

# Conocimiento y desarrollo en América Latina: Ciencia, Tecnología y Producción, quinientos años después del Encuentro con Europa

Francisco R. Sagasti

## Introducción

Al finalizar el siglo XX, quinientos años después del encuentro entre América y Europa, nadie pone en duda la importancia que tiene la ciencia y la tecnología moderna. Los impresionantes avances en la generación de conocimientos por medio de la investigación científica han dado al nombre contemporáneo un grado de control sin precedentes sobre el mundo que lo rodea. Las posibles aplicaciones de la ciencia y la tecnología en beneficio de la humanidad parecen ilimitadas, y si bien las nuevas tecnologías tienen frecuentemente impactos negativos (por ejemplo, desempleo estructural, alienación cultural, contaminación ambiental, uso excesivo de recursos naturales y desperdicio de energía), persiste la visión de un futuro de abundancia y bienestar, si se logra movilizar efectivamente el acervo de conocimientos científicos para resolver problemas sociales.

Como es el caso con cualquier otra actividad humana, la ciencia y la tecnología existen en un contexto social y cultural determinados, y responden a las demandas de los grupos de influencia y de poder. Por lo tanto, la contribución que la ciencia y la tecnología pueden hacer para mejorar la condición humana debe examinarse a la luz de los factores económicos, políticos y culturales que condicionan el

desarrollo, la difusión y la absorción de la ciencia y la tecnología modernas. En particular, al incorporarse América Latina al mundo europeo por mediación de España y Portugal, el carácter de su actividad científica y tecnológica adquirió rasgos específicos, derivados de las situaciones de la península Ibérica y de Latinoamérica, y de la forma en que sus interrelaciones se desarrollaron a lo largo de cinco siglos.

Francisco R. Sagasti es asesor principal en el departamento de Asuntos Externos del Banco Mundial. Ha sido Jefe de Planeamiento Estratégico en dicha institución; Presidente del Consejo Asesor de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas; catedrático en la Escuela de Negocios Wharton de la Universidad de Pennsylvania; asesor de los ministros de Relaciones Exteriores y de Planificación en el Perú; y Director Ejecutivo del «Grupo de Análisis para el Desarrollo» en Lima, Perú.

Este ensayo presenta un marco conceptual para ordenar la discusión sobre las interacciones entre conocimiento, tecnología y producción, así como una apreciación del desafío que la cultura occidental significó para el resto del mundo, y para América Latina en particular, durante los últimos siglos. Luego se examina la evolución histórica de la ciencia y la tecnología en Latinoamérica y en el Perú, buscando una

mejor comprensión de las razones de su relativo atraso. El ensayo concluye con algunas observaciones sobre las perspectivas para la ciencia y la tecnología en América Latina en el umbral del siglo XXI, haciendo especial referencia al debate sobre «ciencia universal» vs. «ciencia latinoamericana.»

## Conocimiento, Tecnología y Producción: un Marco Conceptual

Para ofrecer una perspectiva histórica de la evolución de la ciencia y la tecnología es posible distinguir tres componentes que, unidos a sus interrelaciones, constituyen un marco conceptual para apreciar de manera integral los diversos aspectos de los procesos de generación, difusión y utilización de conocimientos. Este marco conceptual se deriva de una apreciación de la forma en que la cultura occidental ha evolucionado durante los últimos cinco siglos, y de la manera en que ha impactado a las otras culturas del mundo.

El primer componente es la *evolución del pensamiento especulativo*, que busca *generar conocimientos* para comprender y explicar los fenómenos naturales y sociales, y también ofrecer planteamientos que puedan dar sentido a la existencia humana. El segundo es la *transformación de la base tecnológica*, que provee a todo grupo humano de respuestas organizadas para hacer frente a los desafíos del medio ambiente físico y social en que se desempeñan, así como de los criterios para elegir entre las respuestas posibles en determinadas circunstancias. El tercero es la *modificación y la expansión de las actividades productivas*, que se orientan hacia la provisión de bienes y servicios para satisfacer las necesidades individuales y de la comunidad. Estos tres componentes, considerados en forma dinámica como corrientes en constante transformación, se insertan en el tejido de relaciones sociales, culturales y políticas inherentes a todo grupo humano.

Lo que caracteriza a una sociedad en un tiempo y un lugar determinado es el grado de desarrollo de cada una de estas tres corrientes, la forma en que se relacionan entre sí, la manera en que se vinculan con sus homólogos de otras sociedades, y la forma específica que adopta la interacción entre estas corrientes y el contexto social, cultural y político en que se encuentran inmersas.

Toda sociedad experimenta una serie de transformaciones a lo largo del tiempo en cada una de las tres corrientes mencionadas, sus interacciones y su contexto. Considerando un período muy extenso, las principales transformaciones que experimenta una sociedad en su conjunto se dan al producirse cambios cualita-

tivos en la naturaleza del pensamiento especulativo y en el proceso de generación de conocimientos, los cuales tienen lugar cada varios siglos. Como resultado de estos cambios, evolucionarán también las concepciones del hombre sobre sí mismo y sobre su relación con el mundo físico, y se iniciará un proceso de transformaciones que abarcará progresivamente a la base tecnológica y a la estructura de las actividades productivas. Sin embargo, consideradas en forma individual, éstas últimas transformaciones constituyen alteraciones relativamente menores dentro del amplio marco histórico que establece la forma predominante de generación de conocimientos.

