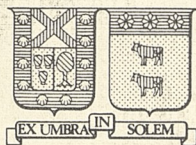


Ciclo
de conferencias

La Ciencia y su papel en el mundo moderno

*Junio ~ Septiembre
1982*



Universidad Federico Santa María

BIBLIOTECA NACIONAL DE CHILE

Sección Chilena



Ubicación : 10(1205-48)

Año : 1.982 C: 1

SYS: 881125

BIBLIOTECA NACIONAL



1401655

10 (1205-48)

Ciclo
de conferencias

La Ciencia y su papel en el mundo moderno

Introducción del Dr. Juan Garbarino Bacigalupo
Decano de la Facultad de Ciencia de la
Universidad Federico Santa María. 3

Conferencia del Dr. René Thom
IHES, Francia. Medalla Fields en Matemática
PERSPECTIVA CIENTIFICA DE LA TEORIA DE CATASTROFES
Junio 1982. 5

Conferencia del Dr. Gustavo Malek
Director de Ciencia y Tecnología de la UNESCO
CIENCIA, TECNOLOGIA Y NUEVOS MODELOS DE DESARROLLO
Agosto 1982. 9

Conferencia del Dr. Richard D. Keynes
Universidad de Cambridge, Gran Bretaña
ESTADO ACTUAL DE LA TEORIA DE LA EVOLUCION
Agosto 1982. 19

Conferencia del Dr. Héctor R. Croxatto
Pontificia Universidad Católica de Chile
Premio Nacional de Ciencias
LA UNIVERSIDAD Y EL DESARROLLO CIENTIFICO
EN LOS PAISES DEL TERCER MUNDO
Septiembre 1982. 25

Junio ~ Septiembre
1982

INTRODUCCION

El ciclo de conferencias "La ciencia y su papel en el mundo moderno" cuyos textos entregamos en esta publicación, corresponde a un programa organizado por la Facultad de Ciencia de la Universidad Federico Santa María, con ocasión del Cincuentenario de esta Casa de Estudios. Se ha cumplido así con el anhelo de conocer y difundir el pensamiento de personalidades ligadas, de una u otra manera, al quehacer científico internacional y que tuvieron la gentileza de responder a nuestro llamado para colaborar con su enfoque y erudito conocimiento.

Vemos al hombre de hoy absorbida su existencia en un universo de artefactos e instrumentos, sus pasos se deslizan con ordenada eficiencia por vías ya trazadas. Cuando surge un obstáculo acude a una memoria computarizada para solucionar el problema. Pero, ningún aporte humano resulta tan intrínseco y trascendental como el nuevo conocimiento, aquel dominio que nos lleva a los confines de la competencia y se interna en la vasta grandiosidad de lo ignorado.

La búsqueda del conocimiento permanece como una de las motivaciones más nobles y fecundas que animan, desde hace siglos, a los hombres de ciencia que rechazan, por consiguiente, el fatalismo y la pasividad.

Saber para actuar. Esta es la actividad fundamental de la civilización contemporánea, definida por la acción del académico -investigador y docente- en su ámbito propio, la universidad.

El concepto de universidad se cimenta en el inquebrantable principio clásico de la formación académica, en la insoluble fusión simbiótica entre la investigación científica y la enseñanza universitaria. De esta unión nace el compromiso inalterable del investigador frente a la sociedad por su responsabilidad como formador de nuevas generaciones de científicos y profesionales, y que traduce con tanta lucidez un informe de la American Association for the Advancement of Science:

"No se encontrará el germen supremo de la ciencia en sus impresionantes productos ni en sus poderosos instrumentos. Se encontrará en las mentes de los científicos y en el lenguaje empleado por éstos para describir lo que saben y pulir la interpretación de lo aprendido. Estos factores internos-métodos, procedimientos y procesos que utilizan los científicos para descubrir y discutir las propiedades del mundo natural-han proporcionado a la ciencia sus grandes éxitos".

JUAN GARBARINO BACIGALUPO
DECANO
FACULTAD DE CIENCIA

Dr. René Thom

PERSPECTIVA CIENTIFICA
DE LA TEORIA DE CATASTROFES



*El Dr. René Thom
es Profesor Permanente del
Instituto de Altos Estudios Científicos de Francia
En 1958 recibió la Medalla Fields,
máximo galardón internacional en Matemáticas,
por sus descubrimientos en cobordismo.
Autor de la obra
"Estabilidad Estructural y Morfogénesis"
(1972) en la cual enunció
originalmente la Teoría de Catástrofes.*

En forma de introducción, comencemos haciendo las preguntas: ¿qué esperamos de la ciencia? ¿Cuáles son las metas últimas de la ciencia?

Me parece que deseamos o necesitamos, por un lado, entender el mundo, hacerlo inteligible; y por otro lado, queremos actuar y dominar los fenómenos. Ambas metas están muy unidas. Muchas veces entendemos perfectamente una situación -por ejemplo, la inundación de una ciudad, pero no podemos hacer nada al respecto; y otras veces actuamos sin entender mucho los resultados de la acción.

El dominio de los fenómenos exige entender lo que está ocurriendo y, por otra parte, con frecuencia es conveniente realizar experimentos para comprender los fenómenos. Se trata de una dualidad fundamental que persiste en la Ciencia. Son los extremos de un espectro continuo en el que se mueve el científico.

Galileo representa el comienzo de la ciencia moderna, que desea entender el mundo. En cambio, la Teoría de la Gravitación, enunciada por Newton, es el primer ejemplo de "fórmula mágica" que funciona sin entender realmente por qué. Lo importante del formalismo de Newton es que reemplaza la causalidad por condiciones o datos iniciales definidos de modo tan preciso como sea posible. Luego, la pregunta "por qué" se deja al margen. Para Newton sólo es importante la pregunta "cómo". La Ley de Gravitación es el primer caso his-

tórico de una ley perfectamente establecida que otorga resultados cuantitativos extremadamente precisos en Mecánica Celeste.

Sin embargo, fuera del dominio de las ciencias “duras” se necesitan descripciones cualitativas que no se obtienen por la Matemática, sino en el dominio del lenguaje natural. Por ejemplo, la descripción del comportamiento cualitativo de sustancias químicas.

En las descripciones cualitativas que emplean los científicos el concepto de causalidad es aún muy importante. Es imposible librarse del concepto de causalidad, ya que es imposible prescindir de la descripciones lingüísticas. Ahora bien ¿qué es una explicación científica?

“Expliquer c’est réduire l’arbitraire de la description . . .”

Describimos datos específicos y además introducimos una explicación que consiste en reducir lo arbitrario de la explicación. Para ello es necesario tener herramientas generativas que, a partir del conocimiento de datos empíricos de un campo pequeño, permitan extrapolarlos a un dominio mayor. Vale decir, usar modos de extender nuestro conocimiento. Esto se hace de un modo lógico por medio de la deducción que consiste en extender la validez en un conjunto de proposiciones a un conjunto mayor de proposiciones y sus consecuencias.

En las explicaciones de la Matemática, es importante el proceso de la extrapolación. En particular, predecir es extender conocimiento desde el pasado hacia el futuro. Esto es en realidad el estilo del método estadístico que, por otra parte, se basa en la confianza en la regularidad de los fenómenos en el Universo.

En matemáticas, en correspondencia a la extrapolación existe un método llamado continuación analítica. Consiste en extender (por desarrollos en serie de Taylor) el dominio de definición y validez de una función holomorfa (analítica) en el plano complejo. En ciencias “duras” -como la Física- los procesos de predicción se basan en la continuación analítica.

Pero ¿cómo sabemos que las funciones empíricas son holomorfas o analíticas? En realidad, no lo sabemos. En Física esta creencia se basa, en algunos casos, en teoremas matemáticos - como el de Peter Weyl sobre presentación de grupos compactos analíticos. Este tipo de teorema se asocia al uso de simetrías. La analiticidad de las funciones usadas en Física se basa en el empleo de las simetrías globales del espacio tiempo.

TEORIA DE CATASTROFES

En la Teoría Elemental de Catástrofes se introduce un nuevo modo de usar la continuación analítica y se relaciona con las deformaciones universales de géneros de conjuntos analíticos. La extensión no resulta unívoca, no queda definida de manera única. Debo aquí referirlos a mi texto “Estabilidad Estructural y Morfogénesis” para completar detalles, pues el tema es muy técnico.

Sin embargo, todos estos elementos matemáticos son puramente locales en su naturaleza y conducen a modelos locales. Para que un modelo sea realmente eficiente como herramienta destinada a lograr algún dominio de los fenómenos, siempre debe contener algún aspecto cuantitativo, lo cual requiere globalización.

Recordemos que para actuar sobre los fenómenos localizamos el sistema fenomenológico en el espacio tiempo donde queremos actuar. Introducimos coor-

denadas locales para actuar. Un modelo que aumente el poder del hombre sobre la naturaleza tiene que ser necesariamente cuantitativo.

No obstante, algunas formas cualitativas siempre contienen alguna información y apoyo cuantitativo en sus datos empíricos. Perrín ha dicho que explicar es reemplazar lo visible complicado por lo invisible simple. Por ejemplo, la Teoría Atómica. Esto corresponde en Morfología a introducir coordenadas o cualidades invisibles, mediante las cuales se construye un objeto geométrico relativamente simple.

Esto recuerda al mito de la caverna de Platón. Las sombras de los objetos -ideales o “geométricos”- corresponden a la fenomenología; los objetos ideales subyacentes corresponden a nuestras coordenadas, a nuestros modelos de la Teoría de Catástrofes que al ser proyectados a la realidad mostrarían las singularidades que percibimos en el mundo físico. Las morfologías descritas por los modelos de la Teoría de Catástrofes son locales.

En Física, el espacio invisible asociado es de velocidades y momentos cinéticos. Todos los espacios necesarios que introducimos se reducen a localizaciones, con lo cual se simplifica el problema descriptivo. El problema de descripción en Física es establecer las leyes de propagación de las “cualidades invisibles” o “coordenadas invisibles introducidas”. Por ejemplo, en la propagación del calor y Ley de Fourier.

En la Biología y Ciencias Sociales también interesan las cualidades y las leyes específicas de propagación de ellas. Se ha dicho, entonces, que la Teoría de Catástrofes no tiene valor predictivo. Lo cierto es que la teoría no puede introducir o descubrir leyes cuantitativas donde ésta no existen. No puede dar origen a un formalismo cuantitativo exacto.

En ciencias “duras” los modelos vienen dados por leyes físicas, de modo que la Teoría de Catástrofes puede proporcionar modelos para descubrir singularidades de los procesos. Pero donde tiene más interés es en ciencias “suaves” -como Biología y Sociología- en las que puede aportar nuevas formas de caracterizar y de entender. Por ejemplo, en Biología aún es difícil explicar el mecanismo epigenético del embrión; es decir, cómo se produce el desarrollo del embrión, las diferenciaciones de los momentos y lugares precisos en que esto ocurre. La Teoría de Catástrofes ayuda a la explicación del proceso embrionario con sus modelos cualitativos.

En las Ciencias Sociales han surgido algunas oposiciones al uso de los modelos de la Teoría de Catástrofes; sin embargo, los modelos más simples -pliegues y cúspides- resultan interesantes alternativas al empleo exclusivo del lenguaje escrito.

ESTADO ACTUAL DE LA TEORIA

En los últimos años, la atención principal se ha desviado de la teoría de bifurcaciones hacia una dinámica general de flujos en variedades.

