidades y es por ello que a partir de la segunda mitad del siglo XIX, la mayoría busca contratarse en una institución de investigación: una universidad, centro o instituto de investigación o incluso en una empresa que tenga un departamento de investigación y desarrollo. Se vuelve un empleado, por lo que devenga un salario. Hay excepciones, algunos investigadores obtienen facilidades de una universidad y ellos deben lograr, dentro del presupuesto para hacer la investigación, un presupuesto para sus honorarios. ¡Bien!

Ya perteneciendo al personal de la institución, ahora debe obtener financiamiento de agencias de gobierno o privadas: instituciones, fundaciones o el sector privado directamente. Ya con las facilidades institu-

cionales y presupuesto está listo para iniciar una investigación.

Aquí se da uno de los fenómenos más tradicionales de la ciencia e incluso de las artes. Para hacer la ciencia, un investigador necesita un técnico que le maneje el laboratorio y otros profesionistas que ayuden a hacer la investigación. Es aquí donde entran los estudiantes a la obra. Estos profesionistas generalmente son estudiantes no graduados o graduados (posgrado). El investigador los acepta porque ellos son los que finalmente harán buena parte de la investigación y los estudiantes acceden porque con esa actividad obtendrán la experiencia y el grado que eventualmente les permitirán volverse investigadores, bajo la dirección del investigador, quien ahora se convierte en su tutor, director de tesis, profesor, o mentor. Es una condición que se ha repetido desde los talleres de los artesanos en la Edad Media y después en los artistas como escultores, pintores, fabricantes de instrumentos musicales en el Renacimiento y posteriormente en los laboratorios de los investigadores científicos.

La situación ha variado un poco, sobre todo porque ahora el aprendiz de investigador llega con un grado y sólo a buscar la aceptación de su tutor y la institución que le dará el posgrado.

En el Renacimiento, lo que ocurría era así: imaginan que están en Florencia en el año 1488 y por la puerta de un estudio de pintura se asoma un padre llevando a su hijo de trece años para presentarlo al maestro pintor Domenico Ghirlandaio, y solicitarle que lo acepte como aprendiz de pintor. Este padre se llama Ludovico Buonarroti y el incipiente pintor, Michelangelo. La idea era que el maestro aceptara de ayudante al aprendiz para que hiciera los trabajos más sencios

llos y poco a poco aprendiera los secretos de la pintura. Si bien al principio se le vería preparando las pinturas para otros más avanzados y aseando el taller, lo que ocurría era que este aprendiz, en contacto con aprendices y pintores más avanzados, iría aprendiendo cómo seleccionar tierras para hacer pinturas de variados colores, texturas, y eventualmente cómo hacer trazos y luego a pintar. Michelangelo se formó como pintor al lado y tomando experiencia de otros más avanzados, incluyendo a su maestro. Y es de la misma forma como ahora se forman los investigadores, al lado de investigadores. Al igual que un bebé que aprende a hablar, socializar, comer, higiene, y otras aptitudes y actitudes, las experiencias que permitirán a un profesionalista volverse investigador científico las adquiere al lado de su ambiente social (laboratorio, aulas, seminarios, congresos). Y al igual que un hijo tendrá muchas de las aptitudes y actitudes de sus padres y su entorno social y cultural, un joven investigador tendrá las de su tutor y su ambiente social (institución y sociedades científicas).

La imagen ha variado desde entonces, principalmente porque ahora, afortunadamente, aproximadamente el cincuenta por ciento de los aprendices son mujeres, y con tendencia a aumentar. ¡Tampoco vienen de la mano del padre! Pero lo demás es igual, llegan buscando la oportunidad de ser aceptados en un laboratorio y bajo la tutoría de un investigador ser adiestrados en los quehaceres de la ciencia.

El ahora aprendiz de brujo, si escogió bien el sitio y el tutor, se involucrará en las actividades siguiendo los pasos de otros aprendices más avanzados. En un grupo habrá el aprendiz en cuestión, supongamos intentando hacer maestría, y otros en el segundo año

de la maestría, aprendices de doctorado, e incluso pos-docs. De todos los iniciados aprenderá, desde cómo revisar bibliografía, hacer tal o cual técnica, y en los seminarios del grupo, la seriedad con la que se toma esta actividad, cómo se presentan los datos, cómo se interpretan. O cuando otro aprendiz está preparando una presentación oral o en cartel para un congreso, ¿cómo lo hace? Todo esto con la supervisión del tutor. Las preguntas cotidianas las hará a los iniciados, las importantes las llevará a las reuniones con el tutor.

Es así como se han formado los investigadores desde el Renacimiento y es como se formarán durante el siglo XXI. De manera tutorial, asesorados y supervisados por investigadores en formación avanzados y por su tutor y comité tutorial. De la misma manera que se forma un niño. Al cuidado y con un ambiente nutricional, igualmente un niño y un aprendiz de brujo irán desarrollando sus capacidades para realizar sus funciones. De la misma manera que un niño aprende el placer de leer, si en su ambiente familiar se le lee frecuentemente y tiene libros en casa al acceso del niño. Esto no ocurrirá en un niño cuyo ambiente familiar no es el adecuado y si no ve que sus padres y hermanos leen.

En el caso del aprendiz de brujo la situación es idéntica. Por eso es que el Dr. Antonio Peña Díaz en sus artículos titulados “Breve manual del estudiante del postgrado” (1997), da más importancia al tutor seleccionado que al tema o incluso a la institución. Porque si un estudiante se incorpora a un buen grupo tendrá más oportunidades de una buena preparación; pero si se incorpora a un grupo donde no se privilegie la academia, el tutor no sea productivo, use a sus estudiantes sólo como mano de obra barata, pues la oportuni-

dad del estudiante disminuye en la misma proporción. La lectura del artículo del Dr. Peña publicado en la revista *Ciencia* que edita la Academia Mexicana de Ciencias (1997. 48 [junio], 8-15) es altamente recomendable. Ya que no es prudente llegar a un posgrado con los ojos cerrados. En la edad en la que se llega a los posgrados, todavía queda mucho del romanticismo de la juventud y hay que tener cuidado. El no escoger bien puede traer serias consecuencias en el futuro investigador.

APTITUDES Y ACTITUDES

There is no real excellence in all this world which can be separated from right living.

DAVID STARR JORDAN (citado en Covey, 1989)

AFTER a clever throw in by Tostao, a simple flick of Rivelino's magic left foot was enough to send the ball soaring into the thin air of the Azteca stadium in México City. As the immaculate white object flew towards the middle of the penalty box on that hot afternoon, the colorful crowd that packed the stands slowly rose in anticipation. They roared, already celebrating, because they had seen that scene a thousand times before: the same graceful black man, dressed in blue shorts and a yellow jersey with the green 10 sewn in the back, defying logic, making fun of physics. The early celebration was warranted. As expected, Pelé floated above all Italian defenders to encounter the ball in mid air, and, with a gentle kiss of a forehead, changed its trajectory towards the net. Brazil had scored the first of its four goals in the final game of the 1970 world Cup and a whole country was about to start dancing in the streets.

Pasaje tomado de Miguel A.L. Nicolelis. 2001. *Actions from thoughts. Nature Insight.* 409: 403-407.

Lo que quiere decir Starr es que debe haber una congruencia entre la forma de vida de una persona y su actividad profesional. Hay muchos casos que ejemplifican esta aseveración. Aquí usaré de modelos a figuras públicas, a las que supongo todos o al menos muchos conocerán. A los jugadores de fútbol, el brasileño Pelé, al alemán Franz Beckenbauer y los argentinos Jorge Baldano y Diego Maradona y al boxeador Mike Tyson. Todos ellos tenían aptitudes para desarrollar su actividad deportivo-profesional en la forma que los expertos califican de excelente.

La pregunta es ¿por qué Maradona y Tyson tuvieron tantos conflictos que les llevaron a terminar sus carreras en forma prematura y sus vidas son una serie de problemas, incluso legales? ¿Por qué tanto Pelé, Baldano y Beckenbauer llegaron a ser excelentes deportistas profesionales y terminaron sus carreras con honores y el reconocimiento del público, incluso después de terminada su carrera deportiva llegaron a ser figuras públicas en política y en la iniciativa privada? ¿Por qué incluso se acepta que estos tres últimos fueron líderes dentro del terreno de juego y guiaron a sus equipos a triunfos renombrados?

Es un hecho que los cinco tenían una aptitud muy desarrollada para su actividad deportiva. No es posible saber si nacieron con la facultad, lo que sí es seguro es que trabajaron intensa e inteligentemente para manifestarla. La diferencia entre ellos era la actitud.

Pelé, Beckenbauer y Baldano son personas muy inteligentes y disciplinadas, en sus acciones se ve que si bien tienen una aptitud física de superdotados, sus actos tanto en el deporte como en la vida cotidiana están manejados por la inteligencia, el razonamiento ló-

gico y respeto por el deporte y su vida. Sus actitudes son mucho más que sus aptitudes.

Pelé fue el responsable de que su equipo en la liga brasilera, el “Santos”, pasara de ser un equipo más, a ser el mejor en su momento. Como seleccionado de Brasil fue campeón a los dieciocho años y después dos veces más. También fue responsable de que el fútbol tomara auge en USA y después fue nombrado ministro de Deporte en Brasil. Según la revista *Time*, Pelé es el mejor deportista de todos los tiempos.

Baldano es autor de libros y ahora un alto funcionario del equipo de fútbol Real Madrid, en España y, al decir de los expertos, el mejor equipo de fútbol del siglo xx de todo el mundo.

Y Beckenbauer tiene altas responsabilidades en la administración de clubes. Es el único futbolista que ha sido campeón del mundo como jugador y como entrenador de la selección de su país.

En estos tres casos se puede ver que la inteligencia, es decir la forma como se ven a sí mismos, como se preparan, como toman decisiones, supera a su aptitud deportiva. Mientras que a Maradona y a Tyson, a pesar de sus excelentes aptitudes físicas, su actitud les llevó a terminar sus carreras y a tener problemas con los organismos encargados de la regulación de sus deportes y con las leyes civiles.

Igual ocurre en ciencia, se requiere aptitud, con la que, afortunadamente, no hay que nacer, ya que se desarrolla en las aulas y en el ambiente de un grupo de investigación nutricional. Pero sobre todo se requiere una actitud: inteligencia y disciplina.

Maradona y Tyson violentaron reglas del deporte y de la sociedad, quisieron imponer sus reglas y eso no es posible, no al menos a ellos.

En ciencia tampoco esto es posible para la mayoría. No se pueden romper leyes, sólo chocar con ellas. En ciencia hay que entender las reglas y apegarse a ellas. Ha habido grandes mentes que han hecho sus propias reglas, pero ellos eran superdotados; podían ver por encima de los demás. Newton dijo que: “él podía ver sobre los demás porque estaba parado en los hombros de gigantes”. Para los no superdotados, la inmensa mayoría de nosotros, no queda otra alternativa que seguir el camino.

En ciencia no se pueden cortar caminos ni esquinas. No hay lugar para advenedizos. El trabajo diario, por años, de por vida, sistemático, disciplinado e inteligente es el que lleva a un investigador a ser un buen investigador y a un buen investigador a ser un excelente investigador. Lo dijo Thomas Alva Edison: *genius is 1% inspiration, and 99% perspiration*. En español diríamos, para ser genio se requiere 1% de inteligencia y 99% de trabajo. Así que para ser exitoso en ciencia se requiere de inteligencia y perseverancia. En la parte de inteligencia se contempla aprender las reglas y seguirlas o, por el contrario, chocar con ellas, con la frustración que ello conlleva.

