

Consideraciones acerca de algunas responsabilidades del científico en México *

CARLOS CASAS - CAMPILLO **

Hasta antes de las conmociones de la segunda guerra mundial, los científicos encuadraban su responsabilidad dentro de las normas clásicas de la ciencia, entre las cuales los conceptos de universalidad, comunidad y desinterés ocupaban un lugar prominente (Merton, 1968). Existía una tendencia a adoptar actitudes elusivas ante cualquier preocupación por las cuestiones sociales. Los problemas que surgían de la aplicación del conocimiento científico se consideraban como algo ajeno a ellos, aun en los casos en que había plena conciencia de la utilidad de su labor. El impacto de los nuevos conocimientos científicos surgidos durante las eras atómica y electrónica y más tarde en el curso del desarrollo de las armas nucleares y biológicas, fue lo suficientemente intenso como para que los hombres de ciencia empezaran a revalorar su actitud y ajustar su papel en las sociedades industrializadas modernas. Durante mucho tiempo se sostuvo el punto de vista de que la función central del científico estribaba únicamente en la búsqueda de la verdad. En desentrañar y entender los fenómenos naturales. La objetividad rigurosa de la experimentación, absorbía al científico y su actitud parecía implicar indiferencia hacia las contribuciones de la ciencia, ya sea en el logro del bienestar humano o como fuerza malévola. Esta posición ha sido paulatinamente reemplazada por otro punto de vista en el cual se postula que el hombre de ciencia no debe evadirse de las responsabilidades inherentes a los usos del conocimiento científico por él generado y que debe actuar, antes como ciudadano que como científico para determinar cuándo y en qué dirección deben utilizarse los resultados de sus investigaciones. Concomitante con este nuevo planteamiento y, en base a que los adelantos científicos y tecnológicos han generado fuerzas exógenas que inciden sobre la actividad y los deberes del científico, surgió también la fuerte respon-

* Basado en el Discurso de Recepción en El Colegio Nacional, 23 de Octubre de 1974.

** Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, I. P. N.

sabilidad de los hombres de ciencia para mantener la integridad de su actividad: la ciencia.

En el ámbito nacional, durante los últimos años se ha venido especulando, cada vez con pertinaz insistencia, acerca de cómo el conocimiento científico y los avances tecnológicos pueden influir en el desarrollo social y económico y ser factor para liberar al país de las fuertes dependencias externas. Se han elaborado encuestas, inventarios; se han hecho prospecciones para determinar los requerimientos económicos y humanos que permitan llevar a efecto con mayor extensión y eficacia el quehacer científico en un futuro cercano; se ha hablado también de campos de prioridad y de programas nacionales indicativos, tendientes a estructurar políticas de ciencia y tecnología. Sin embargo, poco o nada se ha mencionado acerca de cuáles deben ser las responsabilidades, los compromisos que el científico mexicano debe encarar, en su calidad de parte esencial del sistema de ciencia y tecnología. En los años presentes, el país vive una época saturada de presiones de toda índole, tanto internas como externas, inherentes a un país que trata de emerger del subdesarrollo social y económico. Un país con definidos requerimientos de cambios estructurales, particularmente en los sectores de la población que han permanecido al margen del progreso y del bienestar. Nación que encara situaciones de incremento demográfico desfavorable; desigual distribución de la riqueza y del ingreso; limitaciones en la productividad agropecuaria y en las oportunidades de vivienda y de trabajo. País que no ha podido obtener el máximo provecho de sus recursos naturales y que se encuentra empeñado en las más variadas reformas. Dentro de este intrincado y complejo contexto social, ¿cuáles deben ser las responsabilidades del hombre de ciencia? No me parece tarea fácil ofrecer una respuesta categórica a esta interrogante. Los científicos mexicanos, en gran medida, han estado conscientes de los valores que deben regir su labor, contribuyendo con sus aptitudes y dentro de las posibilidades existentes, al desarrollo de la cultura y al cumplimiento de actividades de trascendencia social. Aquellos cuyo esfuerzo se orientó hacia los aspectos fundamentales de la ciencia han propugnado por ampliar las fuentes del conocimiento y por mantener niveles académicos adecuados en las instituciones, propiciando con su labor y ejemplo, la formación de nuevos científicos. Aquellos inclinados hacia los asuntos de la ciencia aplicada han volcado su experiencia en los campos de la actividad nacional ligados al desarrollo, tales como salud pública, agricultura, comunicaciones e industrialización. Estimo que el científico mexicano ha tenido la extraordinaria fortuna de aplicar sus conocimientos únicamente al bien común; sin embargo, los esfuerzos, frecuentemente individualizados, se han dispersado, sin llegar a integrarse en planes de acción bien definidos. En el momento actual y dentro de la variada problemática nacional, surgen con fuertes matices algunas actividades con las cuales el científico mexicano debe estar decididamente comprometido. A

