

Editorial

El presente número de “Consonancias” inaugura una nueva etapa de nuestra publicación: comenzaremos a presentar en ella la palabra de nuestras Facultades en temas relativos a la integración del saber, intentando así ejercitar ese diálogo renovador entre filosofía, teología y ciencias que el IPIS debe animar en la comunidad universitaria.

La actual contribución la ha ofrecido la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería en las personas de su decano, el ingeniero Horacio Reggini, y del Dr. Alejandro Arvia, Director del área de Física y Química. Sus reflexiones se ubican en un ámbito cercano al que presentamos en el número de diciembre de 2004, dedicado a reflexionar en torno a la temática del itinerario formativo. Señalábamos allí la importancia de asumir el hecho de que las ciencias duras se presentan como “*forma mentis*” de todos los alumnos que ingresan en la universidad, por constituir dichas ciencias un rasgo esencial de la cultura técnica contemporánea. La “formación integral, humanista y cristiana” exige recorrer el camino que, desde las ciencias duras, conecte al alumno con dimensiones más ricas de lo real.

Los autores de las presentes contribuciones abogan, también ellos, por un ensanchamiento de horizontes en la enseñanza de las ciencias, superador de frecuentes dualismos entre ciencias duras y humanidades, dualismo que se exaspera cuando “las ventajas del desarrollo tecnológico” se confunden con “los valores del mundo basados en un vértigo economicista y consumista pendiente de novedades intrascendentes” (Arvia), o cuando cedemos a la costumbre de “pensar separando, aislando nuestros saberes en compartimientos estancos” (Reggini).

Iniciamos pues una nueva etapa. Esperamos contar en futuros números de “Consonancias” con aportes de otras unidades académicas, que iremos intercalando con las reflexiones que el IPIS seguirá ofreciendo a la comunidad universitaria. De esta manera nuestra publicación podrá servir mejor al objetivo de hacer presente la integración del saber como “*forma mentis*” del alumno de la Universidad Católica Argentina.

Ing. Jorge Papanicolau
Vicedirector

P.Fernando Ortega
Director

* * *

PRESENTACIÓN

Nestor Corona

En distintos lugares de los números de *Consonancias* se ha dicho que la integración del saber viene reclamada por la “naturaleza” misma de la existencia y precisamente como una tarea nunca acabada. También se dijo que, en definitiva, en tal articulación de los distintos saberes, se trata del despliegue siempre novedoso del sentido de la vida humana, y que ese sentido exige que el lugar privilegiado de su manifestación, la institución universitaria, se deje configurar por él en su devenir histórico.

Precisamente, los escritos que siguen dan testimonio, desde la reflexión sobre la tarea de un sector del saber, la ingeniería, de aquella necesidad de la integración, en particular de las ciencias y las técnicas con las llamadas humanidades. Por otra parte, los escritos apelan también a una realización concreta de la integración del saber en la organización de la tarea educativa, especialmente en las universidades.

En el número anterior de *Consonancias* se proponían algunos “Aportes para pensar un itinerario formativo”. Allí, recogiendo y organizando de manera diversa cuestiones ya expuestas en otros números, se intentaba mostrar cómo integrar los distintos saberes, en el proceso educativo en nuestra Universidad Católica. La base de la reflexión era allí la convicción de que las distintas disciplinas científicas tienen su punto de partida y retorno en la vida, en cuanto ella se constituye como existencia humana en la lucidez abarcadora y radical de sus lenguajes originarios “poéticos”, y se anotaba entonces que advertir esto y decirlo en este último modo era también un despliegue de la vida misma, precisamente como filosofía.

El escrito sobre los “Aportes...” veía así la integración de los saberes en la tarea educativa desde la perspectiva de la vida total. Allí la existencia humana advertía, como sus derivados y “partes”, tanto la comprensión filosófica cuanto la objetividad explicativa del saber de las ciencias y del quehacer técnico. Así, el todo de lo humano y “sus” cosas se recorría, en su lucidez, “pacíficamente” a sí mismo –y así integraba– reconociéndose en los despliegues parciales y derivados.

En los escritos del ingeniero Horacio Reggini y del doctor en química Alejandro Arvia también se trata del todo de lo humano integrado y de sus “partes”. Pero en ellos, como corresponde, no es en general el todo el que desde el comienzo aparece reconociéndose explícitamente a sí mismo; más bien aparecen en primer lugar las partes –las ciencias, las técnicas– como aspirando al todo. Pero cabe pensar que no habría tal aspiración si el todo no estuviera secretamente ya pulsando allí y generando una cierta nostalgia. ¿Y podría ser esto de otra manera? ¿Puede acaso el hombre científico dejar de ser hombre, aún con todos los ocultamientos y represiones que puedan darse, tanto individual como colectiva y epocalmente?

Con todo, cabe señalar que el carácter más originario y originante del todo de la vida humana, que se expresa en lenguajes propios, es sutilmente advertido por Reggini cuando afirma: “Es preciso que las personas de las llamadas ciencias duras adviertan que los otros saberes son diferentes formas ineludibles de comprensión del mundo y que provienen de las mismas fuentes en las que también se abrevan el saber científico y el ingenio técnico”.

Si en el número anterior de *Consonancias* el todo de la vida humana se hacía presente desde el comienzo y era reconocido como tal en su decirse “poético”—y tal reconocimiento ya era hacer filosofía— ahora, en los trabajos de Reggini y Arvia, ese todo aparece en el modo del reclamo de su presencia: es el todo de lo humano que, presente como nostalgia en las ciencias, pide ser dicho por los lenguajes más abarcadores, “humanistas” de la poesía, del arte, de la filosofía. Es que se trata simplemente de dar lugar a “la gran conversación de la existencia” como dice Reggini en una feliz expresión.

En estos escritos las mismas ciencias parecen pedir su “salvación” por su prolongación en otros lenguajes. El aquí del lenguaje científico pide el más allá integrador de otros lenguajes. Así se constituiría esa apasionante zona del “entre” de ambos tipos de lenguaje, el lugar del vaivén, donde quizá circule algo misterioso uno, unificante y a la vez diversificante.

Ahora bien, la superación del pensamiento “disyuntor”, esto es, la integración del saber, no es una cuestión reservada a los hombres de ciencia y a los humanistas en sus escritorios. El todo complejo y uno de lo que es, que se hace presente a sí mismo en el variado y sinfónico lenguaje del hombre, debe resonar en la educación, es decir, precisamente allí donde los hombres se encuentran para decirse unos a otros diciendo a la vez todo lo que es, en camino hacia la meta de su pleno cumplimiento. En esta cuestión, como se dijo, ponen también su acento tanto Reggini como Arvia.

En los textos de nuestros dos autores se hace notar que las ciencias constituyen la “forma mentis” de nuestro tiempo y que ello reclama el esfuerzo, en la educación, desde las mismas ciencias y desde sus propias exigencias de rigor, de orientarse hacia una consideración abarcadora del todo de lo real. En palabras de Arvia: “La educación tiene como fin el desarrollo del individuo hasta su completa realización integral, y la afirmación de todas sus posibilidades de conexiones dinámicas de esas estructuras con toda la realidad. La educación debe introducir al educando en la realidad total. La palabra realidad es para la palabra educación como la meta lo es para el camino”.

Los textos de Reggini y Arvia presentan un importante enriquecimiento en una línea de pensamiento que reclama ser ampliada incesantemente desde distintas perspectivas.

* * *

ENCUENTROS ACADÉMICOS. FORMACIÓN DE INGENIEROS EN LA ARGENTINA ¹

Ing. Horacio C. Reggini

Velocidad y cambio son notas características del mundo actual. Esto vale para todo campo de acción –científico o filosófico– y, consecuentemente, también en la ingeniería es posible observar que el papel del ingeniero cambia a ritmo intenso. La loca carrera de la pequeña Alicia detrás del Conejo en la historia infantil narrada por Lewis Carroll hacia 1865, enuncia una misteriosa ley que paradójica y proféticamente regirá más de cien años después nuestra cruda adultez: “En un mundo en cambio, el que se queda en el mismo lugar retrocede”. A poco que nos detenemos a cotejar los planos de aquella ficción extraordinaria y esta realidad en que vivimos, una auténtica alarma se apodera de nosotros, y es necesario apelar a la voluntad para no echarse atrás buscando protección en la nostalgia ni precipitarse, al contrario, a mantener artificialmente el equilibrio enarbolando la utópica bandera de una ingeniería absolutamente otra.

Cuando se piensa en una ingeniería nueva, existe el grave peligro de imaginarla muy distinta de la actual si uno toma novedad por diferencia y futuro o porvenir por borramiento o ausencia de rastros del pasado. Al respecto vale en nuestro terreno la reflexión general del pensador alemán Walter Benjamin: “El cronista que narra los acontecimientos sin distinguir entre los grandes y los mínimos, da cuenta de una verdad: nada de lo que una vez haya acontecido ha de darse por perdido para la historia”. De igual modo, la ingeniería existente y su tradición gravitarán en la construcción de una ingeniería nueva, que a su vez tendrá como condición de posibilidad la noción de continua transformación junto con la conciencia de formar parte de la compleja trama que implica la contemporánea interdependencia de saberes. Todo lo cual está contenido y dicho con sencillez en el precepto bíblico: “no se pone vino nuevo en odres viejos, ni se echa un remiendo de paño nuevo en uno viejo...”