Al otro extremo, la estructura de las actividades productivas y de servicios juega el papel principal entre los condicionantes del comportamiento social en un período relativamente corto, que puede abarcar varios decenios. Durante este tiempo, y hasta que se vea reemplazada por otra, una determinada estructura productiva define la gama de productos y servicios disponible para la comunidad, la orientación del proceso de acumulación y la distribución del producto social. Desde esta perspectiva, la forma predominante de pensamiento especulativo, cuya vigencia abarca varios siglos, puede considerarse como un telón de fondo «fijo» sobre el cual se proyectan las modificaciones de la estructura productiva.

La base tecnológica experimenta transformaciones significativas tras mantener vigencia durante un período intermedio, que se sitúa entre los varios decenios necesarios para el surgimiento de cambios importantes en la estructura de actividades productivas, y los varios siglos para el progresivo reemplazo de una forma predominante de pensamiento especulativo por otra. Un período entre uno y dos siglos parecería adecuado para encuadrar las principales transformaciones de la base tecnológica, las cuales definen el repertorio de respuestas disponible para enfrentar el medio ambiente físico y social. Estas transformaciones tecnológicas ocurren en el marco definido por la forma predominante de generación de conocimientos, si bien ejercen una influencia recíproca sobre ella. A su vez, la base tecnológica prevaleciente configura el escenario en el cual tienen lugar los cambios en las actividades productivas y de servicio.

En resumen estas tres corrientes evolucionan

nan a diferentes ritmos: los cambios en las actividades productivas cristalizan en un período de decenios, las transformaciones en la base tecnológica toman entre uno y dos siglos, y los cambios fundamentales en la forma predominante de pensamiento especulativo ocurren cada varios siglos. Las modificaciones en la estructura de las actividades productivas y de servicios generan tensiones que acumulan y presionan por cambios en la base tecnológica; en forma similar, las transformaciones de la base tecnológica generan desequilibrios que facilitan e inducen cambios mayores en la naturaleza del pensamiento especulativo y la producción de conocimientos. Por lo tanto, cualquier examen de la evolución de estas tres corrientes debe tomar en cuenta su dinámica interna y el conjunto de influencias recíprocas entre ellas.

Las sociedades experimentan períodos de inestabilidad durante el período de uno a dos decenios en que se produce la transición de una estructura productiva a otra. El paso de una base tecnológica a otra, que puede extenderse a lo largo de varios decenios, también genera incertidumbre. Finalmente, desajustes profundos acompañan a la larga transición de una forma predominante de pensamiento especulativo a otra. En períodos históricos muy especiales, cuando se producen cambios en estas tres corrientes a la vez, puede esperarse gran turbulencia social.

## El Desafío de Occidente

La evolución de las diversas sociedades del mundo puede ser examinada de forma relativamente independiente, sin referirse necesariamente a la cultura occidental, hasta los siglos XV a XVII. Durante este período, la forma predominante de generación de conocimientos sufre una transformación radical en Europa como resultado de la revolución científica. Antes de esta época es posible emplear como unidad de análisis a las sociedades consideradas individualmente. De esta forma, es posible examinar separadamente a la sociedad europea, y a las culturas andinas y mesoamericanas, siguiendo a través de su historia la forma en que la generación de conocimientos, la base tecnológica y las actividades productivas evolucionaron, se relacionaron entre sí, y se vin-

culron con el contexto más amplio de patrones sociales, culturales y políticos.

Sin embargo, el mundo sufre un cambio radical durante las revoluciones científica e industrial, las cuales fueron acompañadas de cambios cualitativos en la base tecnológica y de la expansión a escala planetaria del sistema de producción capitalista originario de Europa Occidental. A partir de ese momento ya no es posible considerar la evolución de las diferentes culturas de América Latina en forma independiente, y su estudio debe tomar en cuenta los desafíos que le plantea Occidente a las sociedades no europeas, así como las respuestas que éstas generan.

El punto de ruptura se identifica con la transformación del pensamiento especulativo y con los cambios que tienen lugar en la generación de conocimientos como consecuencia de la revolución científica. El paso hacia una concepción científica del mundo, a través de la cual es posible vincular sistemáticamente abstracciones y experimentos sobre los fenómenos naturales, descubrir leyes que rigen el mundo físico, y derivar postulados y normas de acción que acrecientan el dominio del hombre sobre la naturaleza, constituyen un cambio fundamental e irreversible en la historia de la humanidad.

Considerando el éxito en lo material e intelectual y su difusión a escala planetaria, la visión occidental y científica de «progreso», que tomó varios siglos a formarse e irradió primero desde Europa y luego desde Norteamérica, ha llegado a dominar el mundo actual y se ha convertido en un marco de referencia implícito. Sin remontarnos a los orígenes de esta visión en el mundo helénico, en los siglos XV a XVII se produjo un cambio histórico sin precedentes, que llevó a una «occidentalización» de la concepción del mundo natural y de la forma en que el hombre se veía a sí mismo.

