

La Academia
para Jóvenes

Cómo acercarse a la ciencia

Ruy
Pérez
Tamayo





La **Academia** para **Jóvenes**



Director de la Colección
La **Academia** para **Jóvenes**

Benjamín Barajas

Editores

Alejandro García

Édgar Mena

Revisión

Keshava Quintanar Cano

Diseño

Julia Michel Ollin Xanat Morales

Cómo acercarse
a la
ciencia

Pérez Tamayo, Ruy, 1924-

Cómo acercarse a la ciencia -- México: UNAM, Plantel Naucalpan,
Academia Mexicana de la Lengua, 2017.

80 pp.

(Colección La Academia para Jóvenes).

ISBN: 978-607-02-9490-7 (Obra Completa UNAM).

ISBN: 978-607-02-9494-5 (Volumen UNAM).

ISBN: 978-607- 97649-3-7 (Obra General Academia Mexicana de la Lengua).

ISBN: 978-607- 97649-6-8 (Volumen Academia Mexicana de la Lengua).

Primera edición: septiembre de 2017.

D.R. © UNAM 2017 Universidad Nacional Autónoma de México,
Ciudad Universitaria. Delegación Coyoacán, CP 04510, CDMX.

D.R. © 2017 Academia Mexicana de la Lengua,
Naranjo 32, Florida, Delegación Álvaro Obregón, CP 01030, CDMX.

ISBN: 978-607-02-9490-7 (Obra Completa UNAM).

ISBN: 978-607-02-9494-5 (Volumen UNAM).

ISBN: 978-607-97649-3-7 (Obra General Academia Mexicana
de la Lengua).

ISBN: 978-607-97649-6-8 (Volumen Academia Mexicana
de la Lengua).

Esta edición y sus características son propiedad de la UNAM.
Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio, sin la
autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso en México – *Printed in Mexico*

Ruy Pérez Tamayo

Cómo acercarse a la ciencia



Índice

PROEMIO, Benjamín Barajas	9
INTRODUCCIÓN, Rosalinda Rojano R.	11
PRÓLOGO	17
PARTE I. UNA DEFINICIÓN DE CIENCIA	19
1. La ciencia es una actividad humana creativa	20
2. El objetivo de la ciencia es la comprensión de la naturaleza	23
3. El producto de la ciencia es el conocimiento	28
4. Sobre el método científico	32
5. La deducción en la ciencia	37
6. El consenso generalizado	41

PARTE II. ALGUNOS ASPECTOS DE LA CIENCIA	47
1. La esencia de la ciencia	47
2. El prestigio de la ciencia	51
3. La elegancia de la ciencia	56
4. Ciencia básica y ciencia aplicada	60
5. Ciencia y tecnología	64
6. ¿Tiene límites la ciencia?	69

Proemio

LA PROMOCIÓN DE LA LECTURA tiene en México una historia noble y fructífera. Son épicas las cruzadas de José Vasconcelos, Jaime Torres Bodet, Juan José Arreola, Felipe Garrido, entre muchos otros, para incentivar la imaginación, la reflexión y el conocimiento que nos proveen los libros. Sin lectores, las páginas de los libros dejan de respirar, sin lectores pareciera inútil todo esfuerzo de escritura; en la interacción de este binomio arraiga la salud cultural de una nación. De ahí la importancia de La Academia para Jóvenes, una colección de ensayos preparada por eminentes miembros de la Academia Mexicana de la Lengua y la Secretaría General de la UNAM —con el apoyo del doctor Leonardo Lomelí Vanegas—, cuyo propósito es contribuir a este profundo e intenso diálogo entre docentes y alumnos del bachillerato universitario.

Benjamín Barajas

Director de la Colección

La Academia para Jóvenes.

Introducción

DECÍA EL MAESTRO Horacio García Fernández, “La química tiene mala fama”. Pero también la física y la matemática, vamos, “...que la ciencia misma tiene a finales del siglo xx muy mala fama entre la gente común y corriente”. Ahora estamos en el siglo xxi y parece continuar esa mala fama. A las ciencias se les sigue viendo como al dios Samos: con dos caras, pero privilegiando la máscara que muestra una amenaza a la supervivencia, sin considerar todo lo que las ciencias contribuyen al entendimiento de la naturaleza y a mejorar las condiciones de vida de la humanidad. Quizá esa es una de las razones de la pequeña proporción de jóvenes que estudian ciencias.

Ya de tiempo atrás, ha sido preocupación, sobre todo de docentes de ciencias en el bachillerato, la ausencia de interés de los estudiantes por seguir estudios científicos; pues tienden a elegir carreras profesionalizantes que poco o nada tienen que ver con las ciencias, en especial las naturales.

Con el propósito de incidir en el cambio de la percepción de los alumnos de bachillerato y del público en general, el doctor Ruy Pérez Tamayo, en su obra *Cómo acercarse a la ciencia*, con un lenguaje accesible y de una manera ágil, presenta una imagen de qué es la ciencia, cómo se trabaja en ella, cuáles son las relaciones de la ciencia con la sociedad, la naturaleza y los vínculos tan singulares que establece con la belleza, para hablar de la “*Elegancia de la ciencia*”.

Define la ciencia y subraya que su objetivo es la comprensión de la naturaleza, considerada como sinónimo de la realidad, pero ajena a lo sobrenatural. En este sentido, “ciencia es lo que hay que hacer para saber” y después aclara el significado del método científico, como guía del trabajo de la investigación para generar nuevos conocimientos.

En otra parte de la obra menciona que “*la ciencia es una empresa esencialmente social...*”; por ello es un requisito indispensable, aunque no suficiente, que el conocimiento científico sea comunicado y discutido para lograr el consenso entre los pares. Afirma el doctor Pérez Tamayo que un científico aislado no está solo, está acompañado por las ideas de todos los que han trabajado antes, o en paralelo, en su campo de estudio.

Un aspecto rara vez abordado por los científicos, por los divulgadores de la ciencia o por los maestros en investigación de la ciencia es el relativo a la belleza de la ciencia, o como señala Pérez Tamayo, *la elegancia de*

la ciencia. Describe al científico como un hombre (*Homo sapiens*) completo e integrado que atiende al objeto de su trabajo con su inteligencia para buscar la verdad, pero que “no será ciego ante la belleza”. Resume la amplia discusión sobre el punto, en una definición aplicable a un conocimiento científico elegante y, a la vez, riguroso.

Finalmente, comenta la noción de prioridades y el concepto utilitarista de la ciencia en el manejo o asignación de recursos, lo cual está influido por la dicotomía de ciencia básica y ciencia aplicada. Rechaza la falsa premisa de que la ciencia básica es sólo para países desarrollados y afirma que la ciencia aplicada es tecnología y que “la división de la ciencia pura y aplicada más bien refleja una confusión de términos y el desconocimiento de lo que la ciencia realmente es”. Abunda posteriormente en esclarecer ambos términos: ciencia y tecnología.

Cómo acercarse a la ciencia es un texto de lectura obligada para los educadores en ciencias y muy recomendable para que los jóvenes reorienten su vocación hacia el “conocimiento científico tan versátil y poderoso”, comenta con claridad y maestría el doctor Ruy Pérez Tamayo en esta obra.

Rosalinda Rojano R

Cómo acercarse
a la
ciencia

Prólogo

EN ESTE VOLUMEN he reunido un grupo de ensayos sobre la ciencia en general. Lo he seleccionado en atención a tres criterios: 1) que sean sencillos y claros, o sea que eviten el lenguaje especializado de las distintas disciplinas científicas; 2) que sean autocontenidos, o sea que se puedan leer cada uno de manera independiente; y 3) que sean breves. He separado el contenido de este libro en dos partes: en la primera, ofrezco una definición de la ciencia y comento cada uno de sus componentes; en la segunda he incluido una serie de temas generales sobre la ciencia que pretenden redondear el concepto presentado en la primera parte.

El objetivo de estas páginas es proporcionar una visión inicial de la estructura y algunas características de la ciencia que resulte accesible y amable al posible lector. El mundo contemporáneo está de tal modo permeado por la ciencia que nuestras vidas transcurren

casi completamente sumergidas en ella. La ciencia es la fuerza que, en el breve lapso de tres siglos, transformó al mundo medieval en moderno y que ahora nos proyecta, cada vez con mayor velocidad, a un futuro todavía más complejo y vertiginoso. Por esta razón, es indispensable que todos tengamos una idea clara de la ciencia, de sus métodos, sus alcances y sus límites. En la medida en que este libro contribuya a facilitar la comprensión de la ciencia por el público en general, habrá cumplido con su objetivo.

Parte I. Una definición de ciencia

SIGUIENDO LA TRADICIÓN socrática, que aconseja definir los términos antes de iniciar cualquier discusión, propongo la siguiente definición de ciencia:

Actividad humana creativa cuyo objetivo 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.

En las páginas siguientes examino cada uno de los seis componentes principales de esta definición, que en mi modesta opinión es la que satisface mejor los requerimientos de las ciencias contemporáneas, por lo menos como yo las conozco. Los seis componentes a que me refiero son: 1) Actividad humana creativa; 2) Comprensión de la naturaleza; 3) Conocimiento; 4) Método científico; 5) Deducción, y 6) Consenso generalizado.

1) La ciencia es una actividad humana creativa

La primera parte de la definición de la ciencia es bien sencilla de comentar, en vista de que no existen primates, ruiseñores, hormigas, bacterias o flores científicas. La compleja actividad conocida como ciencia es privativa y específica de *Homo sapiens*.

Esto no es de extrañar, porque la ciencia requiere capacidad de comunicación interpersonal amplia y flexible, memoria individual y colectiva (lo que se conoce como historia) y mecanismos evolutivos epigenéticos, o sea culturales. El hombre es el único animal que no es esclavo de su DNA, lo que representa una diferencia *cualitativa* con el resto del mundo vivo, aunque todavía no podría definirse (por lo menos, no sin controversia) si es para bien o para mal. Por lo tanto, parece aceptable (e inevitable) que cualquier definición de ciencia reconozca que, a diferencia de la nutrición, la reproducción y el metabolismo, que son comunes a todos los seres vivos, la ciencia es específica del ser humano.