guisa de ilustración, me referiré en seguida a algunos campos de actividad, con los que he tenido contacto directo o indirecto, sobreentendiendo que situaciones y deberes análogos pueden ser comunes a otros apartados de la ciencia que se cultivan en el país. Inicialmente me referiré a algunos puntos relacionados con el problema educacional. Responsabilidad primaria del científico mexicano es contribuir en forma más activa a la enseñanza de la ciencia, y por ende a la educación de personal calificado para el trabajo de investigación científica o tecnológica en sus diversos niveles, pero particularmente a nivel de post-grado. El binomio enseñanza-investigación debiera ser indisoluble y estar adecuadamente integrado para propiciar la formación no de individualidades sino de grupos independientes de investigación que a su vez lleguen a transformarse en centros activos de educación de nuevo personal. Esta actividad, que el científico mexicano ha venido desarrollando en forma individual y en escala muy limitada, debiera intensificarse con el establecimiento de programas institucionales bien definidos, de mayor alcance y proyección. Uno de los factores que actualmente limita el desarrollo científico y tecnológico del país, es la carencia de suficiente personal de buena calificación académica para llevar con éxito dichas actividades. Los centros e institutos del país confrontan serias dificultades para la consecución de recursos humanos de alto nivel, situación que se ha hecho más crítica a medida que surgen nuevos centros educacionales o de investigación. Promover la formación de personal, a nivel de graduados, apto para la investigación científica, es una de las responsabilidades ineludibles del científico mexicano, particularmente en el presente, en que se hacen esfuerzos tendientes a una reforma educativa global. Es también muy deseable su contribución para cimentar los programas de enseñanza de la ciencia en los niveles primario y medio, cuyas deficiencias actuales hacen difícil el tratamiento de los temas científicos en los niveles superiores. Se aprende poco, no sólo en los aspectos fundamentales, sino también acerca de la trascendencia social del conocimiento científico. Esta situación se refleja en las etapas más avanzadas de la educación y el resultado es una deficiente preparación científica que redundará en el ejercicio profesional. La situación se torna casi dramática cuando la persona decide orientarse hacia labores de investigación científica. Para suplir deficiencias y dominar la disciplina del método científico, habrá que recorrer un largo camino. Durante los últimos años ha sido notorio un definido descenso en los niveles académicos de la mayor parte de las instituciones de enseñanza superior. Esta situación está conduciendo a liberar de las Escuelas a profesionales con una preparación deficiente que dificulta su orientación hacia las labores de investigación científica. En este aspecto del problema educacional, la responsabilidad de los científicos ligados a los centros de enseñanza se magnifica, debiendo ellos pugnar por el mantenimiento de niveles académicos adecuados, aun en presencia de presiones de cualquier índole. Aceptar una situación de condescendencia

que continúe deteriorando los niveles académicos, es propiciar la ineptitud profesional y la improvisación, que serán factores limitantes en la formación de nuevos elementos para la investigación científica. Cuando la improvisación, mal que padecemos en todos los sectores, incide en los centros rectores y muy especialmente en los programas que pretenden dar solución a problemas de trascendencia social, los resultados pueden ser catastróficos.