Pasemos ahora a nuestra particular circunstancia. Sabemos que el país requiere para su despegue efectivo de plantas industriales de toda índole y de numerosas obras de infraestructura por años demoradas. Sabemos asimismo que para concebirlas, diseñarlas y dirigir su construcción hacen falta ingenieros que –lejos de extraviarse divagando– concretamente lleven adelante trabajos con comienzo y fin. Y si bien estamos orgullosos de la trayectoria de la ingeniería argentina y sus altos exponentes, al mismo tiempo nos preocupa percibir que los alumnos durante la carrera no aprenden a fondo

¹ Con el propósito de intercambiar ideas y crear un clima propicio para futuras acciones académicas tendientes a reorientar y modernizar los planes y programas de estudio de las carreras de ingeniería en la Argentina, los días 11, 18 y 25 de agosto de 2004 se desarrollaron en la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica Argentina los Encuentros Académicos “Formación de Ingenieros en la Argentina”. El texto corresponde a las palabras de apertura pronunciadas el 11 de agosto. El Ing. Reggini es miembro de número de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de la Academia Nacional de Educación y de la Academia Argentina de Artes y Ciencias de la Comunicación. Miembro correspondiente de la Academia de Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires. Decano de la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica Argentina. Ingeniero interviniente en el proyecto y dirección técnica de importantes obras.

cómo diseñar futuros creativos, cómo inducir y conducir a la gente en un proyecto, cómo calibrar las consecuencias éticas de su accionar.

Por lo tanto, dado que el ingeniero tendrá un papel protagónico en la sociedad cuando integre al saber técnico el despliegue de sus capacidades éticas, sociales y creativas, quiero subrayar con énfasis el deber, a la par de la necesidad vital, de que la ingeniería se ubique en el contexto general de la cultura. Ser ingeniero significa saber lo necesario de ingeniería, pero también lo suficiente de lo demás como para poder participar armoniosamente –o sea sin desentonar– en la gran conversación de la existencia.

Las consideraciones anteriores sobre el cambio y la velocidad del mundo actual y el correlativo posicionamiento de una nueva ingeniería acorde con el espíritu transformador, de una ingeniería que valore lo ya sabido por tradición asumiendo al proyectarse hacia el futuro la complejidad de lo real –o sea lejos de la especialización excluyente– dichas consideraciones, digo, nos han movido a organizar estos encuentros.

Por otra parte, no haremos con ello sino sumarnos a las discusiones entabladas en el mundo entero sobre los fines y alcances de la educación para la ingeniería. Aquí prevalecerá la plena libertad académica en la recepción de todas las opiniones y, aunque los temas seleccionados no agotan el panorama de la profesión, creemos que pueden servir de punto de partida para reflexiones ulteriores. Aclaro que cuanto se vierta en este ámbito se hará a título personal, sin compromiso de las instituciones a las que pertenecemos.

En lo que se refiere específicamente al curso de estos encuentros, esperamos que den lugar a debates entre posiciones opuestas de modo que cada uno de los asistentes aporte su saber y pasión sin consentirse la crítica estéril, tan de moda en el discurso parasitario de la pobreza. Con esto introduzco como principio lo que será, seguramente, corolario de nuestras reuniones y, a mi juicio, debe vertebrarlas: estamos juntos y tenemos una misión común, pero sólo lograremos llevarla a cabo si el resultado no es el consenso unánime. Recordemos a Ortega y Gasset cuando cita la siguiente reflexión de Humboldt: “Para que lo humano se enriquezca, se consolide y se perfeccione es necesario que exista una variedad de situaciones”. O a Henry D. Thoreau, con su símil de que nivelar o eliminar las diferencias o irregularidades del planeta equivaldría a privarlo de belleza.

Otro ejemplo del campo de la biología: si reducimos las diferencias genéticas, corremos el riesgo de que la población humana en su totalidad se convierta en un gigantesco clon, tedioso y privado de las variaciones necesarias para responder a los cambios exteriores y, así, marcharíamos hacia una extinción segura.

Celebremos las diferencias que, en cuanto tales, permiten el mejoramiento educativo, ya sea como proceso de prueba y error, ya como despliegue creciente de comprensión en un contexto evolutivo. En ambos casos las diferencias iluminarán el camino del perfeccionamiento del ingeniero, trazando una vía abierta y no limitada por pautas autoritarias. Cualquier traba al juego de las diferencias y al espíritu libre gravaría el conjunto, bloqueando la posibilidad de ensanchar el horizonte de nuestra exploración.

Insisto, para redondear estas ideas, en el elogio de la diferencia, elogio que nada tiene que ver con el desenfreno del “todo vale”. Pienso que para un ingeniero lleno de sueños

y proyectos, el ejemplo más ilustrativo de una diversidad opuesta al totalitarismo en acecho, lo da la Torre de Babel. El episodio cuenta cómo los descendientes de Noé construyeron una torre altísima y cómo recibieron por semejante osadía el castigo de hablar diversas lenguas para que no pudieran entenderse. Pero, “el episodio de la Torre de Babel –dice George Steiner en *Errata / El examen de una vida* – fue todo lo contrario de una maldición. El don de lenguas es precisamente eso: un regalo y una bendición incalculables (...) La riqueza de la experiencia, la creatividad del pensamiento y del sentimiento, la penetrante y delicada singularidad de la concepción hecha posible por las diferencias son el principal medio de adaptación y la principal ventaja del espíritu humano”.

Esto que sostiene Steiner tiene una genial versión latinoamericana. Se trata de un texto del guatemalteco Augusto Monterroso, más literario y a la vez más “ingenieril”, que describe el espanto de la uniformidad absoluta:

La otra torre

“En el terreno de cuatro metros por cuatro construyo desde el principio de los tiempos una Torre con todos los materiales posibles: piedra, cemento, hierro, ladrillo, vidrio, madera, adobe, paja y, principalmente, saliva; en lo más alto y coronándola, levantaré un antepecho de marfil, de un metro veinte de altura.

En la base se agitan esperando todos los idiomas: sánscrito, arameo, hebreo, griego, latín, español, italiano, francés, portugués, árabe, alemán, inglés, que en su oportunidad habrán de subir por entre retortas y alambiques hasta la cima, en donde un faro de tres milímetros de diámetro girará mezclándolos y convirtiéndolos en uno solo. Desde ahí, a partir de un momento dado, emitiré por el resto de los tiempos una única palabra: –Auxilio.”

* * *

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y EDUCACION DE LA SOCIEDAD²

Dr. Alejandro Jorge Arvia

Mi presentación versará sobre el análisis de algunos aspectos de la enseñanza de las ciencias, necesarios a mi juicio, para la formación del hombre y su integración a la cultura de nuestro siglo. Agruparé con el nombre de ciencias, a las ciencias de la naturaleza, hoy mejor agrupadas como ciencia de la vida y ciencia de los materiales. Esta reciente clasificación es consecuencia del flujo creciente de descubrimientos

² Texto del Dr. Alejandro Jorge Arvia en la ceremonia de incorporación como nuevo miembro de número de la Academia Nacional de Educación el 2 de agosto de 2004. Su disertación de espíritu galileano analiza algunos aspectos de la enseñanza de la ciencia para la formación del hombre y su integración a la cultura de nuestro siglo. El Dr. Arvia es Presidente de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, miembro de número de la Academia Nacional de Educación y miembro correspondiente de numerosas academias y asociaciones extranjeras. Investigador y director del laboratorio INIFTA - Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas- (La Plata 1954 –2003), Director del Área de Física y de Química de la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica Argentina.

básicos que son comunes a un gran número de fenómenos naturales y hace a una mejor comprensión de la realidad. Así, los sistemas complejos que abarcan tanto las ciencias de la naturaleza como las humanidades convergen hacia una descripción en términos de universalidades [1-4].

Procederé a fijar pautas básicas relacionadas con la enseñanza de las ciencias y la vida del hombre. Para que el hombre pueda afrontar su compromiso con la realidad en el mundo de hoy, es insoslayable el conocimiento de las ciencias, para lo cual es imprescindible el manejo de la palabra y la capacidad de observación. Conviene también reconocer los límites de la verdad en las ciencias y la tendencia creciente hacia la búsqueda de universalidades. Prestaré atención a la necesaria armonía que debe lograrse entre contenido y metodología, y mencionaré el valor de la enseñanza de las ciencias como medio de ayuda para el crecimiento cultural de la sociedad.

1. Educación y felicidad

La humanidad se enfrenta con la realidad de un mundo que puede describirse como un sistema muy complejo, no uniforme y cambiante. Justamente, este dinamismo hace que el comportamiento de la realidad sea difícilmente predecible. En ella aparecen múltiples variables, algunas favorables (por ejemplo, disponibilidad de alimentos, buenas cosechas, clima amable, seguridad personal y familiar, etc), y otras desfavorables (hambrunas, desastres naturales, cambios climáticos, agresividades económico sociales, etc.). En este entorno la humanidad tiende a buscar cierto grado de felicidad viviendo en armonía con el medio natural y cultural. Esta búsqueda es una meta que está siempre por alcanzarse.