Los problemas empiezan con el segundo adjetivo que proponemos para caracterizar a la ciencia, que la denomina “creativa”. En el concepto más generalizado o popular de la ciencia, ésta aparece como la antítesis de la fantasía y de la imaginación; lo que el científico hace es estudiar y describir a la realidad tal como es; su función es presentarnos el retrato más fiel y completo de todo lo que está “ahí afuera”; por lo tanto, el

mejor científico será el que presente la versión más objetiva y realista de los fenómenos, mientras que el peor será el que incluya en forma prioritaria sus muy personales interpretaciones sobre los hechos. En otras palabras, se trata del viejo problema de la forma como se inicia la ciencia: con observaciones o con teorías. El padre de los empiricistas ingleses, el médico (y después filósofo) John Locke, abrazó el postulado de su coterráneo Sir Francis Bacon, quien actualizó y enriqueció cualitativamente las antiguas ideas de Aristóteles; la mente del científico funciona como una *tabula rasa*, se limita a registrar en forma indiscriminada absolutamente todo lo que existe en su entorno. Un producto más o menos tardío pero inevitable de esta frenética acumulación de datos será la emergencia de ciertos principios generales, que los harían inteligibles o que los explicaran. De la reunión de varias explicaciones iniciales surgirían enunciados cada vez más amplios, y así sucesivamente, hasta alcanzar el nivel necesario para constituir una o más teorías o leyes. Aún en los casos en que el científico no se limita a observar y anotar lo que observa, sino que manipula a la naturaleza para obligarla a revelar ciertos hechos normalmente ocultos (o sea, cuando realiza experimentos) lo que ocurre no modifica la esencia del proceso, que consiste en el registro más fiel posible, por parte del científico, de los hechos tal como existen “ahí afuera”.

En cambio, la postura filosófica opuesta señala que la actividad principal del hombre de ciencia no es la observación de los hechos, sino la invención de modelos e hipótesis para explicar a la realidad. En otras palabras, el mejor científico no sería el mejor observador, sino el inventor más imaginativo y original, el que tuviera más capacidad para hacer coincidir sus sueños con la realidad. Tal filosofía incide, entre otros sitios, en la debatida y espinosa cuestión sobre la manera como se inicia la ciencia. En estas líneas mi objetivo es justificar a la “creatividad” como un elemento esencial de la actividad científica. Aunque tal justificación es dialécticamente posible a un nivel filosófico teórico, no es ahí donde me parece que debe llevarse a cabo, sino en contacto íntimo con la práctica de la ciencia misma; en otras palabras, el sitio para decidir si la ciencia es o no “creativa” no es la biblioteca, sino el laboratorio.

Temprano en la mañana, nuestro científico llega a su laboratorio y empieza a trabajar en el problema que lo ha mantenido ocupado durante cierto tiempo. A fuerza de leer, de experimentar y de pensar sobre tal problema, nuestro investigador ya se ha formado una idea sobre la configuración general del fenómeno, ha podido obtener datos sugestivos de que su idea es posiblemente correcta, y ahora se dispone a continuar su exploración de la realidad, en búsqueda de nuevos datos que refuercen, debiliten o hasta contradigan

su hipótesis. En esas breves horas matutinas, nuestro hombre de ciencia es fundamentalmente creativo, en vista de que el marco teórico en el que se mueve no es simple proyección de la realidad experimental, sino libre interpretación teórica o invención de su estructura más probable. Pero he ahí que casi al final de la mañana de trabajo, surge una observación totalmente inesperada; algo que se aparta por completo de todo lo considerado en el marco teórico que sustenta la hipótesis, que incluso no posee conexiones visibles con el área general de los fenómenos biológicos que se están estudiando. En estas circunstancias hay dos formas generales de reaccionar: 1) ignorar el fenómeno, lo que sólo harían aquellos científicos que trabajan para demostrar que son ellos los que ya conocen la verdad, y 2) abandonar todo y perseguir el fenómeno hasta donde nos lleve, que muy bien pudiera ser otra pregunta, otro campo de investigación, incluso otra ciencia.

2) El objetivo de la ciencia es la comprensión de la naturaleza

Quizá lo más sencillo sea empezar por la segunda parte del enunciado del objetivo de la ciencia, o sea con la naturaleza; otra forma de referirse a ella es como “realidad”, lo que no nos limita al mundo material (como erróneamente suponen algunos críticos de la ciencia) sino solamente a aquél cuya existencia puede verificarse objetivamente, ya sea de manera

directa o indirecta. Esta limitación es importante porque deja fuera todo lo sobrenatural, que desde siempre ha formado parte de las explicaciones que el ser humano inventa para los fenómenos que no entiende. Por ejemplo, el hombre primitivo se explicaba los truenos y los rayos como manifestaciones del enojo de ciertas deidades; tal explicación iba de acuerdo con su cultura poblada de dioses, que lo acompañaban en todas sus actividades y en cuya presencia se sentía siempre. De manera no muy distinta piensan hoy los que atribuyen ciertas enfermedades (el Sida es un buen ejemplo) a castigo divino por violación de códigos de comportamiento. En ambos casos las explicaciones de los fenómenos incluyen elementos sobrenaturales; aunque probablemente sean satisfactorias para quienes las proponen, no quedan dentro del universo científico. Existen muchos fenómenos reales que no son materiales, entre los que se cuentan en primer lugar las sensaciones, como la visión, la percepción del sonido, el dolor, etc. Tales fenómenos tienen causas materiales, como la luz, la música o una caries dental, pero esas causas no son las sensaciones propiamente dichas, sino los elementos que las desencadenan. Pero lo que nos interesa aquí es que las sensaciones, como forman parte de la realidad, también están incluidas en la ciencia. Lo que significa que el hombre, como un componente más de la naturaleza, también es objeto de estudio científico.

Sin embargo, conviene hacer algunas salvedades a lo anterior, si las sensaciones se consideran como pertenecientes al campo de la ciencia: ¿Qué pasa con las emociones? ¿Son objeto de estudio científico el miedo, la angustia, la envidia o el amor? ¿Se puede analizar objetivamente el placer disfrutado cuando se escucha el *Arte de la fuga*, cuando se contempla *La Virgen de las rocas* o cuando se lee *Pedro Páramo*? La respuesta a estas interrogantes es no, pero la exclusión de las emociones de la ciencia no es de carácter esencial, sino circunstancial y transitorio. Se trata de fenómenos humanos, y por lo tanto, pertenecientes a la naturaleza, por lo que por definición quedan dentro del campo genuino de la ciencia. Pero también se trata de problemas muy complejos, no sólo por su estructura, sino por el alto grado de dificultad que presentan para caracterizarlos objetivamente. Hasta hoy, los seres humanos no hemos podido ponernos de acuerdo en alguna fórmula para describir (digamos) la emoción poética, para enumerar sus componentes y para definir las unidades en que se mide cada uno de ellos. Naturalmente, existen quienes postulan que las emociones no se estudian científicamente, no por razones de complejidad estructural y dificultades semánticas, sino porque pertenecen a otro tipo de fenómenos, naturales pero irracionales y no analizables en otros elementos, que se dan en una dimensión distinta (no opuesta, sino tangencial o perpendicular) a la “realidad” aceptada por la ciencia moderna. Ignoro

quien esté más cerca de la verdad en esta controversia, pero nunca he podido aceptar que se apele a la razón para convencerme de la superioridad de la sinrazón.

Como todos sabemos, las sensaciones y las emociones no agotan la esfera subjetiva humana. Todavía quedan las ideas, esos productos que constituyen la quintaesencia de *Homo sapiens*, que lo distinguen de todos los demás seres vivos, que le confieren un sitio aparte en la naturaleza, que le han permitido librarse de sus cadenas biológicas al agregar a sus mecanismos de transformación evolutiva uno estrictamente específico de su especie: la cultura.

Desde un punto de vista antropológico, la cultura sólo es posible cuando al nivel social existen comunidad de tradiciones y de historia, de conceptos unitarios de origen y destino, sustentados todos por un lenguaje común, versátil y flexible, que no sólo acomoda laxamente a todo lo ya ocurrido, sino que posee amplios espacios para recibir a todo lo que pueda suceder en el futuro. Pues bien, ¿qué pasa con las ideas? En mi opinión, cuando se habla de ideas conviene distinguir entre su mecanismo de generación y su contenido: el examen riguroso del primero es el campo de la neurofisiología y de la psicología, mientras que el análisis del segundo puede dar tres resultados posibles: si se trata de hipótesis sobre la estructura y/o funcionamiento de un sector de la naturaleza cabe dentro de la ciencia; cuando el contenido de las

ideas se aparta de lo natural pero se mantiene dentro de lo racional corresponde a la filosofía, o sea que se sale del campo de la investigación científica; si no guarda relaciones visibles ni con la realidad, ni con la racionalidad, el contenido de las ideas cesa de pertenecer al mundo inteligible y corresponde a otras esferas de la vivencia humana completamente ajenas a la ciencia.

Todo lo anterior se refirió a lo que científicamente se entiende por “naturaleza”. Pero todavía debemos examinar el significado de su comprensión, para cumplir con el objetivo de estas líneas, que era (no lo olvidemos): examinar el objetivo de la ciencia, que definimos como la comprensión de la naturaleza. El *Diccionario de la Real Academia Española* nos dice que “Comprender” significa “Abrazar, ceñir, rodear por todas partes una cosa... contener, incluir en sí alguna cosa... entender, alcanzar, penetrar”. Este enunciado me parece necesario, pero no suficiente, en vista de que no incluye un elemento que considero esencial para comprender cualquier cosa: su *explicación*. La Academia lo percibe vagamente (*entender, penetrar*) pero no lo expresa con claridad. Cuando la ciencia declara que su objetivo es la comprensión de la naturaleza, lo que quiere decir es que su meta es la explicación de la realidad, el sometimiento a la racionalidad humana de todos los fenómenos que ocurren en ese vasto compartimiento de la naturaleza que incluye a todo (a absolutamente todo) lo que existe “ahí afuera”, todo lo

que cabe dentro de nuestra capacidad de entendimiento, todo lo que es el mundo y lo que somos nosotros.

El objetivo de la ciencia es la comprensión de la naturaleza. Si no existiera el hombre (que todo lo complica) la vida sería mucho más simple. Pero el hombre existe, lo que cambió cualitativamente todas las proposiciones. En verdad, si el ser humano no se hubiera desarrollado, este mundo sería muy diferente. Pero *Homo sapiens* surgió, sobrevivió y evolucionó hasta llegar a dominar la historia, el presente y el futuro del planeta. Ahora más que nunca se necesita conocer y difundir la estructura, las proyecciones y las debilidades del instrumento que le permitió conquistar y entender al mundo en que nació, cambiarlo de acuerdo con sus intereses y aspiraciones, y proyectarlo hacia el futuro.