Tan importante como la problemática educacional de la ciencia es la que se refiere a la investigación agrícola, y sus implicaciones sociales. Es una idea generalizada que la agricultura no ha estado cumpliendo un papel dinámico en el desarrollo económico y social en la mayor parte de los países en vías de desarrollo. En particular, se ha hecho notar repetidamente la crítica situación de la agricultura a nivel nacional, que se interpreta como un reflejo de la crisis mundial surgida a través de los tres últimos años y atribuible, entre otros factores, a fenómenos naturales fortuitos: las prolongadas sequías, inundaciones en diversas regiones geográficas, etcétera. Esta situación ha conducido al agotamiento de las reservas mundiales de semillas y a una seria limitación de alimentos básicos. A raíz de las contribuciones científicas y tecnológicas que permitieron el surgimiento de la llamada Revolución Verde, que en la década de los años sesenta permitió considerables incrementos en la producción mundial de semillas, las expectativas indicaron, en forma muy optimista, que se abría un camino amplio hacia el mejoramiento económico y social del país. Los observadores más optimistas pensaban que la Revolución Verde al proporcionar los medios para sobrepasar la falta de alimentos, acabaría con muchos intereses creados y en último término precipitaría prodigiosas transformaciones económicas, sociales y políticas (Flores, 1970). El objetivo primario de la Revolución Verde fue desde su inicio y continúa siendo, la obtención de híbridos adecuados para llegar a la máxima producción agrícola posible, bajo condiciones ambientales óptimas. Es obvio que este objetivo únicamente puede alcanzarse cuando las tierras tienen cierto nivel de fertilidad y con adecuada irrigación, pero su valor es dudoso en regiones marginales en donde operan factores limitantes. La obtención de la supercosechas depende esencialmente de fuertes insumos industriales (fertilizantes, plaguicidas, maquinaria, etcétera) y de abundante abasto de energía. En estas condiciones, la producción se aumenta considerablemente. Es evidente que en el momento actual, tanto los abastos de energía como de fertilizantes (en especial nitrogenados), se encuentran fuertemente limitados, con franca tendencia a incrementar sus costos. La utilidad de la Revolución Verde ha sido recientemente puesta en tela de juicio en lo que respecta a sus implicaciones sociales. Marvin Harris (Cloud, 1973), antropólogo de la Universidad de Columbia, que desarrolló amplios estudios en Filipinas, es de la opinión que la Revolución Verde neutralizó todos los esfuerzos de reforma agraria en aquel país. Las tecnologías agrícolas

novedosas trajeron como consecuencia la desaparición del pequeño agricultor que fue reemplazado por eficientes mecanismos comerciales, con marcada dependencia de insumos de la industria y de los mercados mundiales. En este sistema, es notoria la participación de corporaciones externas como abastecedoras de semillas, fertilizantes, maquinaria y aun créditos. Únicamente los grandes propietarios han tenido acceso a los créditos y a la ayuda técnica. Esta situación originó que las nuevas tecnologías agrícolas, lejos de aminorar las tensiones sociales en el ámbito rural, tuvieran marcada tendencia a agudizarlas. Aun cuando estos informes hacen referencia específica a Filipinas, la situación expuesta es válida para otros países. En México la producción de semillas mejoradas no ha alcanzado los niveles requeridos y aun cuando las variedades que fueron desarrolladas en el país sirvieron para aumentar espectacularmente la producción en otras regiones, las bondades de la Revolución Verde distan mucho de haber incidido en el sistema ejidal de producción que abarca el 40 por ciento de la tierra cultivable. La justificación que se ha dado a esta situación es que la tecnología existe, no así las condiciones para que sea operante. Aun los creadores de la Revolución Verde se muestran menos optimistas y reconocen que las limitaciones de alimentos serán tan severas al final de la presente década que pueden causar inestabilidades políticas en los países en desarrollo (Wade 1974). El país cuenta ya con una decorosa infra-estructura técnico-científica en el renglón agrícola que está en posibilidad, y debe hacerlo, de buscar nuevos derroteros en la producción agrícola, particularmente orientada hacia la producción de alimentos, aun considerando las fuertes limitantes que derivan de las peculiares características del agro mexicano. Sin dejar de reconocer los aportes y avances a nivel nacional para desarrollar una agricultura altamente tecnificada, estimo que se ha llegado al punto en que es necesario explorar nuevos rubros de producción y prever otros enfoques en la investigación agrícola, fundamentados en consideraciones de orden ecológico, que pudieran tener mayor relevancia para la producción en condiciones regionales específicas. Las técnicas de producción intermedia, tales como los cultivos múltiples derivados de prácticas nativas, se exploran actualmente en Filipinas y en otros países como sustitutos de la Revolución Verde (Conway y Romm, 1973). Estas tecnologías están resultando adecuadas para el pequeño agricultor que carece de fuertes posibilidades de financiamiento y de tierras con buena irrigación. El éxito de estos nuevos enfoques va a depender, en gran medida, del conocimiento correcto del medio ambiente, lo cual implica el establecimiento de programas de estudio de suficiente profundidad en el campo de la Ecología Vegetal. Las posibilidades que en nuestro medio ofrecen determinados ecosistemas para el desarrollo agrícola, especialmente en el trópico y subtropico y el reto que constituye la utilización de las regiones áridas y semiáridas, son aspectos que ameritan consideración responsable de los científicos en la materia. Estudios recientes han puesto en