Por fortuna, en ciencia no hay que ser un superdotado para ser buen científico, sólo hay que seguir las reglas establecidas. En países en desarrollo, en los que no es una tradición aceptar y respetar las reglas, los individuos se dedican a cuestionar, ¿por qué tengo que hacer esto o lo otro? Siempre con el paradigma de querer cortar camino, incluso como una forma de vida. En cambio, en los países en que los individuos tradicionalmente aceptan y siguen las reglas, ya no hay cuestionamientos, simplemente las reglas se siguen. Esos países son los llamados desarrollados.

Es una forma de vida: seguir las reglas. Aceptar que sólo el trabajo inteligente y sistemático es la única forma de lograr las metas personales y sociales. Una vez que un individuo muestra que es muy bueno siguiendo las reglas, siendo exitoso es que puede aspirar a cambiar aquellas reglas que pueden ser mejoradas.

En esos países es raro ver a advenedizos tratando de cambiar lo que no son capaces de respetar o satisfacer, el mismo sistema no los deja hacerse notar. En los países no desarrollados hay razones históricas para ser como se es, que desgraciadamente los encadena a seguir siendo de ese modo. El subdesarrollo está en cada una de las personas que habitan esos países.

Retomando la idea original, no hay forma de demostrar que se es un buen investigador si no se ha hecho una contribución significativa al conocimiento, estado del arte, de la disciplina en la que uno trabaja. La forma de medir esta contribución es, por fortuna, muy sencilla.

Así como cualquiera usa la literatura científica para saber qué se sabe y cómo se ha llegado a saber, es decir, usando la información depositada en artículos científicos, libros, y manuales, para determinar que no se sabe y hacer la investigación para que eventualmente se sepa, uno basa su estudio en investigaciones previas, incluso la forma de demostrarlo es citando esta información en los documentos que elabora, desde la preparación de la investigación, las llamadas propuestas de investigación, hasta en los documentos generados por nuestra investigación, artículos generalmente.

Nuestra información depositada en estos instrumentos de la ciencia, si es una contribución al estado del arte, será a su vez citada. Si nuestra investigación no dice nada nuevo o importante, no será citada. Es

la forma como demostramos qué tanto hemos contribuido. Esta actividad en el hacer ciencia es la más importante de todas, ya que un trabajo al ser citado por otro investigador, en un país diferente al propio, es la prueba de que ha sido leído, entendido y usado para soportar la investigación de quien lo cita. Y más importante, ha pasado a formar parte del conocimiento universal. Así el conocimiento generado por un investigador ya no es de él, ahora es de la comunidad. La cita reconoce la paternidad y a la vez la aceptación de la comunidad científica de que ahora es propiedad de la humanidad.

He oído muchas opiniones, en muy diferentes circunstancias y de muy diferentes personajes tratando de justificar por qué no seguir esta regla de la ciencia. La mayoría por personajes que no han entendido qué significa hacer ciencia. Argumentos como: ¿por qué publicar en revistas cuyo idioma oficial es diferente al que yo hablo? ¿Por qué publicar en revistas que la comunidad de investigadores competentes reconoce como las mejores y no en las locales y de poca trascendencia? ¿Por qué publicar un cierto número de artículos por unidad de tiempo? ¿Por qué si tal o cual personaje reconocido como importante, o muy importante, sólo publicó un número reducido de artículos en su vida, a mí se me pide que publique más? ¿Por qué reconocer los criterios de calidad que usa la comunidad internacional, en mi país, si esto representa una forma de imperialismo científico? ¿Por qué interesarme en que me lean investigadores de instituciones de otros países, si a mí me interesa resolver problemas de mí país?

¡Empecemos por desenredar la madeja! ¡Hagamos preguntas derivadas de los interrogantes mostrados

en el párrafo anterior! Y tratemos de hacer un análisis lógico para resolverlas. Un análisis basado en la información de los capítulos previos.

¿Existe una ciencia de un país? en el sentido de que los investigadores de ese país sólo leen documentos publicados en su país. ¿Sólo tratan temas relacionados con fenómenos que ocurren en su país? ¿Sólo publican en revistas editadas en su país? ¿No se relacionan con investigadores de otros países? ¿No usan la experiencias de estos investigadores para basar las propias? ¿No les interesan las investigaciones hechas en otros países y que pudieran tener relación con la propia? ¡La respuesta es obvia!

En el siglo XXI no se puede pensar en la ciencia de tal o cual país, ya que uno de los principales paradigmas de la ciencia es que una vez que yo demuestro un hecho que por ser mío puede ser subjetivo (ver el capítulo sobre Conocimiento), estoy obligado a ponerlo a prueba por investigadores con otra genética y cultura. Para que ellos lo analicen con su propia subjetividad, y así, entre más se haga este ejercicio, irle quitando lo subjetivo y volverlo en la medida de lo posible objetivo, es decir que, independientemente de las subjetividades de cada uno de los involucrados, encontremos lo que no es subjetivo, lo que es común a todos, el conocimiento objetivo. ¡No el mío, el de todos!

Si un investigador musulmán, ruso, joven, de un país desarrollado, de un país en el hemisferio sur llega a la misma conclusión, ya redujimos significativamente la subjetividad y tendemos a la objetividad. Por eso es que no se puede aceptar la idea de que hay la ciencia de tal o cual país. La ciencia por necesidad debe ser universal. Ésa es una de las grandes fortalezas de

la ciencia y razón de que haya llegado a tener tanto impacto en la humanidad moderna.

Aun en épocas de crisis mundiales como las grandes guerras, las contribuciones científicas de los enemigos eran aceptadas en la medida que la experimentación lo permitía. Por eso, el más grande botín al término de la Segunda Guerra Mundial no fue territorio, ni bienes materiales, sino los científicos alemanes y japoneses que los “aliados” se esforzaron por obtener.

En aquellos casos en los que se dejó creer que había una ciencia nacional, sobre todo en regímenes nacionalistas, el resultado fue desastroso. El mejor ejemplo quizá sea la Genética desarrollada en la URSS bajo la dirección de Lysenko (Trofim Denisovich; 1898-1976), amparado por Stalin. Lysenko, buscando la simpatía del Partido Comunista, desechó y desacreditó la “teoría cromosómica” de la herencia, aceptada por los genetistas del resto del mundo y postuló que la herencia podía ser modificada y que características interesantes podían ser inducidas por influencias del medio ambiente, como tratar granos con temperaturas extremas para que las futuras plantas “heredaran” características importantes para la agricultura. Pero sobre todo insistiendo en que la naturaleza seguía principios marxistas. Con lo que atrajo el apoyo del Partido y obtuvo un puesto político que le permitió manipular el pensamiento de los genetistas de la URSS y eliminar a los que no aceptaron su política científica.

De este ejemplo se deriva la necesidad de que la información científica sea universal, así cuando en algún lugar de la tierra aparezca un nuevo Lysenko y promueva cierta información obtenida tendenciosamente, el contrapeso del resto de los científicos permitirá evaluar la objetividad de la misma. Y aceptar-

la o rechazarla en función del peso de sus argumentos, de su cientificidad, y no del peso de quien argumenta.

La historia, o quizá mejor dicho a sugerencia del Dr. Alejandro López-Cortés la historiografía de la ciencia, nos muestra que la forma de hacer ciencia ha cambiado con el tiempo. Los paradigmas de interpretación cambian, lo mismo que algunos detalles de cada época. En algún momento los interesados en entender a la naturaleza con fenómenos naturales aprendían y se comunicaban en latín, aun viviendo en los sitios ahora reconocidos como Italia, Francia, o incluso en Inglaterra.

Cuando nacen las revistas científicas se dan varias tendencias. Unas tratan de publicar en un idioma que todos entiendan, mientras que otras publican en sus idiomas locales. Así la importancia y trascendencia otorgadas por la comunidad científica a una publicación descansaba sólo en la calidad y cantidad de información que en ella se presentaba.

Con el tiempo, y gracias al desarrollo científico de algunos países, las revistas que predominaban en la época eran escritas en sus idiomas. En la actualidad el idioma que prevalece es el inglés, debido al número de revistas editadas en este idioma y la cantidad y calidad de información que se publica en ellas. Aquí han jugado un papel importante las sociedades científicas de Inglaterra, USA y Canadá, que editan un buen número de estas revistas y poco después la influencia de editoras privadas y comerciales. Muchas de ellas internacionales.

En algún momento y con el desarrollo de Japón se pensó que quizá el idioma que predominaría en ciencia sería el japonés. Sin embargo, esto no ocurrió y re-

vistas originalmente editadas en japonés, ahora se editan en inglés. Lo mismo sucede en Holanda, Francia, Alemania, Italia, España y otros países. Así que no hay forma de menospreciarlo.

El idioma actual en el que se comunican los investigadores del mundo es el inglés. Esto no es un problema para investigadores que se educaron en países en los que es una costumbre que desde niños se aprendan varios idiomas, además del local. Es un inconveniente para los educados en países que no tienen esta tradición y a los que efectivamente les es difícil aceptar que hay la necesidad de comunicarse en inglés. Así que los argumentos sobre el idioma de la ciencia son subjetivos.

Además, si alguien decidiera publicar su trabajo en idiomas como el español, italiano, portugués, u otros poco hablados en el mundo, estaría condenando sus publicaciones a que sólo las leyera un número muy reducido de investigadores en el mundo, los que las pudieran entender. Con lo que el proceso de hacer una información conocimiento universal se vería seriamente limitado. Quizá a un grado tal que nunca llegue a serlo.

Todo este capítulo estuvo preparando el camino para llegar a un aspecto importante en el desempeño que una persona tiene en las actividades que va a emprender y realizar. La forma como todo individuo ve al mundo, y sobre todo como se ve a sí mismo. Hablo de percepciones, de cómo vemos al mundo pero más importante qué lentes, qué paradigmas usamos para ver al mundo. Nuestros paradigmas de interpretación de la realidad.

Un ejemplo de a qué me refiero: la mayoría de las personas cuando ven una luz roja en una esquina de

tráfico de automotores, ya ni lo piensa, su reacción inconsciente es detenerse. Su paradigma de percepción le indica que la luz roja significa que hay que detenerse. Una persona que ha vivido ajena a esta forma de cultura, seguro que verá la luz roja, sin embargo para ella no hay ningún mensaje en esa señal. Es como leer; los que han aprendido a hacerlo ven, en signos escritos, mensajes. Aquellos que no aprendieron a leer verán los signos; pero éstos no tendrán significado. Ambos ven los signos, pero sus percepciones son diferentes. Uno tiene un lente, un paradigma para percibir llamado educación, de la cual carece el otro. Por eso Covey (1989) dice que: “los humanos no vemos a la realidad como es, sino como nosotros somos”. Y así es para toda situación, para hacer ciencia o incluso para situaciones cotidianas. De tal manera que si queremos ser científicos debemos adquirir el paradigma que nos permita ver como científicos.

Por fortuna lo que trataré a continuación no sólo se aplica a hacer ciencia, sino a cualquier situación de la vida de un humano: a relacionarse social, sentimental, o laboralmente, a buscar ser más eficiente laboralmente, pero también social y familiarmente. Porque como dice el pensamiento que inicia este capítulo: no hay excelencia separada de una manera correcta de vida. Se requiere congruencia entre todas las acciones de un humano para que pueda ser eficiente en cada situación.

La siguiente parte de este capítulo está basada en varias obras generadas por la Escuela de Liderazgo del Dr. Stephen R. Covey.

ÉTICA DE LA PERSONALIDAD Y ÉTICA DEL CARÁCTER

Hay dos formas como la humanidad, bueno, la parte que vive en países demócratas y con libertades individuales, ha percibido la excelencia en el individuo. Las podemos distinguir por su nombre y sobre todo por los paradigmas en los que se basan. La Ética de la personalidad y la Ética del carácter.