Cada ser humano elabora a su manera la naturaleza esquivada de esta meta, aunque ciertos aspectos de esa elaboración resultan válidos para la mayor parte de los humanos. Una parte de la felicidad del género humano será sentirse útil en un trabajo creativo que contribuya a la organización y al bienestar del conjunto social. La sociedad, a su vez, estará en deuda con la persona si no se constituye en salvaguarda del hombre y de su trabajo. Otro aspecto de la felicidad humana común a todos los hombres es la libertad. La libertad está ligada con una actitud de constante búsqueda honesta y activa de la verdad [5].

Educar a hombres y mujeres para que sean seres humanos felices es el gran desafío de la humanidad [6]. Educar para conocernos a nosotros mismos y al otro, tanto al que está cerca como al que está lejos; para realizarnos con gusto y apreciar el progreso en todas sus facetas, para sentirnos partícipes de la aventura del hombre sobre el planeta, para comprender el mundo que nos rodea con sus alegrías y torpezas, para apreciar la historia y sus actores sin desmedro de nuestra propia contribución a ella, para vislumbrar un futuro mejor, con libertad para amar, para pensar, para expresar ideas y creencias, para relacionarse respetuosamente con quienes piensan diferente, para establecer un patrón ético [7,8].

Educar con libertad y en la responsabilidad que implica ser libres no es sencillo, pero es apasionante. Es una tarea que conjuga lo individual y lo colectivo, el individualismo y la solidaridad, en un equilibrio armonioso y dinámico. Se puede instruir al hombre como se instruye a una computadora o a una máquina analógica, pero educar al hombre implica interactuar con una compleja organización en la cual coexisten sentimientos y

racionalidad. La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias se encierra en este marco de educación integral.

2. La palabra

La estructura de la sociedad humana es inseparable de la palabra. La palabra es interacción, entendimiento y discrepancia, discusión y acuerdo, verdad y error. Pero además, la palabra es camino de ruptura del individualismo. Un lenguaje pobre es incapacidad de comunicación a niveles superiores al elemental.

Aprender a expresarse oralmente y a comprender el lenguaje escrito es una meta de la educación formal, pero también es requisito que deben reunir los ciudadanos de una sociedad libre, feliz y comprometida con su progreso.

La literatura y la poesía son niveles de excelencia del lenguaje a los que siempre será deseable llegar o, al menos, apreciar y disfrutar, pero no debe menospreciarse el valor práctico del lenguaje científico. Aprender ciencias es también aprender a expresarse con precisión. Esto debe percibirse como un valor positivo importante tanto de la educación en ciencias como de la cultura universal y no como un obstáculo inútil.

3. La Educación

Reflexionemos sobre aspectos generales de la educación, partiendo de la tradición judeo-cristiana para la cual la definición del hombre y de su destino es misterio. En Génesis 1,26 se lee: “*Hagamos al hombre a nuestra imagen y semejanza*”, frase bíblica que proyecta la meta del hombre hacia la Sabiduría, la búsqueda de la Verdad. En esta definición se vislumbra que cada ser humano transita un camino en contacto con la realidad, actuando honestamente, con libertad y con fe esperando llegar al encuentro de la verdad. Los actos de fe actúan entonces como fuerzas impulsoras para enfrentarse con lo desconocido. La fe como definición formal es un estado de compromiso personal con las preocupaciones últimas, resulta premisa útil para iluminar el camino de la comprensión. Dejando de lado presupuestos teológicos, esto significa creer o aceptar ciertas proposiciones sobre la base de una evidencia inadecuada con una intencionalidad de significado [8]. Entonces, la fe existirá en todo hombre comprometido honesta y libremente en la búsqueda de explicaciones a las incógnitas de la realidad. Por ello, los actos de fe se encuentran en las muy diversas manifestaciones del ser humano abarcando un amplio espectro que va desde la fe considerada como don gratuito hasta su formulación como hipótesis de cualquier trabajo intelectual creativo. Por tanto, la educación encierra un encuentro con el misterio [6], con lo desconocido.

La educación, como tal, debe ofrecer una cosmovisión a la juventud y al hombre en general para que asuman la responsabilidad de llegar a ser ellos mismos. Esto se alcanza a través de la comunicación entre las personas y se inicia con el aprendizaje y el uso del lenguaje oral y escrito, la enseñanza de la lectura y la ejercitación en la comprensión de texto. Este aspecto liminar de la educación es fundamental para cualquier aprendizaje posterior, incluyendo la enseñanza de las ciencias.

La educación tiene como fin el desarrollo del individuo hasta su completa realización integral, y la afirmación de todas las posibilidades de conexiones dinámicas de esas estructuras con toda la realidad [6,9]. La educación debe introducir al educando en la

realidad total. La palabra realidad es para la palabra educación como la meta lo es para el camino. En el recorrido de este camino lo más difícil para el hombre es mantener la capacidad de ver, ver simplemente, con sinceridad, sin engañarse, porque ver significa la posibilidad de cambio. Esta educación emana de los padres y de los maestros [10].

El progreso y bienestar del país dependerá de cuanto nos ocupemos de la formación de los ciudadanos para llegar a constituir un pueblo pensante capaz de acceder a *ser* no solo a *parecer*. Esto se puede lograr únicamente a través de la *cultura*. Entonces el desarrollo cultural de la persona se alimenta de la *educación*. La cultura hace que la vida merezca la pena de ser vivida. Es el camino que la persona debe recorrer en la realidad total para llegar al conocimiento de sí mismo.

4. Por qué la enseñanza de las Ciencias

Las ciencias constituyen uno de los determinantes más importantes y característicos de nuestro tiempo y, por ende, de nuestra cultura. La enseñanza de las ciencias como parte de la educación contribuirá al crecimiento de la cultura. Se reflejará en la vinculación del hombre con la realidad, en su humilde posición frente al cosmos, en un afianzarse en el reconocimiento del valor del otro lo que implica actuar en función de servicio. La enseñanza de la ciencia deberá ser motivación para el desarrollo del intelecto y para el descubrimiento de la capacidad creativa de niños y jóvenes. Generará en el educando el espíritu crítico, el cuestionamiento sensato hurgando a través de la historia, y afianzará el derecho del hombre a pensar con libertad.

La educación en ciencias como parte de la educación general contribuirá, en primer lugar, a la formación de ciudadanos pensantes. La esencia de la búsqueda de conocimiento científico subyace en las preguntas que el hombre se hace acerca de sus orígenes y de su destino como surge de la definición formal de fe. El valor dado a esas preguntas y a sus respuestas orienta y se refleja en el significado de la educación.

El hombre vive su existencia cotidiana en un tiempo fascinante dominado por el progreso de la tecnología, fruto de las investigaciones científicas y del avance de las ciencias en general. En todos los campos de la investigación científica se anuncian descubrimientos extraordinarios desde el mundo infinitamente pequeño de las partículas subatómicas hasta el mundo infinitamente grande de las galaxias. Las investigaciones acerca del origen y expansión del universo, la naturaleza de la materia oscura, el componente último de la materia, la relación entre la mente y el cerebro, el origen y el desarrollo de la vida son cuestiones que se presentan al hombre en los medios de comunicación y en la literatura en general.

El trabajo, el ocio, la salud, las comunicaciones, etc. se benefician constantemente de los extraordinarios desarrollos tecnológicos de nuestro tiempo. Sin embargo, este progreso exige, en ciertas ocasiones, un elevado precio, pues junto a los indudables beneficios, la aplicación de la ciencia genera nuevas amenazas para la vida, la salud, la libertad y la privacidad de las personas, y la limpieza del medio. Armas de guerra cada vez más sofisticadas llegan incluso a amenazar la supervivencia del género humano en el planeta. El progreso entonces pone al hombre frente a alternativas éticas que deberán ser consecuentes con las raíces culturales [6,7]. Ante ellos el lector puede encontrarse con un muro impenetrable si carece de la cultura científica indispensable para sondear

en los aportes y avances de las ciencias. Este es otro aspecto que justifica entonces la enseñanza de la ciencia.

En una sociedad centrada en lo económico, los beneficios de las ciencias se esgrimen frecuentemente como de valor primordial para el desarrollo de un país. Sin embargo, esta afirmación sería parte de un pensamiento disyuntivo y reductor si no fuese acompañada de los aspectos culturales que emanan del conocimiento científico.

5. Enseñanza de las Ciencias

En todos los niveles de la enseñanza de las ciencias actúa el par educando-educador. Para el buen desempeño de cada uno de ellos hay que destacar ciertas condiciones que, en un ambiente adecuado de trabajo, permitan alcanzar fielmente los objetivos de la enseñanza.

Las primeras observaciones del niño le llevan a reconocer los sonidos, las palabras, las letras, los números. De esto se deriva, posteriormente, la lectura, la comprensión de textos, la redacción, la conversación ajustada a las reglas aceptadas por la sociedad para establecer una comunicación racional entre las personas. En estos aspectos sabemos de las deficiencias de nuestro sistema educativo. Una reciente noticia [11] publicada en un diario con el título “*Casi últimos para leer y comprender*”, señala y comenta esta tragedia en la formación intelectual de los niños que perdura en una parte importante de alumnos universitarios. La enseñanza solamente es posible cuando se entabla una conversación y comunicación racional entre el educador y el educando, y entre el educando y “el educador” que se expresa a través del contenido de un libro.

Cualquier enseñanza, y muy especialmente la de las ciencias, comienza con la observación. Educando y educador aprecian las cualidades de los objetos con los sentidos. Asociando esas cualidades se descubren las características del objeto y se lo identifica.