Esta concepción se caracterizó por el acento que puso en la racionalidad instrumental, que sometió las actividades humanas al criterio de eficiencia, subordinó la creatividad al proceso de acumulación y despojó al mundo natural de su carácter sagrado, creando las condiciones para que el hombre occidental actuara con impunidad sobre el medio ambiente físico. Así, en la civilización occidental, la preocupación por los medios e instrumentos reemplazó paulatinamente a la preocupación

por identificar fines y darle un sentido último al problema de la existencia humana.

Esto se debe, en gran medida, a que la ciencia moderna ha demostrado ser el método más eficiente de generar conocimientos para comprender los fenómenos que rodean al ser humano y dominar la naturaleza, no por la fuerza, sino a través del entendimiento; a que la tecnología, surgida a través de la reflexión sistemática sobre el repertorio de prácticas disponibles para actuar sobre el mundo físico y social, otorga un enorme poder de manipulación para enfrentar los desafíos del medio ambiente; y que a las actividades productivas y de servicios asociadas a la tecnología moderna ha adquirido un gran potencial para satisfacer las necesidades humanas. Como resultado, nos encontramos inmersos en un mundo de valores, marcos conceptuales, artefactos y entes sociales construidos por el hombre occidental y su racionalidad instrumental, hasta tal punto que el Occidente ha confiscado lo universal.

En resumen, el desarrollo de las diversas civilizaciones y sociedades en los últimos cinco siglos debe ser visto como un todo complejo, cuyos componentes están en continua interacción y transformación, en el cual una perspectiva —la occidental— llegó a influir sobre todas las otras, pero éstas a su vez conservaron su individualidad, afectaron la cultura occidental, y dieron lugar a nuevas formas híbridas de concebir el mundo y de relacionarse con él.

### **Conocimientos, tecnología y producción: Una perspectiva histórica**

Reconociendo que existen muchas variaciones locales, es posible distinguir cinco grandes períodos en la historia de América Latina: el período prehispánico, caracterizado por una ciencia y tecnología tradicionales; el período de dominación ibérica, en el cual predomina el pensamiento escolástico transmitido por las órdenes religiosas y se superponen las bases tecnológicas europeas y la técnica latinoamericana; la llegada de la Ilustración y la independencia política de las colonias; la incorporación de éstas como naciones a la división internacional del trabajo, al tiempo que tuvo lugar la introducción, el auge y la crisis del

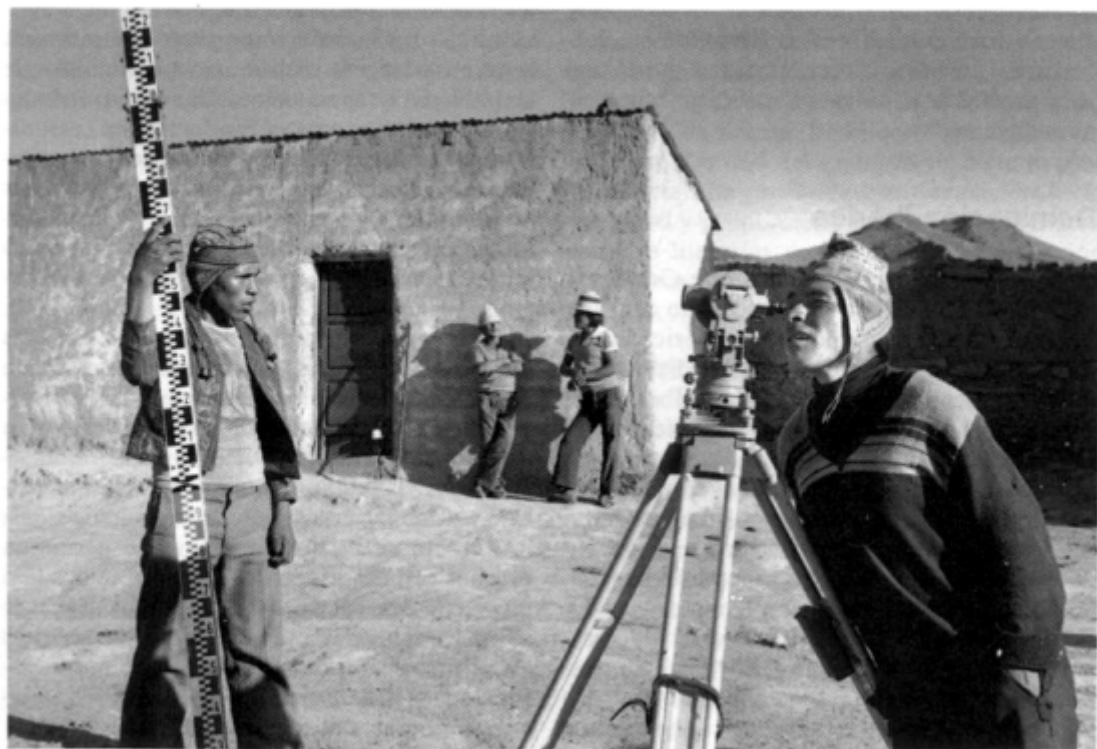
positivismo; y, por último, el período de industrialización por sustitución de importaciones, donde echó raíces y comenzó una expansión de la ciencia industrial moderna en la región.