El problema más importante es tratar de reconciliar unidad y diversidad. Es muy difícil entender cómo un principio de unidad -digamos, Dios- puede desarrollarse en una multiplicidad de diversidades, como se muestra en la creación. Este misterio teológico también se hace presente en la ciencia. Siempre tratamos de poner unidad en los fenómenos, que son tan variados y de diferente textura y origen.

El conocimiento de esta dualidad ya fue abordado por los presocráticos. En Heráclito la realidad de las cosas está asociada al logos. El logos es un princi-

pio de estabilidad heracliteano, cuya influencia se reflejó en mi obra "Estabilidad estructural y Morfogénesis". La Teoría de Catástrofes es un medio que trata de reconstruir, de subsumir un conjunto de diversidades en un principio organizador.

La Teoría de Catástrofes puede ser falseada en el sentido de Popper; es decir, sometiendo sus modelos a la contrastación empírica.

Por último se podría decir que, según Ortega y Gasset, "una teoría está bien desarrollada cuando cualquier idiota es capaz de aplicarla con éxito". Creo que afortunadamente la Teoría de Catástrofes no ha llegado aún a ese estado.

Dr. Gustavo Malek
CIENCIA, TECNOLOGIA
Y NUEVOS MODELOS DE DESARROLLO



*El Dr. Gustavo Malek
cumplió funciones de docencia
e investigación
en la especialidad de Ingeniería Química
en la Universidad Nacional del Sur,
República Argentina,
llegando a ser Rector de esa Universidad.
Fue Ministro de Cultura y Educación
en Argentina entre 1971-73.
Desde 1976
es Director de la Oficina Regional
de Ciencia y Tecnología de UNESCO
para América Latina y el Caribe,
con sede en Montevideo.*

Con el año 2000 que se asoma para una población de más de 6 mil millones de hombres, la proporción de aquellos que serán condenados a la mala alimentación, el analfabetismo, a la ausencia de cuidados médicos, al desempleo, se estima que lamentablemente aumentará. Y cuando más se habla de la interdependencia del mundo, más se acentúan las disparidades entre los países industrializados y la mayoría de los países en desarrollo. Dentro de esta perspectiva, es esencial que en lo referente a las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, nos ubiquemos dentro de una gran realismo, lo cual nos ayudará a encarar esos múltiples problemas con gran honestidad intelectual.

Antes de la segunda guerra mundial, muchos de los dirigentes de América Latina consideraban casi utópico un proceso de industrialización semejante al que había demostrado Europa Occidental y Estados Unidos. El predominio de una "cultura latina", menos industrializada que la de los países anglosajones, el temor a las represalias económicas por parte de los países industrializados, la existencia de ventajas en la región favorables a la producción agrícola o minera, etc. eran los argumentos de muchos de los grupos de poder, que impregnaron muy fuertemente la cultura latinoamericana hasta el final de

la guerra. Sin embargo, esa posición en cierto modo anti-industrial que tenía vigencia en muchos países, no negaba la posibilidad de alcanzar el nivel y el estilo de vida de los pueblos más “avanzados”. Para llegar se proponía el camino agro-minero. En el curso de los tres últimos decenios hemos terminado por aceptar una sólo idea de “desarrollo”, que se ha vuelto universal.

¿Qué queremos decir cuando afirmamos que algunos países están desarrollados y otros nó? Con el propósito de elaborar un concepto de desarrollo la mayoría de nosotros mezclamos ciertos aspectos del modernismo, la industrialización y la imitación de modelos. Muchos autores, especialmente del Norte, consideran que en general el punto de partida es un concepto etnocéntrico. Piensan que ser desarrollados quiere decir “como nosotros” (es decir los del Norte).

Cuando se razona así, hay un convencimiento del éxito de una cultura racional, científica, tecnológica, con gran capacidad y eficiencia del grupo y del individuo. Esta actitud subestimaría, según algunos estudiosos, tanto al conjunto de factores que han permitido que la Europa moderna despegue y que muy difícilmente podrán volver a repetirse, como -en el caso de Estados Unidos- “el accidente histórico que ha puesto un grupo humano ascético y pragmático en un continente muy bien dotado del planeta, en el momento preciso en que el optimismo, el racionalismo y el individualismo se han combinado con la Revolución científica e industrial”. A esto se suma un factor que ha vuelto mucho más fácil y feliz ese progreso tecnológico: la disponibilidad de energía abundante y relativamente barata; primero en forma madera, después en forma de carbón y finalmente petróleo y gas natural.

Claro está que debería también analizarse los costos: así no tomamos en cuenta la deforestación, la erosión y la destrucción de varios habitats, especies y regiones bellas, el agotamiento de recursos y el aumento de la vulnerabilidad frente a las influencias externas, el cáncer que se acrecenta debido a las sustancias introducidas en el ambiente y en la alimentación, etc. Además al aceptar el concepto etnocéntrico del desarrollo, se ha dejado de lado la realidad cada vez más evidente del deterioro creciente de las sociedades en los países avanzados.

En fin, bien sabemos que se ha creado una “cultura universal” (con respecto a la cual aumentan las críticas tanto en el Norte como en Sur) basada en un sistema técnico que consume materiales y energía de una manera intensiva. Pero concuerdan estos mismos investigadores, “la mayoría de la población mundial tendría dificultades muy grandes para llegar a lo que nosotros llamamos el desarrollo”.

Por lo que se refiere a América Latina -y esto puede aplicarse a otras partes del Tercer Mundo- el problema de ciertos recursos se ve confrontada con una explosión demográfica sin precedentes. El sub-continente latinoamericano tenía 30 millones de habitantes en 1900, 160 millones en 1950, 320 millones en 1975 y habrá 620 millones en el año 2000. Este fenómeno demográfico es acompañado por una explosión urbana aún más importante.

La población mundial que era de aproximadamente 4 mil millones de habitantes en 1975, será de 6 mil millones en el año 2000, de los cuales 5 mil millones serán del Tercer Mundo, con los mismo fenómenos de sobrepoblación urbana, de marginalidad, de pobreza, etc. Desde el “Informe para el Club de Roma” al final de los años 60 hasta el “Informe global 2000 al Presidente de Estados Unidos” del fin de los años 70, existe una convergencia abrumadora en lo que respecta al porvenir del Sur. El subdesarrollo no se concibe más como una especie de estado de transición, sino que lamentablemente como

una “situación normal” en muchos países. Los estudios de las raíces del subdesarrollo han llevado en ciertos casos a conclusiones aún más radicales. Así los trabajos de diversos investigadores, sobre todo en América Latina, indican que el desarrollo y el subdesarrollo constituyen un conjunto indisoluble, porque el Tercer Mundo se ha estructurado a escala planetaria sobre la base de la dialéctica centro-periferia.

El carácter antagonista entre el “desarrollo” de unos (el centro) y el “subdesarrollo” de los otros (la periferia) lleva a estos teóricos a definir un conjunto de proposiciones de “reforma” o de “rupturas” más o menos radicales, gracias a las cuales en el Tercer Mundo podría salir del impasse. Sin embargo, el optimismo (conservador o radical) deja lugar a un pesimismo algunas veces bastante generalizado, que estaría sustentado por el análisis de los modelos de desarrollo. Al Oeste como al Este . . . ¿los modelos de desarrollo que prevalecieron desde el final de la Segunda Guerra Mundial, no están ellos mismos en crisis?

Los sistemas del Oeste enfrentan la conjunción de la crisis de las economías (lentitud del crecimiento, en particular en el sector industrial; crecimiento del desempleo; inflación no controlada) y del aumento de las insatisfacciones frente a los excesos o a los límites del productivismo. Los sistemas del Este sufren los fracasos creados por la planificación autoritaria, los abusos de la burocracia, la brecha creciente entre las promesas de la ideología del reparto y las realidades del monopolio del poder ejercido por el Estado, el exacerbo de las oposiciones en el seno del mundo socialista. La banalización y la mundialización de los productos de consumo, las transferencias de tecnologías, la interdependencia económica ligada al crecimiento de los intercambios no impiden las disparidades y las divergencias de crecer, tanto en el mundo occidental como en mundo socialista. A la simplicidad económica, política e ideológica del mundo bipolar de la postguerra, le sucedió un mundo multipolar trabajado por las contradicciones de los modelos dominantes y por las diferencias de las aspiraciones de las sociedades a las cuales se refieren.

Para el Tercer Mundo, encandilado aternativamente por esos modelos y por el deseo de encontrar una identidad cultural propia y fuentes de desarrollo endógenas, las dificultades por las que pasan las sociedades desarrolladas son a la vez, un espejo y un rechazo. En esta crisis resulta reveladora una creciente oposición que ciertos grupos hacen a la institución científica.

Golpean el ídolo del progreso y de la ciencia ahí mismo donde sirvió de base y de legitimidad para la expansión industrial y tecnológica desde hace un siglo. El paso racional que fundó la maestría de la naturaleza y de lo previsible choca desde entonces con el crecimiento de las complejidades y de las incertidumbres. Y sean cuales sean sus resultados espectaculares, plantean una sospecha sobre los daños, los costos, los desórdenes y las amenazas que acompañan al progreso y a la innovación técnica. La interrogante sobre los valores es inseparable de la duda sobre los sistemas técnicos: el positivismo del discurso y de la práctica científica a la vez, refleja y provoca las tensiones y las contradicciones de la crisis.

El mundo multipolar de este fin de siglo penetra en las sendas de la co-existencia de los extremos: extremos de la pobreza y de la riqueza; extremos de la eficacia y del despilfarro. La interdependencia creciente tiene como corolario el profundizar las disparidades y las diferencias, con tensiones culturales crecientes entre las sociedades y en su mismo seno. Estos desequilibrios afectan a los países en desarrollo dentro de una redistribución mundial de las cartas: si los juegos son los mismos -aquí, la supervivencia y allá, el compartir los frutos

del crecimiento- la inestabilidad es general. Todos los modelos han entrado en la época de la desconfianza.

En este contexto volvemos a formular las finalidades que se persiguen, así como los medios adoptados para asegurar el “despegue” de los países en desarrollo -una reformulación de la cual no escapan tampoco los países industrializados-.

HACIA UN NUEVO MODELO DE DESARROLLO

El siglo XIX culminó con el triunfo de la idea de progreso. La ciencia y la técnica prometían al mundo un futuro feliz; el hombre podía elegir sus objetivos y planificar el camino del éxito a condición de encontrar una solución a ciertos problemas internos de la sociedad, a los que un lúcido análisis sería capaz de identificar y una tenaz voluntad política podría resolver. Hoy estamos lejos de este triunfo, a pesar de que la evolución técnica haya continuado mucho más lejos de los límites que un cerebro libremente inventivo pudo imaginar.

El hombre pisó la luna; sus sondas espaciales exploran Marte y Venus; la higiene y la medicina preventiva han duplicado la esperanza de vida; la energía producida por el gas y la electricidad, también el sonido, la imagen y mañana la información escrita o impresa, se distribuyen a largas distancias, a cientos de millones de hogares. La potencia nuclear podría desplazar montañas y ahondar valles; las profundidades de los océanos entregan sus secretos y sus riquezas. Sin embargo, el porvenir sigue más cargado de incertidumbres que nunca y el hombre empieza a preocuparse por la insuficiencia de ciertos recursos naturales a los que acostumbraba creer interminables.

El final del siglo estará dominado por esta amenaza de insuficiencia. Insuficiencia de capitales a disposición de las inversiones para el desarrollo; insuficiencia de ofertas de trabajo, que engendran los desórdenes físicos y morales del desempleo; amenazas de penurias alimenticias; pero sobre todo penuria de energía, como llave y soporte de la civilización industrial.