La enseñanza de las ciencias se basa en la aplicación del método experimental.

El método experimental se inició a mediados del siglo XII con Roger Bacon (1214-1294) y Alberto Magno (1225-1274) y quedó consagrado definitivamente por Galileo Galilei (1564-1642) [12] en su obra *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a Due Nuove Scienze* [13]. La síntesis del método quedó expresada en las palabras de Galilei: “*Basta con le parole, passiamo alle formule matematiche*”. “*La Ragione non basta. È necessario fare esperimenti e accertarsi che i risultati di questi esperimenti siano riproducibili*”.

Galilei realizó experimentos con muchos sistemas. Entre ellos, sus experimentos sobre el movimiento de los cuerpos rígidos se realizaron empleando tablas de madera, cordeles, piedras, reglas graduadas y el latido de su corazón como medida del tiempo. Así halló las leyes fundamentales de la mecánica. Las experiencias de Galilei son verdaderos ejemplos para tomar en cuenta en la realización de experimentos reproducibles con elementos sencillos al alcance de las manos y obtener datos cuantificables, es decir, ajustables a leyes matemáticas. La aplicación de la experimentación galileana conduce a la investigación de los fenómenos de la naturaleza. El método galileano va más allá de la observación o de una simple demostración. Su

aplicación a la enseñanza de las ciencias exige el trabajo personal del educando y del educador con la mente y con las manos.

La enseñanza de la ciencia necesita también de educadores que conozcan la ciencia no sólo por la lectura de un libro sino por haberla aprendido con el manejo de sus propias manos realizando experimentación científica galileana. Esto último es imprescindible para adquirir seguridad y perder el temor al fracaso en la experimentación, especialmente frente al educando. Entre nosotros, lamentablemente, se le ha prestado poca atención a esta faceta de la formación del docente. Tradicionalmente, tanto en la formación docente como en su posterior actualización se han atendido con preferencia los aspectos relacionados con las metodologías de la enseñanza de la ciencia, prestándose menor atención a la formación y contenido científico del educador. La razón de esta distorsión obedece a múltiples causas, entre ellas al divorcio de los institutos de formación de profesores de los centros universitarios en los cuales se realizan buenas investigaciones científicas. A lo largo de años de interrelación con docentes de ciencias de diferentes niveles he llegado a la conclusión que es más difícil alcanzar el bagaje de conocimiento científico necesario para el educador, y mantenerlo actualizado, que discutir las diferentes propuestas metodológicas de enseñanza de las ciencias, sobre las cuales se han escrito muchos libros y se han manifestado modas de dudoso valor didáctico. Si bien es deseable para la enseñanza de las ciencias una armonía entre contenidos y metodologías, una metodología con contenido pobre no ayuda a la formación del educando, mas bien lo frustra. También es cierto que la inversa tampoco es buena, aunque en razón de las dificultades que cada una ofrece, esta situación es más fácil de remediar.

Un educador dedicado a la enseñanza de las ciencias con un buen manejo de la ciencia galileana estará en las mejores condiciones para motivar al educando en la búsqueda de explicaciones racionales de la realidad. Así, educando y educador podrán recorrer juntos el camino de la educación y se desarrollará entonces el espíritu crítico y creativo del educando. De allí el carácter universal de la propuesta galileana en la formación del educando.

El método experimental exige observaciones cuidadosas que se deben cuantificar. El rigor propio del método se constituye entonces en un formador de carácter y en una referencia para el comportamiento ético de la persona.

Los elementos para las tareas experimentales en los primeros niveles de la enseñanza serán esencialmente objetos de la vida diaria. Como ejemplo, ¿existe algún sitio más comprometido que la cocina como lugar para la observación y experimentación de fenómenos físicos, químicos y biológicos con los cuales nos topamos en la vida diaria? La cocina es un laboratorio de experimentación excelente para estudiar las leyes de la naturaleza. Obras del tipo de *The Science of Cooking* y *Experimentos con Hilos y Cinta Adhesiva* [14,15] describen numerosos experimentos que dan respuestas a preguntas que el hombre se formula acerca de la realidad. Esas experiencias servirán también para despertar y promover el interés por las ciencias tanto en el educador como en los alumnos, y prestar debida atención también al aprendizaje de normas de seguridad. Así, la educación en ciencias ayudará a consolidar una cultura científica para nuestro tiempo como antítesis de la frustrante cultura de “zapping” que invade la sociedad, particularmente entre las generaciones más jóvenes. Obviamente, así planteadas las cosas, tanto la enseñanza como el aprendizaje de las ciencias entrañan un trabajo

motivado, que por ser tal hará feliz a sus actores. Así debería plantearse todo el proceso educativo de niños y jóvenes en contraposición del facilismo dominante.

Por otra parte, el propio avance de las ciencias exige una sistemática y continuada actualización de los docentes. El proceso de actualización involucra el desafío de mantener un equilibrio entre la velocidad del aprendizaje que es, en general, lenta, aunque variable en cada individuo, y la velocidad de llegada de información sobre nuevos descubrimientos de la ciencia, velocidad que crece de año en año. Por tanto, el proceso de actualización del docente deberá buscar ese equilibrio con diseños en los cuales se tengan en cuenta la calidad y la cantidad de los elementos a incluir en la enseñanza. La actualización periódica de los educadores será acompañada con la revisión sistemática de los contenidos y la búsqueda de un razonable ensamble curricular pertinente al momento histórico que se vive [16,17].

Una eficiente enseñanza de las ciencias requiere además de un lugar adecuado para cumplir con esa función. Escuelas y colegios que cuenten con educadores formados y actualizados para la enseñanza de las ciencias deberían contar con aulas o laboratorios de experimentación. Dotar de estas facilidades debería ser un premio a aquellos centros educativos cuyos docentes se involucren en procesos sostenidos de actualización en la enseñanza de las ciencias.

Otra actividad importante es la extensión de la educación en ciencias a los familiares de los alumnos y a la sociedad en general para su integración cultural. Esto se puede lograr haciéndolos participar de actos académicos orientados hacia temas científicos de actualidad y a exposiciones sobre los avances e impactos de las ciencias en el mundo de hoy. Además del fin específico de estas tareas de extensión, ellas servirán para promover la integración de la familia a la escuela y se fortalecerá el compromiso de los progenitores en el progreso educativo de los alumnos.

Es interesante reflexionar también sobre las verdades científicas y sus limitaciones. Las “verdades” que resultan de las ciencias de la naturaleza se pueden ordenar, siguiendo los *Discorsi* de Galilei, en diferentes niveles de credibilidad científica. Esto es útil en la investigación, el estudio y la enseñanza de las ciencias. Las referencias para establecer estos niveles son el rigor matemático y las pruebas experimentales reproducibles. Estas referencias siguen teniendo plena vigencia para continuar el desarrollo de las ciencias [12].

El criterio de primer nivel de credibilidad hizo nacer la Ciencia en el siglo XV. Quién no crea que en el movimiento de un cuerpo la fuerza es proporcional a la aceleración, puede repetir los experimentos de Galilei y encontrará siempre la misma respuesta. Los avances en el conocimiento de la estructura de la materia en los últimos decenios se ajustan al primer nivel de credibilidad galileana.

El segundo nivel de credibilidad comprende aquellos fenómenos que no se pueden controlar directamente como ocurre, por ejemplo, en el dominio de la Astrofísica. En el Cosmos se observan diferentes tipos de estrellas. Y utilizando un modelo teórico se pueden interpretar estas observaciones de modo tal que un cierto fenómeno estelar pueda ser tomado como ejemplo de nacimiento de las estrellas. Análogamente, otro fenómeno podría servir para conocer la muerte de las estrellas. El modelo también puede predecir elementos no descubiertos, como es el caso de las estrellas pulsantes y

su papel en la evolución estelar. Sin embargo, los fenómenos que se asocian con este nivel de credibilidad están más allá de la intervención del hombre en el cielo como si este lugar fuera un laboratorio a su alcance.

Cuando un fenómeno ocurre una sola vez se lo asocia a una verdad de tercer nivel de credibilidad. Tales son, entre otras, las teorías sobre el origen del universo, y la evolución biológica y cultural de la especie humana. En este último ejemplo, la falta de eslabones en la cadena evolutiva y la imposibilidad de la intervención directa del hombre limita el valor de los resultados disponibles y genera, obviamente, variadas interpretaciones y discusiones que son parte del propio desarrollo del conocimiento. Estas apreciaciones sobre los límites de las “verdades científicas” son de interés en la enseñanza de las ciencias como crítica frente a la razón y para reconocer nuestra ignorancia frente a lo desconocido [18].

La enseñanza de las ciencias planteada como trabajo individual y comunitario a la vez, incentivará la curiosidad, acrecentará el espíritu crítico, la búsqueda de hechos nuevos, el comportamiento humilde y honesto de cada persona frente a la grandiosa realidad en la cual está inmerso. Esto tendrá consecuencias positivas en la conducta social y ética del educando y éste se afirmará reconociendo su plenitud y realización con el afirmar del otro.