### **América prehispánica**

Si bien existieron diferencias entre las culturas prehispánicas latinoamericanas, la amplia extensión geográfica que habían logrado controla las culturas Inca y Azteca, así como el posible intercambio entre ellas y con otras culturas menos avanzadas, confirieron a toda Latinoamérica ciertos rasgos comunes, sobre todo en comparación con la situación mucho más heterogénea prevaleciente en otras regiones como África y Asia. Más aún, la presencia colonizadora ibérica en toda la América Latina —aún tomando en cuenta las diferencias entre Portugal y España— ayudó a configurar una cierta homogeneidad relativa que, a grandes rasgos, permite tratar a la región como un conjunto.

Antes de la llegada de los españoles a América, las civilizaciones Azteca, Maya e Inca habían alcanzado importantes niveles de desarrollo material, social e intelectual. Los logros agrícolas, arquitectónicos y de ingeniería de estos pueblos han sido ampliamente reconocidos. Aunque todas las altas civilizaciones de la América precolombina mantuvieron registros bastante precisos de sus observaciones astronómicas, fueron los Mayas quienes más se adelantaron en la observación sistemática. Esto se relaciona con el hecho de que los mayas desarrollaron lenguaje escrito, a que su evolución matemática incluyó el empleo del cero, y a que su astronomía comprendió el uso de tablas para la predicción de eclipses.

Las culturas prehispánicas más avanzadas mostraron grandes adelantos en la generación de conocimientos a partir de la experiencia directa y el dominio de las actividades artesanales. Sus logros en agricultura e irrigación, arquitectura y urbanismo, medicina y sanidad pública, metalurgia, textiles y cerámica dan fe del alto grado de desarrollo técnico que alcanzaron. La base tecnológica de que disponían —desarrollada por sistematización de la experiencia empírica, pero sin una concepción teórica detrás de ella— evidenció adelantos signifi-



Agrimensura en las montañas del norte de Potosí, en Bolivia. Christophe Kuhn.

cativos, tal como lo demuestra el elaborado control vertical de pisos ecológicos en la zona andina. Por último, la variedad y diversidad de actividades productivas, la satisfacción de los requerimientos alimentarios (a punto tal que en muchas de estas culturas no se conocieron hambrunas hasta la llegada de los conquistadores), y la compleja organización social para disponer de los excedentes de producción, atestiguan la adecuación de las actividades productivas y de servicios a las necesidades de la población.

Todo esto tuvo lugar en el contexto de una organización social y política centralizada, imbuída de una cultura religiosa y caracterizada por una cierta rigidez en los patrones de interacción social. En los grandes imperios las tecnologías de guerra y de organización social permitieron conquistar amplias extensiones territoriales y mantenerlas unidas hasta la llegada de los españoles.

El pensamiento especulativo en el período prehispánico no evolucionó en la dirección de la manipulación sistemática de abstracciones y

su cotejo con la realidad. Sus vinculaciones con la evolución de la base tecnológica se produjeron, como en otras culturas y regiones, a través de las tareas agrícolas y la astronomía, y a través de los mitos que codificaron las prácticas vinculadas a las actividades productivas. Las relaciones entre la base técnica y la producción fueron muy estrechas y ambas fueron casi indistinguibles, ya que el acervo de técnicas de producción, desarrollado a través de un empirismo sistemático, era coextensivo con la gama de actividades productivas en vigencia. Por otra parte, las concepciones cosmogónicas, mediadas por los grupos religiosos, se constituyeron en la base y fuente de legitimidad para las técnicas de organización social.

De este modo, pese a sus indudables logros en todos los órdenes, las sociedades y culturas prehispánicas no evolucionaron por un camino que las hubiera llevado hacia algo equivalente a la revolución científica europea de manera independiente. A la llegada de los conquistadores españoles al mundo prehispánico transcurría por senderos totalmente diferentes

a los europeos, y muy distintos de los de China, que no tuvo impedimentos de orden intelectual sino más bien de orden social y político para establecer una base científica y tecnológica endógena.

## Dominación ibérica

Para comprender la forma en que Occidente llegó a la América Latina es necesario considerar la situación de la península ibérica antes, durante y después de la Conquista. Este análisis debe iniciarse en la época de la Iberia medieval, con su peculiar convivencia de las culturas cristiana, judía e islámica durante varios siglos. Luego se debe examinar el carácter castellano; la forma en que se expulsó a los árabes y los judíos y las consecuencias que esto tuvo en el desenvolvimiento intelectual de España; la filosofía, al mismo tiempo materialista y religiosa, que justificó la Conquista; la cambiante posición de España y Portugal con respecto a la ciencia moderna en la Europa de los siglos XVI y XVII, y la forma en que diversos agentes (órdenes religiosos, militares, administradores coloniales, aristócratas) actuaron como mediadores para transmitir la condición intelectual, económica y política de Iberia hacia la América Latina.

Sin entrar a explorar la condición ibérica en lo referente a la ciencia, tecnología y producción, es necesario destacar la involución que sufrió el ambiente intelectual durante la Contrarreforma y la mayor parte del siglo XVII, que afectó negativamente el desarrollo de la ciencia en la América Latina a través del aislamiento que se autoimpuso la potencia colonial. Por otra parte, lo exiguo de los logros tecnológicos de la España de esa época y el carácter esencialmente mercantil y agrícola de su economía no contribuyeron a crear las condiciones para la aparición de una base científica y tecnológica propia en Latinoamérica, ya que estas condiciones no existieron ni en la propia España.