Entramos en una época difícil en la que la humanidad va a encontrar buena parte de las dificultades que conoció durante su larga historia, pero que deberá enfrentar en condiciones totalmente nuevas. En primer lugar, tendrá el peso de una población extraordinariamente aumentada. En segundo lugar, tendrá que salvaguardar todo lo que, en las adquisiciones tecnológicas recientes, sea necesario para la supervivencia económica y para las nuevas adaptaciones. Una gran parte de la opinión pública conserva su confianza en los científicos para que ayuden a la humanidad a salvar el obstáculo. La ciencia ¿estará desprovista, saturada, degenerada o tiene las reservas de ideas y de medios que serían necesarios para la adaptación a las nuevas circunstancias? Estas son las preguntas a las que cada científico, en conciencia, debería tratar de contestar.

Aunque el porvenir sigue lleno de imprevistos, de alguna manera puede ser “sondeado” gracias a los modelos matemáticos que se han construido para tener en cuenta los datos esenciales de nuestro desarrollo.

Por ejemplo, el proyecto “Interfuturo”, dirigido por Jacques Lesourne y encargado por la Organización Europea de Cooperación y Desarrollo Económico (OECD), permitió comparar entre sí estos modelos y estimar su validez. Una hipótesis de base es común a todos estos ensayos de representación de nuestra próxima evolución: todos se construyeron en vista de evitar catástrofes de gran envergadura. Para facilitar una discusión, según estos estudios, podemos clasificar los países en tres grandes grupos:

- i) países desarrollados;
- ii) países que por sus riquezas naturales o por la habilidad o talento de sus pobladores, están llamados a un despegue integral en un futuro mediano;
- iii) países que intrínsecamente por ser demasiado pobres, tienen y tendrán enormes dificultades para poder realizar un desarrollo integral.

Por supuesto, esta clasificación simplifica de una manera abusiva la realidad. Existen zonas casi subdesarrolladas en los países industrializados así como islotes de riqueza en los países pobres; pero, en vista de los fenómenos de la insuficiencia de recursos globales que se pueden dar en el mundo, estas correcciones -esenciales para ciertos individuos o ciertos grupos humanos- pueden no ser tomadas en cuenta.

En lo que se refiere a demografía, un cálculo muy aproximado -puesto que a raíz de las inercias propias de los fenómenos atinentes al crecimiento de la población, no hay demasiadas posibilidades de error- tendremos para el año 2000 una población mundial de 6×10^9 .

En lo referente al crecimiento del PBI, se admite, con mayor o menor discusión, que el conjunto del mecanismo de desarrollo es esencialmente función del dinamismo de los países del primer grupo y en una menor medida de los países del segundo grupo. Los cálculos realizados indican que el PBI mundial se duplicará hasta más o menos fines de siglo. Esta estimación global, como Uds. se imaginan, poco hace para la corrección de las desigualdades. Así se estima que en relación a las aspiraciones de las naciones del segundo grupo, el poder adquisitivo de un hombre de esos países será, promedialmente, apenas superior a la tercera parte del poder económico de un habitante medio de los países del primer grupo.

En cuanto a los habitantes de los países del tercer grupo, que ya son en estos momentos más de 3.000 millones, quedan en la misma situación de pobreza, a pesar de que se admita que el PBI global, inclusive de las zonas en que viven, pueda duplicarse. ¿Qué significa el hecho de duplicación del PBI? Simplemente que la humanidad conseguirá o deberá poner en marcha la misma cantidad de minas nuevas, construirá similar número de casas, abrirá la misma cantidad de escuelas y hospitales, instalará el mismo orden de fábricas que las que ya existían en estos últimos años. Sea como sea, es una gran empresa.

Este es un gran problema de investigación de desarrollo, de inversiones y sobre todo de inteligencia. Podríamos entrar en una serie de factores de insuficiencia, como podrían ser: i) ofertas de trabajo para limitar el desempleo a niveles aceptables; ii) necesidad de capitales para todo tipo de inversiones, especialmente industriales y de interés público; iii) recursos alimenticios (el hambre de hoy, que se está haciendo sentir con crudeza ya en muchas regiones, no ha llegado aún al límite de máxima carencia).

Estos factores y otros nos hacen ver, cada vez con mayor fuerza, la necesidad de "inventar un crecimiento nuevo". El nuevo camino es indudable que se basará también en una mejor utilización de la inteligencia. Diversas organizaciones lo han puesto de manifiesto. Así el famoso Club de Roma lo proclama dramáticamente al expresar que se está entrando en una fase en la que únicamente "una solidaridad de supervivencia" podrá evitar crisis de gravedad inimaginables.

Antes de examinar en qué podría ser útil la investigación como terapia al servicio del desarrollo integral, hay que pensar que la ciencia y la técnica forman parte de la vida normal de los países industrializados, donde viven más de 93 % de los investigadores y de los ingenieros. El resto del personal científico instalado en los países en vías de desarrollo, constituye una franja marginal

cuyas relaciones se dirigen casi exclusivamente a sus colegas en los países más avanzados. En base a esta velocidad estadística, que por otra parte es incontrovertible, pareciera que movilizar la ciencia y la tecnología, es como pedirles a los más ricos que propongan los caminos para el desarrollo de los más pobres.

Esto trae múltiples problemas, sobre todo en lo que se refiere a una verdadera autonomía nacional de los países menor provistos y del criterio de reciprocidad que habría que establecerse entre Norte y Sur. Sin ir más allá en las reflexiones múltiples que podrían realizarse, es importante plantear de qué manera debería ser utilizada la investigación en Ciencia y Tecnología como herramienta decisiva del desarrollo integral de los países.

Podemos dividir bajo tres aspectos bien distintos la acción factible de realizar:

- a) Acceder al máximo posible de esa acumulación de conocimientos que sirvan para comprender y explicar;
- b) Participar en la producción y en la utilización inteligente de los conocimientos disponibles a fin de procurar nuevas herramientas que ayuden al desarrollo integral;
- c) Aplicar esos conocimientos y acelerar la transformación de las condiciones económicas y sociales mediante la innovación científica y tecnológica.

Quiero, a continuación, entrar en un aspecto vital y que es el de la ciencia al servicio del aprendizaje. Uno de los mayores obstáculos a un progreso de las soluciones que pide el estado actual del mundo es el rechazo a mirar la realidad de frente. El rechazo a comprender, y cuando se comprende, el rechazo de admitir las consecuencias de esta comprensión. Los más ricos se contentan en la ilusión de su bienestar; los más pobres prefieren las explicaciones ideológicas y las falsas esperanzas que éstas engendran.

Por otra parte, la sociedad no está construída para tener en cuenta las preocupaciones a largo plazo. Al parlamentario preocupado por su próxima elección o al jefe de empresa responsable de su estado de cuentas de fin de año, no le importa demasiado lo que ocurrirá dentro de más de cinco años, o les interesa más que un segundo plano. Sin embargo, se necesitan más de 15 años para poner en marcha, a gran escala, una nueva fuente de energía, regar, fertilizar y plantar una zona árida o formar los cuadros necesarios para la industrialización de un país agrario por tradición.

El conocimiento acumulado por las investigaciones científicas y tecnológicas, que fuese aplicado a describir la situación actual de la humanidad y sus profundas tendencias hacia una evolución más racional, es decir "sus hechos portadores del futuro", serían los instrumentos más aptos disponibles para que penetre en las conciencias este sentimiento de que es necesario construir una "solidaridad de supervivencia".

Tenemos actualmente herramientas que están disponibles y no hay que rechazar como sin importancia diversas tentativas de análisis integrales de sistemas, que conducen a la construcción de modelos socio-económicos. Sabemos que estos modelos no son perfectos, que generalmente llevan la imagen de la subjetividad de sus constructores y que la magia aparente de su poder de previsión debe ser equilibrada con una inteligencia capaz del análisis crítico más sólido.

Hoy en día es tan importante saber presentar los problemas oportunamente, como resolverlos. La dificultad no solamente estriba en saber qué hacer acerca de un obstáculo bien identificado, sino también conocer a fondo los obstáculos asignándoles un lugar correcto en las prioridades. Aquí nuevamente es fac-

tor vital la inteligencia. Las imperfecciones de estos modelos ya han sido suficientemente discutidos. Sin embargo, señalamos que la principal pobreza se encuentra en nuestra incapacidad para traducir en datos cuantificables la mayoría de las situaciones socio-económicas, para imaginar y descubrir ciertas fases de discontinuidad o de ruptura.

Siempre estamos muy pobres en cuanto a indicadores de la calidad de vida. Para la investigación pluridisciplinaria, en los confines de las matemáticas, de la informática y de las ciencias llamadas sociales y humanas, existe una cantidad considerable de objetivos, cuyos medios para alcanzarlos conviene también manejarlos con la mayor inteligencia. Hay equipos de una gran capacidad, como el FAST (Previsiones y Asesoramiento para la Ciencia y la Tecnología) hecho por la Comisión de las Comunidades Europeas. Inclusive dentro de las Naciones Unidas, bajo la responsabilidad de la UNESCO, hay un grupo de reflexión en el tema de "Investigación y necesidades del hombre".

A nadie escapa que enormes cantidades de conocimientos científicos y tecnológicos han sido acumulados en estos últimos 100 años. Es importante recordar los trabajos de Price, que demuestran que actualmente los conocimientos del género humano se duplican en menos de diez años. Resulta impostergable la movilización inteligente de esos conocimientos para ponerlos al servicio de las necesidades fundamentales del hombre de hoy. Podríamos citar las nuevas fuentes de energía renovables, medio ambiente, las industrias agro-alimenticias, las riquezas de los océanos, etc.

En muchos de estos casos la investigación aplicada ha tomado muy poco en cuenta las necesidades específicas de los países en desarrollo. Esta circunstancia puede ser favorable, si se jugaran las cartas de las búsquedas de esas nuevas potencialidades no explotadas, con inteligencia. Teniendo en cuenta las urgencias -encontrar soluciones en 15 o 20 años- difícilmente podremos creer que los países en desarrollo podrían absolutamente solos, o aislados, crear ellos mismos esta investigación aplicada a sus necesidades específicas.

Ello supone entre otros hechos que los países industrializados serán capaces de ayudar con los medios financieros y humanos. Una decisión tan contraria al egoísmo natural de los hombres implica que se den, por lo menos, dos condiciones:

- i) que subsistan las riquezas necesarias para que los que se entregue como cooperación sea aceptable;
- ii) que el aprendizaje de las exigencias de los sacrificios impuestos por la situación del mundo actual se efectúe a nivel de gran parte de la opinión pública.

HACIA QUE PORVENIR NOS LLEVA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

Indudablemente, deseamos que la intervención de la ciencia y la tecnología sea una especie de instrumento de una política racional de conducción de los destinos de la humanidad. La gestión científica ha sido concebida sucesivamente como un mecanismo de aprendizaje y más tarde, gracias a la investigación aplicada, como una poderosa herramienta capaz de resolver problemas de necesidades. En la base de los cambios, nutriéndose de los resultados de la investigación aplicada, está inexorablemente la investigación básica. Por ello debemos considerar la investigación científica fundamental o básica, como uno de los instrumentos principales de las mutaciones sociales.