La Ética de la personalidad tiene dos corrientes principales: aquella que lleva a la escuela de técnicas para manejo de relaciones humanas y relaciones públicas y la otra, la técnica de la actitud mental positiva. Ésta se basa en principios como “Tu actitud determina tu altitud” y “Cualquier cosa que la mente humana pueda concebir y creer puede ser lograda”.

El paradigma de la Ética de la personalidad es de corriente conductista, incluso es manipulativo, ya que sugiere que se usen técnicas para hacer que otras personas aprecien a quien las usa. Propone que se aparente ser exitoso e interesado en los demás, sin serlo. Privilegia las apariencias, a la apariencia de la persona, no a las acciones de la persona. Busca dar crédito a los reflexiones en función de quien las argumenta y no de los argumentos detrás de las reflexiones. Se basa en técnicas de estrategia de poder, habilidades de oratoria, sabelotodo, y actitudes positivas. Se preocupa más por la manera como se ve el problema, que por el problema; la imagen de la persona, más que por la persona. Esta escuela es muy seguida por vendedores de autos y seguros de vida. Ha generado la idea colectiva de que hay formas fáciles y rápidas de ser exitoso, sin tener que pasar por el proceso natural de dedicación, esfuerzo y progreso que hace posible todo desarrollo. De esta forma de pensamiento se derivan acti-

tudes como la de poder bajar de peso en unas semanas, o tener cuerpo de atleta con tal o cual tratamiento, incluso alguna que ha permeado sociedades como el “wealth without work” (www) que caracteriza a las generaciones basadas en principios como: “fast-food, drive thru, immediate gratification, short-term thinking, recycled ideas, shallow self-importance, self-absorbed, and void of inspiration”.

La Ética del carácter como paradigma de éxito se preocupa por situaciones como integridad, moderación, humildad, fidelidad, coraje, justicia, paciencia, industriosisdad, simplicidad, tenacidad, modestia y en integrar estos principios y hábitos muy dentro de la persona. Cultiva la idea de que hay principios básicos de vivir eficientemente y de que las personas sólo pueden experimentar el éxito verdadero y sustentar la felicidad si logran integrar estos principios en su carácter. Que si algo bueno se logrará, será en la medida en que haya congruencia entre el carácter de la persona y sus acciones.

La Ética del carácter da cierto valor a razonamientos derivados de la Ética de la personalidad, aunque en forma secundaria, ya que esta última sola no puede soportar el éxito permanente, debido a que eventualmente será obvio que sólo se buscaba satisfacer las apariencias.

La Ética del carácter se basa en el “Principio de la cosecha”. Es ridículo esperar que quien no limpió el campo de cultivo al inicio de la primavera, sembró, dio condiciones adecuadas de agua y fertilizantes, eliminó maleza, y trabajó todos los aspectos del cultivo, y fue displicente, llegue al término del verano y ahora pretenda recoger la cosecha. El cultivo es un principio natural. El precio de cultivar debe ser pagado y

el proceso de cultivo seguido. Por eso dice el proverbio: “sólo puedes esperar cosechar lo que sembraste”. En ciencia se diría: “si no pagas el precio, día a día, nunca lograrás la destreza y maestría en tu tema de estudio, ni desarrollarás una mente educada”. Este principio es asimismo verdadero en comportamiento humano y en relaciones humanas, ya que éstos también siguen el principio natural de la cosecha.

Quienes decidan seguir la Ética de la personalidad podrán, en situaciones de corto plazo, ser exitosos, sin embargo, a largo plazo, cuando haya pasado suficiente tiempo como para que se presenten todo tipo de desafíos, al no haber una integridad profunda y carácter fundamental, eventualmente se manifestarán los verdaderos motivos y el fracaso y la frustración sustituirán al éxito de corto plazo. Lo que le pasó a Maradona y a Tyson.

El carácter es el que finalmente se comunica más elocuentemente. Esto aplica no sólo a los científicos, sino también a los amigos, cónyuges, socios, hijos, padres y hermanos. Porque aunque una persona con fuerza de carácter no tenga habilidades para comunicarse, sus fallas por esta razón serán secundarias, cuando por encima de las palabras, las acciones se muestren. Lo que comunica mejor es: ¡quiénes somos! más que lo que decimos. “En las manos de cada uno de nosotros está el maravilloso poder para el bien o el mal, la silenciosa, inconsciente, y invisible influencia de nuestra vida. Esto es simplemente el constante reflejo de lo que cada uno realmente es, y no lo que pretende ser”. (William George Jordan, citado en Covey, 1989).

CAMBIO DE PARADIGMA

Para ser exitoso en ciencia es necesario tener el paradigma correcto. Y si no se tiene, hay que cambiarlo. Como paradigma me voy a referir a la manera de vernos y a lo que esperamos de nuestro esfuerzo en iniciarnos en una carrera académica.

Si lo que queremos es hacer ciencia, buena ciencia, entonces tenemos que tener el paradigma de la buena ciencia. Si se tiene una idea errónea de lo que significa hacer ciencia, entonces se haga lo que se haga, se hará mal. El paradigma será el faro guía, que incluso en noches tormentosas y de dudas nos dirá hacia dónde ir. Si nuestro faro está mal identificado, inevitablemente llegaremos a un lugar al que no queríamos ir. Si seguimos el faro erróneo, al darnos cuenta que vamos hacia un lugar equivocado, podemos trabajar en mejorar nuestro esfuerzo, tratar con más ahínco, dedicar más tiempo, hacer lo que hacemos más rápido, pero el esfuerzo sólo hará que lleguemos al lugar equivocado más rápidamente. También se puede trabajar en la actitud, pensar más positivamente, decirnos: sé que lo lograré, yo puedo. Aun así no se llegará al lugar correcto. El problema es que se ha seleccionado el faro erróneo. Tanto actitud como esfuerzo son útiles sólo si se tiene el paradigma correcto.

¿Cómo escoger el paradigma correcto? Ésa es una pregunta que todo interesado en hacer una carrera académica debe formularse antes de iniciar el camino.

Un ejemplo de cambio de paradigma dramático es aquel al que se sometieron los empedernidos pacifistas Albert Einstein (1879-1955) y Bertrand Russell (1872-1970) cuando, estando conscientes de que la Alemania de Hitler invadiría toda Europa si no se le de-

tenía, apoyaron la defensa y ataque contra el Eje Berlín-Roma-Tokio. Y ambos coincidieron en afirmar que de haber sido más jóvenes, ellos mismos habrían luchado personalmente. En el ejemplo se puede ver cómo una circunstancia nueva puede o debe inducir un cambio en la forma de percibir a la naturaleza, y cómo, para ajustarnos a esta nueva información, es necesario un cambio de paradigma.

Nada más dramático que tener que cambiar de ser pacifista a apoyar una guerra, pero nos permite ver cómo los humanos frecuentemente tenemos que estar atentos a las circunstancias para ajustarnos a nuevas realidades. Esto es tan cierto en ciencia como en política, economía y en situaciones de la vida cotidiana.

Por fortuna, en ciencia y en la formación de nuevos científicos hay una gran herramienta que sirve de guía. Esta guía es la formación tutorial. Es por eso que Peña Díaz (1997) reconoce que lo más importante en las prioridades de un profesionista que decide hacer carrera científica por medio de obtener posgrados, es escoger inteligentemente al tutor. Si el tutor es un investigador competente, enseñará a sus estudiantes a serlo. Si no, les enseñará cualquier cosa pero no lo necesario y menos los suficiente.

Ya vimos en un capítulo anterior que los estudiantes tienden a ser como sus mentores. Lo dice el *motto* de la Universidad de Amsterdam: “culture comes with the mother’s milk”. Lo que para este libro se interpreta como: “la habilidad en hacer ciencia se mama”. También Feibelman (1994) en su libro “A Ph.D. is not enough” dice: “Focus on being reflective and rational rather than naive or romantic about key decisions in scientific life”.

Un investigador que basa su actuación en el paradigma de la Ética del carácter, lo hace en principios, que deben ser universalmente aceptados. Afortunadamente, esto es más sencillo en ciencia que en otras actividades humanas, como la convivencia entre países, o la política.

Estos principios se basan en un pensamiento de Galileo, quien dijo “La ciencia sólo conoce un mandamiento: contribuir a la ciencia”. Quiere decir que un hombre de ciencia sólo debe seguir principios que permitan o garanticen que su labor se enfoque en hacer una contribución científica. Para que esto ocurra deben existir ciertas condiciones: que no haya sumisión del pensamiento científico a pensamientos políticos, religiosos, de intereses de clases o de grupos. Así, principios universales como la honestidad, integridad, perseverancia, creatividad, dignidad, justicia, paciencia son adecuados para incorporar en la forma de vida de un científico.

Uno de los principios básicos de la ciencia es la confianza. Confianza en que la información que un científico propone ante la comunidad está hecha de *bona fide* (buena fe) y siguiendo las reglas de científicidad del momento. Ya hemos visto que la forma de hacer ciencia ha cambiado con el tiempo y, por lo tanto, los criterios para aceptar algo como científico o derivado de esta forma, de este paradigma de interpretación de la naturaleza. Por lo que un científico deberá estar al tanto de hacia dónde se mueven los conceptos de científicidad.

La confianza en que lo que está escrito en un artículo científico sigue estos principios y es la base de la ciencia actual. No es posible saber si un investigador generó escrupulosamente los datos en los que basa

sus conclusiones o si los inventó o copió. Los revisores de las revistas científicas sólo pueden determinar si los datos son posibles de obtener con las técnicas usadas, si son coherentes, si se apegan a los paradigmas aceptados en ese momento y si con esa información se puede llegar a esas conclusiones. Porque los científicos trabajamos dentro de un paradigma, un tejido teórico, e interpretamos las evidencias a la luz de esta red.

Así que se confía en la buena fe de los autores. Si esta información fue obtenida en forma fraudulenta no es posible detectarlo durante la revisión para la publicación de un artículo. Si la información no es correcta, los científicos que basen su investigación en esta información eventualmente lo detectarán, y simplemente no citarán o al citar mencionarán que la información publicada por cierto investigador no es correcta. La ciencia no es dañada por esta actitud irresponsable de ciertos investigadores, porque esa información jamás se incorporará al cuerpo del conocimiento. Pero sí daña a quien usó la información para apoyar su propia investigación y a la credibilidad de la comunidad. Por eso los fraudes en ciencia deben ser severamente castigados.

La honestidad es por lo tanto un principio en que los científicos deben basar su comportamiento. Así que si un científico busca que confíen en su trabajo, él deberá ser confiable. Por lo que, si lo que persigue es reconocimiento a su talento, debe enfocarse primeramente en buscar la grandeza del carácter. Es lo que se conoce como el “enfoque de adentro hacia afuera” (*the inside-out approach*), que dice que “las victorias privadas deben preceder a las victorias públicas”. Ésta es una forma de pensamiento que Albert Einstein citó

al expresar: “Los problemas importantes que afrontamos no serán resueltos en el mismo nivel de pensamiento en el que nos encontrábamos cuando los creamos”.

El enfocarse de dentro hacia afuera es un cambio de paradigma que no es fácil de lograr, principalmente porque nuestras sociedades están fuertemente condicionadas por el impacto de la corriente social de la Ética de la personalidad. Desde los tratamientos mágicos para bajar de peso o tener cuerpo atlético sin esfuerzo, hasta la admiración por personalidades populares pero intrínsecamente vacías. Pero el estudio hecho a personas realmente exitosas, muestra que ellas tienen principios en los que fundamentan su actuar. Para reconocer y desarrollar estos principios y para usarlos para satisfacer nuestras preocupaciones, necesitamos pensar diferente, cambiar nuestros paradigmas a un nivel en el que nuestro actuar dependa de nosotros, venga de adentro. Ser lo que hacemos repetidamente, de tal manera que la excelencia no sea un acto, sino un hábito.