evidencia que es posible el empleo de plantas de cultivo que efectúan con mayor eficiencia el proceso de la fotosíntesis en ambientes deficientes en agua, a temperaturas elevadas y en condiciones de intensidad luminosa incrementada (Björkman y Berry 1973). Algunas plantas herbáceas perennes (*Tidestromia*) que prosperan en habitats desérticos, se desarrollan con buena productividad en estas condiciones tecnológicas extremas. El desarrollo de prácticas agrícolas con variedades de plantas adaptadas a las condiciones en que el agua es limitante, puede ser un factor de importancia, aunado al uso de las tecnologías modernas de irrigación, para la productividad agrícola en las zonas desérticas. Asimismo, existe la posibilidad de hacer más eficiente el proceso biológico para fijar el nitrógeno del aire, como un medio económico de fertilización nitrogenada. En las condiciones actuales de limitación de energéticos, surgen definidos requerimientos para el desarrollo de tecnologías agrícolas que no utilicen grandes cantidades de energía. La reducción del nitrógeno atmosférico para transformarlo en amonio, mediante sistemas enzimáticos microbianos, es uno de los procesos que ameritan considerarse con mayor atención, ya que la disponibilidad de amonio es crítica para la agricultura tecnificada. Considerando el futuro incierto que tiene el abastecimiento de fertilizantes y por ende la producción de alimentos, así como los incrementos de población previstos, las investigaciones sobre los sistemas biológicos fijadores de nitrógeno, están cobrando relevancia a nivel mundial. En relación a este problema, la búsqueda de variedades nativas de plantas leguminosas en el habitat tropical, tendiente a descubrir nuevas fuentes de proteínas alimenticias, ofrece atractivas posibilidades en la investigación agrícola. La llamada explotación tridimensional de los bosques con fines de obtener materia prima industrial, alimentos para el hombre y forrajes, es otro aspecto a considerar en los desarrollos ecológicos (Douglas, 1973).

Como justamente lo ha hecho notar Sachs (1974), la aportación que la agricultura puede dar a los programas de desarrollo basados en consideraciones ecológicas, depende de "la capacidad de las sociedades humanas para identificar sus problemas y aportar soluciones originales, inspirándose en la experiencia de los demás... que siempre es posible un esfuerzo creador para aprovechar el margen de libertad que ofrece el medio, por grandes que sean los escollos naturales... aunque el éxito supone el conocimiento del medio y la voluntad de establecer un equilibrio durable entre el hombre y la naturaleza...". Estos y otros nuevos enfoques hacen surgir también renovadas responsabilidades en los científicos nacionales en materia biológica y agrícola y se hace notoria la necesidad que existe de la preparación de nuevos valores en la investigación agrícola con actitudes y orientaciones más inquisitivas, sustancialmente distintas a las de aquellos científicos formados en el pasado bajo la orientación polarizada de la Revolución Verde; nuevos valores que mediante la aplicación de opciones múltiples encuentren una adecuación

más eficiente del conocimiento científico a las necesidades agrícolas nacionales. La investigación agrícola llevada a efecto en el país durante los últimos años ha permitido la formación de personal especializado en algunos renglones, tales como la genética vegetal y su aplicación a la obtención de híbridos, y la parasitología vegetal, pero todavía es notoria la deficiencia en disciplinas tan importantes como son la ecología vegetal, fisiología vegetal, conservación de productos agrícolas. Es también evidente la deficiente ligazón entre los centros de investigación agrícola y otras instituciones que cuentan con adecuada infra-estructura científica y técnica para contribuir en los aspectos químicos, bioquímicos y biológicos fundamentales que pudieran tener relevancia en la problemática agrícola. Es asimismo, notable la deficiente relación entre los centros de investigación agrícola y los agricultores a través de servicios de extensión más dinámicos.