3) El producto de la ciencia es el conocimiento

Quizá sorprenda un poco que el producto de la ciencia se limite a algo tan difuso y poco concreto, cuando reconocemos que la ciencia ha sido la fuerza principal en la transformación del mundo medieval en moderno, que desde hace tiempo vivimos rodeados por multitud de artefactos que utilizamos en casi cada momento, como luz eléctrica, reloj, teléfono, radio, transporte automático, lavadoras, licuadoras, libros, televisión, microcomputadoras y muchos más, todos ellos derivados del conocimiento científico, y que continuamente estamos siendo bombardeados,

en los medios de comunicación masiva, con nuevas conquistas de la ciencia convertidas en objetos de consumo. Sin embargo, un minuto de reflexión debe convencernos de que todos esos “productos” de la ciencia han sido posibles gracias a la comprensión racional de la naturaleza, sin la cual no hubieran podido surgir. Conviene pues, distinguir entre el conocimiento mismo y sus usos y aplicaciones prácticas, que es lo que se conoce como tecnología y que puede definirse como la actividad humana transformadora cuyo objetivo es la utilización de la naturaleza y cuyos productos son bienes de consumo o de servicio. En otras palabras, ciencia es lo que hay que hacer para saber, mientras que tecnología es lo que hay que saber para hacer, o sea que sin ciencia no hay conocimiento y sin conocimiento no hay tecnología. Esta relación no siempre fue así, pues durante todos los siglos en que no había ciencia (recordemos que ésta empezó, como la conocemos hoy, hace apenas unos 300 años) la tecnología se desarrolló sobre bases principalmente empíricas; sin embargo, tal desarrollo fue muy lento y oneroso de esfuerzo pues con frecuencia se caía en callejones sin salida. Con el surgimiento de la ciencia la tecnología empezó a alejarse del empirismo y a basar su trabajos en la información generada científicamente, consiguiendo la aceleración progresiva que ha convertido los sueños de Leonardo da Vinci y de Julio Verne no sólo en realidad, sino que los ha dejado muy atrás.

¿En qué consiste este conocimiento científico tan versátil y poderoso? A primera vista parecería que no puede hacerse mucho con él, pues se trata de una serie de proposiciones o leyes que pretenden describir la manera como está hecha y funciona la realidad. Tales proposiciones son de muy diversa amplitud, desde las que pretenden cubrir ciertos aspectos de todo el universo, como las leyes de Newton o la teoría general de la relatividad de Einstein, hasta las que se restringen a fenómenos muy específicos, como la formación de las nubes o la visión de los colores. Además, poseen tres características negativas generales: 1) ninguna es final y completa, sino que siempre pueden ser corregidas, aumentadas, disminuidas o hasta completamente cambiadas; 2) ninguna pretende ser la “verdad”, sino sólo la mejor aproximación a ella que tenemos hasta el momento; 3) ninguna se expresa en términos absolutos, sino siempre en lenguaje probabilístico. En otras palabras, se trata de proposiciones tentativas y aproximadas, aceptadas condicionalmente y sujetas continuamente a pruebas cuyos resultados deciden si se conservan o se modifican, y que además no afirman nada categórico, sino siempre como un nivel de probabilidad. Esta descripción del conocimiento científico puede resultar decepcionante para los no profesionales de la ciencia y con toda razón, pues parecería que el complejo andamiaje del mundo moderno está asentado en una estructura demasiado

teórica, endeble y transitoria. Pero el conocimiento científico posee otras dos características generales que transforman su debilidad en fortaleza: *se basa en la realidad* y, en la medida en que la refleja, *nos permite manejarla*.

La palabra “conocimiento” se usa de dos maneras distintas: 1) amplia, para referir todo aquello de lo que tenemos conciencia y que proviene de ideas personales, convicciones, sueños, imaginación, fe, corazonadas, tradiciones, conversaciones con otras personas, lecturas, noticieros, etcétera; 2) restringida, para denominar exclusivamente a la información cuya veracidad ha sido puesta a prueba confrontándola con la realidad y ha mostrado reflejarla con una aproximación satisfactoria. Cuando se habla de conocimiento científico se hace referencia a la acepción restringida de la palabra, o sea que se excluyen todos los otros usos mencionados arriba. A pesar de que la participación del conocimiento científico en la experiencia humana total es mínima, y de que se limita a proposiciones tentativas, transitorias y seguramente equivocadas, su anclaje en la realidad le confiere la posibilidad de utilizarla. Y éste es el secreto de la inmensa fuerza de la ciencia: que funciona, que trabaja, que nos permite hacer predicciones sistemáticas sobre la manera como X se comportará en las condiciones Y, y cada vez que se hace la prueba la predicción se confirma.

Las otras formas de conocimiento también funcionan, también nos permiten hacer predicciones

que se cumplen, pero no de manera sistemática, sino totalmente al azar y con una frecuencia muy baja. Todos hemos tenido la experiencia de predecir basados no en conocimiento científico, sino en nuestra imaginación, cuando salimos a cruzar la Ciudad de México, o una parte de ella, para cumplir con una cita; las pocas veces que hemos logrado llegar a tiempo son una medida aproximada pero indicativa de la diferencia en la eficiencia predictiva de la imaginación comparada con el conocimiento científico.

Creo que puedo concluir que no es un error considerar al conocimiento como el único resultado de la actividad humana creativa cuyo objetivo es la comprensión de la naturaleza y que llamamos ciencia. De este producto de carácter más bien teórico, inacabado y en continua transformación, la ciencia deriva toda su tremenda fuerza y su casi increíble eficiencia, gracias a que se basa en la realidad y nos permite no sólo entenderla mejor, sino manipularla en nuestro beneficio.

4) Sobre el método científico

Cuando un investigador científico activo, en un momento de ocio o de debilidad, se asoma a la literatura de la filosofía de la ciencia, lo habitual es que se lleve una sorpresa mayúscula. He aquí a un numeroso y distinguido grupo de pensadores filosóficos que han dedicado muchas horas a pensar y muchísimas

páginas a describir no sólo la teoría, sino también la práctica de la ciencia. Estos sabios venerables se han interesado en todo: en los postulados metafísicos en que descansa la majestuosa estructura científica general, en la existencia, naturaleza y justificación lógica del método o métodos utilizados por los investigadores científicos más famosos para hacer sus contribuciones inmortales, en la estructura y función de las hipótesis, en los distintos tipos y utilidades de los experimentos, en el valor de la observación y de la analogía, en los límites de la ciencia, en el valor del reduccionismo como estrategia de investigación, en los argumentos de sus opositores, los “holistas”, en las relaciones entre la filosofía y la ciencia, la ética y la ciencia, el materialismo dialéctico y la ciencia, etc. Poseídos de un fervor mesiánico, se han arremangado las mangas de sus camisas y se han puesto a trabajar acuciosa y febrilmente. El producto de su incesante labor es en la actualidad una reconocida rama de la filosofía (la filosofía de la ciencia) que ostenta todas las credenciales de una disciplina oficial: una tradición de más de 100 años, un muy respetable número de textos publicados originalmente en casi todos los idiomas en que se ha generado la ciencia occidental, varias sociedades internacionales y nacionales dedicadas a la promoción de la disciplina, congresos y reuniones centrados en distintos aspectos del tema, y hasta “gurús” y “enfants terribles” entre los filósofos contemporáneos interesados

en el campo. Frente a esta catarata de información teórica sobre la historia, metafísica, filosofía, justificación y estructura de lo que él hace, nuestro investigador científico puede reaccionar de dos maneras diferentes: puede sentirse apabullado y ajeno a todo el rollo, condenándolo sumariamente con términos que van desde “irrelevante” hasta “jaladas”, o bien puede interesarse en buscar en esa maraña filosófica algo que coincida en su experiencia científica práctica y personal.

Hace ya muchos años, yo opté por la segunda opción descrita arriba. Aclaro que me dedico a la investigación científica desde hace ya más de 70 años y que tengo otros tantos de estar seriamente interesado en los aspectos filosóficos de mi actividad profesional. Por lo tanto, muy temprano en mi carrera me enfrenté al problema de “el método científico”, lo he identificado como problema porque muchos filósofos lo caracterizan de maneras muy diferentes, otros niegan su existencia real y hasta no falta quien considere nocivo que existiera. Cuando yo iniciaba mi carrera de investigador asistí en El Colegio Nacional a un curso dictado por el Dr. Arturo Rosenblueth sobre el método científico, cuyo contenido se publicó en forma póstuma bajo el amoroso cuidado de su amigo y colaborador, el Dr. Juan García Ramos. En este texto Rosenblueth dice primero que no hay un método científico y después procede a describirlo; no hay contradicción en su postura, en vista de que *El Método*

Científico concebido como una receta que, aplicada a cualquier problema, garantiza su solución, realmente no existe, pero tampoco puede negarse que la mayor parte de los investigadores trabajan de acuerdo con ciertas reglas generales que a través de la experiencia han demostrado ser útiles. La descripción de estas reglas es lo que se conoce como el método científico. Por lo tanto, parecería que la forma más sencilla de conocer las reglas mencionadas, fuera preguntarles a los investigadores cómo investigan, o mejor aún, observarlos cuando están trabajando en la generación de nuevos conocimientos científicos. Para mi sorpresa, esto sólo ha ocurrido por excepción; la regla ha sido que los filósofos construyan distintas estructuras teóricas (todas ellas lógicamente impecables) sobre lo que es o debería ser el método científico, en divorcio absoluto con la realidad. Sólo un puñado de investigadores científicos (Rosenblueth el único mexicano entre ellos) ha contribuido a la filosofía de la ciencia dejando por escrito la descripción de las reglas que guiaron su trabajo personal.

¿Cuáles son estas reglas? Yo creo que sólo son las seis siguientes: 1) el objeto de la investigación científica es la realidad externa, cuya existencia es independiente de la del investigador, del dramaturgo o del torero; en otras palabras, existe un “ahí afuera” real, distinto y ajeno al sujeto que lo percibe; 2) la realidad externa es regular, o sea que sigue el principio de la causalidad dentro de una estructura rigurosamente determinista

(a esto se refería Einstein cuando dijo “Dios no juega a los dados”, o sea, que no hay excepciones a las reglas de la naturaleza, o sea, que no existen los milagros); 3) sin embargo, tal realidad sólo puede transformarse en experiencia (y tal vez en conocimiento), cuando se filtra a través de los sentidos del sujeto que la observa; 4) la percepción de la realidad por *Homo sapiens* no se parece a la imagen de algo en un espejo, en vista de que el sujeto utiliza toda su experiencia previa y toda su imaginación cuando incorpora un hecho nuevo; en otras palabras, de todo lo que el hombre percibe lo único que registra es aquello que posee *sentido*, que tiene un significado dentro de sus esquemas previos, que no hace violencia a su visión general o específica de la realidad; 5) la incorporación de un hecho nuevo puede (o no) cambiar la *estructura teórica* que lo explica, puede servir para modificar o hasta eliminar la hipótesis que lo subtiende; como quiera que sea, la ciencia crece a través del asedio que los nuevos hechos plantean a las hipótesis clásicas que pretenden explicarlos; 6) sin embargo, no debe olvidarse que en el trabajo diario del investigador científico frecuentemente surgen hechos u observaciones inesperadas, resultados completamente sorpresivos (conocidos como “*serendipia*”) que no sólo refrescan, sino que a veces hasta cambian radicalmente el interés y el campo de estudio del hombre de ciencia.