Se puede extrapolar de la observación de la historia de la ciencia y la tecnología, que su evolución ha estado caracterizada por el empuje constante de las necesidades humanas traducido en lo que podríamos llamar los "vectores de

innovación". Según una serie de distinguidas personalidades, la evolución seguirá obedeciendo a éstos y otros nuevos vectores. André Malraux dijo: "el tercer milenio será el del espíritu o no será . . ." Efectivamente, cómo no ver que concurrentemente a los pretendidos éxitos de modelos ideológicos, que no han sido tales, nacieron casi espontáneamente los instrumentos de una sociedad de comunicación, de una civilización del espíritu, en donde los valores sociales podrían ser radicalmente nuevos.

Por supuesto, la emergencia del espíritu no se llevará a cabo sin golpes ni sorpresas; pero el movimiento de las innovaciones científicas y tecnológicas que se puede prever para los próximos 30 años seguramente seguirá actuando en dirección del crecimiento de los medios de comunicación y de intercomunicación. Podemos afirmar que el espacio y el armamento, no serán los únicos vectores de la innovación. La guerra económica enfrentará con violencia, quizás por mucho tiempo, los países industrializados entre sí, el Este al Oeste, y el Norte al Sur. Se puede considerar muy probable el hecho que las naciones más ricas buscarán compensar su inferioridad demográfica con la permanencia de su técnica superior.

Podemos esperar un gran desarrollo de los micro-procesadores y de los captadores en las aplicaciones llamadas de robot (industrias) y burótica (servicios) al mismo tiempo que se generalizarán las aplicaciones de los sistemas de telecorreo, de tele-conferencias, de tele-retrografía, las redes de computadores y las aplicaciones civiles de las telecomunicaciones espaciales. Este empuje de la productividad llevará a la necesidad de reducir el tiempo de trabajo por lo menos a nivel de las producciones en masa, ya sean de naturaleza industrial o de servicio. Ello permitirá llenar la segunda condición necesaria para una "civilización del espíritu" tiempo libre suficiente para la cultura, el autoperfeccionamiento, la autoproducción.

LAS RESPUESTAS POSIBLES

En los depósitos de conocimientos que recientemente se han constituido, gracias al esfuerzo de una investigación científica fundamental, existen otros hechos portadores del futuro. Su característica principal es que además del campo de la física, se acentuarán las técnicas de recambio: biología, teoría de la información, encuentros pluridisciplinarios de la informática y de las ciencias humanas y sociales. La aplicación de los descubrimientos en biología molecular y en genética fundamental probablemente llama a transformaciones de las actividades industriales, a la creación de productos nuevos, y a las consecuencias comparables en importancia a lo que la física cuántica, la mecánica ondulatoria y la relatividad de Einstein han desencadenado con el nacimiento de las industrias electrónicas y nucleares.

En cuanto a las ciencias sociales, que estuvieron al frente del escenario durante siglos, muchos signos anuncian su retorno, pues su progresión actual corresponde a nuevas necesidades de las sociedades humanas. Su intervención se ampliará gracias a las nuevas herramientas entregadas por las técnicas de la comunicación. Por todo ello, creo que podemos responder afirmativamente que la ciencia y la tecnología nos arrastran hacia un modelo de desarrollo nuevo.

En este modelo, el resultado no solamente se medirá por la progresión del PBI o de la energía consumida, sino también por la cantidad de informaciones intercambiadas entre los hombres y por la calidad que logremos en llegar a una real filosofía de solidaridad. Esta forma de crecimiento, que creo ansiamos todos, no tiene límites de orden físico. Con esta nueva dimensión el hombre sabrá que ante todo, está "hecho para el espíritu" y, si así fuera, la

Tierra podría alimentar, vestir, alojar y educar 10.000 millones de seres.

Esta previsión que hacemos no anuncia, de manera alguna, la edad de oro. Es posible que las luchas por las nuevas formas de poder -la información, la ciencia y la tecnología, inclusive el mal manejo de la inteligencia- serán tan duras como las del pasado; pero no nos llevarán inexorablemente, como pareciera en este momento, hacia las grandes catástrofes materiales. Un espíritu optimista podría soñar incluso con una sociedad de bienestar y amor; una civilización de respeto y solidaridad. De esa forma podríamos avanzar a ese “hombre nuevo” que vive dentro de una renovada forma social, preconizada por Erich Fromm en su libro “Tener o Ser”.

Finalmente quiero plantear la pregunta esencial en este proceso. ¿Es posible la TRANSICIÓN?

Si tratáramos de resumir lo que he planteado, podríamos ver que muy diversas fuerzas, de sentido contrario, actúan muchas veces aparentemente más allá de los esfuerzos voluntaristas del hombre para conducir la evolución. La aparición de numerosas insuficiencias, como elementos negativos y a la vez como factores positivos, la capacidad de información y la cada vez más clara concepción de la necesidad imperiosa de buscar soluciones inteligentes. Todo nos hace pensar que frenos y aceleradores se conjugan en un esquema de una tremenda complejidad.

Hoy nos encontramos en la confusión del régimen de transición y nadie puede imaginarse cuál será ese nuevo nivel de estabilidad, aunque fuera relativa. Pienso que hay que darle importancia capital y ya no son meras expresiones retóricas o de tipo dialéctico, a la posibilidad de tratar de aumentar nuestra capacidad intelectual y la mejor utilización de la inteligencia. De esta forma todos los países, estén en cualquiera de los grupos planteados, tendrán la posibilidad de aportar soluciones en base a sus propias voluntades de crear ese nuevo mundo.

¿Se hará la transición en plazos relativamente cortos como para evitar las crisis profundas?

Esta cuestión es indudablemente materia de aprendizaje, de voluntad y de inteligencia de parte de los que deciden, a condición de que la opinión pública se asocie a los sacrificios indispensables. Aquí se impone recordar las palabras de Arnold Toynbee: “La situación se analiza como una carrera de velocidad entre la educación y la catástrofe”. Algo parecido a lo que había anunciado el gran escritor H. Wells.

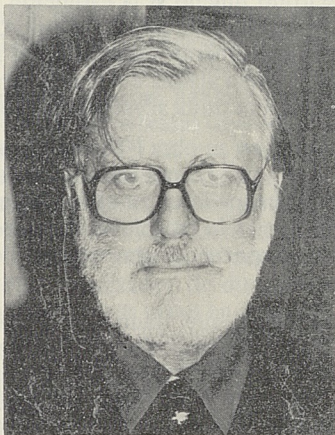
Sarmiento, en el siglo pasado, había manifestado con una claridad meridiana el rol de la educación y de la inteligencia, cuando dijo que el abismo y las diferencias entre las clases sociales, entre los países, entre las injusticias, solamente podrían llenarse de dos maneras: con muerte, ruinas, escombros o con educación, escuelas, libros, comprensión, justicia.

Trabajando todos conjuntamente, dentro de esa concepción de SOLIDARIDAD DE SUPERVIVENCIA, y muy especialmente las universidades, podremos llegar a que cristalice ese genial hexámetro de OVIEDO:

“DIOS dotó al Hombre de sublime boca
y le ordenó mirar hacia los cielos y alzar
la frente erguida en dirección a las estrellas”.

Dr. Richard D. Keynes

ESTADO ACTUAL DE LA TEORIA DE LA EVOLUCION



*Doctor en Ciencias y Filosofía
profesor investigador de Fisiología
en la Universidad de Cambridge, Inglaterra.
En su calidad de bisnieto de Charles Darwin,
en 1982
realizó una gira cultural por Sudamérica
siguiendo la ruta
de su ilustre antecesor.*

Una experiencia sobre la Teoría de la Evolución no es una característica hereditaria, de modo que ni siquiera yo puedo desconocer la influencia de un ambiente darwiniano en el que fui formado. Pero he asistido a muchas conferencias, en Cambridge y otros lugares, este año que marca el centenario de la muerte de Charles Darwin en 1882 y así podré entregarles una disertación neutral, altamente selectiva sobre algunos aspectos de la Teoría de la Evolución que corrientemente son analizados por los expertos en la materia.

Pienso que en su época, Charles Darwin enfrentó dos problemas básicos: uno fue establecer que la evolución realmente tuvo lugar, oponiéndose a la doctrina creacionista. Y el otro fue proveer un mecanismo coherente para explicar la evolución de las especies, o sea para el origen de las especies.

En mi opinión, uno de los logros más notables fue dedicarse a esta tarea sin ningún conocimiento del mecanismo actual de la herencia; es decir, sin la genética de Mendel y la biología molecular en la que se basa. Es bastante erróneo que en los últimos dos años haya resucitado la teoría de la creación de las especies en los Estados Unidos, que constituyen el bastión de la ciencia moderna. En buena parte, se ha capitalizado políticamente ese asunto cuando asistí a la conferencia del Centenario de Darwin en la Academia de Ciencias de Alemania Oriental, en noviembre pasado.

Hay dos clases de evidencias para la evolución de vida. Una es la llamada evolución horizontal, lo cual quiere decir la no-constancia de las especies; y la otra que podríamos llamar evolución vertical, corresponde a la evidencia secuencial de los fósiles. Creo que antes de lo que se afirma a menudo, es decir,

alrededor de 1833, los puntos de vista de Darwin en ambos frentes comenzaron a formarse gracias a sus observaciones en América del Sur, las Islas Falkland y las Galápagos, en particular gracias a los fósiles que encontró en Bahía Blanca en Patagonia.

Recientemente se ha discutido mucho si la evolución ha sido un proceso estrictamente gradual, o si se produjo en etapas sucesivas. Algunos autores dicen que Darwin habría sido especialmente partidario del modelo gradual y que, por lo tanto, en caso que hubiera alguna evidencia para una evolución escalonada, esto podrá plantearse como duda acerca de la evolución Darwiniana.

Pero el mismo Darwin escribió en su obra "The origin of species" que cuando cada especie tenga que pasar por numerosas etapas transitorias, es probable que los períodos transicionales medidos en años hayan sido cortos en comparación con aquellos en los cuales la especie se mantuvo en condición estacionaria. Evidencias a favor o en contra de esta cuestión siempre tropiezan con la inevitable falta de pruebas.

Como fisiólogo me parece lógico que, dado que la selección natural es esencialmente un mecanismo de realimentación positiva, deben esperarse inestabilidades temporales o etapas. La dificultad real es cómo explicar el porqué un sistema debiera poseer a veces períodos largos de estabilidad. Se ha sugerido que algún tipo de delimitación evolutiva podría ser responsable de ello.

En lo que se refiere a la evolución horizontal, puedo mencionar una evidencia que me llamó la atención en forma bastante directa, mientras caminaba por las rocas de la isla Daphne Major en las Galápagos. Allí tuve la grata sorpresa de encontrarme con el Dr. Peter Grant, quien con su esposa y sus dos hijas han estado estudiando los cambios de la población de pinzones Grant durante los últimos 7 años. Todos los ejemplares de esta especie de pinzones Grant fueron anillados en 1975 y 1976, de tal forma que individualmente eran reconocibles. En 1976 y 1978 la caída normal de agua fue de app. 130 mm, pero en 1977 sólo cayeron 24 mm, lo cual tuvo un efecto drástico en la flora de la isla que ya es muy restringida, debido a que la mayor parte del terreno está cubierto de lava. La población de pinzones Grant disminuyó de 1.500 a 180 ejemplares en 1978 y se está recuperando lentamente. Hubo gran evidencia adaptiva en relación al tamaño del pico de los pájaros sobrevivientes, que aumentó en 8 %. Ante la disminución del alimento disponible, sólo los pájaros con los picos más largos tenían acceso a las semillas y así sobrevivieron. Sería muy interesante ver en el futuro si la variabilidad incorporada en la población se transforma en una restauración gradual del tamaño original del pico, o si el aumento del 8 % se mantiene. En todo caso, me parece que éste es uno de los ejemplos más espectaculares que se han presentado de la selección natural efectivamente en operación en el campo. Estoy seguro que Charles Darwin estaría encantado con esta evidencia.