En íntima relación con la problemática agrícola, y aquí tendríamos que agregar también la problemática pecuaria, se encuentran los esfuerzos técnico-científicos que se han venido desarrollando en el país tendientes a mejorar el status alimentario del pueblo mexicano. Surge a la vista que cualquier programa tendiente a mejorar dicho status debe estar enmarcado dentro de una política nacional de desarrollo agropecuario, esencialmente orientada hacia el logro de una mayor productividad de alimentos. Las actuales limitaciones que confronta la producción agrícola nacional y la situación deficitaria de productos alimenticios de origen animal, que han propiciado la importación de cantidades significativas de alimentos básicos; la desigual distribución de alimentos, derivada del bajo poder adquisitivo de algunos sectores, la especulación comercial, el proceso inflacionario y las desigualdades culturales, son todos elementos que hacen complicado cualquier intento de mejorar la alimentación del mexicano. No obstante, dentro de este panorama, la integración de una política nacional de alimentación requiere establecer tareas más coherentes, no solamente entre los hombres de ciencia, sino con otros grupos sociales conscientes del interés común, que consideren tanto los aspectos prioritarios de la producción de alimentos, como otros también relevantes como son su conservación, procesamiento económico y distribución. Las investigaciones que se llevan en nuestro medio han dado particular importancia a los aspectos nutricionales del problema alimentario. Se han elaborado amplias encuestas acerca del estado de nutrición en determinados sectores de la población, encuestas que son tan seculares como la desnutrición misma. Es obvio que los especialistas en nutrición habrán de abandonar con mayor frecuencia sus laboratorios o gabinetes para adentrarse en la real problemática de la alimentación del mexicano, y trabajar en forma mancomunada con los científicos agropecuarios relacionados a la producción de alimentos y con los biotecnólogos responsables de su conservación y procesamiento. A ese respecto, no existen informaciones precisas de la pérdida de productos alimenticios durante su traslado del

campo a los centros de almacenamiento o de consumo, aunque hay bases para afirmar que mediante el empleo de sistemas apropiados de conservación, se lograría un incremento significativo en el abasto de alimentos (la FAO calcula las pérdidas en 10 por ciento). * Estos renglones ameritan la consideración cuidadosa de los biotecnólogos.

Si en materia agrícola en la cual el país cuenta actualmente con cierta infraestructura técnico-científica, la labor del hombre de ciencia no ha podido incidir plenamente en los niveles sociales que urgentemente requieren elementos de cambio, en los aspectos industriales (y me referiré únicamente a los aspectos biológicos y bioquímicos), la situación es menos halagadora por carecerse de cuadros humanos de suficiente extensión y de nivel apropiado para el desarrollo de procesos industriales de importancia primaria, especialmente en el campo alimentario y en el renglón de la producción de productos biológicos y bioquímicos de utilidad terapéutica. La situación que priva en estos sectores es típica del subdesarrollo y se deriva de la inadecuada formación de técnicos y científicos en estos campos y en el peculiar desarrollo de las industrias existentes basado en tecnologías externas, la mayor parte derivadas de organismos transnacionales. Recientemente se ha hecho mención acerca de la situación que guarda en el país la producción de fármacos. Sin querer abundar en argumentos de carácter estadístico y únicamente como ilustración, mencionaré que el país importa en el renglón de productos de fermentación para la industria farmacéutica, aproximadamente la cantidad de 700 millones de pesos al año (cifras de 1972), independientemente de la producción que corresponde a las filiales extranjeras que operan en el país. Únicamente en el renglón de los antibióticos, para uso humano y veterinario, la importación asciende a 350 millones de pesos al año. Aun en renglones en donde existen avances tecnológicos a nivel nacional, como es el caso de las hormonas esteroideas, la importación asciende a cerca de 40 millones de pesos al año.