Se ha señalado que el conjunto educando-educador recorren un camino desde la escuela primaria hasta la universidad, camino en el que a medida que se avanza se va afianzando la libertad del educando. Recorrer un camino significa realizar un trabajo puesto que la fuerza puesta en juego en la relación educando-educador recorre una “distancia”. Se avanzará más cuanto mayor sea la fuerza, y ésta crecerá con la motivación contagiosa del educador y con la dedicación del educando. Los vínculos de la comunidad educativa se fortalecerán con la permanencia del educando en la escuela o colegio puesto que la educación es un trabajo que requiere tiempo y esfuerzo. Más o menos tiempo y esfuerzo según las condiciones de cada persona. Con respecto a esta reflexión es oportuno preguntarse cuantas horas permanece el educando en el establecimiento educativo en nuestro país. Hace pocos meses, una resolución ministerial estableció la necesidad de 180 días de clases por año lo que hace, en condiciones normales, poco más de 700 horas de permanencia del alumno en la escuela por año, aunque la realidad muestra que en muchos establecimientos ese límite horario no se alcanza. Esto contrasta con lo que ocurre en otros países en los que la tarea educativa insume más de 1200 horas por año. De esta diferencia, no es aventurado colegir que la insuficiente dedicación al trabajo educativo, ya sea por motivos económicos, sociales, por desinterés, o por favorecido facilismo, nos pone frente a una verdadera “tragedia educativa”, como la calificó el Académico Jaim Etcheverry en su conocido libro [19]. Para remontar este pozo habrá que trabajar más y motivar el trabajo intelectual de los educadores y de los educandos. Para los primeros mejor formación, más trabajo y remuneración acorde, y para todo el sistema prioridad en la asignación de recursos desalentando cualquier visión economicista que esclavice la educación y, por ende, mutile la cultura de la sociedad [17,20].

6. Escuela, Universidad y condiciones sociales

Hasta ahora no se tuvieron en cuenta variables relacionadas con la condición social del educando y del educador.

Es frecuente que se oiga hablar de la Escuela, el Colegio o la Universidad como entelequias o paradigmas a tomar en cuenta, según el caso, en la discusión y elaboración de reglamentos y planes de estudio que, en su mayor parte, nivelan por lo bajo y promueven la uniformidad. Estos instrumentos se caracterizan habitualmente por su rigidez, y prestan poca o ninguna atención al amplio espectro de escuelas, colegios y universidades que existen en el país, cada establecimiento con su historia, tamaño, nivel de excelencia de su cuerpo docente y calidad de graduados. Esta contraposición entelequia-realidad quita valor a aquellos reglamentos y planes que, en general, resultan de difícil cumplimiento. Una posibilidad de revertir este problema debería comenzar por respetar las características de cada institución y preocuparse fundamentalmente por su nivel de excelencia y por la calidad de los egresados. En este sentido, ¡qué importante sería volcar esfuerzos para informar anualmente a la sociedad acerca del nivel de excelencia o de calidad educativa de las escuelas, colegios y universidades oficiales y privadas del país! Una acción de este tipo debería avalarse con instituciones independientes de los avatares políticos tales como Academias Nacionales, Organizaciones Internacionales, Centros de Excelencia en distintas disciplinas, etc. Contar con ese marco de referencia resultaría un espléndido servicio para alumnos talentosos en su búsqueda de lo mejor para concretar su propia vocación. También constituiría un incentivo para la imaginación de los docentes en su tarea de generar propuestas que permitirían enaltecer la calidad educativa de cada establecimiento. Se promovería así una franca y saludable competencia que, respetando situaciones y modalidades locales, redundaría en beneficio de la sociedad. Reiteramos que la uniformidad en la educación de un pueblo conduce inexorablemente a su mediocridad.

Otra variable se refiere al medio socio-económico en el cual está inserto el centro educativo. Esto cambia substancialmente de una región a otra del país, aunque también aparecen diferencias en distancias cortas, como es el caso de los establecimientos educativos sitios en el centro y en la periferia de las ciudades más densamente pobladas. Estas suelen ser áreas con una problemática económica y social comprometida en las cuales la educación requiere una atención integral del alumnado, esto es, la transmisión del conocimiento con metodología adecuada, y además asistencia médico-alimentaria y otras que ayuden al desarrollo de la persona. En estos casos, para incentivar intelectualmente al educando y recuperar su dignidad será necesario atenderlo casi permanentemente lo que implica un intenso trabajo del educador.

La enseñanza de las ciencias puede jugar un papel importante en esas situaciones como es el caso del proyecto *La Main à la Pâte* que se está comenzando a aplicar en nuestro país a través de un esfuerzo conjunto con la participación del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, Secretarías Provinciales de Educación, cinco Academias Nacionales, la Academies de Ciencias de Francia y la Academia de Ciencias de Chile.

Situaciones como las planteadas demandarán una intensa dedicación del educador comparable, en alguna medida, a la encomendada a los miembros de las órdenes religiosas que se ocupaban y algunas todavía se ocupan de huérfanos y desamparados, aunque hoy su presencia está en franco retroceso. La pregunta es: ¿quién los reemplaza hoy?. ¿Puede hacerlo una o un docente que es madre o padre comprometido con su familia? Reconocemos que hay docentes que en este aspecto se comportan en forma heroica, pero su número no es suficiente para enfrentar las necesidades actuales de la sociedad. La solución de este problema se torna más crítica cuando se tiene en cuenta que las zonas socialmente deprimidas son las mismas que muestran los más altos

índices de natalidad. Frente a esto: ¿cómo se puede asegurar a estos niños y jóvenes el acceso a la igualdad de oportunidades en materia de educación, exigencia democrática garantizada por nuestras leyes? Una respuesta, aunque parcial, a esta pregunta se podría dar a través de una coordinación de la enseñanza primaria con la de escuelas técnicas formadoras de artesanos y de técnicos. Se facilitaría así alguna salida laboral de los educandos, sin que esto signifique coartar su desarrollo intelectual ulterior. Ejemplos de aquellas escuelas fueron las escuelas técnicas e industriales repartidas en el territorio nacional que no existen ahora como tales, y las escuelas salesianas que todavía están activas en algunos lugares del país. Estas reflexiones llevan a concluir el tema con la pregunta: ¿cómo se sustentará la democracia de un país si gran parte de su población no podrá alcanzar un nivel de educación tal que le permita actuar a cada habitante como ciudadano responsable?

Los diversos aspectos de la educación considerados precedentemente podrían constituirse en la base para que el conocimiento retome su condición de bien social. El académico Horacio Reggini, escribiendo sobre la educación superior, ha señalado que la acción en el mundo es un imperativo insoslayable, de modo que el primer objetivo de la educación debe ser pertrechar en todos los niveles a mujeres y varones para su desempeño en la realidad [21,22].

7. Prognosis y Acciones Consecuentes

Las cuestiones tratadas precedentemente constituyen una fuerte preocupación de la comunidad internacional como los expresan documentos publicados recientemente por el InterAcademy Council [23]. El Consejo Internacional de Academias de Ciencia entiende que la comunidad internacional ha atendido inadecuadamente a las necesidades de capacitación en ciencia y técnica de los pueblos. Esta es una omisión crítica que influye en la disponibilidad de suficiente personal capacitado, de adecuada infraestructura e inversión y en el establecimiento de reglas de juego poco claras para conducir la investigación científica y el desarrollo tecnológico. Señala también que el mundo de los negocios ha ignorado como problema propio la diferencia entre las naciones en función de su desarrollo, antes bien ha usufructuado esa diferencia ayudando a establecer un círculo vicioso que acentúa la diferencia en el desarrollo científico y técnico entre las naciones. Esta disparidad continuará aumentando en la medida en que las naciones industrializadas continúen siendo dueñas del equipamiento y de las invenciones porque generan y también porque captan un número apreciable de los científicos más destacados de las naciones en desarrollo.

Las instituciones educativas del país sólo pueden mitigar los efectos de estos hechos. En esto, las Universidades tienen un papel esencial en el aumento de la capacidad en ciencia y técnica para modernizar la sociedad, para promover el valor de la ciencia y para introducir una mediación sensata y científicamente fundada entre los ámbitos productivos y políticos del país.

La investigación en la universidad debe reunir armónicamente la capacidad pensante de los docentes para tomar la responsabilidad de entrenar a la nueva generación de jóvenes talentosos y participar en la transformación de la ciencia y la tecnología de la nación. Para ello debe cambiarse, no tanto la estructura sino la mentalidad de los sistemas educativos de muchos países, entre ellos la Argentina. Se necesitan acciones continuas

en la dirección de la excelencia y la valoración del intelecto, que marquen un rumbo claro y contrapuesto al facilismo.

La cultura que se deriva del valor de la ciencia juega un rol crítico en la construcción de una comunidad global. La ciencia no es solamente un bien cultural de dimensiones globales sino que induce una corriente cultural que afecta fuerte y positivamente a las sociedades en las cuales florece, incluso en aquellas afectadas por el hambre y la pobreza, por luchas intestinas o por crisis económicas. La ciencia aporta imaginación, visión más amplia y análisis más objetivos de los problemas, lo que permite la elección más segura y sensata de las soluciones.

En el último documento del InterAcademy Council [23] se enfatiza la necesidad de contar con un marco conceptualmente coherente y sostenido en el tiempo que asegure la promoción de la ciencia y de la técnica y la conveniencia que ese marco estratégico surja de consultas con las academias de educación, ciencia, ingeniería y medicina y que se beneficie con el análisis detallado de las experiencias de otros países.