Una de las dificultades que Darwin observó en su teoría era explicar cómo la selección natural podría producir la evolución de un órgano que, antes de desarrollarse completamente, mostraría no tener bastante valor para la supervivencia. Al respecto, puso como ejemplo el caso del órgano eléctrico de *Electrophorus electricus*, la anguila eléctrica. Mi primera visita a Sudamérica fue en 1951 y entonces tuve oportunidad de investigar el mecanismo de descarga de la anguila eléctrica en el Instituto de Biofísica en Río de Janeiro. En realidad, es el único punto donde mi trabajo científico toca el de mi bisabuelo, lo cual me sirve de excusa para dar una pequeña explicación al respecto.

Las etapas en el desarrollo del órgano eléctrico, según la lógica, serían las siguientes. En primer lugar, sabemos que todos los peces tienen un sistema de órganos circulares laterales que permiten la detección de los cambios de pre-

sión en el entorno del pez. Dado que estos receptores sensoriales son esencialmente eléctricos en su operación, tienen la ventaja de ser sensitivos a pequeñas corrientes eléctricas en el agua; y así cuando nada un pez, el movimiento sincronizado de sus músculos natatorios produce un espectro mensurable de corriente en el agua, del mismo modo que un electro-cardiograma puede medir la actividad del corazón humano. Es así como puede obtenerse un electro-miograma de un pez y también es posible detectar otro espécimen que nada a corta distancia. Podría ser que los detectores lineales laterales se hicieron más sensitivos a señales eléctricas, porque había un valor de sobrevivencia en el hecho de ser capaz de detectar la presencia de otros animales. Muchas clases de peces son ahora conocidas por tener electro receptores altamente sensibles y de hecho tienen una clase de mecanismo de integración. No hay problema en explicar cómo el pez puede desarrollar electro receptores altamente sensitivos. El próximo paso consistiría en el desarrollo de un órgano eléctrico débil, produciendo quizás unos pocos voltios de descarga que actuarían como el transmisor para un sistema localizador de direcciones, lo cual capacita a un pez para detectar obstáculos u otros peces en su vecindad. La primera descripción de este sistema se hizo con la especie africana *Yimnocus lonoticus*, que fué estudiada por el Dr. Lismann en Cambridge. También hay otra gran familia de peces africanos llamados Monmarrets que tienen órganos eléctricos débiles y sistemas localizadores de direcciones muy elaborados. Finalmente, hay una gran familia de peces en Sud-América, los *Yimnotic*, que tienen transmisores eléctricos débiles y fueron reconocidos como tales recién en 1950, ya que su descarga es bastante pequeña. Sin embargo, son capaces de hazañas realmente notables con su sistema de autodirección, ya sea en agua fangosa o porque algunos de estos peces tienen hábitos nocturnos. Luego, un miembro de la familia de los *Yimnotic* descubrió que si su órgano eléctrico cobraba más fuerza podría llegar a tener un valor ofensivo y éste fue el *Electroferus electricus*, que es el más grande de la familia de los peces *Yimnotic*. Así, de hecho hay una secuencia perfectamente lógica para explicar la dificultad que molestaba a Darwin.

UNA PERSPECTIVA

Un avance importante se advierte ahora en el establecimiento de la filogenética; esto quiere decir un sistema de descendencia evolutiva que ciertamente reemplazará -creo yo- la evidencia basada simplemente en la morfología.

Este importante avance ha sido efectuado a través del desarrollo de las técnicas para determinar la secuencia de aminoácidos en las proteínas de diferentes organismos y la secuencia de bases en sus ácidos nucleicos. Hace algunos años se predijo que la secuencia de las proteínas iba a guiar la investigación. Sin embargo, gracias a los esfuerzos del Dr. Frederic Sanger, de Cambridge, que es la única persona que ha obtenido dos premios Nobel por esta clase de trabajo, ahora ocurre que técnicamente es más fácil secuenciar ácidos nucleicos en lugar de los aminoácidos de las proteínas. Esto sólo ha sido desarrollado en los últimos 4 ó 5 años.

Me parece que el problema principal del futuro no será la determinación de las secuencias de aminoácidos en las proteínas de los organismos vivientes, ya que esto se puede realizar con ayuda de la computación. El problema que plantea el nuevo método biológico consiste en el almacenamiento y la ordenación de la inmensa cantidad de datos que genera este estudio. En esta perspectiva, el taxónomo estará más unido al computador que a su colección de especímenes de referencia en el museo.

Una información muy importante que emerge de los estudios secuenciales es

la extensión del tiempo transcurrido desde que un par de especies emparentadas divergen de un ancestro común. Esto se basa en la creencia que hay una acumulación constante de diferencias en partes de la proteína -o en el DNA- que no se relaciona directamente con una expresión de genética. La investigación de la secuencia de ácidos nucleicos ha conducido a un cuadro de organización del DNA en los cromosomas que resultó mucho más complicado de lo que se pensaba.

En particular, tenemos que en todas las células hay sustancialmente más DNA del que pareciera esencial para el proceso reproductivo. Sabemos cuántos genes funcionales hay en cada célula, pero en realidad resulta que el núcleo contiene mucho más DNA que el indispensable para elaborar aquellos genes decisivos. En la mayoría de los casos el DNA adicional puede llegar al 50 % y hay casos extraordinarios donde quizás es mayor. Esto podría ser considerado simplemente como copias de repuesto, pero en muchos casos se trata de secuencias muy simples que, aparentemente, no tienen significado genético. Este exceso de material no hace una contribución específica a los fenotipos, siendo descrito como DNA "egoísta" porque se puede autoreproducir y continuar haciéndolo, sin imponer ninguna carga -o quizás energéticamente muy pequeña- sobre el organismo. La idea que tan grande fracción de DNA debiera descartarse no ha sido aceptada universalmente.

Como fisiólogo, me parece que hay bastante evidencia de órganos cuyas funciones eran desconocidas durante largo tiempo y que resultaron ser extremadamente importantes. No debiera olvidarse que el aspecto de la maquinaria genética completa, sobre la cual aún sabemos muy poco, es la forma en la que la expresión de los genes individuales es controlada durante su desarrollo. Y podría ser que al menos una parte del DNA -a la que ahora no podemos asignarle una función específica- sea realmente más importante de lo que pensamos.

Sin conocer los trabajos de Weismann y Mendel, el mismo Darwin era en cierto modo un Lamarckista en tanto pensaba que los efectos del uso de los órganos durante la vida de un animal podrían tener influencia en la naturaleza de su descendencia. Sin embargo, rechazaba la idea de Lamarck que la evolución podría explicarse como un impulso interior altamente complejo. Hoy en día somos más bien adeptos de Weismann, puesto que aceptamos que la mayoría de las diferencias internas entre los organismos son causadas por diferencias entre los ácidos nucleicos. Asimismo, aceptamos el dogma central de la biología molecular de que la información genética solamente pasa de los ácidos nucleicos a las proteínas y no en la dirección contraria. Si llegara a demostrarse que la marca de la herencia se efectúa realmente de esta manera, esto constituiría un serio rompimiento del darwinismo, o por lo menos una contradicción a lo expresado en 1859.

Ultimamente se ha discutido mucho en torno a la pregunta de cómo podrían haber surgido moléculas autoreproductivas en la superficie de la tierra. Es aceptable suponer que existían las estructuras básicas para determinar los hidratos de carbono, los aminoácidos y otros elementos que son esenciales para la construcción de una molécula viviente. Se argumenta que el primer carácter prebiótico de información era una RNA primitivo y se ha demostrado experimentalmente cómo tal RNA pudo haber evolucionado a un sistema capaz de auto-reproducción, indicando que el paso básico -que actualmente es funcional en el código genético- podría haber sido favorecido por un proceso de selección adaptativa. El hecho que el código genético sea casi el mismo, desde una bacteria hasta el hombre, es un argumento fuerte en la explicación que todos nosotros automáticamente descendemos de organismos primitivos.

El paso siguiente en la evolución de la vida, presumiblemente, fue el hecho que un sistema primitivo de autoreproducción quedó envuelto en una membrana de manera que logró desarrollarse en un ambiente más favorable, siendo luego necesario que la célula pudiera extraer energía de sus alrededores para construir así moléculas orgánicas más complejas.

A veces tengo la impresión que esta etapa del conocimiento biológico ha resultado demasiado fácil en las especulaciones. Por esta razón, tuve mucho interés en conocer, por intermedio de los microbiólogos en un encuentro efectuado en Cambridge, la existencia de la bacteria circular "arque" -que es la forma más primitiva de bacteria, incluyendo la Heyla capaz de vivir en ambientes muy salinos y que posee membranas capaces de efectuar fotosíntesis. Si no me equivoco, pareciera ser que uno de los argumentos claves es que esta bacterias presentan ciertos rasgos en sus cambios de carbón orgánico que estas sugieren una relación estrecha con depósitos fósiles de hidrocarburos.

Al final de su obra sobre las especies, Darwin escribió:

"Hay una grandiosidad en esta visión de la vida, con todas sus partes creadas originalmente por Dios en varias formas o en una sola. Y este planeta ha seguido rotando de acuerdo a la cláusula de la gravitación. Habiendo tenido un principio tan simple, estas formas vitales que ha evolucionado y continúan en evolución, finalizan siendo tan bellas y maravillosas".

Estas palabras sólo pueden ser interpretadas como un pensamiento público ante la ortodoxia que reinaba en la época en que él vivía.

En su tiempo, el hecho de plantear el origen de la vida significó un avance del pensamiento científico, de manera que Darwin no perdía nada en atribuirlo a una deidad en la que realmente no creía. De acuerdo a sus anotaciones, en su autobiografía y en su correspondencia privada, se puede decir que Darwin manifestó ser un agnóstico, por lo menos en la última parte de su vida.

En todo caso, el origen de la vida es más bien materia de especulación que un experimento.

Dr. Héctor Croxatto

LA UNIVERSIDAD Y EL DESARROLLO CIENTIFICO EN LOS PAISES DEL TERCER MUNDO



*El Dr. Croxatto
se tituló como médico cirujano
en la Universidad de Chile en 1930
dedicándose desde entonces a la docencia
e investigación en bioquímica y fisiología.
Su actividad académica
se ha desarrollado principalmente
en la Pontificia Universidad Católica de Chile;
también ha trabajado en laboratorios de
Suiza, Alemania, Italia y Estados Unidos.
En 1979 recibió el Premio Nacional de Ciencia
y en 1981 el Premio "Bernardo Houssay"
el Premio "Bernardo Houssay"
de la organización de Estados Americanos.
El Dr. Croxatto
también es miembro de la
Academia Pontificia de Ciencias del Vaticano*

Muy pocos dejarían de aceptar que las Universidades de los países en desarrollo, como cunas del saber, han cumplido una misión histórica y satisfecho más o menos cabalmente los requerimientos que les impuso la sociedad cuando fueron creadas, y que fueron esencialmente los de entregar profesionales calificados en las áreas tradicionales. Con ello contribuyeron de una manera eficiente al desarrollo nacional. Pero se piensa, desde hace tiempo, que las Universidades del Tercer Mundo deben abrir nuevas ventanas para otear el entorno social y natural y participar más directamente en el proceso complejo de promover y diversificar el desarrollo en toda su dimensión cultural y socio económica. Si bien Ciencia y Tecnología no constituyen todo lo que está implicado en el desarrollo, aparece muy evidente que si éstas no alcanzan en el país el nivel necesario nuestra sociedad se verá postergada, sin acceso a los múltiples bienes, recursos y motivaciones que promueve la aplicación del conocimiento.