El carácter está básicamente compuesto de hábitos. Y los hábitos son factores poderosos de nuestras vidas, porque son patrones constantes e incluso inconscientes, que expresan nuestro carácter y permiten que seamos eficientes o no. Los hábitos —tanto los buenos como los malos— se crean con tiempo, mucho tiempo. Y también es posible desecharlos y cambiarlos. No somos presa de la fatalidad; podemos crearlos cuando nos conviene y deshacernos de ellos cuando nos percatamos de que no nos son útiles. Lo que también es cierto es que este proceso toma tiempo. No hay recetas de reparación rápida (*quick fix*). Requiere de un

proceso y de un tremendo compromiso. Se necesita mucha energía para eliminar hábitos negativos.

Para simplificar, definiremos hábitos como la intersección o el traslape entre conocimiento, habilidad y deseo. El conocimiento es el paradigma teórico; ¿qué hacer y por qué? Habilidad es cómo hacerlo. Y deseo es la motivación, el querer hacerlo. Para ganar un hábito deseable o eliminar uno indeseable, se tienen que tocar las tres partes.

Este enfoque no es una pieza aislada o una fórmula, sino que trabaja en forma secuencial, reforzada, e integral para lograr pasar de un científico dependiente, cuando estudiante, a uno independiente, cuando graduado, y todavía a otro nivel superior; el de interdependencia cuando se tiene que colaborar con otros científicos. Durante este desarrollo se debe ganar madurez mental, intelectual emocional y financiera.

La interdependencia es la forma más productiva y eficiente de trabajar. En el continuo de la maduración se pasa de la dependencia del “tú” —tú dirígeme, tú provéeme—, a la independencia del “yo” —yo puedo hacerlo, yo soy responsable, yo soy confiable—, a la interdependencia del “nosotros”. En este paradigma, investigadores independientes combinan sus esfuerzos, talentos, y habilidades con los de otros investigadores independientes para plantearse problemas científicos muy grandes, imposibles de abordar individualmente.

Es por esta razón que este libro trata el tema del comportamiento y las relaciones humanas, en el que hacer científico. Porque la ciencia está hecha por humanos y porque sus comportamientos afectan a la actividad. No es ocioso el tema, sino que va directo a un aspecto que puede hacer o no exitosa la actividad de

un investigador y, sobre todo, al alcance que ésta puede tener.

Por alguna razón que no he llegado a entender, en países con poca tradición en ciencia, los doctores recién formados tienden a creer que la independencia es el máximo logro de un científico cuando, si bien es necesaria, no es lo supremo.

La Ética de la personalidad da el máximo valor a la independencia, mientras que la Ética del carácter lo da a la interdependencia. El valor de la independencia radica en que nos debe llevar a actuar, tomar nosotros la responsabilidad en lugar de que dejemos la responsabilidad en las circunstancias. La interdependencia, por su parte, es una forma más madura y avanzada de comportamiento, porque permite lograr más que lo mejor que uno solo podría. Por otro lado y quizá aquí esté la razón de la idea de que: Dr. = independencia = éxito, porque la interdependencia es sólo una opción para investigadores realmente independientes. Y para lograrlo se requiere pensar de dentro hacia afuera (*self-mastering*). Éstas son las “victorias privadas” a las que nos referíamos anteriormente.

Una vez que se ha logrado la independencia, esto es la obtención del doctorado, contratarse en alguna institución, obtener financiamiento para hacer investigación y necesariamente haber hecho un número significativo de contribuciones al estado del arte del tema de investigación abordado, se ha obtenido el fundamento para una interdependencia efectiva. Se habrá formado el carácter para trabajar eficientemente hacia “victorias públicas” de trabajo de grupo, cooperaciones y comunicación intergrupales.

Para lograr una relación interdependiente efectiva se requiere conocer y manejar varios aspectos de nuestro comportamiento.

Para pasar de la dependencia a la independencia es necesario desarrollar la capacidad de ser proactivo, tener muy bien definida la meta, y saber priorizar. Con esto se puede llegar a ser independiente.

Para pasar al nivel de interdependencia, ahora se requiere tener una mentalidad de todos ganan (*win-win*), saber que para aspirar a ser entendidos, primero tenemos que buscar entender a nuestros problemas y a nuestros interlocutores, y saber sinergizar con nuestros colaboradores.

Proactivo significa tratar de adelantarse a las circunstancias y predecir qué podría pasar para tener las condiciones favorables. Es lo contrario a ser reactivo.

Una persona reactiva responde cuando algo ya pasó y siempre va detrás de las circunstancias y por mucho que corra, siempre irá detrás. La persona proactiva está atenta a las tendencias y toma decisiones para que las circunstancias lo afecten lo menos posible.

En el cuento de la cigarra y las hormigas, las hormigas son proactivas, trabajan en verano para almacenar víveres para soportar lo mejor posible el invierno. Obviamente la cigarra es reactiva, no es hasta que llega el invierno que se da cuenta de que debe hacer algo, cuando ya es tarde para hacerlo. La moraleja de esta fábula es que es mejor ser proactivo que reactivo.

Una forma para saber cómo somos es tratar de apartarnos de nosotros mismos, tratar de vernos desde fuera, como si fuéramos otro y de esta manera analizar nuestro actuar. Ésta es una habilidad a la que sólo podemos aspirar los humanos. Es la misma razón por la que podemos evaluar y aprender de la experiencia de

otros y de la nuestra y la razón por la que podemos hacer y romper hábitos. Podemos percatarnos de que nosotros no somos nuestros sentimientos, ni nuestro estado de ánimo, ni siquiera nuestros pensamientos. Porque al poder separarnos de ellos y examinarlos, reconocer incluso la manera como los vemos, nuestro paradigma, nos permite cambiarlos, modificarlos para hacer lo que la inteligencia nos indica. Podemos afectar nuestras actitudes y comportamiento, incluso nuestra ética, al entender los juicios de valor detrás de cada comportamiento. Nos podemos volver más eficientes y, lo mejor, hacer eficiente la forma como vemos a otros. Ser tolerantes, una característica de los hombres libres y democráticos.

Ser proactivo significa más que simplemente tener iniciativa. Implica ser responsable de nuestra propia vida; que nuestro comportamiento es función de nuestras decisiones y no de las condiciones; que podemos subordinar sentimientos a valores; que tenemos la responsabilidad de hacer que las cosas pasen. Responsabilidad, que viene de “habilidad de responder”, la habilidad de escoger la respuesta, de no culpar de lo que pasa a las circunstancias o condiciones. Las personas reactivas son presas de las circunstancias y el ambiente. Si las cosas van bien, a ellos les va bien y también lo contrario.

La habilidad de subordinar un impulso a un valor es esencial en una persona proactiva, los reactivos son manejados por sentimientos. Los proactivos son manejados por valores. Hay tres valores centrales en la vida de una persona: las experiencias, lo que nos sucede; lo creativo, lo que podemos hacer que ocurra o tenga existencia; y la actitud, cómo respondemos, sobre todo ante circunstancias difíciles, como en una

enfermedad terminal. El valor más alto es la actitud. Lo que nos lleva a entender que lo más importante es cómo respondemos a nuestras experiencias. Si nos hacemos responsables de nuestra vida personal y profesional o si sólo nos conformamos y aceptamos lo que nuestra vida nos da.

Buena parte de nuestro paradigma de comportamiento está definido por nuestro lenguaje. Escuchémonos y entendámonos. Si el lenguaje es: es tan difícil; no hay nada que yo pueda hacer; es la manera en que soy; los otros no hacen lo que debieran; la vida, el gobierno, la sociedad, mi institución no lo permite; no puedo hacer más; debería; si las circunstancias fueran diferentes; etcétera, ésta es una persona reactiva. En cambio si el lenguaje es: ¡es difícil, pero veamos qué alternativas hay!; ¡busquemos otro enfoque!; ¡controlemos nuestros sentimientos!; ¡es mi responsabilidad!; ¡yo puedo escoger la respuesta correcta!; ¡yo decido!; ¡yo prefiero!; ¡entendamos la circunstancia o a la persona antes de pretender darnos a entender!; ¡no juzguemos hasta tener la mayor información posible!, ésta es una persona proactiva.

Las personas reactivas son deterministas, fatalistas, y buscan evidencias, coartadas, disculpas, justificaciones para demostrar por qué ellos no hacen lo que debieran. Se consideran víctimas y sin control de las circunstancias y de su destino. Los proactivos son inteligentes y buscan hacer lo necesario para no ser presas del destino, sino tomar la responsabilidad de su destino.

Cada vez que alguien piensa que el problema está allá, en otros, esa forma de pensamiento es el problema. Mientras que si el paradigma es yo, de adentro hacia afuera: yo puedo ser diferente, más diligente, tener

más recursos imaginativos, más creativo, cooperativo, estamos caminando el camino de la proactividad.

Para ser proactivo hay que tener muy claro qué queremos. Tener el fin, la meta en la mente. Por eso se dice: “Your goal should be out of reach, but noy out of your sight”. Tu meta puede estar fuera de tu alcance, pero no debe estar fuera de tu intención.

Si se sabe qué se debe hacer, aun no pudiendo hacerlo, al menos se puede trabajar en generar las condiciones para que algún día sea posible, incluso por otros, nuestros colaboradores, estudiantes o descendientes. Mientras que al no saber qué hacer, se hace lo que sea. Este paradigma ha hecho que los países desarrollados se hayan visualizado desde su principio y avancen hacia su meta, mientras que los no desarrollados, al no tener la meta en la mente, sólo reaccionan ante las circunstancias, se va hacia donde se puede, no hacia donde se debiera. Por eso en estos países y sus instituciones es más importante la administración que la meta. Se pretende que se hagan las cosas correctamente, siguiendo escrupulosamente las reglas y leyes. Mientras que los desarrollados y proactivos buscan hacer lo que se debe hacer y hasta después que se haga correctamente.

Es la misma diferencia que entre manejo y liderazgo. En el paradigma del manejo, la administración, lo bueno es: “hacer correctamente las cosas”, mientras que en un paradigma basado en liderazgo y proactividad, lo bueno es: “hacer las cosas correctas”.

Un ejemplo para evidenciar esta diferencia de paradigmas es: si un grupo de investigación fueran abridores de brecha en una selva, los miembros del grupo serían los macheteros, los que resuelven los problemas, los que necesitan creatividad ante cada nuevo

reto. Los administradores, los *managers* serían los que van detrás, afilando machetes, haciendo manuales para realizar las actividades correctamente, organizando políticas de desarrollo de programas para evaluar el avance (número de metros desmontados por unidad de tiempo), buscando transferir la tecnología desarrollada, buscando mostrar a la sociedad lo útil que es desmontar, organizando programas para dar estímulos a los cortadores más eficientes, garantizando que todo vaya bien. Mientras que los líderes serían los que van delante de los macheteros y tienen la capacidad de subir a los árboles para definir hacia dónde seguir.

En los grupos, instituciones, sociedades y países desarrollados, se da más valor a los líderes que a los administradores. En los subdesarrollados se da más valor a los administradores. Porque mientras los administradores pueden decir si se está avanzando a una velocidad adecuada, los líderes son los únicos que pueden decir si se está avanzando en la dirección correcta o incluso si se está en la selva correcta. Liderazgo y manejo son necesarios, sin embargo ningún éxito en la administración puede compensar una falla en el liderazgo.