¿Cuál es, pues, el método científico? El que acepta la existencia de una realidad externa sujeta a la causalidad

determinista, de investigadores plenamente conscientes de la contribución de sus personas, y de la serendipia, en la determinación de lo que creemos conocer en ella.

5) La deducción en la ciencia

La filosofía de la ciencia se inicia con Aristóteles (384-322 a.C.) quien propuso que la investigación científica se realiza por medio de dos operaciones lógicas, la inducción y la deducción. La primera de ellas consiste en alcanzar principios de aplicación universal a partir de hechos concretos, o sea yendo de lo particular a lo general; en cambio, la segunda operación lógica es derivar instancias específicas partiendo de leyes o proposiciones globales, o sea yendo de lo general a lo particular. Según Aristóteles, la ciencia se inicia con la observación de una serie de hechos sobre un aspecto definido de la naturaleza, que sirve para percibir uno o más principios que los explican; sin embargo, la explicación científica sólo se da cuando se deriva de tales enunciados, cuando las propiedades de los hechos observados se comprenden en función de las generalizaciones surgidas a partir de ellos mismos. Por eso es que a Aristóteles se le considera como el padre del método inductivo-deductivo en la ciencia.

Un influyente heredero (a pesar suyo) de las ideas aristotélicas fue Francis Bacon (1561-1626), quien en 1620 publicó su libro *Novum Organum*, así llamado para subrayar que está dirigido en contra del *Organon*,

una colección medieval de los escritos de Aristóteles. Pero en el fondo Bacon cambió muy poco del método inductivo-deductivo propuesto por el Estagirita como una descripción de la manera como se hace la ciencia. En prosa impecable, Bacon defendió que 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” (el conocimiento es poder) es una de sus frases más características y más conocidas. También debe mencionarse que en sus escritos Bacon excluyó tajantemente a la teología (y a la teleología) del campo científico; en otras palabras, las famosas causas “finales” de Aristóteles no tienen poder explicativo alguno ni sirven para mejorar la condición humana. Aunque su intención era la opuesta, Bacon contribuyó al renacimiento y proyección ulterior del método inductivo-deductivo aristotélico en la ciencia hasta nuestros tiempos.

La inducción fue desprovista de su carácter lógico por David Hume (1711-1776), el famoso filósofo escéptico escocés. En su esfuerzo por alcanzar claridad conceptual en lo que hoy aceptamos como conocimiento de la realidad, Hume propuso que, si se admite que la regularidad de la naturaleza *podría* cambiar, entonces no se justifica usar a la experiencia para visualizar el futuro; en otras palabras, el pasado cesa de ser la justificación principal para predecir los próximos acontecimientos, con lo que la inducción pierde su impecable categoría

de operación lógica y necesaria. En 1986 Himsworth se preguntó lo que pasaría si se admitía la opción contraria, o sea que la regularidad de la naturaleza no cambia, que el mundo como lo conocemos es, ha sido y seguirá siendo siempre igual; obviamente, las conclusiones serían radicalmente opuestas, o sea que sí podemos usar la inmensa riqueza de la experiencia del pasado para entender el presente y proyectar una imagen racional del porvenir. Esto es lo que Einstein quiso decir cuando señaló: “Dios no juega a los dados”, o sea que la regularidad de la naturaleza es estrictamente regular. Estos argumentos nos parecen convincentes a los que somos investigadores científicos, pero no tienen mucho peso para los filósofos, quienes encogiéndose de hombros nos recuerdan que no se puede defender a la inducción por medio de la inducción misma.

En cambio, no existe ningún problema lógico con la deducción, o sea con la derivación de lo general a lo particular, en la ciencia, se traduce como predicciones de hechos específicos a partir de principios generales o leyes. Por ejemplo, la teoría infecciosa de las enfermedades justifica que se sospeche y se busque algún agente biológico en los padecimientos cuya etiología se desconoce y que poseen características epidemiológicas sugestivas; cuando se procede de esa manera y finalmente se descubre el germen causal, se reafirma el principio a partir del cual se hizo la predicción. Un caso de gran actualidad que ocurrió

precisamente de esa manera es el del virus llamado HIV, que produce el sida. La ciencia está construida y funciona de manera deductiva, una vez que ha alcanzado los principios generales, teoría o leyes que pretenden describir las relaciones funcionales que operan entre los distintos componentes de la naturaleza.

Podemos resumir lo anterior señalando que del esquema clásico y aristotélico del método científico, que postulaba el uso sucesivo de dos operaciones lógicas, inducción y deducción, los filósofos (desde Hume) han excluido a la primera y han conservado a la segunda. En otras palabras, el problema filosófico del método científico es encontrar cómo se llega a los principios generales, leyes o teorías, porque a partir de ellos se acepta, casi universalmente, que se procede deductivamente. Si rechazamos a la inducción ¿con qué la sustituimos? La respuesta a esta pregunta ha dado origen a varias escuelas contemporáneas de filósofos de la ciencia, de las que mencionaré solamente tres: 1) la escuela que sustituye a la inducción por la intuición, o sea que introduce un elemento irracional o ilógico en el método científico; 2) los filósofos que reemplazan a la inducción con programas de investigación; 3) el reducido, pero influyente grupo que niega la existencia de un método científico, por lo que no necesita sustituir a la inducción con nada. No voy a entrar en más detalles de esta controversia, pero si deseo señalar que el problema filosófico está muy lejos de haber sido resuelto, que las

distintas escuelas mencionadas (y otras más) actualmente promueven sus respectivas ideas con gran entusiasmo y brío, y que como resultado de esta febril actividad la filosofía de la ciencia es hoy uno de los campos más atractivos de toda la filosofía. Desafortunadamente, el fragor de estas batallas intelectuales es demasiado diáfano para penetrar las paredes de las torres de marfil donde se encierran a trabajar la inmensa mayoría de los científicos contemporáneos; de ellos, o más bien de nosotros, puede decirse que nos hemos mantenido en un estado de inocencia filosófica aristotélica. Si bien es cierto que al nivel técnico en los últimos 300 años hemos transformado cualitativamente al mundo de tal modo que ya no se parece casi en nada a lo que fue en el siglo xvii, al nivel filosófico todavía nos encontramos entre el año 322 a.C. (la muerte de Aristóteles) y el año 1620 d.C., cuando Bacon publicó su *Novum Organum*. Esta es quizá una de las razones más importantes de nuestros graves problemas actuales.

6) El consenso generalizado

En 1921, Campbell definió a la ciencia como sigue: “La ciencia es el estudio de las proposiciones sobre las que puede alcanzarse el consenso universal”. Este famoso físico había rechazado la definición que caracteriza a la ciencia como “el estudio del mundo exterior de la naturaleza”, en vista de que el mundo exterior es una inferencia que construimos a

través de nuestros sentidos haciendo uso del sentido común, y ambos elementos pueden estar egregiamente equivocados. En 1968 otro físico, Ziman, revivió la definición de Campbell enunciándola simplemente como “La ciencia es el conocimiento público”. Además, agregó el siguiente comentario aclaratorio: “El objetivo de la ciencia no es solamente adquirir información o emitir conceptos no contradictorios; su meta es el consenso de la opinión racional en el campo más amplio posible”. Este punto de vista toma en cuenta el carácter eminentemente social de la ciencia, la participación de toda la comunidad científica relevante, no sólo en la generación del conocimiento, sino también en su aceptación o rechazo.

El investigador que trabaja aislado en su laboratorio o gabinete no está realmente solo: lo acompañan todos los científicos que lo han precedido y que han hecho contribuciones en su campo, así como sus colegas contemporáneos que están trabajando en el mismo o en problemas semejantes. Esto es así porque el hombre de ciencia usa, como uno de los instrumentos más importantes en sus investigaciones, a la información generada por todos ellos. Newton lo expresó mejor que nadie en aquella famosa frase: “Si yo he podido ver un poco más lejos, es porque estaba parado en los hombros de gigantes”. Cuando finalmente nuestro investigador aislado hace un descubrimiento o logra confirmar de manera contundente una hipótesis,

todavía le falta un buen trecho por recorrer en la cadena que lleva desde sus estudios e ideas iniciales hasta lo que ya puede llamarse generación de conocimiento científico. La ciencia es una empresa esencialmente social, sus observaciones y teorías deben ser conocidas, discutidas y aceptadas por sus colegas más cercanos, luego por el sector interesado de la sociedad científica de su país, y finalmente por la comunidad científica internacional. Mientras más amplio sea el consenso alcanzado por las ideas de nuestro investigador solitario, mayor será su contribución al conocimiento científico y su influencia en el desarrollo de la ciencia en general.

En ausencia de consenso generalizado, toda la operación de la ciencia pierde su sentido. Robinson Crusoe puede ser un artista genial, desarrollar una tecnología asombrosa o fundar una nueva religión, pero no puede hacer ciencia porque le falta el elemento social de la empresa, que no sólo es necesario, sino indispensable. El náufrago en una isla desierta, que no tiene contacto con el resto del mundo, está en la misma situación que el científico que hace descubrimientos pero se niega a divulgarlos, sea porque teme que otros investigadores con más recursos los repitan y le roben su prioridad, o bien porque “no me gusta escribir”. Ni el náufrago, ni el hombre de ciencia temeroso o ágrafo son capaces de completar el programa de la ciencia, de producir verdadero conocimiento científico: les falta alcanzar el consenso generalizado.

Arriba he dicho que el consenso no sólo es necesario sino indispensable para caracterizar a la ciencia en forma completa; sin embargo, también conviene subrayar que el consenso no es suficiente para definir a la ciencia, como lo han sugerido Campbell y Ziman. Algunas de las principales religiones (budismo, islamismo, catolicismo) pueden con justicia exhibir el consenso de millones de seres humanos sobre sus respectivos dogmas y creencias, pero eso no las hace científicas; en otro orden de actividades humanas, creo que sobre el carácter genial de Rembrandt, Cervantes y Beethoven existe consenso en el mundo occidental, pero a nadie se le ocurriría clasificarlos como científicos por ese hecho; finalmente, también creo que en nuestro tiempo existe consenso generalizado en el juicio negativo sobre la Banda del Automóvil Gris, Dillinger y Hitler, pero obviamente tampoco eso los hace científicos. En lugar de seguir acumulando ejemplos, conviene reiterar el concepto que pretenden ilustrar: el consenso generalizado es un carácter necesario e indispensable de la ciencia, pero no es suficiente.