No puede la creatividad científica-tecnológica, para investigar en las potencialidades de la Naturaleza, quedar emarcada en la parcela exclusiva de los

laboratorios de las Universidades. El país necesita una área fuera de los muros de las Universidades donde encontrar un campo propicio de aplicación de la creatividad de los científicos que forma. Pero antes de analizar de qué modo la Universidad aparece involucrada y cuál es su papel esencial para servir este proceso, deberé hacer algunas disgresiones.

Frente a la opinión de que es indispensable un mayor progreso científico-tecnológico como etapa escencia para el desarrollo, cada vez con más frecuencia se escuchan voces discordantes sobre los peligros y desventajas que implica el manejo muchas veces inadecuado de Ciencia y Tecnología. La Ciencia no goza, en el presente, de la incondicional veneración que la humanidad le rindió en el pasado. A título de ejemplo citaré el pasaje de un artículo que leí recientemente. Decía: "Es hoy más urgente que nunca el cultivo de las humanidades, esas disciplinas que miran a formar el hombre como hombre". Citando a Alvaro D'Ors, agregaba: "Sólo las humanidades centradas precisamente en el estudio del hombre y de las experiencias libres de su conciencia, que contemplan sin modificaciones en nada, constituyen la verdadera reserva científica, contra el dominio de la tecnología" . . . Lo que hoy más que nunca necesita el hombre no es tanto medios de vida, sino razones para vivir. Esto mismo hace que las humanidades permanezcan con más urgencia que en ninguna otra época como la clave de toda verdadera educación". (B. Bravo L. "Las Humanidades en la Educación").

ENJUICIAMIENTO A LA CIENCIA

La ciencia, que una vez fue glorificada y erigida como la panacea de todos los males y que podría aportar la felicidad al hombre, está siendo enjuiciada desde muchos sectores, porque se dice que el mundo creado por la Ciencia, impulsando el "hacer" y el "tener", ha deteriorado el "ser". Se afirma así que la tecnología ha deshumanizado al hombre. Se culpa a la Ciencia y a la Tecnología de los males que plagan el ambiente, cada vez más contaminando, perturbando el equilibrio ecológico y contribuyendo a agotar las reservas no renovables de energías naturales a límites que harán precaria la vida. Lo que es peor, ha promovido la amenaza apocalíptica de la destrucción total. En ninguna época el hombre organizó y dispuso del equipo necesario, no sólo para aniquilarlo como individuo sino como especie, y para hacer desaparecer toda forma de vida en el planeta. Aparte de esta dramática ansiedad, se le ha hecho responsable de trastocar valores éticos, fomentando el afán de "consumismo". Pero lo que resulta particularmente delicado es que, siguiendo a lo que el ensayista C.P. Snow expresó una vez, tiende a crecer la apreciación muy difundida de que la Ciencia es algo separable de la Cultura; más que ajena a ella, es algo que pone en trance peligroso a esa Cultura, entendida como fuerza que tiende a preservar los valores humanistas.

Aunque aceptemos que la Ciencia y Cultura son vertientes separadas de la creatividad humana, cualquiera fuera la definición que hagamos de ellas, tal dicotomía que tiende a presentarlas como divergentes, distorsiona el más genuino carácter de la Ciencia. Esta última es consecuencia de la Cultura y generada por sus propias inquietudes. La Ciencia es un producto típicamente humano que surge de la actividad creativa, la misma que mueve al artista para realizar su obra.

La separación que con tanta insistencia se hace presente entre la Cultura y la Ciencia tiene, aparte de otras razones, el que esta última en sus teorías y conclusiones aparezca muy remota para la corriente intelectual de la mayoría del público. El conocimiento científico avanzado sigue siendo del dominio exclusivo de un número reducido de iniciados. A diferencia de la religión y del arte,

que han sido siempre un recurso al alcance de la masa, los mensajes que elaboran los científicos resultan, en general, muy esotéricos. No aparecen tan claros los bienes de la Ciencia pura como en los otros frutos de la creación humana. Poco se aprecia que la tecnología es sobre todo aplicación de la ciencia, lo que la hace diversa de otras actividades intelectuales puesto que puede ser usada y por lo tanto mal usada.

La Ciencia que busca un conocimiento y trata de distinguir el error de la verdad, no es en si misma un árbitro moral que decide sobre el bien o el mal. Todo conocimiento conduce a muchos otros y no es imposible que alguno de ellos, sin intencionalidad de propósitos, pueda en la aplicación tecnológica ir en detrimento de valores individuales o sociales. El propósito primario de la Ciencia no es la aplicación, sino conceder al espíritu la profunda gratificación de llegar al conocimiento, a descubrir causas y leyes que gobiernan los fenómenos de la Naturaleza. La decisión de actuar o no actuar está fuera del dominio específico de la Ciencia, pero todo hombre, científico o no, en el acto de decidir la aplicación de un conocimiento adquirido, inevitablemente asume una inapelable responsabilidad moral. Es este el instante crítico y crucial que en nada debilita el compromiso de la ciencia con la verdad, pero que por su gravedad debiera ser un acto realizable en pleno consenso con el bien común.

La pretendida posición antitética de la Ciencia y la Cultura está en parte influida por el carácter revolucionario de muchos pasos de la Ciencia y Tecnología. Aún cuando la Cultura en sus más variadas manifestaciones inevitablemente evoluciona en todas las comunidades, lo hace de un modo acompasado y asimilando nuevos valores. En su connotación habitual, la cultura es una fuerza conservadora de costumbres y tradición en los pueblos, en tanto que la Ciencia y la Tecnología suelen promover cambios vertiginosos cuando no inesperados. Sin duda, que en la circunstancias históricas de la hora presente, y por imperativos éticos y bienestar del mundo, se hace necesario encontrar nuevos caminos para que en forma más fiel se refleje en la sociedad la real naturaleza de la Ciencia y que su sentido humanista se incorpore en nuestra cultura.

Como contrapartida, ha dicho June Godfield: "El poder redentor de las humanidades para producir una conciencia más exquisita, para advertir mejor nuestra condición humana y enriquecer nuestra simpatía no siempre resulta en un acceso inmediato a las virtudes morales . . . la gente puede ser extraordinariamente sensible a la poesía o a la música, pero indiferente para aplicar esta sensibilidad a la vida práctica". Tanto las humanidades como la Ciencia tienen una misma responsabilidad: dignificar al hombre. Esto último no se le habría ocurrido a Galileo o a Newton. Ellos concebían la Ciencia como una explicación del mundo tal como y la única responsabilidad que reconocían era la de decir la verdad. La idea de que la Ciencia constituye una empresa social es moderna y se inicia con la primera revolución industrial en la segunda mitad del siglo XVIII. Como lo expresara elegantemente Bronowsky: "esa revolución resultó descubridora del poder, porque con la máquina a vapor la energía se convirtió en un elemento central de la Ciencia; y la preocupación fundamental de ésta era la unidad de la naturaleza, de la cual la energía constituye el alma".

Para todo hombre la inteligibilidad del mundo es inseparable de la responsabilidad moral. No puede continuar siendo inteligible si se separan los dominios del ser y del hacer y de los valores, de materia y de espíritu. Hay una cualidad, dice Norbert Wiener, que es más importante que el "know-how"; es el "know-what". Es decir, debemos avanzar no sólo para cumplir nuestro propósito cognoscitivo sino para seguir el curso e implicación ulterior del conocimiento.

¿POR QUE HACEMOS INVESTIGACION CIENTIFICA?

Muchas veces ha surgido la pregunta ¿no habría la humanidad alcanzado ya suficiente desarrollo científico y tecnológico para enfrentar la problemática de la hora presente y del futuro y detener su proceso creativo? Esta cuestión ha sido muchas veces respondida y la respuesta es clara y tajante: la humanidad necesita como nunca del avance de la Ciencia y de la Tecnología para su propia sobrevivencia. Es decir la investigación científica no es sólo un valor cultural insustituible sino que ha llegado a ser un elemento esencial de la estructura de los pueblos para resolver los problemas más urgentes, garantizar su sobrevida y sostener su aspiración a un ascenso cultural.

Pasan inadvertidos para el gran público aportes fundamentales de la Ciencia y la Tecnología modernas en la resolución de problemas cruciales para la sobrevida de la humanidad. Poco ha trascendido, por ejemplo, el enorme efecto que ejerció la llamada “revolución verde”, incrementando considerablemente la productividad de la tierra cultivable, ganando áreas desérticas para alimentar a la humanidad y creando nuevos híbridos de plantas de rápido desarrollo y de más eficiente asimilación que las convierten en fuentes más ricas de proteínas. Se habla de una “cultura de sobrevida”, basada en el despliegue de tecnologías que a más bajo costo proveen las necesidades básicas de alimentos, abrigo, techo y salud. Se puede citar el descenso de los índices de mortalidad que ha sido en los años recientes más rapido en los países en desarrollo, que lo que fué en años pasados en Europa. Por ejemplo, la expectativa de vida en la isla Mauricio creció de 31 a 51 años en un período inferior a una década, y en Taiwan, subió de 43 a 63 años en 20 años, en tanto que en Suecia y Estados Unidos en el pasado más lejano tomó 130 a 80 años, respectivamente, conseguir el mismo resultado.

La Ciencia y la Tecnología tendrán necesariamente que resolver los problemas del crecimiento exponencial de la población, el agotamiento de la energía fósil y de materias primas, los derivados de la contaminación del agua y el aire, el problema gravísimo de las “lluvias ácidas” y neutralización de los residuos radiactivos de las plantas de energía nuclear. Particularmente serio es el problema de la población mundial que se duplica cada 30 años, en relación con el crecimiento de los recursos alimenticios. Todavía la mal nutrición es la causa más importante de mortalidad. Se estima que hay 108 millones de niños en el mundo con insuficiencia proteica, con daños irreparables en su desarrollo físico y mental. Frente al crecimiento de la población se ha creado uno de los retos más graves para la Ciencia. Su complejidad es enorme, pero es evidente que desde numerosísimos ángulos el problema está siendo estudiado. Cito, por su trascendencia, la posibilidad de crear sistemas artificiales imitativos de lo que la clorofila de las hojas verdes hace tan silenciosamente en la Naturaleza. Como sabemos, esta portentosa máquina biológica transforma la energía solar en alimento, pero su rendimiento es sólo de 2%. Existe un margen notable para elevarla.