El liderazgo personal, la dirección de cada uno, no es una experiencia singular, no empieza y termina escribiendo un compromiso de misión personal. Es el proceso de mantener la visión y los valores antes que a uno y alinear la vida de uno para que sea congruente con las cosas importantes. Armonizar todas las actividades de nuestra vida. Lo que no hicieron Maradona ni Tyson.

Una meta se debe enfocar principalmente en los resultados, no en la actividad. Los administradores se enfocan en la actividad, los líderes en los resulta-

dos. Los eficientes, en el liderazgo apoyado en el manejo.

Las cosas importantes jamás deberían estar a merced de las no importantes.

Manejo o administración son necesarios para mantener el control de las actividades. En el continuo de la maduración, primero debe buscarse ser buen administrador y después desarrollar la capacidad de liderazgo.

El liderazgo es principalmente una actividad de la parte derecha del cerebro, el hemisferio creativo, es más un arte, basado en un paradigma, una filosofía. Para definir esta filosofía, uno debe hacerse preguntas trascendentales, finales, medulares, que demanden toda una vida. Una vez definida esta filosofía de maduración, el manejo, la administración determina la calidad y a veces la misma existencia de la filosofía o paradigma de comportamiento. Permite analizar y determinar la secuencia, la aplicación específica de la filosofía.

El manejo es una actividad del hemisferio izquierdo del cerebro. Una persona proactiva “maneja, administra con el izquierdo y lidera con el derecho”. El administrador eficiente es quien pone las cosas importantes en primer lugar. Manejo es disciplina (que viene del francés antiguo *disciple*, del latín *discipulus*, alumno y del *discere*, aprender), discípulo de una filosofía, discípulo de un conjunto de principios y valores, de una meta, un propósito, de superordinar (contrario a subordinar) una meta a otros intereses. Un buen manejador subordina estados de ánimo, sentimientos, y gustos

personales a la meta. Un buen manejador primero se maneja a sí mismo y a su libre albedrío, es discípulo, seguidor de sus valores y principios.

Quienes han estudiado el comportamiento de las personas exitosas, encuentran que éstas comparten una cualidad; no es el trabajo arduo, ni la suerte, o las relaciones personales, a pesar de que éstas son importantes, sino la capacidad de priorizar, de poner en primer lugar las cosas importantes (*first things first*). Incluso, a pesar de a veces no tener ganas de hacerlo y en contra de su deseo primario, subordinan su deseo y gusto a la fuerza de la meta, los resultados.

La máxima de los *managers* es: “Organiza y ejecuta en función de prioridades”. Ya que la satisfacción o evaluación positiva de una acción son función de lo que se espera obtener, tanto como de lo realizado, el manejo debe basarse en el balance entre productividad y capacidad de producción.

Lo urgente no deja tiempo, energía, ánimo para lo importante; lo urgente mata a lo importante.

Una forma para definir qué es importante, lo que hay que atender primero y distinguirlo de lo urgente, no necesariamente lo importante, es que lo urgente requiere atención inmediata. Por lo general son cosas visibles que nos presionan a actuar, pero no importantes. Importante, por lo contrario, es algo que tiene que ver con resultados; algo importante es aquello que tiene que ver o contribuye a la misión, los principios y valores, y a llegar a la meta. Para lo urgente, sim-

plemente reaccionamos, para lo importante hay que ser proactivo, requiere iniciativa.

Debemos aprovechar la oportunidad para hacer que las cosas ocurran. Teniendo en cuenta qué es importante, se aprende a priorizar, y se puede aspirar a dejar de reaccionar a lo urgente. Lo urgente generalmente tiene que ver con prioridades y expectativas de otros, lo importante tiene que ver con prioridades y expectativas de uno.

Los proactivos, guiados por liderazgo personal no están enfocados en resolver problemas, sino en buscar oportunidades. Tienen resuelto lo básico y, por lo tanto, no los sorprenden los problemas o lo urgente. Los proactivos siguen un paradigma del “*management*” llamado principio de Pareto: 80% de los resultados vienen de 20% de las actividades. Su eficiencia viene de anticipar problemas, trabajar en las raíces del problema y tomar acciones para que no lleguen a ser crisis, pensar adelante.

Las situaciones trabajan sobre los que responden a lo urgente. Los proactivos actúan sobre las situaciones. Saben decir “no” a situaciones que no entran dentro de su programa de trabajo. Entienden que el enemigo de “lo mejor” es siempre “lo bueno o lo regular”.

La esencia del manejo efectivo es organizar y ejecutar en función de un balance de prioridades. Sólo una persona basada en paradigmas de principios y misión tienen los fundamentos necesarios para sostener estos esfuerzos.

De la misma manera que la máxima de la Arquitectura “la forma sigue a la función” se aplica a la organización personal, el manejo, la administración sigue al liderazgo. Una persona madura está basada en principios, valores y misión, y si éstos están muy arra-

gados en su mente y deseo, no le será difícil distinguir entre urgente e importante. La respuesta está no en priorizar lo que figura en la agenda, sino en poner allí las prioridades. Y en ser flexible para que su agenda sea una herramienta no una directriz.

EL BALANCE P/CP

Un aspecto importante a considerar, cuando se busca una carrera científica eficiente, es conocer y aplicar el principio del balance entre producción y capacidad de producción (P/PC).

Producción es la contribución que un investigador hace al conocimiento de su línea de investigación y capacidad de producción es la estructura y organización de su grupo, las facilidades, el talento, la creatividad, el financiamiento que permiten la producción.

Un ejemplo: si hacer ciencia fuera como invertir en la bolsa de valores, se distinguirían el capital y los intereses. Si uno agranda el capital (la capacidad de producción), los intereses (la producción) aumentarán. Pero si se retira capital, los intereses disminuirán. En ciencia, más importante que producir es generar capacidad de producción. Lo mismo aplica en las relaciones humanas que se dan en las actividades científicas. Si un investigador invierte en su carácter y en atributos como la honestidad, y son sus actos los que hablan por él, sus colaboradores confiarán en él. En cambio, cuando sólo se tiene preocupación por la productividad y no se fortalece la capacidad de producción, los resultados pueden ser muy frustrantes, cuando no se obtiene un financiamiento para un proyecto, o una promoción. Y la causa de muchos proble-

mas personales que afectan a la comunidad de la institución en la que el investigador frustrado colabora.

Un buen sistema de producción debe dar una buena productividad. El hacerse de este sistema es un indicador de estar yendo a la independencia como investigador y un requisito indispensable para la interdependencia.

El principio del balance P/CP aplica incluso en las relaciones personales. Un investigador puede presionar a un colaborador para que produzca, pero si descuida la relación humana, puede ser que llegue el día en que ese colaborador simplemente ya no lo sea. En cambio, si cuida la relación favorecerá la capacidad de producción del colaborador y del grupo, y entonces se podrá esperar que haya productividad regularmente.

Como ven, éste es otro ejemplo de que principios de comportamiento humano se aplican tanto a relaciones humanas como a la actividad científica.

Aquellos investigadores que no llegan a desarrollar la capacidad de producción, por definición no son independientes y siempre están supeditados a lo que otros puedan hacer por ellos, sufren lo que se conoce como “Síndrome del Estudiante Eterno” (SEE).

Otro problema con el balance P/CP puede ocurrir durante la formación de nuevos investigadores, durante la dirección de tesis para obtener posgrados. Si a un estudiante no se le infunde y educa para que eventualmente él desarrolle una capacidad de producción y simplemente se le usa para aumentar la productividad del tutor, en la mayoría de los casos el futuro investigador será siempre dependiente, no podrá dar el paso de dependencia a independencia. Y ni qué decir de independencia a interdependencia.

No es suficiente enseñar a producir, es indispensable que el futuro investigador aprenda a generar una capacidad de producción. Que sea independiente intelectualmente, que obtenga las facilidades para producir (un empleo, un laboratorio, financiamiento, estudiantes, técnico(s) y desarrolle una línea de investigación propia. Propia en el sentido de que pueda hacer contribuciones frecuentes y significativas.

Aquí, como en otros ejemplos, el futuro investigador no debe depender de la buena intención de su tutor, la debe exigir, y esto empieza cuando se elige al tutor. Por eso es tan importante que el estudiante no sea romántico e ingenuo al momento de elegir. La elección del tutor, la institución y el tema de investigación debe hacerse con la mayor información disponible. De esto hablaremos en otro capítulo.

EL ESTUDIANTE DE POSGRADO

*Do not confuse effort with results.
Highway to hell is paved with good intentions.
The one who goes the farthest is generally the one
who is willing to do and dare. The sure-thing boat
never gets far from the shore.*

DALE CARNEGIE

¿CÓMO ayudarse para tomar la decisión de hacer una carrera académico-científica?

Un profesional interesado en desarrollarse formalmente en una carrera académica debe saber, antes de empezar, qué hacer. Ésa es la razón de este libro. No tiene por qué llegar a ciegas.

La propia experiencia me dice que los jóvenes, quizá por su juventud, subordinan la inteligencia a los sentimientos, gustos y modas. Se preocupan más por el aquí, el ahora y lo placentero. Este enfoque, este paradigma ha llevado a muchos jóvenes profesionistas a tener a mediano plazo frustraciones y decepciones que les impiden desarrollar carreras académico-científicas adecuadas, productivas y satisfactorias, lo que es una desgracia para países que requieren más y mejores científicos. Es en una forma un desperdicio de talento, y todo porque no tuvieron una guía que les ayudara a determinar, sobre la base de conocimiento e información, qué decisiones tomar al momento de iniciar una carrera académico-científica.

Al momento de iniciar una carrera académico-científica por medio de la obtención de un posgrado, comienza no sólo la búsqueda de un grado, el documento que dice que se han satisfecho todos los requisitos para adquirirlo, sino una formación, una forma de pensamiento y comportamiento; la habilidad para realizar investigación científica siguiendo las reglas impuestas por la misma actividad. Por eso Feibelman (1993), escribió su libro “A Ph.D. is not enough. A guide to survival in science”. Y Antonio Peña Díaz (1997), sus artículos “Breve manual del estudiante del posgrado”. Porque hay ciertos aspectos que, de no ser considerados durante la toma de decisiones al iniciar una carrera científica, un posgrado, pueden hacer que una carrera inicie muerta.

Antonio Peña dice “Un postgrado implica mucho más que la obtención de un documento; una preparación y una experiencia que nos debe proporcionar armas de trabajo y colocar en condiciones muy superiores a las que nos encontramos al término de una licenciatura. El doctorado es requisito necesario, mas no suficiente, para hacer investigación, como para muchas otras cosas; no significa nada, si no hemos obtenido un avance real y una experiencia que garanticen un desempeño futuro muchísimo mejor que el adquirido en las etapas anteriores”. Por desgracia, qué hacer para hacer lo conveniente no se enseña en ningún curso de pregrado y la mayoría de los programas de posgrado y sus tutores no se preocupan por mostrarlo a los futuros estudiantes de posgrado. Quizá porque ellos mismos desconocen el problema.

La recomendación es informarse antes de tomar la decisión de qué hacer, qué programa escoger, en qué país, en qué tema, con qué tutor, y otros aspectos im-

portantes. Por fortuna, para prácticamente cualquier actividad que uno quiera iniciar, hay quienes ya se han preocupado por estudiar científicamente el tema y han expuesto su experiencia en libros y revistas. La formación de científicos no es la excepción. Hay información adecuada y suficiente para que un profesional joven adquiera y la haga el conocimiento que le permita proceder mejor, que si lo hiciera a ciegas, basado en ignorancia de la aventura que tiene delante.