La implantación de lo occidental en América Latina encontró diversas reacciones locales, cuya variedad se afirmó al desmantelarse el aparato imperial que había introducido cierta homogeneidad superficial en las culturas prehispánicas. Una constante fue la desarticulación social, que rompió con la organización de

las actividades productivas, sobre todo la agricultura, y tuvo como consecuencia hambrunas generalizadas y la disminución vertiginosa de la población (ayudada por las enfermedades contagiosas europeas). Otro factor fue la transferencia de técnicas en reversa desde la América Latina hacia sus conquistadores, los cuales aprendieron a desenvolverse en un medio ambiente nuevo y absorbieron los conocimientos locales necesarios para establecerse en la región.

Se produjeron también respuestas variadas a los intentos de conversión religiosa y en un entrecruzamiento de concepciones e ideas míticas y religiosas, que en muchos casos aún perduran. En el orden del pensamiento especulativo se produjo un doble proceso de mestizaje y de superimposición de lo occidental con lo autóctono; en lo tecnológico se perdieron muchas respuestas técnicas locales, se produjo una articulación parcial de los dos tipos de bases tecnológicas y un mestizaje de técnicas en diversos campos. Finalmente, se reorientaron las actividades productivas, priorizándolas en función de los intereses de la potencia colonial, subordinando la minería a la exportación de metales preciosos, la agricultura a la minería, y la estructura del comercio hacia las necesidades impuestas por el mercantilismo español.

Tuvo lugar así una ruptura de las tenues vinculaciones entre el pensamiento especulativo y la base tecnológica prehispánicos, y se introdujo una cuña —la orientación hacia el mercado de la metrópoli colonial— que separó la base tecnológica de las actividades productivas locales. Se debilitaron aún más las interacciones entre las tres corrientes que postula el marco conceptual propuesto, sin que se diera paso alguno en la dirección del desarrollo de una base científica y tecnológica propia en América Latina. Más aún, desde entonces el Occidente se convertiría en un condicionamiento externo inamovible para América Latina: la evolución del pensamiento especulativo sería pálido reflejo, filtrado primero a través de España y luego de otras potencias, del desarrollo intelectual de Occidente; la transformación de la base tecnológica estaría cada vez más condicionada por sus contrapartes europea y norteamericana, y las actividades productivas responderían a los intereses internacionales vinculados a la expansión europea.

La evolución subsecuente del pensamiento especulativo durante la Colonia y la época republicana está marcada, inicialmente, por el predominio de la escolástica y por la influencia de las órdenes religiosas en la educación. Las primeras empresas científicas en América Latina fueron llevadas a cabo por unos pocos hombres de talento. Un factor importante en la introducción de la ciencia occidental en América Latina fue el esfuerzo realizado por las órdenes religiosas, y especialmente por los jesuitas, quienes prácticamente monopolizaron la educación en los territorios españoles y portugueses durante el siglo VII y parte del XVIII. La fundación de las universidades hispanoamericanas, de otro lado, también se constituyó en un factor clave en el desarrollo científico e intelectual de la región.

## Ilustración e independencia

La Ilustración llegó a la América española y portuguesa en la segunda mitad del siglo XVIII con fuerza explosiva. En todo el continente las universidades iniciaron una transformación que modificó el dominio tradicional ejercido por la teología y la filosofía, y se introdujo una perspectiva científica en la enseñanza de disciplinas como la botánica, la medicina, y las ciencias físicas.

Hacia mediados y fines del siglo XVIII, la influencia predominante de la Ilustración correría en paralelo con los primeros intentos de establecer las actividades científicas modernas en la religión. La base técnica y tecnológica continuó desarrollándose de manera fragmentada y compleja, reduciéndose la variedad de respuestas tecnológicas autóctonas y ampliándose lentamente el componente de la base tecnológica de origen extranjero extrarregional.

El impacto negativo de la Revolución Francesa en España produjo una serie de intentos para interrumpir el flujo de las ideas revolucionarias asociadas con la Ilustración hacia sus colonias americanas. No obstante, este esfuerzo resultó poco efectivo, y la influencia inglesa y francesa aumentó de manera significativa. Sin embargo, las guerras de independencia y la agitación social que éstas conllevaron no proporcionaron un marco propicio para la incipiente y embrionaria comunidad científica de aquél entonces. Dicha inestabili-

dad política y social continuó hasta mediados del siglo XIX, lo cual conspiró contra el crecimiento ordenado y acumulativo de las actividades científicas. En el caso del Brasil, sin embargo, la llegada de la corte portuguesa en la primera mitad del siglo XIX tuvo como consecuencia una profunda transformación de la sociedad y proporcionó un estímulo a las actividades literarias y científicas y la fundación de nuevas universidades.

## Integración capitalista

En la segunda mitad del siglo XIX se produce un renacimiento científico en toda la América Latina, debido a la creciente influencia del positivismo y al logro de condiciones económicas y políticas más estables; estas últimas como reflejo de la integración de las economías latinoamericanas al capitalismo en expansión, asumiendo su carácter de proveedores de materias primas en el marco de la división internacional del trabajo.