La búsqueda científica satisface una ansia profunda de conocer, inherente al hombre por su innata curiosidad y capacidad de asombro, y es tan válida como la aspiración de expresarse que tiene el artista. En nuestros países en desarrollo, esta búsqueda científica en su más pura acepción prácticamente se realiza sólo en las Universidades. Allí está casi toda la comunidad científica, creadora de nuevos conocimientos. Pero la Universidad mantiene estos científicos en sus “torres de marfil” porque ha estado convencida que para impartir el conocimiento a las nuevas generaciones en toda su cabalidad, se requiere que los maestros hayan logrado la experiencia del quehacer creativo que sólo se alcanza investigando. En forma enfática, podemos decir la Ciencia sólo existe

allí donde se la investiga. No se puede enseñar a transmitir lo esencial de la Ciencia por mera entrega de datos y resultados, sino por transferencia al joven alumno de los valores formativos de ella, que inciden en su espíritu de iniciativa, en su curiosidad e imaginación, facultad de raciocinio y sentido de evaluar el grado de validez, de incertidumbre, y en su capacidad crítica para salvar dificultades. Estas cualidades que existen en potencia en la mente de cada niño, están para ser desarrolladas por la educación científica entendida como un quehacer, cualidades que si son insustituibles en alto grado en un futuro científico lo son valiosísimas para todo ciudadano. En su conjunto, imprimen una idiosincracia a un pueblo para afrontar con mayor o menor éxito el desafío de ascender como individuos y como nación.

UNIVERSIDAD, CIENCIA Y TECNOLOGIA EN EL DESARROLLO

La Ciencia y la Tecnología ya son un campo que rebasa los intereses académico. La última se infiltra e influye en la existencia del hombre desde el momento que nace y es parte esencial de su supervivencia y bienestar. El conocimiento científico ha pasado a ser no sólo un valor utilizable en el ambiente académico, sino también el factor más fundamental en el desarrollo de una comunidad. Es el que provee las capacidades para identificar los requerimientos tecnológicos más variados; el que puede absorber, originar, adaptar tecnologías locales, utilizando recursos propios; el que identifica en su área de acción las fuentes potenciales de alimentos, de energía, de bienes y servicios, etc. Es en virtud del conocimiento que provee la investigación como puede el experto proponer el uso adecuado de los recursos disponibles en favor del desarrollo nacional; es también el conocimiento el que puede poner en juego la versatilidad para usar las alternativas en la ejecución de la infinidad de iniciativas que contribuyen a elevar la calidad de vida. Será siempre el nuevo conocimiento el gran motor que, a veces de un modo imprevisible, genera la innovación y el cambio.

Cada sociedad necesita disciplinas científicas para poner en ejecución, una vez suficientemente evaluados, planes que incrementan la potencialidad productiva y la riqueza. Ha dicho Raúl Sáez: "El desarrollo de cada nación necesariamente tendrá elementos singulares que responderán a sus particulares condiciones y que exigen la responsabilidad de encontrar soluciones nuevas no imitativas. La creación necesita del uso del saber científico y de la investigación, de la búsqueda de tecnologías originales adecuadas a esas condiciones particulares sean esta técnicas, económicas o sociales". La complejidad y acelerado proceso de renovación de la tecnología obliga a que muchos de los que trabajan en éstas obtengan previamente una compleja formación, que hoy sólo se adquiere en escuela de graduados. La actividad científica es la fuente primaria del conocimiento físico y natural del mundo en que vivimos y nadie puede enfrentar un desafío tecnológico si antes no ha tenido una sólida formación científica.

Una meta que se debiera alcanzar cuanto antes en Chile, es la elevación de nuestro potencial en áreas cruciales de la ciencia-tecnología de acuerdo con ciertas prioridades nacionales, de modo de formar cuadros de expertos en finalidades productivas. No dudo que las Universidades, sin alterar mayormente sus planes podrían contribuir más directamente por medio de los cursos de post-grado en el desarrollo nacional. Tampoco se puede dudar que la cooperación de los países desarrollados en el campo del saber y sus aplicaciones sean de inmenso valor, pero ésta por si sola no basta y podría ser de muy dudosa utilidad si el país recipiente no cuenta con individuos con experiencia científica que puedan evaluar y optimizar las técnicas que se pretende introducir.

Si bien los aspectos científicos básicos son universalmente transferibles, muchas tecnologías no lo son. Sólo los países con gran creatividad en Ciencia y Tecnología que disponen de expertos avezados y experiencia científica pueden apreciar a fondo tanto los avances que se hacen afuera como decidir sobre las posibilidades reales de aplicación de los mismos. En una era muy competitiva, de acelerados cambios, cada país necesita constantemente apelar a una "reserva de teoría" que son las mentes con el "know-how" que están inmersas en la Ciencia y en los progresos tecnológicos.

Pero el problema del desarrollo, que es de suyo complejísimo si bien involucra profundamente a la variables Ciencia y Tecnología, plantea graves interrogantes que no son del dominio de estas últimas. Bastaría detenerse en lo que podríamos entender por desarrollo de un país, que en el fondo implicaría responder a la crítica cuestión: ¿A qué tipo de país aspiramos llegar? ¿Existe tal vez entre los países desarrollados uno que quisiéramos imitar o emular?

La dificultad para responder está en que el desarrollo se mueve en un ámbito que compromete a todos los valores culturales más preciados de un pueblo que desde el pasado remoto ha elaborado sus propios símbolos, ha ganado una identidad cultivando aspiraciones que le imprimen su fisonomía propia, su modo de ser y de hacer. Se ha dicho que el desarrollo aspira a mejorar la "calidad de vida"; o sea satisfacer necesidades materiales, como viviendas, alimentación, salud, transporte, comunicaciones, y también las necesidades espirituales, tales como educación, el disfrute de la naturaleza y la creación intelectual y artística. En otros términos estamos hablando en un sentido integral humano, y no en sentido "economicista". Nadie sabe quien inventó el concepto "calidad de vida", el que emergió hace 50 años en alguna parte con las discusiones socio-culturales y no propiamente tecnológicas.

Pero es el caso que el desarrollo en un sentido integral impone métodos y estrategias integrales donde tienen un lugar prevalente la educación, el complejo científico-tecnológico y varios aspectos de la cultura.

Por eso, cuando nos referimos al conocimiento como impulsor del desarrollo hacemos alusión no sólo a aquellos que se pueden incorporar o servir al proceso productivo, es decir a la praxis, sino también a todos aquellos que contribuyen a modelar o mejorar la condición social y exaltar los valores espirituales, es decir a la "teoría" que en su dialogar permite el ascenso humano hacia la verdad y que rehusa inmiscuirse con las urgencias y solicitudes concretas o materiales de la existencia. "La praxis no puede prescindir de esta iluminación, porque ella corre permanentemente el riesgo de convertirse en mera tecnología y capacidad de hacer y transformar la realidad sin que se pregunte el porqué de sus acciones modificadoras" (Barceló, 1980).

El desarrollo de una nación no consiste única ni primariamente en el crecimiento de sus mercados de capitales y de productos, sino ante todo en el permanente despegue de su pensamiento y de su creatividad en torno a sus valores fundamentales. Estamos muy ciertos que el desarrollo es imposible en un caos o desorden de la economía y que un plan económico es primordial para todo objetivo de desarrollo, pero aparece probable que no haya un modelo económico universal, y en todo caso éste ha de surgir del examen multidisciplinario de la propia realidad. En ésta no está incluido sólo nuestro ambiente natural, sino también la cultura, donde el conocimiento de las ciencias sociales, de las humanidades, de las ciencias naturales y tecnologías son fundamentales. Los hombres de Ciencia no son los únicos que pueden responder a las preguntas que se plantean en el desarrollo; pero son los científicos, muchas veces, los únicos competentes para hacer las preguntas cruciales.

La Ciencia ha llegado a ser así parte cada vez más importante del proceso político-social implicado en el desarrollo, pero es evidente que la formulación de una política para el desarrollo necesita de un esfuerzo interdisciplinario, con concurrencia de planificadores, economistas, sociólogos, representantes de áreas productivas, además de los científicos. En todo caso no podría alcanzarse un desarrollo económico-social con crecimiento constante ni siquiera estable, sin construir un cuerpo científico-tecnológico suficientemente evolucionado y eficiente, y sin un organizado sistema de transferencia y aplicación del conocimiento ganado en los centros de investigación hacia las áreas productivas y los respectivos usuarios.

Como hemos dicho, descontadas algunas excepciones, en nuestras instituciones académicas se realizan investigaciones sin ninguna conexión con necesidades que pueden ser apremiantes en la solución de algunos problemas vinculados al desarrollo. En otras palabras las naciones subdesarrolladas que poseen 2/3 de la población del mundo, apenas realizan 2-3 % de las investigaciones que influyen en el desarrollo de todos los países del orbe. Las Universidades de países del sector subdesarrollado no han contribuido mucho para construir tecnologías indígenas; la investigación básica dividida en pequeños departamentos, muchas veces con una masa humana subcrítica, ha tenido su mirada puesta hacia afuera, en los problemas básicos muy atractivos que eran de primario interés en los centros extranjeros donde el investigador se capacitó o se formó. No mira hacia adentro, es decir hacia las necesidades de su propio país. Esto no resulta fácil, porque si tomara la iniciativa de investigarlas, no encontraría la infraestructura mínima ni su esfuerzo estaría inserto en un plan que ofreciera apoyo.

No obstante esta realidad, sería un trágico error que disvirtuaría el propósito esencial de la Universidad si por atender las demandas que están fuera de sus muros se impusiera al académico una "investigación dirigida" a expensas de la investigación básica libre. Pero aún así, como dice Saavedra: "Aunque la Ciencia es igual en todas partes, ser un científico en países subdesarrollados implica responsabilidades o impone obligaciones que no se presentan en los países desarrollados". Sin embargo, nuestras Universidades apenas disponen de los cuadros mínimos para su tarea específica interna. No habría otra salida que decidir un plan que, aparte de formar sus científicos para sus propias tareas, asumiera además la responsabilidad de formar aquellos expertos capaces de cooperar directamente en un plan de desarrollo nacional. Esto implica decidir previamente acerca de prioridades nacionales, es decir definir una amplia política de desarrollo.

En cierto modo, en el Tercer Mundo se ha caído en un círculo vicioso: el subdesarrollo es un freno para el amplio crecimiento científico en las Universidades, y por otro lado la imposibilidad de crear un potencialidad científico-técnica nacional resulta negativa para el desarrollo de la nación. Pese a las limitaciones, la investigación chilena ha contribuido en forma no despreciable a incrementar la riqueza. Cito como ejemplo, las investigaciones agrícolas sobre nuevas variedades de trigo y maíz, que han dado tasa interna de retorno de 20 % y 30 %. Las ciencias agrarias y forestales, constituyen un área donde aparece la necesidad de un inmediato esfuerzo científico y tecnológico. Habría mucho que decir en estos aspectos de refuerzo que debieran ser debatidos a nivel nacional con el concurso de todas las capacidades. Algunos debates y análisis recientes en torno a la Ciencia en Chile han dejado en claro que el desarrollo de las Ciencias Biológicas está estancado. Los niveles de productividad en la más desarrollada de las ciencias chilenas, la Biología, en el decenio de 1967 al 1976 han permanecido estacionarios, lo que equivale a un retroceso si se toma en consideración que inmediatamente antes de ese lapso se

registró un incremento sostenido. El considerable éxodo de científicos, la inestabilidad e inseguridad de los cargos en algunos centros académicos, la imposibilidad de renovar equipos costosos oportunamente, la ausencia de estímulos para jóvenes que poseen el talento pero que enfrentan un futuro ocupacional incierto, la ausencia de plazas disponibles, la carencia de apoyo económico para sus estudios de post-grado, han constituido factores negativos para el crecimiento científico.

Se advierte todavía el impacto que dejó el éxodo de una generación que abandonó el país en plena capacidad productiva. Existe, por otra parte, un notorio debilitamiento de los cuadros científicos en algunas especialidades como microbiología, fisiología, farmacología, biofísica, geología, ecología y otras, ya insuficientes para satisfacer los requerimientos de docencia e investigación, lo que se hace aún más dramático cuando se analiza el déficit desde el plano nacional y necesidades del desarrollo.