Si cuando se adquiere un automóvil, se le revisa el motor, se golpean las llantas y se le pregunta al vendedor por la garantía y su cobertura; o cuando se va a invertir en bancos se busca el que dé mejores intereses y el más confiable ¿por qué no se ha de hacer lo mismo al momento de iniciar una carrera científica? ¿Por qué dejar a la suerte lo que ocurra? ¡Si de esta decisión depende qué tan bien formado estaré y qué tan bien afrontaré los problemas que se me presenten como investigador! ¡De esta decisión dependerá lo que haga el resto de mi vida! Un tiempo nada despreciable considerando que si para cuando obtenga el doctorado tendré unos 30 años y la expectativa de vida es de 75 años, seré doctor e investigador durante 45 años, más tiempo del que habré vivido para cuando obtenga el grado.

También es importante considerar que la obtención de un posgrado coincide con una etapa de la vida privada en la que hay otros intereses, como formar una pareja, una familia, buscar estabilidad económica. Circunstancias que no pocas veces se tienen que postergar en un afán de obtener el grado. Como la obtención de un doctorado puede llevar varios años, entre cinco y diez, ¡el esfuerzo debe valer la pena! Y no es aconsejable entonces dejar que su final dependa del azar.

Peña Díaz analiza varios aspectos a considerar en el momento de la decisión. Uno muy importante que se aplica tanto a los posgrados como a los pregrados (licenciaturas o *majors in College*), es hacer un análisis serio de qué se espera, qué se persigue, por qué hacerlo. Aquí, como en la modificación de los hábitos, el conocimiento, el paradigma teórico, qué hacer y por qué; la habilidad, cómo hacerlo; y el deseo, la motivación, el querer hacerlo, deben tomar el comando al momento de decidir cómo proceder.

Por lo general, el estudiante es dominado por el romanticismo, que si quiero estudiar tortugas, o que si quiero ser biólogo molecular, sin tener una idea de qué significa, cómo se logra, qué hay después.

Un estudiante debe buscar prepararse lo mejor posible, porque cuando inicia su carrera científica no tiene la menor idea de qué institución lo contratará como investigador, a qué se dedica esa institución y mucho menos si va a ser lo suficientemente independiente para obtener las facilidades que demanda tal o cual tema de investigación. Si se prepara bien, entonces podrá abordar cualquier tema con solvencia, independientemente de las circunstancias que prevalezcan cuando ya sea investigador.

Se requiere también eso que llamamos vocación, que implica tener un gusto y entusiasmo, elementales para un buen desempeño en los estudios o en cualquier otra actividad; un estudiante que decida hacer estudios de posgrado para otros fines, que no sean los académicos, corre el riesgo de abandonarlos, descuidarlos, o simplemente, tomarlos con una actitud y desempeño mediocres, que de todas formas, aun si los termina, no le servirán de gran cosa.

Entre los factores a analizar están los académicos, pero también los personales. Si un estudiante comienza una carrera científica creyendo que obtendrá gran remuneración económica por su trabajo, ya está iniciando mal su formación.

La carrera científica por lo general es para personas con gran creatividad, que no gustan de lo rutinario que, basadas en una excelente preparación académica, pueden seguir haciendo preguntas como infantes, y buscando encontrar las causas en los fenómenos naturales.

En los países en desarrollo se ha generado la idea de que al obtener el doctorado ya se llegó a la meta, siendo que en realidad, es apenas el inicio de un camino largo y sinuoso. En la mente de los estudiantes de posgrado de estos países no se da un grado, se invierte a un doctor.

En los países en desarrollo no se acostumbra planear la vida; se toman muchas decisiones irreflexivas que llevan luego, lógicamente, al desencanto en lo que hacemos. Debemos, por principio, hacer un examen de nosotros mismos, para ver si tenemos la decisión, el gusto, la capacidad para el trabajo intenso, la disciplina y la preparación previas que se requieran en el área que hayamos seleccionado. Buscar ver qué hacen, qué cualidades y habilidades tienen los científicos competentes, y atención, en los países en desarrollo no hay muchos de ellos.

Por ejemplo, la institución en la que colaboro tiene 120 empleados cuyos contratos incluyen la palabra investigador, desde los asociados a los titulares. La productividad de la institución descansa en sólo 20 investigadores. Así que si un estudiante decidiera hacer posgrado en esta institución y no seleccionara so-

bre la base de información y conocimiento, la probabilidad de que le tocara un tutor de los 100 investigadores no productivos es muy alta. Entre esos 100 no productivos hay doctores graduados en instituciones de prestigio y de varios países, así que la causa de su mediocridad no es la institución en la que obtuvieron el grado, confirmando la aseveración de Feibelman, *A Ph.D. is not enough*, sino el paradigma que usan para realizar su labor, sobre todo el paradigma de verse a sí mismos, si han llegado a ser independientes, en el sentido de que son ellos los responsables de la situación o cautivos de ella.

EL TEMA

Por desgracia, en los documentales sobre ciencia de prácticamente todos los países se confunde ciencia con tecnología. Esto, entre otras circunstancias, lleva a desorientar a la sociedad y a los interesados en desarrollar una carrera académico-científica sobre qué es la ciencia y qué es “hacer ciencia”.

Otros, antes que yo, ya se preocuparon por esta situación y la estudiaron, documentaron, y escribieron sobre el tema. Carl Sagan es uno de ellos. En su libro “El mundo y sus demonios” (1995), analiza el pobre entendimiento que la mayoría de las sociedades tiene sobre qué es, pero sobre todo cómo se hace la ciencia. Y se lamenta de que los científicos no hayamos sido lo suficientemente comunicativos ni eficientes en mostrarlo a la sociedad. Incluso, se queja de que los ciudadanos de los Estados Unidos no están siendo preparados para hacer ciencia (ver el capítulo: No hay preguntas estúpidas, en “El mundo y sus demonios”). Nos

preguntamos entonces ¿qué pasará en otros países menos cientifizados?

No es extraño que un joven profesional que intenta iniciar una carrera académico-científica no tenga la menor idea de en qué se está involucrando. La ciencia para la mayoría es un sistema para resolver problemas, siendo que principalmente es una forma de pensamiento y un sistema para hacerle preguntas correctas a la naturaleza.

La sugerencia de Peña para seleccionar el tema a investigar como tesis de posgrados es: “seleccionar bien el área de trabajo, aunque es mejor entrar en un área más amplia si el tutor es excelente, que en un tema más específico, aunque esté más cerca de nuestras inclinaciones inmediatas, con un tutor mediocre”.

También hay que tener cuidado en abordar un tema que sea realizable en las condiciones del grupo de investigación, si existen las facilidades para que la investigación no se detenga porque no hay tal aparato o cual técnica, o los reactivos y materiales, o incluso la experiencia.

El tiempo que dan los programas de posgrado son finitos. La investigación deberá ser posible en ese período. El estudiante no debe, en ese plazo, aspirar a resolver problemas trascendentales, como curar el cáncer o salvar a las ballenas; a lo que debe aspirar es a realizar una investigación que le permita demostrar que es capaz de hacer ciencia. Una vez graduado y empleado en alguna institución, tendrá el tiempo para aclarar los problemas trascendentales que suelen demandar vidas completas para ser resueltos.

Un tema muy largo y complejo puede llevar, incluso a un buen estudiante y potencial investigador, a no terminar y por lo tanto no demostrar si está prepara-

do para hacer ciencia, que finalmente es la meta de un posgrado. Demostrar que se ha llegado a tener una independencia intelectual, emocional, y que se será capaz de hacer ciencia. No andarse quejando de las circunstancias sino, sabiendo que hay problemas, tener la capacidad de, a pesar de ellas, instalar una capacidad de producción que permita una producción y productividad aceptable.

EL LUGAR

El lugar significa desde el laboratorio, la institución, hasta el país de la institución. Entre más tradición tenga un grupo, una institución o su país en hacer investigación, más facilidades habrá desarrollado y tendrá más experiencia para formar a un nuevo investigador.

Peña sugiere que: “para empezar, es conveniente desde hacer la licenciatura en una universidad en la que se haga investigación, pues esto ofrece la oportunidad de incorporarse al grupo de investigación desde antes de terminarla, iniciarse en la investigación y llevar una parte del camino andado antes de iniciar la maestría o el doctorado. Lo mismo que para buscar una vivienda, o un taller de reparación para nuestra bicicleta, refrigerador, o automóvil, o un hospital, es fundamental encontrar un lugar que cuente con los medios, que van desde los académicos, hasta los económicos, para la realización de nuestro trabajo de tesis, base, no sólo de la obtención del grado, sino de esa valiosa preparación que buscamos. No sólo deberemos analizar los programas de estudio y los temarios de los cursos teóricos; tanto o más importante que eso

puede ser el sitio donde vamos a trabajar; deberemos saber cuántos investigadores hay, de qué niveles, de qué áreas, y si coinciden con nuestros intereses; lo menos que debemos hacer es preguntar por el prestigio general del sitio en que pretendemos pasar un período que varía alrededor de cinco años. Es importante saber también cuál es el ambiente de trabajo y hasta el de las relaciones personales de los grupos y los individuos. Fundamental es la biblioteca, tanto en libros, como en revistas; éstos son caros, y si no existen en la biblioteca, un estudiante, a menos que sea inmensamente rico, difícilmente tendrá acceso a las fuentes de información que requiere. Es esencial el equipamiento general del lugar, así como su estado de mantenimiento, o de uso; algunas instituciones mexicanas adquieren, por catálogo, equipos cuyos académicos no saben siquiera utilizar; en otros lugares, ni siquiera existe el equipamiento. Son importantes también la organización y hasta la administración; un estudiante puede juzgar un posgrado también por la agilidad de los trámites de inscripción, por la calidad y disposición de la ‘señorita’ de la oficina que lo atiende; hay detalles, que parecen, pero no son, triviales, como la limpieza y orden del sitio en que se piensa trabajar por un lapso largo”. Indagar incluso sobre quién es el responsable de conducir las actividades del programa de posgrado. ¿Es él (o ella) una persona a la que me voy a poder acercar cuando haya algún problema, es eficiente y preparada para esta responsabilidad? ¿Tiene capacidad para resolver problemas?

EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN Y EL TUTOR

Peña (1997) considera de primordial importancia en la toma de decisiones la selección del grupo y del tutor. Y yo coincido ciento por ciento con él.

Así como los hijos tienden a parecerse a los padres, y los miembros de una sociedad adoptan los paradigmas de ese grupo social, los investigadores tenderán a parecerse y a adoptar los paradigmas del grupo y del tutor con el que se forman. Así que si la intención de un joven profesional es eventualmente ser un buen investigador, lo conveniente es que busque las mejores condiciones para que se forme y la probabilidad de que esto ocurra es mayor al lado de un buen investigador. Ya que será el tutor quien sugiera el tema de investigación, le muestre los primeros pasos a seguir, le guíe en cuanto a qué acciones tomar para obtener una buena preparación, le dé las facilidades para hacer la investigación y le ayude a identificar estrategias para realizarla. Le resuelva dudas y le ayude a organizar la información generada en la forma de artículos científicos y luego la redacción del documento en el que se defienda la tesis de investigación.

La obtención de un grado no es sólo conseguir el documento, el título o diploma, es la formación de una persona con la capacidad de hacer ciencia, así que lo bien que se prepare definirá su futuro como investigador. Si el ahora estudiante será un investigador independiente y si después podrá aspirar a la interdependencia, a formar relaciones de colaboración con otros investigadores competentes y por lo tanto independientes, depende de qué bien esté formado. Si algún día llega a ser a su vez tutor, lo bien que lo haga dependerá de qué tan bien tutoreado lo fue.