En toda América Latina, el positivismo modificó profundamente la forma de pensar, la religión, y la filosofía, y tuvo, además, un gran impacto en el desarrollo de las ciencias aplicadas. Su influencia fue particularmente evidente en México, donde determinó las reformas políticas introducidas a partir de 1860 y dio un gran impulso a la educación y la enseñanza, estableciéndose así condiciones indispensables para el desarrollo de la ciencia moderna. Hacia finales del siglo, sin embargo, surgieron conflictos de carácter político-ideológico que afectaron al sistema educativo y llevaron al estancamiento de la ciencia en este país.

La última parte del siglo XIX presentó una imagen mixta en cuanto al desarrollo de la ciencia y la tecnología en el resto de América Latina. Dicho desarrollo había sido estimulado por las ideas positivistas y por la creciente demanda de insumos técnicos derivadas de economías en expansión e industrias en incipiente crecimiento. Sin embargo, al igual que en el caso mexicano, problemas de carácter político, económico e institucional impidieron un desarrollo acumulativo de las actividades científicas y tecnológicas. El carácter dependiente de dichas actividades en esta época era bastante significativo.

A comienzos del siglo XX, antes del impulso inicial hacia la industrialización, en ninguno de los países de América Latina se había logrado establecer una actividad científica adecuadamente respaldada y capaz de realizar aportes significativos al conocimiento universal. Esto se debió a la falta de una demanda social por la ciencia como resultado del incipiente grado de desarrollo económico en los países de la región; a la ausencia de valores y actitudes propicias al desarrollo de las actividades científicas; y, por último, a la inestabilidad política y económica. Cuando la ciencia y la tecnología modernas ingresaron a América Latina, las actividades científicas locales no habían echado raíces y no fueron capaces de constituirse en una base para la adaptación y el perfeccionamiento de las técnicas industriales introducidas progresivamente durante la primera mitad del siglo XX.

### Industrialización sustitutiva

La evolución de la ciencia y la tecnología en el curso del presente siglo estuvo estrechamente vinculada al crecimiento de la industria, y en menor medida a la expansión de la agricultura y la medicina. Los esfuerzos de industrialización empezaron paulatinamente a crear una demanda de actividades científicas y tecnológicas aplicadas. La construcción de los ferrocarriles constituye un buen ejemplo de las oportunidades y limitaciones que significaron para la ciencia y la tecnología locales y el desarrollo de las obras de infraestructura y las manufacturas; el desarrollo de las ramas de ingeniería en la región fue en gran medida el resultado de tales demandas.

La proliferación de las escuelas de ingeniería a comienzos de este siglo y la creciente demanda de servicios técnicos condujeron al establecimiento de varios centros de actividad científica y técnica industriales. Paralelamente, el sistema universitario sufrió algunas transformaciones y los gobiernos empezaron a prestar más atención a las cuestiones técnicas a medida que fueron cobrando forma los esfuerzos por industrializarse. El sector artesanal moderno se orientó principalmente al suministro de implementos para la minería, la agricultura, la construcción de carreteras y el transporte, así como los bienes durables y de

consumo requeridos por el sector moderno de la población vinculado a las actividades de exportación y servicios.

La sustitución de importaciones fue el camino seguido hacia la industrialización por algunos países latinoamericanos después de la crisis económica de los años treinta y de la Segunda Guerra Mundial, y esto condicionó el subsiguiente crecimiento de la ciencia y la tecnología vinculadas a la industria. Bajo este esquema, las actividades productivas primarias continuaron condicionadas por la orientación hacia el mercado internacional, mientras que la industria y los servicios se volcaron hacia el mercado interno. Los primeros países en adoptarlo fueron Argentina, Brasil y México seguidos, en los años cincuenta, por Colombia, Chile, Perú y Venezuela, así como por algunos países de Centroamérica.

### El Caso del Perú

La evolución de la ciencia y la tecnología en el Perú reproduce con algunas variantes el patrón que se observa para América Latina en su conjunto. Las civilizaciones pre-incaicas llegaron a desarrollar una capacidad técnica de alto nivel, cuyo logros producen asombro aún hoy en día. Los textiles y las prácticas médicas de la civilización Paracas, las cerámicas de las civilizaciones Nazca y Mochica, la orfebrería y las monumentales y sofisticadas obras hidráulicas de la civilización Chimú, y los trabajos en piedra de las civilizaciones Chavín y Tiahuanaco, dan testimonio de los avances técnicos alcanzados antes del establecimiento del imperio incaico.

Los Incas desarrollaron complejos sistemas administrativos y de transporte que les permitieron mantener unido un gran imperio cuya extensión abarcaba desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile y Argentina. Investigaciones realizadas desde mediados de los años cincuenta han demostrado que algunas culturas prehispánicas desarrollaron un sistema de «control vertical de pisos ecológicos» para aprovechar al máximo los recursos naturales y mantener a la población bien alimentada, evitando hambrunas como las que asolaron a las naciones europeas de esa época. Esta compleja trama de relaciones ecológicas y sociales fue desbaratada por la conquista española, tal



como lo atestigua la hecatombe demográfica que, según distintas estimaciones, redujo la población de la zona Andina a una tercera o a una quinta parte del total prehispánico.