Resulta así que entre otras medidas que se impone aplicar urgentemente para vigorizar nuestro crecimiento científico-tecnológico, está el incremento de la formación de científicos, fortificando los cursos de post-grado, incentivando el otorgamiento de becas de pre y post-grado. El país ha visto con suma complacencia la creación de un Fondo Nacional que permite subvenir a los requerimientos financieros para el apoyo de proyectos de investigación, muchos de los cuales han estado detenidos por falta de recursos.

LOS CIENTIFICOS Y EL GOBIERNO

Se advierte en relación con la comunidad científica dos hechos muy generalizados en los países del hemisferio Sur, que explican la poca incidencia del potencial científico local sobre políticas de desarrollo nacional. El primero se relaciona con el criterio para dimensionar la necesidad de recursos humanos calificados que se hace exclusivamente en función de los requerimientos que tienen las Universidades para la formación de las profesiones tradicionales. No hay sino una ínfima cabida para científicos que, como expertos especializados en ciencias naturales y matemática, pudieran desempeñarse en puestos claves en el área de la aplicación fuera de las Universidades en la búsqueda de nuevos recursos o de mejorar los existentes. Salvo notorias excepciones si existen, o tienen en general carácter burocrático o en ellos su función no está suficientemente instrumentada ni financieramente apoyada para investigar en profundidad las posibilidades que ofrece el país en su territorio, su océano, sus desiertos, en su subsuelo, en sus bosques, en sus costas, etc. Para eso se requeriría poner en marcha el Programa Nacional de Desarrollo aprobado hace pocos años. Su puesta en marcha no es sólo tarea de planificadores y economistas. Estos son necesarios, por cierto, pero se necesitan también los expertos científicos para resolver sobre ciertas materias que son de su exclusiva competencia. El segundo hecho, debido tal vez a la corta tradición que tiene la Ciencia en nuestros países, es que la intervención de la comunidad científica en las esferas de decisiones políticas es muy escasa; de hecho, su opinión es raramente consultada. En cambio, en los países de gran desarrollo cuerpos especializados permanentes de muy reconocido prestigio y experiencia en diversas disciplinas del saber actúan con gran gravitación en las altas esferas de gobierno. Si bien el nivel científico no es lo único en la escala de valores para juzgar a una nación, podemos repetir: sin cultura científica no hay progreso tecnológico y sin tecnología avanzada no hay desarrollo posible. Ha llegado a ser así la planificación científica un factor substancial para un despegue que eleve la condición social y que es parte integrante de un conjunto de sistemas, cuya coherencia está destinada a equilibrar las necesidades de la nación en diversos dominios dependientes, desde el mercado del trabajo hasta la satisfacción de las

más altas aspiraciones intelectuales.

Fijados los objetivos de un desarrollo tecnológico y puesto a su servicio los medios necesarios, habría que formar y elegir el personal científico, lo que comporta la definición de una masa crítica. Aparece como de extrema urgencia la constitución de cuadros especializados, cuya formación en las Universidades exige un plazo no inferior a 8 años. La falta de tecnología suficientemente evolucionada compromete la estabilidad de un país y lo coloca en situación peligrosa si antes de adoptar una economía abierta, no logra alcanzar un grado de perfeccionamiento técnico en el área productiva que lo coloque en un nivel menos vulnerable.

MIRADA HACIA EL FUTURO INMEDIATO

No se necesita ser futurólogo para asignar a algunos progresos científicos recientes, efectos de gran repercusión en la esfera humana. Hace algunos años se dijo que el descubrimiento y la utilización de la energía del átomo iba a dar el sello distintivo a nuestro siglo XX. Sin embargo, el descubrimiento del código genético en el núcleo de las células, por Watson y Crick en 1953, ha cobrado tal trascendencia para explicar procesos fundamentales de la vida y para aclarar el delicado proceso cibernético implicado en la transmisión de los caracteres hereditarios y programación total del desarrollo de un organismo, que con justificada razón se habla del siglo del código genético.

Como todo gran descubrimiento, nuevos horizontes se han abierto con inesperadas y casi inextinguibles posibilidades de desarrollar fuentes productivas en el nuevo campo de la ingeniería genética. Utilizando partes de microbios, levaduras, células animales, en los cuales podemos insertar parte del genoma de una célula a otra, precisamente el gen que interviene en la síntesis de una sustancia de particular interés biológico, se puede lograr que el germen injertado con este gen intruso se convierta en una máquina productora de esa sustancia que resulta de bajo costo por su poder de multiplicación. Por ejemplo, la hormona del crecimiento usada en clínica y fabricada en la naturaleza exclusivamente por la hipófisis humana, puede también llegar a ser fabricada por el bacilo *Scherichia coli*, si en ésta se inserta el gen respectivo, lo que se ha logrado con éxito. Esta hazaña tecnológica está siendo aplicada en una variedad de campos, utilizando nuevos organismos para fabricar diversos productos como proteínas, y para mejorar el rendimiento de muchos procesos de fermentación de interés industrial.

No obstante este gran acontecimiento científico, suficiente para llenar la historia de un siglo, la humanidad es testigo de otro proceso científico-tecnológico que ha merecido el hombre de segunda revolución industrial.

Es la revolución del computador y de la electrónica, con efectos que se manifiestan en todas las áreas del saber; no sólo como instrumento tremendamente eficaz para elevar la capacidad y rapidez de abordar todo tipo de problemas, sino porque está rápidamente conmoviendo el manejo de los datos científicos, el quehacer de la industria, de las finanzas, de la administración de empresas, de oficinas gubernamentales, de la educación a todos los niveles, del diagnóstico médico, etc. Los computadores no sólo colectan, analizan y procesan datos, sino que realizan medidas de fenómenos de cortísima duración, como de 10^{-12} segundos o menos. Han contribuido a aumentar considerablemente la sensibilidad de un instrumento como es el caso de espectrógrafo de masa, que se ha incrementado en un factor de 100 y 1000. Además con gran rapidez se ha ido aumentando la capacidad de almacenamiento, al punto que pequeños computadores con "discos ópticos" pueden contener la información de 500.000 páginas de libros. Toda la información, mediante sistema de redes de

intercomunicación, puede ser utilizada en forma instantánea a grandes distancias. Hay una infinidad de posibilidades en potencia en esta revolución que apenas está empezando y que tiene a su favor una notable declinación de los costos. Los modelos (hardware) cada vez más compactos han reducido el tamaño de un modo notable. Un "chip" de memoria de la dimensión de un sello de correos puede almacenar 288.000 trozos de información. ¿Qué decir de la conmoción industrial que se inició con la introducción de los microprocesadores insertados en "robots" en los más importantes complejos industriales, con grandes ventajas del costo de manufactura? El estudio de las consecuencias sociales, la readaptación y entrenamiento de la masa laboral y muchos aspectos fundamentales merecerían un análisis de fondo en un simposio multidisciplinario con muchos especialistas.

Debemos reflexionar si esta significativa revolución nos encuentra preparados para aprovechar sus enormes potencialidades.

La introducción de un número cada vez mayor de computadores en el mundo ha provocado una demanda de recursos humanos que ha sido sólo parcialmente satisfecha con personal de variado nivel de preparación, pero que resultará cada vez más insuficiente. Parece imprescindible en el nivel superior formar especialistas en "soft-ware", vale decir en la actividad relacionada con el diseño e implementación de programas, invención de algoritmos, etc. La carencia de especialistas de alto nivel conlleva a la subutilización de los recursos existentes. Nuestro retardo en este terreno se dimensiona en el número reducido de especialistas que hoy, en nuestro país, están en posesión de grados académicos. Incluyendo todas nuestras universidades, por el momento, hay cuatro doctores en ejercicio, dos en curso de obtener el grado (PhD) y 35 magisters en computación e informática.

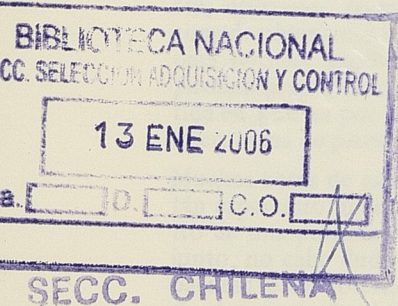
Nuestra tardía reacción también se ha hecho patente cuando, frente las promisorias posibilidades que se abren con la aplicación de la ingeniería genética, en vez de aumentar el número de biólogos moleculares, éste ha disminuído. Se dice que esta disciplina puede ser la base de una gran industria para los países de pocos recursos, porque la material prima esencial es fundamentalmente la imaginación y creatividad del hombre. Por otra parte, hace poco tiempo se elevó la voz de las Naciones Unidas señalando que la computación es el recurso más prometedor para mejorar el nivel de los países del Tercer Mundo.

Hay otros campos del área productiva, como el de las industrias forestales, donde las nuevas tecnologías no sólo han mejorado el rendimiento de la biomasa. De 11 toneladas por hectárea se espera llegar a 30 toneladas por hectárea, utilizando técnica de cultivo de clones de árboles. La madera aumenta considerablemente de valor cuando se la procesa química o enzimáticamente para obtener productos de gran demanda, como la lignina para adhesivo y pirolizada para servir de coque metalúrgico, la celulosa como forraje o convertida en glucosa por hidrólisis enzimática para ser utilizada, a su vez, en síntesis microbiana de proteínas.

Muchas cosas de este tenor muestran las potencialidades de desarrollo que están esperando iniciativas tecnológicas; pero exigen substanciales apoyos dentro de una política que centralice y oriente los esfuerzos. Mirando en su conjunto, no cabe duda que el potencial intelectual, el de la industriosidad, la capacidad para obtener nuevos recursos que ofrece el territorio, la posibilidad de elevar nuestra defensa frente a todo tipo de agresión, están en directa dependencia con el nivel científico-tecnológico que un pueblo ha logrado alcanzar.

Estuvo en la mente de su ilustre fundador, el señor Federico Santa María,

hacer de esta Universidad el centro de irradiación más esencial, eficiente y vigilante para servir al país. Por su acendrado amor a Chile no habría podido escapar a su iluminado criterio que la Universidad no sólo es parte sustantiva para hacer ascender al hombre en sabiduría y construir más dignamente su vida, sino sobre todo un camino para engrandecer y honrar más dignamente su vida, sino sobre todo un camino para engrandecer y honrar a la nación. Ciencia y Tecnología, deben ser instrumentos de perfección para la conducta del hombre y defensa del bien común. Necesitamos más amor y saber. Con incomparable sabiduría ha dicho Su Santidad Pablo VI: "El hombre es el hecho prístino de la cultura, el hombre constituye el hecho primordial y fundamental de la cultura". No ofrece dudas que lograr esta meta es conciliar dos fuerzas que operan en el hombre: la compasión, fuente de humanidad y la curiosidad, resorte vivo de la Ciencia. Es combinado estas dos fuerzas como la humanidad logrará seguir su camino ascensional, porque siguiendo el pensamiento de Weisskopf, "curiosidad sin compasión es inhumana, compasión sin curiosidad es ineficiente".



Edición especial de la serie "documentos"
Editado por la Facultad de Ciencia,
Comisión Cincuentenario
y Departamento de Relaciones Públicas
de la Universidad Federico Santa María
Diseño y Diagramación: Área de Diseño, Dirección de Comunicaciones USM
Junio 1983-Valparaíso