Dicho marco estratégico explicará claramente el compromiso del gobierno con la ciencia y la técnica, asegurará niveles de excelencia, estará abierto a innovaciones, fomentará la diseminación del conocimiento a la sociedad, favorecerá acciones multilaterales en el ámbito local, regional y global. En este esquema las comunidades académicas tienen la insoslayable responsabilidad de actuar como diseminadores de los avances de la ciencia y de ayudar a mantener científica y técnicamente actualizados, pero adecuadamente presentados y adaptados a la cultura de cada comunidad, los programas de enseñanza en todos los niveles.

Esta “alfabetización” en ciencia y técnica resultará exitosa como parte de la cultura del hombre del siglo XXI si se imparte de manera tal que capte el interés y motive la imaginación de la gente. Sin embargo, es necesario destacar que la educación no podrá alcanzar esos objetivos a menos que haya un número de maestros y profesores calificados como educadores y debidamente informados y preparados. Esta es una necesidad primordial que se debe satisfacer.

Las políticas en educación, aunque se orienten a problemas particulares de una región deben tomar en cuenta preocupaciones globales, como el medio ambiente, la salud y el uso racional de los recursos naturales. Esas políticas requerirán la modernización del sistema educativo en todos los niveles, especialmente los que abarcan a niños y jóvenes. Estas acciones deberán conducirse con apoyo del estado otorgando fondos para el mejoramiento de los profesores y maestros y entrenándolos para la enseñanza de la ciencia y de la técnica.

Las Academias Nacionales de Ciencias de Córdoba, de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, de Ciencias de Buenos Aires, de Ingeniería y de Educación están comprometidas en estas acciones. Han comenzado a trabajar en el proyecto interacadémico denominado “*Una propuesta para el mejoramiento y la integración del aprendizaje de las ciencias*”, que comprende una serie de acciones a nivel nacional estrechamente relacionadas con los tres integrantes del sistema educativo, los padres, los educandos y los docentes.

En general, el proyecto pretende instalar en la conciencia colectiva el valor del saber y del saber hacer. En los alumnos, la certeza de que el logro de estos valores depende más del esfuerzo personal que del talento individual o de la condición social, y reforzar en los docentes la convicción de que la ciencia es algo que se hace, no algo que ya está hecho y descrito en los textos.

Las propuestas de las Academias se concretan en contenidos y metodologías que están más allá de programas y planes de estudio. Estos podrán cambiarse por razones sensatas acordadas, por decisiones políticas o económicas o por decisión de los funcionarios de turno, pero el contenido de la ciencia será el que debe ser: el universalmente aceptado en el momento histórico que vivimos. Su evolución depende exclusivamente de los aportes de los científicos. El avance de la ciencia es apolítico, crece en un clima de libertad. Se lo ahoga cuando se lo pone al servicio de cualquier “ismo” fundamentalista, sea éste de origen político, económico o religioso.

Un enfoque universal refuerza la importancia de la educación a través de las ciencias para lograr la realización del hombre en la realidad total. De él surgen nuevos desafíos para los hombres y las instituciones comprometidas en la formación integral de la sociedad y de su cultura ya que frente a nuevas expectativas del educando es necesario contar con la capacidad del educador para responder a ellas sin retaceos, para descubrir el talento de los jóvenes y provocar su motivación por saber.

8. Epílogo

La educación y la cultura son entonces la base para crear conciencia del valor de las ciencias y de sus aplicaciones. Cuando imitemos al niño que, educado en la escuela y en la familia, guarda el envoltorio de su caramelo en el bolsillo en lugar de arrojarlo en la vía pública, avanzaremos en la extinción de las conductas desaprensivas que van desde el conductor que arroja la lata de gaseosa a la carretera, pasando por los municipios e industrias que contaminan vías de agua, hasta los gobiernos que adoptan conscientemente políticas de estado discordantes con respecto al conocimiento como bien social. Entonces, la sociedad se convencerá de que el cuidado del medio, por ejemplo, es un deber moral, habrá lugar para el desarrollo de tecnologías limpias, se mantendrá el aire respirable, el agua bebible y la tierra fértil. Estaremos entonces más cerca del significado de la libertad de la creación, del sentido de la evolución, de la felicidad del hombre en el pensar y en el hacer. Así podremos disfrutar de la naturaleza y de las ventajas del desarrollo tecnológico, sin confundir estas últimas con los valores del mundo basados en un vértigo economicista y consumista pendiente de novedades intrascendentes. Se allanará el pernicioso dualismo entre personas que tienen el “esprit de géometrie” y quienes tienen el “esprit de finesse” porque todo forma parte de la Sabiduría. La persona se realizará y proyectará entonces buscando la verdad a través de las Ciencias de la Naturaleza, y podrá decir: puesto que conozco, sé, y sabiendo, puedo escoger. Será el encuentro con la libertad comprometida con el sentido de responsabilidad en el uso del conocimiento científico.

Muchas gracias.

Bibliografía

- [1] P. Meakin, *Fractals, Scaling and Growth far from Equilibrium*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- [2] K. Mainzer, *Thinking in Complexity*, Springer, Berlin, 1997
- [3] F. Dyson, *El Infinito en todas Direcciones*, Tusquets, Mexico, 1991.

- [4] Y. Huanming, P. Léna, *La Science*, Desclée de Brouwer, Paris, 2003.
- [5] P. Tillich, *My Search for Absolutes*, Simon and Schster, Nueva York, 1984.
- [6] L. Giussani, *El Riesgo Educativo*, Ciudad Nueva, Buenos Aires, 2004.
- [7] H. Kueng, *Proyecto de una Ética Mundial*, Trotta, Madrid, 1992.
- [8] A. D. Galloway, *Faith in a Changing Culture*, G. Allen & Unwin, Londres, 1967.
- [9] H. Margenau, *The Nature of Physical Reality*, McGraw Hill, Nueva York, 1965.
- [10] *La Educación Política de Estado*, Academia Nacional de Educación, Academia Nacional de Derecho y Ciencias Sociales de Córdoba, Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 2000.
- [11] La Nación, *Casi Últimos para Leer y Comprender*, Abril 9, 2003.
- [12] A. Zichichi, *Galilei Divin Uomo*, Il Saggiatore, Milano, 2001.
- [13] G. Galilei, *Opere* (A. Favaro, editor), Edizione Nazionale, Roma, Italia.
- [14] P. Barham, *The Science of Cooking*, Springer, Berlin, 2000.
- [15] R. D. Edge, F. D. Halpern, T. Halpern (editores), *Experimentos con Hilos y Cinta Adhesiva*, American Physical Society, (traducción de la versión en inglés), College Park, Md., 2002.
- [16] R. Barboza, R. Boyko, C. Galvez, M. Suppi, Academia Nacional de Educación, Buenos Aires, 2003.
- [17] Academia Nacional de Educación, *Reflexiones para la Acción Educativa*, Buenos Aires, 1995.
- [18] I. Prigogine, *El Fin de Las Certidumbres*, A. Bello, Santiago de Chile, 1996.
- [19] J. Echeverry, *La Tragedia Educativa*, El Ateneo, Buenos Aires, 2002.
- [20] Academia Nacional de Educación, *Pensar y Repensar la Educación*, Buenos Aires, 1991
- [21] H. C. Reggini, *Educación, Ciencia y Técnica*, Boletín de la Academia Nacional de Educación, No. 50, Diciembre de 2001.
- [22] H. C. Reggini, *La Educación Superior, en la Encrucijada*, La Nación, 2203.
- [23] InterAcademy Council, *Investing a Better Future*, Amsterdam, 2004. .

* * *

EDUCACION, CIENCIA Y TÉCNICA ³

Ing. Horacio C. Reggini

Este escrito se refiere a la necesidad de integrar las dimensiones científico-técnicas de la cultura en el ámbito de la educación, dejando de lado el tema de la aplicación de recursos técnicos para apoyar el proceso educativo, de lo que me he ocupado específicamente en otras ocasiones. Aspiro tan sólo a bosquejar ciertas ideas y no a delinear un detallado plan de acción. Por eso, procederé primero a fijar pautas sociales y culturales que considero prioritarias para discutir con responsabilidad la introducción de la ciencia y la técnica en el proyecto educativo.

Estamos acostumbrados a pensar separando, aislando nuestros saberes en compartimientos estancos. Así, por un lado nos encontramos con una notable indiferencia de la sociedad respecto de la ciencia y la técnica, una falta de valoración rayana a veces en su menoscabo y postergación frente a los diversos campos del entramado cultural. Por otro lado, simétricamente, es conocida la desconfianza que suscita en los ambientes científico-técnicos la veta literaria, artística o filosófica que

³ Texto en base a una disertación titulada "Educación, ciencia y técnica" en la Academia Nacional de Educación realizada el 1 de octubre de 2001, referido a la necesidad de sumar las dimensiones científico-técnicas de la cultura en el ámbito de la educación.

alumbra en las llamadas ciencias del espíritu. Es preciso que las personas de las llamadas ciencias duras adviertan que los otros saberes son diferentes formas ineludibles de comprensión del mundo y que provienen de las mismas fuentes en las que también se abrevan el saber científico y el ingenio técnico.

Desde la escuela nos han enseñado a no mezclar los tantos, a cultivar un pensamiento disyuntivo y reductor. Pero ya hace más de trescientos años el genio de Pascal supo advertir que la realidad es más compleja. Pascal dijo: “Todas las cosas son ayudadas y ayudantes, todas las cosas son mediatas e inmediatas, y todas están ligadas entre sí por un lazo que conecta unas con otras, aún con las más alejadas. En esas condiciones considero imposible conocer las partes si no conozco el todo, pero considero imposible conocer el todo si no conozco las partes”.