Para hacerle justicia al componente social de la definición de la ciencia, parecería mandatorio incluirlo en forma prominente en todas las acciones y decisiones que se tomen en relación con el apoyo y el desarrollo de la investigación científica en México. Hasta donde me ha llegado la información (escribo a principios de 2017) nada de todo esto se ha contemplado en

los programas oficiales de apoyo a la ciencia y a la tecnología del país. Lo que en esos momentos se percibe es una terrible deficiencia de recursos y una política de preservación del *status quo*, lo que significa un retroceso en el monto de las inversiones públicas en ciencia y tecnología, igual a la suma de la inflación más la devaluación progresiva de nuestra moneda. Los verdaderos recortes presupuestales en el gasto *real* de México en investigación científica y tecnológica se desconocen, pero su impacto en el desarrollo y crecimiento de esas fuerzas promotoras de la modernización y el progreso del país se sentirán muy pronto, a corto plazo, y temo que no serán positivas.

Parte II. Algunos aspectos de la ciencia

DESDE LUEGO QUE la definición de la ciencia y la discusión resumida de sus principales componentes en la Parte I de estas páginas no pretende agotar, o siquiera cubrir, todos o la mayor parte de los temas posibles de la ciencia. Una actividad tan rica, tan variada y con tanta influencia en la vida contemporánea posee numerosos aspectos que merecerían ser considerados en este acercamiento. Como muestra, en la Parte II de este texto he seleccionado sólo unos cuantos, que son: la esencia, el prestigio y la elegancia de la ciencia, su separación en básica y aplicada, sus relaciones con la tecnología, el fraude científico, el buen maestro, los límites de la ciencia y cómo se define y se juzga su calidad.

1) La esencia de la ciencia

Si se hiciera una encuesta entre sujetos inteligentes y educados, pero ajenos a la ciencia (como literatos,

auditores, comerciantes, industriales o banqueros, entre otros), sobre lo que consideran como la esencia de la ciencia, seguramente que el resultado sería una lista muy interesante pero también muy heterogénea. Podría apostarse a que expresiones como “satisfacción de la curiosidad”, “deseo de resolver algún problema”, “el bien de la humanidad”, y quizá hasta “la generación de nuevos conocimientos”, o “la exploración de lo desconocido”, no dejarían de ocurrir. Personalmente creo que si a continuación la encuesta se hiciera entre científicos activos (como ingenieros, biólogos, físicos, astrónomos o matemáticos, entre otros), en ambos casos los personajes encuestados no habrían identificado en sus respuestas, a la verdadera esencia de la ciencia, tal como yo la concibo.

¿Cuál es la esencia de la ciencia? La misma pregunta puede hacerse de muchos otros intereses y actividades humanas, para las que existen respuestas casi estereotipadas; por ejemplo, la esencia de la política es el poder, la del arte es la emoción estética, la del amor es la reciprocidad del sentimiento con el ser amado, la de la banca es el dinero (realmente, los intereses del capital invertido), la del deporte es la competencia leal, la de la literatura es la creación y recreación de nuestra realidad, y así sucesivamente. Para el tema de estas líneas, persiste la pregunta inicial, ¿cuál es la esencia de la ciencia? Una respuesta posible es “la realidad”, o bien “la naturaleza”, pero más bien se

refiere al campo de interés y al marco en que se inscribe la investigación científica, que a su propia esencia.

La palabra esencia significa “naturaleza de las cosas, lo permanente e invariable en ellas, lo que el ser es”, según el *Diccionario de la Real Academia Española*. Una forma sugestiva de dirigir la búsqueda de la “naturaleza” de la ciencia sería por medio de un examen detenido de su definición; sin embargo, de inmediato surge el problema de que no hay una, sino muchas definiciones de ciencia. Es cierto que la mayoría de estas definiciones tienen uno o más elementos comunes que podrían servir de indicadores en la tarea señalada; sin embargo, el camino ya no parece tan franco y prometedor como al principio. Una alternativa es proponer una definición de ciencia y a continuación extraer de ella lo que tiene de “permanente e invariable”, usando el resultado como prueba para medir la validez de la definición, en otras palabras, un enunciado generalmente aceptable de lo que es la ciencia debe contener los elementos de su esencia.

¿Podemos extraer de la definición de ciencia propuesta en la Parte I, algo que se identifique como su esencia? Yo digo que sí, y que ese algo son las *ideas*, las invenciones de la forma y funciones que realmente existen en la naturaleza, los sueños y pesadillas que tienen los científicos sobre la realidad, los esquemas preconcebidos que sirven de plataforma de despegue para la exploración objetiva y experimental de la

realidad externa. Como investigador científico activo, no ignoro que frecuentemente los resultados de las observaciones o experimentos (con los que se está poniendo a prueba una idea o teoría) son inesperados y hasta sorprendentes, y que entonces sirven para modificar las teorías originales o para generar nuevas ideas sobre el mismo tema, o hasta para abandonar el problema que se estaba estudiando y emprender tareas completamente distintas. Este fenómeno es tan frecuente que los investigadores hemos acuñado una bella palabra para denominarlo: *serendipia*. Pero cualquiera que sea el resultado de la actividad científica (confirmación o modificación de las teorías originales, o cambio completo de hipótesis y hasta de campo de investigación), siempre se refiere a lo mismo: a las ideas. De modo que la esencia de la ciencia son las ideas.

Pero la filosofía también reclama a las ideas como su esencia. ¿Podemos distinguir entre la ciencia y la filosofía? Yo creo que sí, si recordamos que el requisito *sine qua non* para que las ideas científicas sean aceptadas es que coincidan con la estructura de la realidad, mientras que las ideas filosóficas sólo deben cumplir con el requisito de ser lógicamente consistentes con el resto del edificio teórico-filosófico en que ocurren para ser aceptables. Para las ideas científicas, la prueba de fuego es la naturaleza, el mundo en que vivimos; para las ideas filosóficas, es su congruencia con el esquema teórico en que se enmarcan.

En vista de lo anterior, concluyo que la esencia de la ciencia son las ideas, siempre y cuando sean generadas, corregidas y reguladas por la realidad que pretenden definir y describir.

2) El prestigio de la ciencia

El prestigio a que se refiere el título de estas líneas no es el que el Diccionario de la Real Academia Española señala como la primera acepción del término (*“Fascinación que se atribuye a la magia o es causada por medio de un sortilegio”*), ni tampoco como la segunda (*“Engaño, ilusión o apariencia con que los prestidigitadores emboban y embaucan al pueblo”*), sino más bien como la tercera: *“Ascendiente, influencia, autoridad”*. Por cierto, en México y en muchos otros países (casi todos del Tercer Mundo), la ciencia nunca ha tenido ni actualmente disfruta de tal prestigio en todos los sectores de la sociedad. En efecto, mientras en ciertos círculos científicos y académicos, así como en el extraño pero muy real mundo de la publicidad, la ciencia posee ascendiente, influencia y autoridad, en muchas otras esferas la situación es muy distinta. Desde luego, entre políticos la ciencia no es prioritaria, sino más bien una especie de lujo de los países ricos; entre humanistas, la ciencia es una de las hermanitas pobres de la filosofía; entre poetas, la ciencia es un intento fracasado de la razón por alcanzar el conocimiento, que como todo el mundo sabe, es asunto reservado al espíritu. *“Noli me tangere”* le dice con suavidad, pero

también con aversión, el límpido poeta al ingeniero de las manos sucias (momentos después, el poeta consulta su reloj, hace una llamada telefónica, se disculpa ante los millones de televidentes que lo están contemplando en sus respectivas pantallas, y se dirige al aeropuerto en un veloz taxi para abordar un vuelo trasatlántico. Viendo hasta dónde la elevada vida espiritual del poeta depende de los burdos y despreciables productos materiales de la ciencia, el ingeniero de las manos sucias sonríe...)

Aceptando que en la sociedad mexicana actual el prestigio de la ciencia no es uniforme, cabe preguntarse por qué. La pregunta es genuina pero compleja, y además no está sesgada de antemano a respuesta alguna. Lo que queremos conocer son las razones por las que los valores positivos de la ciencia no han penetrado de manera uniforme en la conciencia de todos los mexicanos. La respuesta a esta pregunta no puede ser ni fácil ni simple, ni tampoco convencerá a todos (los pocos, pero escogidos) que la lean. Pero es importante examinarla, aunque sólo sea en términos muy generales, ya que no hay peor enemigo que el que no se conoce.

Hace muchos años, la famosa María Curie (1867-1934) señaló: “La ciencia se ocupa de cosas, no de gente”, queriendo decir que el interés y el campo de trabajo de la ciencia están limitados al mundo exterior, mientras que el universo interior corresponde a otras

disciplinas. Este intento de demarcación entre lo que es científico y lo que no es, sólo puede explicarse si recordamos que María Curie trabajó en física y en química (ganando un Premio Nobel en cada una de estas dos disciplinas) y que sus opiniones corresponden a las primeras décadas del siglo xx. En la actualidad, según Richards: "... la ciencia trata con gente, no sólo indirectamente, sino también directamente, y cada vez más existe el peligro de que se trate con las gentes como si éstas fueran únicamente cosas". Creo que el escaso prestigio de la ciencia, en ciertos sectores de la sociedad, se basa en parte en ese concepto anacrónico y erróneo de sus intereses. Corresponde a la imagen del científico como un individuo deshumanizado, absorto en sus problemas y totalmente divorciado de la sociedad, a la caricatura del hombre de ciencia como el "sabio distraído", incapaz de amar, de escribir poesía y hasta de disfrutar de la imaginación y el talento artístico de sus congéneres. En otras palabras, se piensa que el trabajo científico requiere la hipertrofia de la capacidad lógica y de análisis objetivo, así como de la atrofia de todas las otras características subjetivas y emocionales que hacen del hombre un ser humano. Este punto de vista es tan grotesco y se aleja tanto de la realidad que sería ocioso argumentar en su contra; sin embargo, su popularidad no es despreciable y es responsabilidad de los científicos combatirlo donde quiera que se presente.

Otra causa de la falta de prestigio de la ciencia en ciertos grupos sociales es la confusión que existe sobre sus posibilidades y sus limitaciones. Hay muchos aspectos importantes de la vida del hombre que no caen dentro de la ciencia, sea porque todavía no se sabe lo suficiente para enfrentarse a ellos o porque de plano no caben dentro de la disciplina científica. Un ejemplo de los primeros sería la delimitación de los factores genéticos y culturales que determinan ciertas formas de comportamiento humano, como la agresividad o el altruismo; mientras que un ejemplo de los segundos sería la pregunta “¿Existe algún propósito en el Universo?” Algunos critican a la ciencia porque todavía no es capaz de resolver ciertos problemas muy complejos de la realidad, ignorando que el espíritu científico apenas si tiene unos 300 años de haberse iniciado en serio como una manera de relacionarnos con la naturaleza y con nosotros mismos, mientras que otros le reclaman a la ciencia su incapacidad para resolver todos los problemas que aquejan al hombre. Ante estas actitudes, es natural que la ciencia tenga poco prestigio y que los grupos participantes vuelvan sus ojos a otras posibles soluciones, como son muchos de los grandes sistemas filosóficos y no pocas mitologías y religiones.