Para sobrepasar la situación imperante, se han considerado varias alternativas que van desde recomendar mayor limitación en los arreglos contraactuales de tecnología y el control estricto de las importaciones de materia prima, hasta aconsejar la nacionalización de la industria. Se hace especial énfasis en la urgente necesidad de utilizar materias primas del país y el desarrollo de tecnologías propias. En relación con este último considerando, conviene mencionar que el desarrollo de tecnologías propias en la industria biológica y bioquímica presupone recorrer un largo camino. El desarrollo de nuevos fármacos (por ejemplo un antibiótico) requiere la participación de recursos humanos de alto nivel, integrados en grupos de investigación multi-disciplinaria y de fuertes apoyos económicos, para la investigación y el desarrollo industrial. Esto supone

* Una encuesta preliminar de las pérdidas de maíz en almacenes de hogares campesinos, reveló cifras de 23% del producto cosechado. (Dirección General de Economía Agrícola, S.A.G., 1974).

la existencia de estructuras de investigación y desarrollo que únicamente se encuentran en las grandes organizaciones de los países industrializados. Estimo que el país no cuenta en el momento actual con las condiciones apropiadas para llevar con éxito este tipo de desarrollos industriales. En este y otros renglones tendremos que depender por tiempo prolongado del conocimiento científico y tecnológico generado en los países de amplio desarrollo. He mencionado un caso extremo, pero en otros renglones existe parcial o totalmente la tecnología para el desarrollo de procesos económicos. No obstante, se hace necesario establecer, en un corto plazo, los mecanismos para incorporar racionalmente y también generar conocimientos y técnicas que a la postre permitan aminorar la marcada dependencia cultural y económica del exterior y sus implicaciones políticas. Dentro de mi optimismo, veo factible que los científicos mexicanos participen de inmediato en la incorporación de conocimientos que a mediano y largo plazo pueden servir de basamento para el desarrollo de industrias biológicas y bioquímicas, orientadas bajo prioridades tendientes a llenar necesidades nacionales. Dentro de las condiciones actuales, es posible la integración de grupos de investigación multidisciplinaria con la colaboración de las diversas instituciones dedicadas a la investigación biológica y bioquímica, cuyo trabajo se oriente en forma definida hacia la consideración de problemas prioritarios. La responsabilidad inmediata de los científicos mexicanos en estos campos, es propiciar el esfuerzo mancomunado sobrepasando las barreras institucionales y dejando a un lado actitudes personalistas o de prestigio. La participación activa de los científicos en la selección e incorporación de conocimientos y tecnologías del exterior, en base a los preceptos legales establecidos, permitirá a través del mecanismo de transferencia, fomentar a su vez actividades de investigación tendientes a innovar o crear tecnologías en nuestro medio. El mecanismo legal de transferencia de tecnología debiera ser ajustado para derivar de él los insumos económicos requeridos en el desarrollo científico y de las nuevas tecnologías. Si a este sistema se acopla la contribución del factor económico e industrial, con la participación de los sectores progresistas, el modelo sería completo. Como quedó asentado en el estudio del Instituto Nacional de la Investigación Científica (1970), "la facilidad para obtener tecnología externa puede anular o limitar el esfuerzo de desarrollo tecnológico nacional, lo cual se reflejaría no sólo en una reducción de la innovación interna, sino también en la ausencia de una infraestructura científica con capacidad para evaluar las formas en que el país ha de adquirir tecnologías importadas a un costo razonable...". Aun cuando ya empiezan a acusarse los efectos de la Ley vigente sobre el Registro de la Transferencia de Tecnología y el Uso y Explotación de Patentes y Marcas, queda por vincular a su aplicación la participación coordinada y responsable de los científicos mexicanos. En el campo de las industrias biológicas y bioquímicas, objeto de mi comentario, así como en algunos otros campos, el