Ajena a la sabiduría pascaliana, la precozmente aprendida división del cosmos nos divide también como individuos y discrimina en nosotros al *homo demens* en beneficio del *homo sapiens* o, a la inversa. Es decir, desde nuestras primeras incursiones por las operaciones elementales de suma y resta, se nos clausura en el odio a las matemáticas, o en el desprecio de las destrezas del lenguaje a partir de la conjugación del verbo amar. Sin embargo, así como el cosmos es un todo interrelacionado, el hombre singular es a su vez un cosmos: es a la vez *sapiens* y *demens*. Nuestro contemporáneo Edgar Morin dirá: “En ese hombre que es *sapiens* y *demens* hay una mezcla inextricable, un pensamiento doble: un pensamiento que yo llamaría racional, empírico, técnico (...) y también un pensamiento simbólico, mitológico, mágico. Vivimos permanentemente en ambos registros”.

No olvidemos, además, que esta simultaneidad nos viene dada desde siempre. Quisiera recordar como ejemplo la pregunta que se formuló Wittgenstein cuando leyó los escritos de James Frazer, porque con esa pregunta demolió las aberraciones antropológicas de principios de siglo XX, según las cuales ciertos pueblos denominados “primitivos” desconocían la racionalidad y vivían en un estado de permanente participación mística. Wittgenstein se preguntó lo siguiente: “¿Cómo es posible que estos salvajes que pasan el tiempo ejecutando danzas, cantos, hechizos, rituales y actos de magia sepan tan bien cazar con flechas verdaderas, con una estrategia verdadera y con un conocimiento verdadero del mundo exterior?” El filósofo mostró así con elegancia la ceguera de los “especialistas”, que no habían comprendido que en esas sociedades prehistóricas coexistían magia y racionalidad.

Entonces, de parte nuestra queremos dejar sentado que, sin descontar sus diversas resignificaciones, adherimos con humildad a las palabras de Heráclito de Efeso, que vivió a comienzos del siglo V antes de Cristo: todo es uno, dice Heráclito. Lo dice de muchas maneras, por ejemplo en el fragmento 60: “El camino hacia arriba y el camino hacia abajo son uno y el mismo”.

Volviendo al escurridizo presente, con lo anticipado hasta ahora quisiera insistir en que debemos todos alentar la convergencia de la ciencia y de la reflexión artística y filosófica, y comprender que el eclipse o la ausencia de cualquiera de las “dos culturas” implica una grave mutilación de nuestra humanidad.

Lamentablemente, aún no disponemos de planes que eduquen en y para la diversidad; que eduquen con el acento puesto en la complejidad humana.

La idea de progreso, su caída y el advenimiento de ideas nuevas

La sociedad occidental moderna profesó una fe ciega en los avances de la ciencia y la técnica. Se creía que el futuro estaba garantizado, ya que el desarrollo científico implicaba el de una racionalidad subyacente que se iba perfeccionando en una suerte de proceso que nada podía detener. Es decir, el porvenir garantizado tuvo sustento en la concepción de la sociedad como un cuerpo compacto que evolucionaba merced a los logros de la ciencia (su movimiento ascendente involucraba el de las superestructuras del espíritu).

Semejante planteo, alentado por los optimistas del siglo XIX, se reveló lamentablemente utópico. Hace setenta años José Ortega y Gasset había lanzado la alarma: “Es pura inercia mental del ‘progresismo’ suponer que conforme avanza la historia crece la holgura que se concede al hombre para poder ser individuo personal”. Hoy, un pensador de la complejidad, Edgar Morin, se refiere a la ambivalencia de la ciencia, a la incapacidad de la sola racionalidad para incrementarse por sí misma e infliere, gravemente, que “Esta es la crisis y el duelo del futuro”. “Estamos en una época –dice– en que las viejas fórmulas, como ‘el futuro nos pertenece’ o ‘hay que seguir este camino’, se han desmoronado...”

Si, en cambio, nada es simple sino que todo es complejo e irreductible como lo vio Pascal, debemos hacer frente al desmoronamiento con ideas diferentes, remozadas. Y vuelvo a citar a Morin, que con espíritu alentador, pocas líneas después de haber denunciado “la crisis y el duelo del futuro”, escribirá: “Tenemos sin duda una gran lucha entre las antiguas formas de pensamiento, duras y resistentes a fuerza de resacas y esclerosadas, y las nuevas formas de pensamiento que son aún embrionarias (lo que es embrionario es, por lo tanto, frágil, y arriesga la muerte). Estamos en ese punto y creo que en este dominio hemos entrado en un nuevo comienzo”.

Más allá de una adhesión plena a destacados pensadores contemporáneos, lo que pretendo aquí es insinuar la coincidencia de todos ellos en que la crisis es fuente de novedad y creación; que en la declinación de las viejas ideas se abonan almacigos de insospechada riqueza.

Las fuerzas que impulsan a la ciencia y a la técnica

Contra todo determinismo y reduccionismo, debemos cobrar conciencia de que son múltiples las fuerzas que impulsan y dan forma a la ciencia y a la técnica; de que esas fuerzas provienen de necesidades y apetencias sociales e incluyen las metas y aspiraciones de los individuos que, en general, no coinciden con las de instituciones, empresas, naciones y regiones. En síntesis, en la conformación de ciencia y técnica gravitan también las interrelaciones de aquella multiplicidad que las origina, operando en diversos niveles y escalas de espacio y tiempo. Tener conciencia de todo esto, por lo tanto, evita la predicción fácil y proclive a extravagancias y utopías. Hacia el año 1940 se habló, por ejemplo, de una era venidera en la que la energía atómica permitiría la generación ilimitada de energía eléctrica a costos irrisorios y también la construcción de represas y túneles, y la desaparición de montañas inútiles.

La verdad –que se debe difundir en las aulas– es que toda innovación puede, con independencia del beneficio respectivo, acarrear imprevisibles o indeseables

consecuencias. Una de las causas del excesivo optimismo que suele acompañar a las técnicas nuevas reside en la inclinación a pasar por alto que sus efectos principales no derivan de sus específicos atributos científicos y técnicos, sino más bien de la manera en la que ellos se entretajan con los deseos y las restricciones de la sociedad. Las innovaciones no acaecen en el vacío; se producen en un medio que las signa con sus valores y sus sueños. “Estamos hechos de la misma materia de los sueños”, escribió Shakespeare con certera visión de poeta.

El “determinismo tecnológico” –errada hipótesis del racionalismo a ultranza, según la cual las ideas y realizaciones de la técnica son la causa del cambio social– subyace en buena parte del mensaje de los medios. Así, con frecuencia nos anuncian “revoluciones” que determinarán efectos dramáticos e, inversamente, es raro enterarse por los diarios o la TV que los juicios y prejuicios del momento configuran el desarrollo de la técnica. Si uno recuerda que en las antiguas ciudades sumerias fue la necesidad de registrar los tributos provenientes del campo la que llevó a la invención de la escritura sobre arcilla, se le hace difícil que ciencia y técnica evolucionasen independientemente del medio social que las generaba.

Las nuevas ideas incluyen la incertidumbre y lo aleatorio

“Debemos trabajar con el desorden y la incertidumbre, y nos damos cuenta de que trabajar con el desorden y la incertidumbre no significa dejarse sumergir por ellos; implica, en fin, poner a prueba un pensamiento enérgico que los mire de frente”, dice Morin. Por su parte, Bruno Latour y Paul Feyerabend han denunciado diversos resabios de las categorías vetustas en autores que reducen la historia de la ciencia y la técnica a investigaciones ideales en la hermética intimidad del laboratorio. Latour y Feyerabend subrayan que en la experiencia real de búsqueda científica y desarrollo de las investigaciones tecnológicas e inventos, lo aleatorio y lo inesperado juegan un papel en nada secundario.

A propósito, creo oportuno contar algunos casos ilustrativos. Samuel Finley Morse, inventor del telégrafo eléctrico, no era específicamente un técnico sino pintor de fama – el retrato que hizo al presidente James Monroe de los Estados Unidos se puede ver hoy en la Casa Blanca–. Fue a la vez impulsor de la fotografía y organizador en 1826 de la sociedad que dio origen a la Academy of Design. Mientras Morse trabajaba en el retrato del marqués Marie Joseph Lafayette, en Washington, obra que actualmente se exhibe en el Metropolitan Museum de Nueva York, a quinientos kilómetros de distancia su mujer enfermaba y moría. La mala noticia demoró siete días en llegarle. Fue su dolor, su pena y no una aséptica especulación teórica, el factor que lo impulsó a pensar en un modo de eliminar barreras de espacio y tiempo e inventar el telégrafo.

Otro caso: Alexander Graham Bell, a quienes debemos la maravilla del teléfono, se dedicaba a la educación de sordos y, en virtud de su exhaustivo conocimiento de los órganos auditivos y vocales, en 1873, la Universidad de Boston lo nombró profesor. Paralelamente, esta *rara avis* crea el gigantesco imperio “Bell”. James Clerk Maxwell definió sagazmente al personaje: “Bell –dijo–, el inventor del teléfono, no fue un electricista que encontró la manera de hacer hablar a un disco de latón, sino alguien que por querer hablar a distancia con propósitos personales, se convirtió en electricista”.