Finalmente, otra causa más de la falta de prestigio de la ciencia, en ciertos sectores de la sociedad es, paradójicamente, su éxito fenomenal como fuerza para

transformar a la sociedad. Junto con todas las ventajas humanas que ha traído la revolución científica en prácticamente todos los campos de la actividad personal y social (basta comparar la vida de un ciudadano francés en París en el siglo XIII, con la de un contemporáneo), la ciencia también ha traído problemas, empezando por el aumento enorme en la complejidad de la vida cotidiana. Junto con la mayor facilidad y rapidez en las comunicaciones han surgido los accidentes de tránsito tanto vial como aéreo, la multiplicación del ruido y de los pésimos programas de televisión; junto con el acceso fácil al libro de millones de seres humanos, también se ha inundado el mundo de pornografía; junto con la electrificación generalizada, que permite no sólo el crecimiento industrial, sino también mejor iluminación en el hogar, surgió la silla eléctrica y los incendios debidos a corto-circuitos, etc. Los ejemplos podrían multiplicarse pero el principio está bien claro: el progreso científico ha tenido un precio y hay un sector de la sociedad al que le parece caro. Es natural que aquellos que solamente ven los problemas derivados de la civilización basada en la ciencia no la consideren digna de mayor prestigio. Pero todas las monedas tienen dos caras y el mundo ha tenido que aprender que no hay beneficio sin riesgo, que “el que quiere azul celeste, que le cueste”. Naturalmente, también hay monedas que tienen la misma cara de los dos lados, pero son falsas.

3) La elegancia en la ciencia

Las proposiciones científicas aspiran a reflejar con la mayor aproximación posible en el momento en que son enunciadas, al sector específico de la realidad al que se refieren; en otras palabras, aspiran a ser verdaderas. Por lo tanto, no debe extrañar que lo primero que hace un hombre de ciencia al examinar los resultados del trabajo de un colega, sea preguntarse hasta dónde los datos y las hipótesis presentadas coinciden con los fenómenos naturales que describen. En caso de que el grado de coincidencia sea alto, el trabajo se considera como bueno, mientras que en el caso contrario se le juzga como malo. Naturalmente, los científicos valoramos otras cosas más en los trabajos de nuestra especialidad, como su importancia, su claridad, su originalidad y su relevancia, para lo que usamos distintos criterios fácilmente derivables de cada una de las características mencionadas. Estas otras propiedades de los trabajos científicos se encuentran directamente ligadas a la primera mencionada, o sea su contenido de verdad o grado de correspondencia con la realidad que pretende describir. En otras palabras, un trabajo malo pocas veces será importante, original, o relevante, y con frecuencia es oscuro.

Sin embargo, cualquiera que haya escuchado a dos o más científicos cuando discuten sus contribuciones o las de otros colegas habrá oído el uso de otros adjetivos que, a primera vista, no parecerían tener nada que

ver con la ciencia: por ejemplo, un trabajo puede ser “bello”, “sobrio”, “barroco”, “fino”, “horrendo”, “grandioso”, “armónico”, “elegante”, etcétera. Tales calificativos harían pensar que se está enjuiciando no un trabajo científico, sino una obra de arte, en vista de que se trata de apreciaciones esencialmente estéticas. Son términos generalmente asociados con la música de Bach o de los Beatles, con la pintura de Rafael o de Siqueiros, con los escritos de Borges o de Paz. ¿Qué tienen que hacer estos juicios estéticos en la apreciación de trabajos científicos? ¿Qué no la ciencia tiene que ver única y exclusivamente con la verdad, mientras que el reino glorioso del arte es la belleza?

La respuesta a éstas y otras preguntas más, que podrían hacerse sobre la vigencia de la estética en la ciencia, es que ambas son productos de la actividad de *Homo sapiens*. En efecto, si nuestra especie no existiera, si la Tierra estuviera poblada por todos los seres que actualmente viven en ella, menos el hombre, tampoco habría ni estética, ni ciencia. El ser humano capaz de representar el papel del “científico puro”, o del “artista puro”, debe ser excepcional, si es que existe; la inmensa mayoría de los mortales somos una mezcla (más o menos feliz) de ambos componentes. Los que son artistas (o de temperamento artístico) también aprecian el valor de lo verdadero y viven en gran parte gracias a ello; por nuestro lado, los científicos profesionales (y los que pretenden preferir a la realidad sobre las

emociones) también participamos, con mayor o menor intensidad, en los aspectos estéticos de la vida. Ni los artistas son puro corazón, ni los científicos somos computadoras; todos los miembros de la especie *Homo sapiens* somos precisamente eso, hombres.

El ser humano se asoma a la vida con todas sus antenas listas y desde una estructura interna increíblemente compleja; si se trata de un científico y el objeto de su atención es un trabajo de su especialidad, reaccionará ante él no como una computadora, sino como lo que es. Buscará la verdad, pero no será ciego ante la belleza; exigirá pruebas rigurosas de lo que se diga, pero también reconocerá y admirará la elegancia con que se realiza y se presenta el trabajo. El término “elegancia” tiende a usarse con mayor frecuencia que los demás calificativos estéticos en la ciencia, por lo que conviene examinarlo más de cerca. En el *Diccionario de la Real Academia Española*, “Elegante” significa “Dotado de gracia, nobleza y sencillez; airoso, bien proporcionado, de buen gusto...”, o sea una serie de adjetivos calificativos que no nos ayudan a formular una definición objetiva y operativa de la palabra. La pregunta es: ¿qué contenido informacional tiene la palabra “elegante” cuando se usa para calificar a un trabajo científico?

En mi opinión, no existe una respuesta concreta a esta pregunta; de hecho, ni siquiera creo que la pregunta haya sido planteada previamente, por lo menos en la literatura a mi alcance. Por lo tanto, voy

a permitirme incluir aquí mi personal respuesta a esa pregunta, o sea mi definición de lo que significa el término “elegante”, cuando se usa para calificar a un trabajo científico: Es la obtención de un máximo de nuevos conocimientos con un mínimo de complejidad metodológica. Arturo Rosenblueth incluyó dentro de esta categoría varios otros criterios, como simplicidad y unidad, simetría, armonía y orden, concisión, sobriedad y economía, riqueza, cuerpo o sustancia. Para nuestro interés, todos ellos apuntan a lo mismo: la revelación de nuevas relaciones naturales por medio de técnicas sencillas. Imaginemos el siguiente escenario: un problema científico que, como el nudo gordiano, ha resistido incólume repetidos embates capitaneados por prestigiosos miembros de la comunidad, poseedores de todos los recursos teóricamente necesarios para desatarlo, es inesperadamente cortado por un nuevo Alejandro (generalmente tan joven como el Macedonio) que a falta de recursos y posición académica, genera el elemento esencial y más raro en la ciencia: una buena idea. En la soledad y pobreza de su laboratorio, el joven genio vislumbra con ingenua claridad el problema, lo redefine dentro de sus mínimos alcances presupuestarios y metodológicos, y lo resuelve en forma definitiva. A pesar de su obvia simplificación (la realidad es mucho más complicada e interesante), todo este escenario sólo merece un adjetivo calificativo: *elegante*.

4) Ciencia básica y ciencia aplicada

La clasificación de la ciencia señalada en el título de estas líneas es una de las usadas con mayor frecuencia por funcionarios públicos, economistas, administradores y otros personajes más, que ocasionalmente tienen que ver con los presupuestos asignados a la actividad científica. A veces la dicotomía se expresa con otros términos, como ciencia pura y ciencia comprometida, o ciencia y tecnología, o ciencia y desarrollo (este último es la traducción del término en inglés: *research and development*). La clasificación mencionada traduce una preocupación genuina de los administradores de los recursos para la ciencia, derivada de la combinación de dos ideas diferentes: la noción de prioridades y el concepto utilitarista de la ciencia. En estas líneas deseo comentar esas dos ideas y el resultado de su combinación.

Las prioridades se definen como una lista de acciones ordenadas según una jerarquía determinada, casi siempre de más a menos convenientes, necesarias, importantes y/o urgentes. La lista implica también orden en el tiempo, en vista de que las prioridades que la encabezan deberán ejecutarse antes de tomar las que siguen para realizarlas. Finalmente, la lista también determina secuencia en el uso de recursos, que deberán asignarse con preferencia a las acciones que aparecen primero, y posteriormente a las restantes. De especial interés son los criterios utilizados para construir la lista de prioridades: lo conveniente, necesario, importante

y urgente lo es para alguna cosa o en función de algo. Este sustrato es realmente central a la naturaleza y ordenamiento de las prioridades, que serán muy distintas dependiendo de los objetivos que se deseen alcanzar con ellas. Aunque en teoría cualquier conjunto de acciones debería manejarse siempre en función de prioridades, esto se hace todavía más pertinente cuando existen limitaciones, tanto en el tiempo accesible como en los recursos de que se dispone.

El concepto utilitarista de la ciencia la concibe como actividad valiosa sólo en la medida en que sus resultados puedan ser utilizados, especialmente a corto plazo o de manera inmediata. Este concepto no tiene paciencia con aquel investigador que después de hacerle al rey una de las primeras demostraciones de la electricidad, respondió a su pregunta: “¿Para qué sirve este fenómeno?”, preguntando a su vez “¿Para qué sirve un bebé recién nacido?” De todas las funciones de la ciencia: (culturales, educativas y tecnológicas) el concepto utilitarista identifica la generación de conocimientos prácticos y aplicables a problemas actuales y concretos como única o la más importante. De aquí que se insista en la división de la ciencia en básica y aplicada, de acuerdo con las siguientes definiciones: *ciencia básica es aquella cuyos resultados no tienen aplicación a ningún problema actual y concreto, mientras que la ciencia aplicada es lo contrario.*

En México, como en muchos otros países del tercer mundo, existen graves problemas económicos

que restringen estrechamente los recursos accesibles para ciencia. No voy a discutir en estas líneas la conveniencia de mantener el bajísimo nivel de la inversión nacional en ciencia y tecnología, tres a diez veces menor que el recomendado por la UNESCO para los países en desarrollo, y veinte a cuarenta veces menor que el que invierten, en el mismo renglón, los países desarrollados. Simplemente voy a reconocer que los recursos para la ciencia y la tecnología son limitados, lo que impone la necesidad de establecer prioridades. De acuerdo con el concepto utilitarista de la ciencia, las prioridades corresponden a los aspectos aplicativos de lo que se conoce como los “grandes problemas nacionales” de México. Los economistas explican que ésta es la distribución más eficiente de los recursos, juzgada en términos de costo-beneficio; en efecto, lo más urgente es resolver esos “grandes problemas nacionales”, por lo que los apoyos deben priorizarse a los proyectos científicos dirigidos a generar soluciones para ellos. La ciencia básica es para los países ricos, que se pueden dar el lujo de invertir en la generación de conocimientos que no tienen aplicación inmediata.