punto de vista de la comunidad científica ha sido omitido. Factor esencial para el éxito de este planteamiento es que los científicos mexicanos en los campos mencionados adquieran mayor responsabilidad en actividades tendientes a fomentar la educación de especialistas de elevado nivel académico en ciencia básica y tecnología, aptos no solamente para la selección adecuada y asimilación de tecnologías externas, sino también para encontrar nuevas rutas en la investigación y generar patrones originales en la actividad científica y tecnológica, congruentes con la situación social y económica imperante en el país. En el estado actual de la educación profesional en los campos científicos y técnicos que inciden en las industrias biológicas y bioquímicas, únicamente se puede aspirar a preparar personal con conocimientos y técnicas muy generales, dirigidos hacia el desempeño de actividades profesionales de control y supervisión de procesos. La educación de mayor profundidad requerida, sólo es posible a través de estudios de post-gradó que conduzcan a la formación de investigadores bien informados, con amplio espíritu crítico y conscientes de la situación social y económica del país. Personal apto en los aspectos fundamentales de la ciencia y también personal con capacidad para el proyecto y construcción de equipos industriales y para proyectar y operar procesos. Este nivel de educación requiere más amplio desarrollo de las instituciones nacionales de investigación biológica y bioquímica cuyas actividades se encuentran comprometidas en la preparación de personal científico. La preparación masiva de técnicos a nivel profesional o medio, con todas las deficiencias actuales del sistema educacional, como son la elevada población de alumnos, la improvisación de profesores, la carencia de medios suficientes para el trabajo experimental, y el adiestramiento con técnicas y equipos inadecuados, de ninguna manera será factor primario para la creación de una tecnología propia, en los campos que me ocupan.

En los párrafos anteriores se ha puesto énfasis, en algunas de las responsabilidades del científico mexicano en relación con tres campos de actividad que revisten indiscutible trascendencia social. Cabría, sin embargo, interrogar ¿En el estado actual del desarrollo científico y tecnológico del país existen condiciones propicias para que la actividad del hombre de ciencia sea trascendente en la sociedad? Para dar una respuesta, debemos considerar que durante los últimos cinco años, ha existido en el país y particularmente en los centros rectores de la política, un definido interés en los asuntos de la ciencia y la tecnología. A partir del histórico estudio del Instituto Nacional de la Investigación Científica, se han derivado tareas tendientes a la integración y fortalecimiento de un sistema nacional de ciencia y tecnología, del cual forman parte medular todas las instituciones que desarrollan actividad de investigación científica y tecnológica y de educación de post-gradó, así como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología que tiene atribuciones específicas. Estimo indispensable la integración de la actividad científica en

un sistema de esta naturaleza para llegar a la formulación de una política de ciencia y tecnología a nivel nacional. Siendo la actividad del hombre de ciencia inseparable de otros aspectos estructurales (sociales, económicos, políticos), debiera estar enmarcada en un cuadro bien definido de política científica, que a su vez compagine con los programas de desarrollo (Educación, Salud Pública, Agricultura, Industria, etcétera). En estas condiciones la labor del científico puede quedar incorporada a la dinámica nacional y sin duda, llegar a ser factor importante para el logro de cambios sociales constructivos y de trascendencia. En el momento actual del desarrollo científico y tecnológico, las responsabilidades de mayor magnitud, tendientes a lograr la adecuación del deber científico a este modelo, corresponden tanto a los administradores de la ciencia, como a los centros rectores de la política nacional.

B I B L I O G R A F Í A

- BJÖRKMAN, O. & J. BERRY. 1973. *High-efficiency photosynthesis*. Sci. Am. 229: 80-93.
- CONWAY, G. & J. ROMM. 1973. *Ecology and Resource Development in South Asia*. Pub. Ford Foundation.
- CLOUD, W. 1973. *After the Green Revolution*. The Sciences, N. York Acad. Sci. (Ed.), 13: 6-12.
- DOUGLAS, J. S. 1973. *L'agrisylviculture pour accroître la production alimentaire de la Nature*. Impact: Science and Society, 23:1, Pub. UNESCO, París.
- FLORES, E. 1972. "La Revolución Verde". En *Desarrollo Agrícola*, pp. 288-294, Fondo de Cultura Económica, México.
- Instituto Nacional de la Investigación Científica. 1970. *Política Nacional y Programas de Ciencia y Tecnología*. Ed. INIC, México, D. F.
- MERTON, R. K. 1968. *Social Theory and Social Structure*. The Free Press, N. York.
- SACHS, I. 1974. *Ambiente y Estilos de Desarrollo*. Comercio Exterior. 24: 360-368.
- WADE, N. 1974. *Green Revolution: Creators still quite hopeful on World Food*. Science, 185: 844-845.