La pregunta que surgirá en los lectores es ¿cómo saber quién es un buen investigador? Por fortuna la respuesta es sencilla. Como el trabajo de un investigador científico es hacer crecer el cuerpo de conocimiento de su disciplina, esto es, hacer una contribución significativa al conocimiento y formar a nuevos investigadores, pues en su currículum (del latín *curriculum vitae*: la carrera o el curso de la vida; cv) deberá haber evidencias de esa contribución, un balance entre las diferentes formas como un investigador muestra que ha hecho una contribución significativa. Se puede decir que un investigador ha desarrollado una línea de investigación si en su cv se encuentran al menos un par de decenas (el número no es absoluto; puede ser un poco menor o mucho mayor) de artículos publicados en revistas importantes (indexadas) relacionadas al tema; si ha graduado a doctores; pero, más importante, si éstos ahora son, a su vez, investigadores competentes (independientes e interdependientes).

Una forma de evaluar lo trascendente de la contribución de un investigador a la ciencia es preguntar cómo la información y conocimiento por él generados han sido usados por investigadores del mundo para basar su propia investigación. Esto es, el número de citas que han recibido los trabajos del investigador en cuestión.

Los investigadores competentes, una vez que han desarrollado una línea de investigación con una contribución significativa, es común que con toda la información generada ahora puedan escribir libros a ser publicados por editoriales comerciales o que sean frecuentemente invitados a escribir capítulos de libros editados por colegas en todo el mundo. También serán invitados a dar conferencias por colegas en institucio-

nes de otros países, o serán buscados para hacer colaboraciones interdisciplinarias, interinstitucionales e internacionales, es decir han desarrollado la capacidad de interdependencia por ser independientes.

Una forma de saber qué ha hecho un investigador es solicitarle una copia de su cv. Un buen investigador entenderá esta solicitud, porque seguramente él también tendrá sus mecanismos para seleccionar a sus alumnos y colaboradores. ¡Si algún investigador se niega a mostrar su cv, ten cuidado y sobre todo desconfía de él!, porque mostrar nuestro cv es una rutina. Nos es solicitado frecuentemente por nuestra institución para determinar qué hacemos y qué hace la institución en conjunto, porque generalmente los presupuestos asignados a la institución dependen de lo que hace, pero sobre todo, de la importancia de lo que se hace.

Se nos solicita el cv cuando hacemos una propuesta de proyecto de investigación a las instituciones que financian trabajo científico, y los proyectos son apoyados económicamente en función de la calidad del proyecto y de los investigadores involucrados en el mismo. Se nos solicita el cv cuando queremos pertenecer a sociedades científicas y cuando queremos ser aceptados en las academias de ciencias. Así que a un investigador que está en el “rock and roll” de la ciencia, le es natural mostrar su cv. Porque los investigadores somos sujetos a entregar cuentas de lo que hacemos y en qué invertimos los presupuestos que nos asignan, es decir tenemos la responsabilidad o estamos legalmente obligados a ser llamados para informar qué hemos hecho. No lo será para aquellos “investigadores” que no tengan nada importante que mostrar y, por lo tanto, no estén acostumbrados a mostrarlo.

Como el estudiante se desarrollará en el ambiente del tutor, es importante indagar los hábitos y costumbres del investigador y de su grupo. Por ejemplo, ¿cuánto tiempo dedica a la investigación? ¿vive para la investigación o además de tener un trabajo en una institución científica, tiene otros intereses?

La investigación científica demanda esfuerzo y tiempo, así que si no dedica tiempo, digamos, mucho tiempo, lo más probable es que no aspire a hacer una buena contribución científica. Los investigadores y ahora tutores que ya han desarrollado una capacidad de interdependencia son aquellos que ya llevan tiempo en la actividad.

En los países desarrollados, lo común es que un investigador recién incorporado a una institución (después de haber obtenido el doctorado y de haber realizado estancias posdoctorales, el primer trabajo remunerado de un investigador y la primera oportunidad para demostrar si desarrolló la capacidad de independencia), pase varios años para iniciar una línea de investigación y hacerla productiva. Por eso es que en estos países a dichos investigadores se les contrata como asociados o asistentes de investigador (el nombramiento depende de la institución).

Para que la línea de investigación nazca, el investigador deberá haber obtenido las facilidades materiales para realizarla, esto es financiamiento. Tiempo después, entre cinco y diez años, el investigador es evaluado y dependiendo de si fue capaz de hacer una contribución significativa a la ciencia, se le conserva en la institución. Aquellos que no lo lograron dejan de pertenecer al cuerpo de investigadores de ese organismo. Los que llegan a ser investigadores o “profes-

sors” (el nombramiento depende de la institución), son aquellos que ya demostraron ser muy productivos.

En ciencias biológicas, por lo general estos “full professors” tienen cvs con una o varias centenas de publicaciones. En los países en desarrollo, esto puede ser muy desigual y el futuro estudiante deberá estar atento a las diferentes posibilidades. Es común que en estos países un investigador mediocre llegue a lo más alto del escalafón por razones ajenas a la cantidad y calidad de la contribución científica.

En España, un país que recientemente pasó de “en desarrollo” a “desarrollado” y gracias a una política muy adecuada de sólo contratar como investigadores de tiempo completo a doctores que ya han demostrado haber desarrollado una capacidad de producción, después de estar empleados en las universidades estatales sin tener la definitividad y por períodos de varios años, hasta que demuestran un robusto cv, la ciencia está despegando a niveles de importancia mundial. Un ejemplo a seguir en los países en desarrollo.

Las publicaciones son la producción de un investigador, y no deben ser un fin por sí solas, sino la demostración de que se ha generado la capacidad de producción, lo que implica la capacidad para identificar un problema científico, hacer la propuesta del proyecto de investigación, convencer a los que financian proyectos de investigación de que la idea es buena y está bien planteada y que se espera obtener información significativa de ella. Obtener resultados, ordenarlos e interpretarlos y redactar el documento que los ponga en contexto con los paradigmas de científicidad de la disciplina de investigación y, sobre todo, desafiar su contenido con las experiencias y subjetividades de otros investigadores, no locales, de preferencia los

revisores de las revistas importantes. Porque es en este paso que el conocimiento generado por un investigador y sus subjetividades se contrasta con las subjetividades de investigadores de otras sociedades, con otras genéticas y otras culturas. Si estos investigadores revisores aceptan este conocimiento, el mismo habrá perdido la subjetividad con la que fue generado y ahora será objetivo, porque fue sometido a la crítica, de un ámbito ajeno a la genética y cultura del(os) autor(es). La publicación es también la forma de hacer universal el conocimiento generado en un lugar particular. Así que un “investigador” que no publica, en esencia no pertenece en verdad a la comunidad científica.

¿Cómo saber cuáles son las revistas importantes en la disciplina del investigador en cuestión? ¡La respuesta es sencilla! Como para todo aspecto o tema tratado por la humanidad, ya ha habido quienes se interesaron en el tema, lo analizaron, documentaron y llegaron a conclusiones de cómo evaluar a las revistas y dejaron documentos conteniendo sus conclusiones.

A las revistas se les clasifica por características propias de su naturaleza. Y como la función de una revista es dar acceso de la información en ella publicada a los interesados en esta información, el valor cuantitativo de cuánto uso se ha hecho de esta información es el índice de impacto. Un valor numérico promedio de las veces que los artículos de una revista han sido citados por la comunidad científica, es decir que el artículo ha sido leído y la información en él contenida ha sido usada para que otro(s) investigador(es) basara(n) su propia investigación y con la cita reconoce(n) que usó(aron) la información del(os) autor(es) del artículo.

Las revistas son analizadas y evaluadas por una institución dedicada a ello y que considera a una revista

para ser analizada si satisface varios criterios: que posea un comité editorial formado por científicos competentes expertos en la disciplina, que los artículos publicados en ella sean evaluados por comités de revisores, investigadores competentes y expertos en el tema en cuestión, que tenga una aparición regular, entre otros criterios.

Esta valoración numérica del índice de impacto indica no sólo el número de citas a los artículos publicados, sino que es un pronóstico de cuántas citas en promedio deberán obtener los artículos que sean aceptados para ser publicados en ella. Éste es el aspecto más importante a considerar cuando se quiere publicar un artículo. Y para el futuro estudiante una evaluación de la trascendencia del trabajo de un tutor potencial.

Hay detractores de esta evaluación del grado en que diferentes revistas y sus publicaciones contribuyen al conocimiento científico. La clasificación no es perfecta. Como tampoco lo es la clasificación de los seres vivos, la de las enzimas o la de los elementos químicos. Sin embargo, y pese a su imperfección, son sistemas universalmente aceptados como los mejores disponibles, pero su principal cualidad es que fueron propuestos, después de analizar sus ventajas y desventajas por expertos, científicos competentes que sabían del tema.

Si los detractores quieren un mejor sistema, no lo obtendrán quejándose de sus imperfecciones, sino haciéndose expertos en el tema y después de largos análisis de los pros y contras y de evaluar alternativas, proponer una mejor forma de evaluación. Porque es común que las voces que más se dejan oír en contra de esta forma de evaluación de la importancia de las re-

vistas, son las de los “investigadores” frustrados porque no han logrado acceder a las mejores revistas. Cualquier cosa que queramos cambiar, ya sea a una sociedad o a una clasificación de revistas, enzimas, seres vivos, o elementos químicos, deberá ser desde adentro y por expertos, no desde afuera y por legos.

El estudiante con intención de iniciar una carrera académico-científica deberá ser muy cuidadoso al escoger a su tutor. Tener en cuenta qué clase de investigador, tutor, asesor, persona es. Si tiene recursos financieros e intelectuales. Si mantiene relaciones con otros grupos de su institución e internacionales. Si ha graduado estudiantes, en qué tiempo y si ahora ellos son investigadores independientes. Porque finalmente el afectado por una mala decisión será el estudiante. Así que la sugerencia es infórmate, indaga, pregunta a los estudiantes actuales sobre el potencial tutor, pide una copia de su cv, ve si el grupo realiza actividades académicas como seminarios constantes y regulares o “journal clubs” y con qué frecuencia se reúne con sus estudiantes. Ten la inteligencia para saber qué hacer, la habilidad para saber cómo hacerlo y la motivación para mantenerte en ello a pesar de las dificultades. Porque lo común es que haya dificultades. La naturaleza es tan compleja que no nos es fácil descubrirla a la primera. Por eso, John Whitaker, un Emeritus Professor de la Universidad de California en Davis, CA y padre de la enzimología aplicada a tecnología de alimentos dice “Good science takes time”.

EL CUERPO DE CIENTÍFICOS ES UNA ELITE

PRECISAMENTE porque la naturaleza es compleja, demanda que quien quiera acceder a sus formas de actuar debe tener cierta capacidad que no a todos es posible desarrollar. Por eso la comunidad científica es una elite. Elite en varios sentidos. Porque hay que tener inteligencia, habilidad y motivación, es decir vocación para desear hacer ciencia. Inteligencia para entender y saber qué es hacer ciencia. Muchos de los investigadores frustrados y mediocres lo son por que no llegaron a entenderlo. La habilidad para diseñar una investigación, identificar los pasos para realizarla, para entender los resultados y para ponerlos en documentos que satisfagan los criterios de científicidad. Y la motivación para mantenerse en el camino a pesar de inconvenientes, desvelos, tiempos prolongados, y fallos, los cuales son muy frecuentes.