A pesar de que el planteamiento anterior parece razonable, es totalmente falso, porque parte de premisas simplistas y equivocadas. La primera es que corresponde a los administradores establecer las prioridades en campos en los que no tienen el suficiente conocimiento técnico para hacer juicios acertados. La prueba es que

la lista de los “grandes problemas nacionales” ha ido cambiando cada sexenio, nunca ha sido claramente definida, y muchos de ellos no tienen nada que ver con la ciencia, sea pura o aplicada. Las prioridades se han decidido con criterios políticos, no científicos, y por eso guardan tan escasa relación con la realidad de nuestro país. La segunda premisa equivocada es la que divide a la ciencia en pura y aplicada. Esta división supone, como se mencionó antes, que los conocimientos generados por la ciencia pura no tienen aplicación inmediata o predecible en alguna de las prioridades de la lista. Pero todos los conocimientos son aplicables; la información que no puede utilizarse no existe, o más bien sólo existe en la mente de los que ignoran por completo cómo se hace la ciencia. El primero y más importante uso del conocimiento es para generar más conocimiento; la información no sólo es el resultado del trabajo científico, también es un instrumento de trabajo y uno de los más importantes. Es claro que este uso de la ciencia básica no está incluido en las prioridades, porque entre ellas no se ha considerado la generación de nuevos conocimientos; si se considerara, automáticamente la ciencia básica pasaría a ser aplicada. Por lo tanto, la división entre ciencia básica y aplicada depende exclusivamente de que en las prioridades de la ciencia se excluya la generación de nuevos conocimiento. La tercera premisa errónea es que se puede “programar” a la ciencia, o sea que es posible encargarle a un grupo

de científicos que se dediquen a resolver un problema cuya solución *realmente* se desconoce. Cuando esto ocurre, nadie sabe lo que va a surgir del estudio, cuál va a ser la respuesta, ni qué alcances puede tener, tanto para el problema mismo como para otras muchas cosas, relacionadas o no. En cambio, lo que generalmente se llama ciencia aplicada es más bien tecnología, cuando no simple desarrollo tecnológico, o sea que se trata de la adaptación de ciertas técnicas ya conocidas para resolver algún problema de servicios o de bienes materiales.

En vista de lo anterior, creo que la división de la ciencia en pura y aplicada más bien refleja una confusión de términos y el desconocimiento de lo que la ciencia realmente es, la forma como trabaja y las funciones que puede y debe desempeñar en nuestro país.

5) Ciencia y tecnología

Para muchas personas, pero especialmente para aquellas que no son ni científicos ni tecnólogos, la palabra *ciencia* generalmente convoca a la palabra *tecnología*, de la misma manera como se asocian, por ejemplo *padre* e *hijo*, *día* y *noche* o *sol* y *luna*. Esto es natural y se debe a que por mucho tiempo (por lo menos desde hace ya 44 años) las han estado escuchando siempre juntas, a partir de que nuestro gobierno fundó el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Desde luego, la andanada de discursos con que los políticos acostumbran celebrar tales inauguraciones y los ecos que los reiteran en los

periódicos y otros medios de comunicación masiva influyen de manera primordial en el establecimiento del reflejo condicionado, con lo que todos los ciudadanos quedamos “programados” para asociar a la ciencia con la tecnología en forma automática. Si a esto se agrega la repetición *ad nauseam* de que una de las funciones principales (si no es que la única) de la ciencia es: “la generación de tecnología para contribuir al desarrollo económico y resolver los grandes problemas nacionales”, la asociación no sólo es automática, sino que hasta parece racional. Y cualquier resto de duda o inquietud sobre la legitimidad del binomio ciencia-tecnología se desvanece cuando nos enteramos de que México no es la única nación con un Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, sino que muchos otros países miembros del tercer mundo también poseen organismos con siglas y funciones muy semejantes.

Sin embargo, el examen de la historia antigua de distintas civilizaciones muestra algo inesperado: con muy raras excepciones (Arquímedes es una, Ptolomeo es otra) los avances tecnológicos más importantes para la humanidad se hicieron mucho antes de que se iniciara lo que puede llamarse ciencia, aún ampliando el significado del término casi más allá de lo permisible. Toda la tecnología necesaria para domesticar animales, para la agricultura, para trabajar el hierro y otros metales, para la construcción de casas, palacios y templos, para la fabricación de telas, para la producción

de colorantes, para momificar y enterrar a los muertos, para pelear en las guerras, y para tantas otras cosas más que contribuyen a estructurar una civilización, se desarrollaron en la antigüedad con tal grado de perfección que hoy todavía nos asombra, sin que la ciencia participara en ellos pues aún no existía. En la Edad Media, mientras los alquimistas trabajaban escondidos en sus cuevas en la búsqueda nocturna de la transmutación de los metales, los arquitectos y maestros de obras cimentaban y hacían crecer las catedrales espléndidas que hoy persisten, como muestras contundentes de su extraordinaria tecnología. Los marineros portugueses realizaron viajes hasta el fin del mundo auxiliados principalmente por su valor inquebrantable y su voluntad de ir más lejos, así como por la tecnología desarrollada empíricamente a través de los siglos por sus predecesores en las aventuras marinas, mucho antes de que la ciencia acumulara los conocimientos necesarios para poder contribuir a esas proezas inmortales. No fue sino hasta mediados del siglo XVIII, durante la revolución industrial, que la ciencia empezó a generar información que le permitió incidir en el rendimiento de las máquinas, en las fuentes de energía, o en la salud de los trabajadores; sin embargo, su contribución a la tecnología continuó siendo de poca importancia hasta mediados del siglo XIX.

Fue en esos tiempos cuando la ciencia empezó a desempeñar un papel cada vez más importante en la

determinación del desarrollo de cada país y del nivel de vida de sus ciudadanos. Las naciones del hemisferio norte se imbuyeron con el espíritu inquisitivo y la búsqueda de explicaciones objetivas a los fenómenos naturales, dejando de lado al dogma autoritario y a los argumentos trascendentales. Los hombres de esos países empezaron a liberarse de sus cadenas medievales y a enfrentar al mundo, no como un valle de lágrimas, sino como un conjunto de fenómenos naturales cuyo conocimiento les permite una mejor adaptación a la realidad a la que pertenecen. También aprendieron a vivir en la incertidumbre ante lo desconocido, a decir “no sé”, en lugar de aceptar mitos y tradiciones antiguas como respuestas, cuando la realidad todavía no se ha penetrado. Y también empezaron a conocerse mejor a sí mismos, en vista de que se aceptaron como seres humanos y como parte de la naturaleza, en lugar de seguirse considerando como receptáculos de un espíritu inmarcesible y eterno. En otras palabras, los países del hemisferio norte usaron a la ciencia para transformarse de medievales en modernos, con lo que se constituyó la mayor parte del primer mundo. En cambio, el hemisferio sur rechazó a la ciencia y se mantuvo firme en sus ideas trascendentales, retrasando así su modernización respecto al hemisferio norte y constituyendo lo que se conoce como el tercer mundo. La historia de los últimos dos siglos nos enseña que la ventaja ganada de esa manera por el primer mundo

la aprovechó en gran parte para colonizar y explotar al tercer mundo, en donde siempre se aliaba con las fuerzas más conservadoras y tradicionalistas, para garantizar que las sociedades sometidas preservaran su estructura medieval y su filosofía de esclavos y pecadores.

En este siglo hemos visto la desaparición de la mayor parte del colonialismo de tipo político, aunque todavía quedan algunas colonias en el tercer mundo; también hemos contemplado y seguimos contemplando esfuerzos heroicos de muchos países del tercer mundo por librarse del colonialismo económico que los agobia; incluso existen también cada vez más individuos tercermundistas que aspiran y luchan por desprenderse del colonialismo intelectual, que representa la forma de dependencia más profunda, más esclavizante y más destructiva de la identidad nacional de un país. Porque no hay peor pérdida que la de los valores autóctonos, de aquellos aspectos de la cultura que permite distinguir entre distintos pueblos, como el idioma, la cocina, la ropa, la música y las tradiciones familiares. Cuando todo esto, que es lo que conforma la esencia de un grupo humano específico, empieza a cambiarse por otras características pertenecientes a otro grupo distinto, también se inicia su desintegración.

La función más importante de la ciencia es contribuir a reforzar la identidad nacional de los pueblos que la cultivan. A través de la ciencia se conocen mejor a sí mismos y pueden enfrentarse

con mayor eficiencia a sus propios problemas, en lugar de intentar combatirlos con ideas e instrumentos importados, desarrollados en otros países con otros propósitos. Por medio de la ciencia es posible elevar la capacidad de comprensión de la naturaleza de todo el país; con ciudadanos mejor educados se incrementa la conciencia civil y es posible llevar a cabo programas más efectivos para mejorar la calidad de la vida de todos. La ciencia combate al fatalismo y a la aceptación fácil de la derrota, enseñando que *no hay tal destino ni maldición inexorables*, sino que el hombre es capaz de modelar su vida de acuerdo con sus aspiraciones e intereses. La ciencia produce conocimiento y éste libera al hombre del oscurantismo engendrado por la ignorancia.

En lo anterior no he mencionado que la ciencia también genera tecnología porque no sólo me parece una función implícita en las otras sino además, en comparación con ellas, de importancia secundaria. Naturalmente que se puede individualizar y darle gran prominencia, como lo han hecho México y otros países del tercer mundo con sus Consejos Nacionales de Ciencia y Tecnología. Pero ni la historia ni la realidad actual sirven para demostrar que ése es el único o el más importante papel de la ciencia.

6) ¿Tiene límites la ciencia?

La pregunta que encabeza estas líneas puede entenderse de dos maneras muy distintas: por un lado, puede estar

inquiriendo si existen áreas del mundo o de la vida que salgan fuera de los confines de la ciencia, mientras que por otro lado, puede estar preguntando si algún día la ciencia terminará por conocer toda la verdad del universo. En otras palabras, el primer sentido de la pregunta se entendería mejor si se formulara como: “¿cuáles son las limitaciones del conocimiento científico?” y el segundo sentido se aclararía si se re-fraseara como: “¿puede el conocimiento científico llegar a ser completo?” Los dos cuestionamientos son interesantes y legítimos, pero distintos. Además, no se trata de preguntas científicas, sino filosóficas, o mejor aún, metafísicas, lo que les confiere todavía mayor interés, especialmente en estos tiempos pragmáticos en que lo racional especulativo disfruta de escaso prestigio y mínima atención. En lo que sigue primero voy a comentar brevemente cada una de las dos preguntas por separado y al final voy a volver a mirarlas juntas.