La implantación de la cultura intelectual europea en el Perú tuvo lugar a través de la labor de las órdenes religiosas, asociadas principalmente a las universidades y colegios. La Universidad Nacional Mayor de San Marcos, fundada por la Orden Dominicana en 1551, fue la primera universidad de América y se convirtió en uno de los principales centros académicos e intelectuales de la Colonia. El colegio jesuita de San Pablo se estableció en 1568 y pronto devino en un centro de discusión intelectual donde se estudiaban los avances científicos europeos. Sin embargo, la atrofia que caracterizó a la ciencia española durante el siglo XVII tuvo un fuerte impacto sobre el medio intelectual peruano de esa época y, exceptuando algunas figuras como el polígrafo Don Pedro de Peralta y Barnuevo, la actividad académica e intelectual terminó decayendo notablemente.

Al margen de los avatares del ambiente intelectual de la Colonia, se producen algunos avances tecnológicos importantes, sobre todo en el campo de la minería. En particular, el «Método de Almadén» (como se le conoce en los textos de metalurgia y de química) para el beneficio del azogue fue desarrollado originalmente en las minas de Huancavelica en el Perú hacia 1633. En el campo de la producción agropecuaria se producen otros avances técnicos menores, consistentes principalmente en la adaptación de nuevos cultivos a las condiciones locales.

Hacia fines del siglo XVIII, coincidiendo con el proceso de descomposición de la dominación española en América Latina, empiezan a llegar las ideas de la Ilustración, inicialmente en forma esporádica, pero luego de manera más continua al ampliarse el rango de contactos de la élite intelectual peruana con Francia e Inglaterra. Se funda «El Mercurio Peruano» en 1790, notable revista científica que llegaría a colocar entre 250 y 400 suscripciones en su primera época hasta 1795.

La presencia de una incipiente actividad científica al finalizar la Colonia y durante los primeros años de la República se demuestra por las investigaciones médicas en la Escuela de Medicina de San Fernando a fines del siglo

XVIII y durante los primeros años del siglo XIX, y en particular la destacada labor del prócer de la independencia Don Hipólito Unanue; por la visita de Alexander von Humboldt, quien recorrió el Perú durante seis meses en 1802; y por las actividades de científicos tales como Mariano de Rivero y Ustáriz, quien fundó el «Boletín de Minería» a mediados del decenio de 1820, poco después de declarada la independencia.

Los tres decenios entre 1830 y 1860 se caracterizaron por la inestabilidad política y por una serie de luchas internas y externas que no permitieron transformar y consolidar las instituciones heredadas de la Colonia. Los primeros pasos para establecer una tradición científica se vieron truncados por eventos tales como la emigración de Rivero y Ustáriz a Chile, principalmente debido a la incompreensión y la falta de interés de las autoridades políticas. Esta situación empezaría a cambiar gradualmente partir de 1860 al darse los primeros pasos para modernizar la economía peruana, vinculándola de manera más estrecha con la división internacional del trabajo que surgía entonces bajo el liderazgo de Inglaterra.

Las obras de infraestructura portuaria en el Callao y otros puertos costeros, la construcción de la línea ferroviaria Lima-Callao, el establecimiento de sistemas de alumbrado público y de alcantarillado en Lima —así como otras obras de ingeniería como el ferrocarril de Lima a La Oroya y la expansión de varios asentamientos mineros— generaron una demanda por servicios técnicos y por la provisión de algunos insumos locales. Esto llevaría en 1875 a la creación de la Escuela de Ingenieros bajo la dirección del inmigrante polaco Edgardo de Habich.

Sin embargo, estos esfuerzos fueron desarticulados por la guerra con Chile entre 1879 y 1884, que dejó el país en ruinas y requirió un esfuerzo de reconstrucción nacional que tomaría hasta fines del siglo XIX. Durante el primer decenio del presente siglo renace una vez más la incipiente actividad científica peruana, abarcando campos tales como medicina, química, antropología, y ciencias sociales y jurídicas. Por ejemplo, un examen de las memorias del IV Congreso Científico (I Panamericano) realizado en Santiago de Chile en 1908-1909 muestra que exceptuando al país anfitrión, Perú fue el país que más trabajos presentó al

Congreso después de Argentina y los Estados Unidos.

La primera estación agrícola experimental del Perú fue fundada en Cañete en 1916 por la Asociación de Algodoneros del Valle de Cañete, y en 1927 se establece el laboratorio metalúrgico de la Cerro de Pasco Corporation en La Oroya, que por muchos años sería el principal centro mundial de investigación para la metalurgia extractiva de minerales polimetálicos. Se inician los esfuerzos para tecnificar la industria peruana, sobre todo en ramas como la textil y la industria alimenticia, mientras que continúa la expansión de la infraestructura física del país y las actividades de ingeniería vinculadas a ella. En este período se plantea también una reforma de las universidades peruanas –particularmente en la Universidad de San Marcos– y la actividad científica peruana empieza a tomar forma a través de la creación de instituciones como la Asociación Peruana para el Progreso de la Ciencia en 1922.