No hay duda de que todo individuo debería poseer conocimientos generales y actualizados de la ciencia y que, por lo tanto, habría que impartírseles dentro del conjunto de sus estudios.

El entretejido de todo con todo, anticipado como ya les dije por Pascal y muchos siglos antes por Heráclito en su doctrina, exige entonces integrar la educación de quienes trabajarán en el ámbito científico-técnico dentro de contextos amplios, según principios que impidan la vieja desarticulación o fragmentación del saber. No puedo dejar de insistir en el balance prudente que debe regular la preparación de los alumnos en ciencia y técnica por un lado y en “humanidades” –por así decirlo– por el otro.

No debemos caer en suposiciones como las que afirman, por ejemplo, que si se aplicara un enfoque estrictamente científico-técnico a las maneras de gobernar a los países, desaparecerían los problemas del planeta. Creo que ese pensamiento revela un punto de vista ingenuo y equivocado. Supone que el universo complejo de las emociones y las acciones colectivas puede ser entendido y controlado por una serie de principios todavía no descubiertos. Los métodos científicos acostumbran a simplificar una situación descomponiéndola en partes. Admiten que muchos factores pueden afectar un resultado, pero que siempre sería posible llegar a detectarlos en etapas sucesivas.

Sin embargo, el universo de los hechos científico-técnicos contrasta con la realidad azarosa de las instituciones y de los individuos. Una parte considerable del mundo real no puede encuadrarse fácilmente dentro de las reglas y los métodos de la ciencia. Cuando es necesario resolver algunas cuestiones personales o determinados problemas sociales, ayuda sin duda una formulación simplificada de todos los aspectos en discusión, pero resulta utópico creer que existe una única solución óptima exacta. No nos olvidemos de que regímenes sociales apoyados en bases específicamente técnicas y sobrevaloradas por el mito del progreso indefinido y la hipótesis de que es posible transformar el orden social igual que el orden natural, nunca condujeron a los paraísos prometidos. A riesgo de pecar de reiterativo quisiera enfatizar una vez más en la integración de ciencia y tecnología con otras disciplinas como primer mandato en este mundo complejo en que nos manejamos.

Sólo en la integración de lo complejo es posible comprender. Con elocuencia proclama Edgar Morin: “(...) es una locura creer que se pueda conocer desde el punto de vista de la omnisciencia, desde un trono supremo a partir del cual se contemplaría el universo”. Por su lado dirá Niels Bohr: “Es imposible separar el mundo que conocemos de las estructuras de nuestro conocimiento”.

Educación para la vida. Cuestiones de método

Todos los estudiantes tienen interés en la repercusión social, la historia y la evolución de las innovaciones. Recíprocamente es atractivo para el docente contextualizar los temas científico-técnicos dentro de coordenadas políticas y sociales. Ningún tema en la educación debería aislarse de sus implicaciones sociales y morales, ya que, gracias a la integración de sus conocimientos, el alumno, aparte de ganar eficacia en su praxis cotidiana, comprenderá mejor a sus semejantes y sabrá apreciar el modo en que las máquinas y los procesos afectan vitalmente a todos.

Así, en la integración de lo complejo está inscripta la de la propia ciencia con su historia que por ello se reivindica como parte de la cultura y como dimensión vital en la educación de futuros ciudadanos responsables. Es verdad que los avances científicos y técnicos suscitan a veces dificultades para el saber medio del cuerpo social. ¿Cómo admitir y asimilar ciertas novedades? Sólo la familiaridad con la ciencia desde la edad escolar allanará el paso a la opinión crítica sobre su repercusión.

La articulación de un proyecto completo para la integración de las dimensiones científico-técnicas de la cultura en la educación significa una tarea de envergadura, desde que engloba múltiples cuestiones, entre las cuales la capacitación docente, la individualización y enumeración de áreas y temas de influencia, el diseño del sistema de organización que convenga para administrar y conducir todas sus fases, etc. –aspectos que omitimos analizar en este bosquejo introductorio–. Se trata, repito, de una tarea de gran magnitud que exige planes adecuados para canalizar el cúmulo existente de iniciativas dispersas. Tengamos presente que las ejecuciones incorrectas llevan al fracaso y al desprestigio de la idea. Esto último sucede a menudo en la educación cuando el sistema vigente “abraza y asfixia” propuestas nuevas y valiosas al incorporarlas con criterios errados.

Creo que es oportuno señalar que un científico no es la persona que sólo entiende de hechos científicos, como no es un poeta ése que eruditamente entiende de métrica. *Entender* es ejercer en abstracto el principio de no contradicción. *Comprender*, en cambio, es abrazar con el pensamiento. La comprensión abarca lo heterogéneo y contradictorio, la complejidad del mundo, en fin, y actúa. Comprender es fundamentalmente *hacer*; es el pensamiento que sale de sí al encuentro de lo que le hace frente. Un científico, lo mismo que un poeta, un compositor o un ingeniero se distinguen por el hacer (*poíein*) antes que por el solitario entender analizando.

En este sentido, existe disparidad en el ambiente educativo. El niño, con frecuencia, es alentado en las clases de arte y en las de lengua, dándose por sentada su capacidad creativa. Pero no sucede lo mismo en matemáticas, física o biología. De ahí que sea imperativo crear ambientes donde se brinden a los niños las condiciones para *hacer ciencia*, en vez de conformarse con impartirles nociones abstractas, a veces inconexas. El proyecto educativo debe incluir actividades prácticas que revaloricen las experiencias de laboratorio, actualmente postergadas por el frenesí de las nuevas tecnologías de la información y por el decaimiento o carencia de los talleres de ciencias que impulsaron ilustres educadores argentinos, entre ellos, Víctor Mercante. El mundo no está hecho de “bits” sino de entidades altamente complejas, en el límite entre lo material y lo no material. La educación debe asomar a los estudiantes a esta práctica en talleres y observatorios escolares bien pertrechados o en otros centros abiertos para dichos fines.

Importancia de la ciencia y la técnica en la sociedad

Ciencia y técnica no pueden ser desplazadas en el orden nacional. Estaremos empobrecidos pero, como dijo el líder hindú Nehru, “los países pobres no pueden darse el lujo de no hacer ciencia e investigación”. Sarmiento, por su parte, se anticipó a Nehru y en 1870, al inaugurar el Observatorio Astronómico Nacional de Córdoba apostrofó a quienes consideraban inoportuna la inversión con estas palabras: “Es cruel ilusión del espíritu llamarnos pueblos nuevos. Es de viejos que pecamos. Los pueblos modernos son los que resumen en sí todos los progresos que en las ciencias y en las artes ha hecho

la humanidad, aplicándolas a la más general satisfacción de las necesidades del mayor número”.

No hay que tenerle miedo a los resultados de la ciencia aunque a veces desconcierten, ya que siempre dichos resultados están sujetos a “conjeturas y refutaciones”, como señaló sabiamente Karl Popper. Debemos contribuir a la difusión social de la ciencia, por ejemplo, dar a conocer cómo buena parte de los factores que determinan la moderna calidad de vida –la salud, la nutrición, las comunicaciones, etc.– tienen origen en los hechos y los descubrimientos de la ciencia y la técnica. En un pasado relativamente cercano enfermedades hoy curables segaban millares de vidas jóvenes. Basta pensar en la precoz desaparición de grandes científicos y artistas (Torricelli, Pascal, Hertz, Mozart, Schubert, Chopin, Modigliani y tantos otros).

En su libro *El ascenso del hombre*, Joseph Bronowski despliega una propuesta optimista que arraiga en la convicción de que “el destino de la humanidad es el descubrimiento de conocimientos”. Si bien Bronowski pone el acento en la ciencia y la técnica, no se olvida en ningún momento del arte y las demás manifestaciones del hombre. Esta idea de unidad en ascenso se encuentra también en las obras de Neil Postman. Edgar Morin se pronuncia asimismo por el ascenso estratégico a miradores desde donde observar y alumbrar con *ideas-faro*. Quisiera consignar aquí la preciosa metáfora de la crisálida, también de Morin, que lo dice todo:

“Para que la oruga se convierta en mariposa debe encerrarse en una crisálida. Lo que ocurre en el interior de la oruga es muy interesante; su sistema inmunitario comienza a destruir todo lo que corresponde a la oruga, incluido el sistema digestivo, ya que la mariposa no comerá los mismos alimentos que la oruga. Lo único que se mantiene es el sistema nervioso. Así es que la oruga se destruye como tal para poder construirse como mariposa. Y cuando ésta consigue romper la crisálida, la vemos aparecer, casi inmóvil, con las alas pegadas, incapaz de desplegarlas. Uno empieza a inquietarse por ella, a preguntarse si podrá abrir las alas, y, de pronto, la mariposa alza el vuelo.”

Con esta cita retomo lo escrito al comenzar respecto del advenimiento de las ideas nuevas en lugar de las del arcaico pensamiento disyuntor, es decir, subrayo la importancia de comprender –con el riesgo que implica– que todo está en relación en el universo y propongo una educación consistente. Estimo así que la educación actual, además del uso disciplinario del lenguaje, de la compenetración con el arte, del sentimiento religioso y del saber histórico, debe incluir un modo de pensamiento y un saber que, a fuer de revelador, valore en toda su dimensión el mundo científico-técnico que nos rodea.

* * *