Las limitaciones del conocimiento científico no son asunto universalmente conocido y aceptado, sino todo lo contrario: oscilan desde el extremo postulado por los “cientistas mesiánicos”, quienes aseguran que el único conocimiento *verdadero* que existe es el científico, y que todo lo demás son especulaciones, corazonadas, adivinanzas, creencias, sueños, poesías o ilusiones, hasta el otro extremo, tradicionalmente sostenido por los “humanistas frenéticos”, quienes apenas conceden a la ciencia un sitio pequeño al

lado de la tecnología, cuya verdadera función (según ellos) es instalar drenajes y arreglar puentes, pero sin relación alguna con los elevados asuntos del espíritu, en el que reside el verdadero conocimiento. Naturalmente, la mayor parte de las opiniones caen entre los dos extremos mencionados, aunque no por eso dejan de representar puntos de vista opuestos. Sin embargo, en mi opinión éste no es, ni ha sido nunca un problema filosófico grave, sino que más bien se trata de una ligera dificultad semántica. Se requiere definir lo que significa la voz conocimiento, de especificar con precisión lo que vamos a querer decir cuando usemos tal término. El Diccionario de la Real Academia Española indica que conocimiento es: “acción o acto de conocer”, y de este último dice: “Averiguar por el ejercicio de las facultades intelectuales la naturaleza, cualidades y relaciones de las cosas. Entender, advertir, saber, echar de ver. Percibir el objeto como distinto de todo lo que no es él...” De manera que el término conocimiento, usado por sí mismo, tiene como única indicación que debe obtenerse con el uso de las facultades intelectuales. Es cuando le agregamos un apellido, como la palabra “científico”, que lo restringimos dentro de la categoría señalada por el adjetivo. Es claro que los límites del conocimiento científico estarán dados por lo que cabe dentro del concepto de ciencia y que variarán según la amplitud o el rigor con que se aplique este nombre a distintas actividades humanas. Para aquellos que consideran a la

historia, a la economía y a la sociología como ciencias, el contenido del conocimiento científico será mucho más amplio que para los que excluyen estas disciplinas.

Pero no son sólo las diferentes especialidades incluidas en el concepto de ciencia las que determinan los límites del conocimiento científico, sino también el tipo general de proposiciones que se aceptan en todas ellas. Tales proposiciones deben cumplir con una serie de requisitos, entre los que se encuentran los siguientes: 1) referirse a la naturaleza, 2) ser verificable, sea por observación o por experimentación, 3) ser consistente con las teorías generales aceptadas. El primer requisito es el más estricto pues define el ámbito de la ciencia, que según Rosenblueth es “el conocimiento ordenado de los fenómenos naturales y de sus relaciones mutuas”. Todo aquello que se salga de la naturaleza (todo lo sobrenatural) está fuera de la ciencia. El segundo requisito es también muy riguroso, en vista de que el conocimiento científico debe ser público y accesible a todo aquel que tenga el interés y la oportunidad para examinarlo; todas las experiencias estrictamente personales, como la inspiración poética o el misticismo religioso, están fuera de la ciencia. Finalmente, el tercer requisito es conveniente, aunque si no se cumple, la proposición inconsistente con las teorías aceptadas debe tener la solidez y la fuerza necesarias para obligar a un cambio de las teorías, de manera que ahora sea consistente con ellas. Con toda

su importancia para el hombre, preguntas como “¿hay vida después de la muerte?” o “¿cuál es el propósito del Universo?”, no son científicas y sus respuestas (cualquiera que sean) están fuera de la ciencia.

El segundo sentido en que puede entenderse el título de estas líneas es si, dentro de su propio campo científico, el conocimiento puede llegar alguna vez a ser completo. Para considerar seriamente esta posibilidad deben aceptarse dos postulados: 1) la extensión del ámbito de la ciencia, o sea la naturaleza, es finita, y 2) el hombre tiene la capacidad para comprender científicamente a toda la naturaleza. Respecto al primer postulado, ha habido (y todavía hay) distinguidos científicos que lo han aceptado, señalando que incluso en varias áreas de la ciencia ya es posible visualizar su límites, como en la geografía, física o en la anatomía humana. En forma razonable argumentan que tanto el planeta Tierra como el cuerpo de *Homo sapiens* son estructuras específicas y definidas, que por lo tanto contienen un número muy grande, pero no infinito de datos, por lo que con diligencia y brío (y sin límite de tiempo) la ciencia puede llegar a completar sus respectivos catálogos. Si este argumento se acepta para nuestro planeta y nuestra anatomía, por extensión deberá aceptarse para todo lo demás que constituye la naturaleza. El segundo postulado, aunque en apariencia distinto al primero, en realidad es muy semejante, pues se trata de otra proyección al futuro

basada en toda nuestra experiencia pasada, o sea de otra inducción. En vista de que hasta hoy hemos logrado comprender científicamente a una parte de la naturaleza lo seguiremos haciendo hasta agotarla por completo. Para los que rechazan a la inducción como un método válido para llegar a conclusiones generales, los dos postulados son inaceptables; lo único que puede hacerse es seguir trabajando con la esperanza de que algún día se encuentre algo que resuelva las incógnitas. En cambio, para los inductivistas (yo soy uno de ellos) tal problema no existe, pero en cambio hay otros más graves. En efecto, los dos postulados se basan en una estructura teórica de la realidad que supone formada por dos componentes: por un lado, la naturaleza, objeto del estudio científico, y por otro lado, el hombre, que es quien lo lleva a cabo. Estos dos elementos son independientes el uno del otro y su interacción no influye para nada en ninguno de los dos. Se trata del tradicional esquema dualista del mundo de la ciencia, en donde el hombre es un observador imparcial, objetivo e infalible de la realidad, y ésta le corresponde siendo constante, definida y accesible. Pero los científicos sabemos muy bien que las cosas son de otro modo: los hombres no somos observadores imparciales, objetivos e infalibles de la realidad, sino todo lo contrario. Nos cuesta muchísimo trabajo distinguir entre lo que vemos y lo que quisiéramos ver, o sea que proyectamos nuestros intereses en el mundo exterior y casi siempre aceptamos

como observación una mezcla de 90% o más de nuestra imaginación, más un 10%, o menos, de la realidad; además, no sólo no somos infalibles, sino que tenemos el dudoso honor de ser altamente falibles. Finalmente, a través de nuestra visión tubular y distorsionada, la realidad externa no posee un carácter definido y/o permanente, sino que adopta las configuraciones que nosotros le imponemos, de acuerdo con lo que creemos en un momento dado y con la “moda” científica del momento. Por su parte, la realidad que estudiamos es todo menos invariable, especialmente en las ciencias menos “exactas”, como la biología, la economía y la sociología. El resultado es una relación mundo-ciencia mucho más compleja y difícil de analizar que la supuesta por los partidarios del inductivismo científico.

Volviendo al tema genérico de estas líneas, podemos concluir que la respuesta a nuestra pregunta inicial “¿tiene límites la ciencia?” es sí, pero no simplemente sí. Como la pregunta es ambigua, la respuesta tiene el mismo carácter. Cuando el cuestionamiento se interpreta como exploración de las fronteras entre lo que es y no es ciencia, la respuesta dependerá de lo que se incluya dentro del término “ciencia”. En cambio, cuando la pregunta se refiere a un posible fin futuro de la investigación científica por agotamiento del sustrato, la respuesta es que la realidad que estudia la ciencia es en gran parte inventada por los científicos, por lo que mientras éstos existan seguirá habiendo material para su estudio.

Concluyo estas líneas con un resumen cifrado en dos frases: 1) los límites de la ciencia son los mismos que los límites de la naturaleza, y 2) como la ciencia es en gran parte creación de la mente humana, mientras existan investigadores científicos seguirán existiendo problemas por resolver en la ciencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers

Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

Secretario General

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez

Secretario Administrativo

Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa

Secretario de Desarrollo Institucional

Mtro. Javier de la Fuente Hernández

Secretario de Atención

a la Comunidad Universitaria

Dra. Mónica González Contró

Abogada General

Mtro. Néstor Enrique Martínez Cristo

Director General de Comunicación Social



ACADEMIA MEXICANA DE LA LENGUA

Jaime Labastida

Director

Felipe Garrido

Director adjunto

Alejandro Higashi

**Coordinador Académico del
Gabinete Editorial**



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

Dr. Jesús Salinas Herrera

Director General



PLANTEL NAUCALPAN

Dr. Benjamín Barajas Sánchez

Director

Mtro. Ciro Plata Monroy

Secretario General

Mtro. Keshava Quintanar Cano

Secretario Administrativo

Ing. Reyes Hugo Torres Merino

Secretario Académico

Dr. Joel Hernández Otañez

Secretario Docente

Biól. Guadalupe Mendiola Ruiz

Secretaria de Servicios Estudiantiles

Biól. Gustavo Alejandro Corona Santoyo

Secretario Técnico del Siladin

Lic. Fernando Velázquez Gallo

Secretario de Cómputo y Apoyo al Aprendizaje

C.P. Ma. Guadalupe Sánchez Chávez

Secretaria de Administración Escolar

Lic. Rebeca Rosado Rostro

Jefa de la Unidad de Planeación

Lic. Laura Margarita Bernardino Hernández

Jefa del Depto. de Comunicación

Mtro. Édgar Mena López

Jefe del Depto. de Impresiones

Cómo acercarse a la ciencia de Ruy Pérez Tamayo, un título de la colección La Academia para Jóvenes, del Plantel Naucalpan, Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, se terminó de imprimir el 7 de septiembre de 2017 en los talleres del Plantel Naucalpan, Calzada de los Remedios, núm 10, colonia Bosque de los Remedios, Naucalpan de Juárez, CP 53400, Estado de México.

La edición consta de 1000 ejemplares con impresión offset sobre papel bond ahuesado de 90 grs. para los interiores y cartulina sulfatada de 12 pts. para los forros.

En su composición se utilizó la familia Joanna MT STD.

La formación estuvo a cargo de Édgar Mena y Julia Michel Ollin Xanat Morales.

El cuidado de la edición estuvo a cargo de Alejandro García y el autor.

La **Academia para Jóvenes** es una colección de libros de divulgación dirigida a los estudiantes del bachillerato interesados en reforzar su formación en los campos de las ciencias experimentales y sociales, así como en las humanidades. La Academia Mexicana de la Lengua se siente profundamente orgullosa de participar en ella junto con la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de la Secretaría General de la UNAM y del Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Naucalpan.

Los títulos que la integran han sido preparados por miembros de la Academia Mexicana de la Lengua, que de esta manera quieren contribuir a que los estudiantes puedan asomarse a la enormemente amplia diversidad de sus intereses.

Las obras publicadas buscan fomentar el placer de la lectura, contribuir a la formación integral de nuestros jóvenes, despertar en ellos algunas vocaciones y vincularlos con los proyectos de investigación de connotados especialistas.

Felipe Garrido

Director adjunto de la

Academia Mexicana de la Lengua

La Academia para Jóvenes