El Dr. Rafael Vázquez, ahora en el Instituto de Biotecnología en Cuernavaca - México, solía decir: “que lo trágico de nuestra profesión es que la mayoría de lo que hacemos termina en el basurero”. Queriendo

significar que no todo experimento termina dando datos como para una publicación. Así que un investigador competente deberá hacer mucho más de lo que es publicado.

Los que inician esta carrera con ideas románticas e infundadas pronto son abortados del sistema o terminan frustrados, cuando no son capaces de entender las complejidades de la naturaleza y empiezan a fallar en los cursos; al no entender los principios que rigen una técnica, no pueden entender qué les dice la naturaleza cuando obtienen ciertos resultados inesperados después de un experimento. O sus publicaciones son rechazadas por las revistas importantes.

Feibelman (1993) dice que si hay algo peligroso al iniciar una carrera académico-científica es ser romántico e ingenuo. Por eso pocos llegan a ser científicos competentes, por eso es que ese grupo reducido es una elite. Y deberá ser una elite siempre. Como lo es la de los deportistas, artistas, poetas, y otras tantas actividades profesionales. Sólo los más capacitados y mejores para el desempeño de su actividad deberán formar parte de la elite.

LA APTITUD Y LA ACTITUD DEL ESTUDIANTE

PARA una buena formación en una carrera académico-científica hay varios aspectos fundamentales. Ya mencionamos algunos, dando más importancia al tutor.

Pero ¿qué debe tener, adquirir y hacer el estudiante, el futuro investigador? Ya en el cuerpo de este libro he mencionado varios aspectos que el interesado en ser investigador debe tener en cuenta. Su aptitud, la capacidad formal: cursos, entrenamiento en metodologías y redacción del documento de tesis, y la informal: relaciones personales y sobre todo actitud desarrollada para tratar de entender a la naturaleza, son imprescindibles. La mayoría de las veces implica cambios de paradigma, de formas de ver y explicar a la naturaleza y de formas de vernos a nosotros mismos. Aquí es donde hay que trabajar más.

Todo debe empezar porque el estudiante haga un análisis de sí mismo para demostrarse que realmente está interesado en una carrera científica. Saber qué se hace para hacer ciencia y qué características deben tener quienes la hacen.

Un error muy frecuente basado en la “Ética de la personalidad” es pensar que si lo quiero y deseo intensamente lo lograré. Y ésta es una de las razones principales de falla y frustración. No basta querer, hay que tener la inteligencia, conocimiento, habilidad y motivación y sólo teniendo un buen balance entre ellas se puede llegar a ser exitoso en una actividad tan compleja como la de desentrañar secretos de la naturaleza y, sobre todo, manejar las circunstancias económicas, políticas, sociales, institucionales y de personalidad que se presentan cuando se hace ciencia.

Es como si una persona que pesa 55 kg quisiera ser campeón de boxeo de los pesos pesados. Ni con toda la motivación del mundo, ni pensando positivamente, ni esforzándose más lo lograría. Debemos tener la capacidad para conocernos y saber que somos capaces.

El Premio Nobel, Dr. Koshland, Jr., en su artículo “How to get paid for having fun” (1996), menciona que una característica de quien decida hacer carrera científica es que debería haber llevado muchos cursos de matemáticas, ciencia, química, que son los que permiten generar una capacidad de abstracción que hace posible la conceptualización de fenómenos naturales. ¿Tú has desarrollado esa capacidad, como para ahora aspirar a ser investigador científico?

Por fortuna, para hacer ciencia no hay que nacer con ciertas cualidades físicas, el ejemplo a la mano es Stephen Hawking (1942-), el físico británico. Pero sí hay que desarrollar habilidades intelectuales y una preparación formal, la aptitud, y sobre todo un paradigma de vida y profesión, una actitud.

¿QUÉ HAY DESPUÉS DEL POSGRADO?

EN LOS países desarrollados es impensable que una universidad contrate a un doctor recién graduado. Para contratarse de investigador asociado o asistente, además de evaluaciones muy detalladas de las capacidades del candidato, un requisito indispensable es el haber realizado estancias de posdoctorado, ya que esta experiencia es la que demuestra si un doctor ha desarrollado la capacidad de independencia. El posdoctorado no es un grado más, no se obtiene un título o un diploma. Los que se desempeñan bien en uno, reciben una carta de recomendación del investigador con el que trabajaron durante la estancia y si el candidato se relacionó con otros investigadores, éstos también podrán recomendarlo, si están convencidos de que tiene potencial y capacidad. Sin esta(s) carta(s) de recomendación, no se llega a considerar a un candidato.

En USA 60% de los posdoctorados no obtienen esta(s) carta (s) y jamás llegan a incorporarse a una institución como investigadores. En los países en desarrollo, por razones históricas, es frecuente que se contrate a un

doctor recién graduado, incluso sin evaluar su historial. La razón principal es que hacen falta investigadores. Sin embargo, esto lleva a vicios que después son muy difíciles de romper.

En la institución en la que me desempeño, hay unos 60 doctores trabajando como investigadores y la mayoría no han sido capaces de mostrar su independencia y mantienen una productividad al nivel de sobrevivencia. Estos “investigadores” difícilmente harán una contribución al conocimiento de su disciplina.

En el Estado donde se encuentra la institución mencionada, hay ca. 350 empleados en instituciones de investigación contratados como investigadores y sólo unos 80 pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores de México y unos 12 a la Academia Mexicana de Ciencias. Ése es el resultado de contratar a doctores recién graduados o peor aun, a no graduados. La falla en estos países empieza con un sistema deficiente, que no está preparado para hacer ciencia con los criterios de científicidad.

Un profesionista interesado en hacer carrera académico-científica deberá estar enterado de cómo se deben hacer las cosas y tratar de hacerlas. Sólo así podrá estar en condiciones de verdaderamente hacer contribución significativa al conocimiento. Y la vocación se demuestra desde saber qué es esto llamado ciencia y cómo se hace.

Una máxima que ha regido mi vida es: tu meta puede estar fuera de tu alcance, pero no debe estar fuera de tu intención. Uno puede no llegar a hacer lo ideal, pero al menos debe saber qué es y hacia dónde ir para lograrlo. Sino, se va a donde sea, a donde nos lleve el viento.

Aquí se aplica el principio de “Anna Karenina”. La primera oración del primer capítulo del libro de Leo Tolstoy (1828-1910), que dice: todas las familias felices lo son de una manera, y las familias no felices, cada una lo es a su manera. Quiere decir que para ser exitoso hay que saber identificar todos los posibles factores de fallo y tener la habilidad para evitarlos y la motivación para hacerlo como una forma de vida, siempre. Por eso, los exitosos lo son de una manera, mientras que los no exitosos, lo son porque basta un factor de fallo que no puedan evitar para fallar. Y como hay un número casi infinito de posibilidades de fallo, pues cada uno lo será a su manera. También contradice la idea generalizada por mentalidades subdesarrolladas de creer que el éxito es un accidente.

Tú saca tus conclusiones como aspirante a una carrera académico-científica y piensa a qué familia quieres pertenecer. Ésta es otra de las razones de que los intelectuales de la ciencia formen una elite. ¿Quieres tú pertenecer a ella? Ojalá este libro te haya dado algunas ideas que te ayuden a hacer el camino menos complicado.

¿Estás ahora listo para iniciar esta aventura de prepararte adecuadamente para algún día estar listo: es decir, capacitado intelectual, académica, y anímicamente para honestamente aspirar a poder salir a cazar conocimientos?

La Paz, BCS, México. Marzo 2001.

BIBLIOGRAFÍA

*Your goal should be out of reach, but not out
of your sight.
Happy families are all alike, every unhappy
family is unhappy in its own way.*

CITADA

- Barker, K. 1998. *At the bench: a laboratory navigator*. New York. Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Bernal, J.D. 1981. *La ciencia en la historia*. Ciudad de México. UNAM. Nueva Imagen.
- Blanck-Cereijido, F. y M. Cereijido. 1999. *La vida, el tiempo y la muerte*. México, DF, Fondo de Cultura Económica.
- Carreño, M.A. 1874. *Manual de urbanidad y buenas maneras*. Patria. 1979.
- Cereijido, M. 1994. *Ciencia sin seso. Locura doble*. México, DF. Siglo veintiuno.
- Covey, S. 1989. *The seven habits of highly effective people. Powerfull lessons in personal change*. New York. Fireside.
- Davis, B. 2000. "The scientist's world". *Microbiology and Mollecular Biology Reviews* 64 (March), 1-12.
- de Kruif, P. 1978. *Los cazadores de microbios*. México, DF. Época.

- Diamond, J. 1997. *Guns, germs, and steel. The fate of human societies*. New York, London. W.W. Norton & Company.
- Feibelman, P. 1993. *A Ph.D. is not enough. A guide to survival in science*. Reading. Addison-Wesley Publishing Company.
- Gutiérrez Sáenz, R. 2000. *Introducción a la Ética*. Esfinge.
- Hessen, J. 1998. *Teoría del conocimiento*. México, DF. Tomo.
- Koshland, D.E. 1996. "How to get paid for having fun". *Annual Review of Biochemistry*. 65, 1-13.
- Leakey R. and R. Lewin. 1992. *Origins reconsidered. In search of what makes us human*. New York. Doubleday.
- López-Munguía, A. 2000. *La biotecnología*. Ciudad de México. Tercer milenio.
- March, R. 1996. *Physics for poets*. New York, McGraw-Hill.
- Margalef, R. 1988. "Primer debate general: La imaginación científica contada por ellos mismos". En: H. Haken, D. Hofstadter, et al. (1990). *Sobre la imaginación científica*. Barcelona, Tusquets. p. 225.
- Maury, J.P. 2000. *Galileo, el mensajero de los astros*. Barcelona. Ediciones B.
- Medawar, P. 1984. *Consejos a un joven científico*. México, DF. Fondo de Cultura Económica.
- Moulines, C. 1999. "La metaciencia como arte". En: J. Wagenberg. *Sobre la imaginación científica*. Barcelona. Tusquets.
- Ondarza, R. 1994. *Biología molecular. Antes y después de la doble hélice*. Ciudad de México. Siglo veintiuno.

- Ondarza, R. 1999. "La Biología molecular en México"
 En: H. Arechiga y C. Beyer. 1999. *Las ciencias naturales en México*. México, DF. Fondo de Cultura Económica.
- Peña Díaz, A. 1997. "Breve manual del estudiante del postgrado". *Ciencia*. 48 (junio), 8-15.
- Pérez-Tamayo, R. 1990. *¿Existe el método científico?* Ciudad de México. El Colegio Nacional y Fondo de Cultura Económica.
- Ramani, S. 1995. "The french evolution of biotechnology". *Biotechnology*. 13 (August), 757-759.
- Sagan, C. 1980. *Cosmos*. Barcelona. Planeta.
- 1995. *El mundo y sus demonios. La ciencia como una luz en la oscuridad*. Barcelona, Planeta.
- and A. Druyan. 1992. *Shadows of Forgotten Ancestors: A Search for Who We Are*. New York. Random House.
- Savater, F. 1999. *Las preguntas de la vida*. Barcelona. Ariel.
- Sovel, D. 1999. *La hija de Galileo*. Madrid. Debate.

SUGERIDA

- Cereijido, M. 1997. *Por qué no tenemos ciencia*. Ciudad de México. Siglo veintiuno.
- Mosterín, J. 1993. *Filosofía de la cultura*. Madrid. Alianza Universidad.
- Peña Díaz, A. 1994. *Los investigadores científicos que México necesita. México ciencia y tecnología en el umbral del siglo XXI*. México City. CONACYT. 315-330.
- Pérez Tamayo, R. 1989. *Cómo acercarse a la ciencia*. Queretaro. Limusa.