La crisis que se inició en 1929 y la Segunda Guerra Mundial obligan a desarrollar la actividad industrial local, principalmente debido a la imposibilidad de continuar importando productos manufacturados, lo cual crea una cierta demanda por actividades tecnológicas locales. Sin embargo, al mismo tiempo, el gobierno enfrenta dificultades económicas que le impiden ampliar el apoyo que reciben las instituciones educativas y de investigación. De esta forma se llega al período de la postguerra, en el cual las universidades se expanden en forma explosiva y se extienden e intensifican las actividades de investigación.

La expansión masiva del sistema universitario peruano durante los últimos treinta años no se ha visto acompañada de un crecimiento proporcional en los recursos docentes y financieros. En efecto, la población universitaria se incrementó de 30.000 a 363.000 alumnos entre 1960 y 1985, mientras que el número de docentes aumentó de 3.500 a 20.600 en el mismo período, con lo que el número de alumnos por docente se elevó del 8,5 en 1960 al 17,6 en 1985. La aportación del Tesoro Público a las universidades estatales –que concentran aproximadamente al 60 % del estudiantado– han disminuído vertiginosamente en términos reales durante los últimos 30 años.

Esta difícil situación se torna aún más grave cuando se toma en cuenta el conjunto de

deficiencias de carácter cualitativo que aqueja al sistema universitario peruano. Entre ellas destacan el hecho de que la mayoría de los docentes universitarios trabajan a tiempo parcial y necesitan otros empleos para sobrevivir; que el ingreso real de un profesor universitario principal a tiempo completo con 20 años de servicio en una universidad estatal era en 1985 menos de la mitad de lo que fue diez años antes, y hoy es mucho más reducido aún; que han proliferado universidades (en la actualidad hay casi medio centenar de ellas) y que un buen número de éstas no cumplen los requisitos académicos mínimos para ser denominadas como tales; y, finalmente, que la planta física –aulas, laboratorios, bibliotecas– se ha deteriorado hasta el punto de ser prácticamente inutilizable en muchos de tales centros de estudios.

Todo esto indica que el Perú ha venido experimentando, desde hace mucho tiempo, un proceso de deterioro en sus universidades y centros de investigación, el cual ha acentuado el desfase entre la capacidad científica y tecnológica existente y las necesidades sociales y productivas del país.

### **Perspectivas futuras y el debate sobre ciencia universal vs. ciencia local**

Esta breve apreciación de la evolución de la ciencia, la tecnología y la producción en América Latina a lo largo de cinco siglos muestra lo complejo de las interacciones entre las tres corrientes, y entre éstas y sus contrapartes, primero en Europa y luego en Norteamérica. El encuentro entre América Latina y Europa tuvo lugar en un período de cambios en la forma predominante de generar conocimientos, de transformaciones en la base tecnológica, y de modificaciones sustantivas en la estructura de las actividades productivas y de servicios. Tomadas en conjunto, estas múltiples transformaciones del orden existente previo al encuentro entre Europa y América Latina configuraron un cataclismo social, político, económico y cultural, sobre todo para esta última.

Cinco siglos más tarde, como resultado de cambios profundos en la forma vigente de pensamiento especulativo (lo que se ha deno-

minado la transición del «modernismo» al «post-modernismo»), de significativas modificaciones en la base tecnológica (donde el procesamiento de información está adquiriendo mayor peso en relación con las transformaciones de energía y materia), y de serios desajustes en la estructura de las actividades productivas (que se extienden ahora a escala planetaria), se aprecia un grado de incertidumbre e inestabilidad que podría aproximarse a aquel prevaleciente durante los ciento cincuenta años que siguieron al encuentro entre América Latina y Europa a fines del siglo XVI.

Explorar las perspectivas futuras de la ciencia, la tecnología y la producción para una región como América Latina en este turbulento contexto de cambios múltiples y complejos no es una tarea fácil. La agenda de temas por examinar en el umbral del siglo XXI abarca aspectos tales como el carácter que debe adoptar el esfuerzo regional de investigación científica, el diseño de estrategias para armonizar el acervo de técnicas tradicionales con las tecnologías modernas, y las medidas para lograr que las actividades productivas satisfagan la doble exigencia de competitividad y equidad.

A título ilustrativo, el resto de este ensayo reseña el debate alrededor del carácter local o universal de la ciencia. Este debate permite apreciar las tensiones que surgen al contraponer una visión de la empresa científica orientada primordialmente hacia América Latina, con una perspectiva global del ámbito del quehacer científico regional.

Mucho se ha discutido acerca de la posible existencia de una ciencia «local» –latinoamericana, islámica, asiática o africana– en oposición al carácter «universal» de la ciencia moderna occidental que no admitiría variaciones locales. En cierta medida, esta polémica es resultado de otra mucho más vasta que opone las dos teorías que atribuyen el desarrollo de la ciencia esencialmente a causas internas, inherentes a la empresa científica, o externas, vinculadas al contexto social en que se despliega. En América Latina, este debate se ha desarrollado en forma intermitente durante los últimos treinta años.

A fines del decenio de 1960, el matemático argentino Oscar Varsavsky señala la necesidad de una «ciencia comprometida» que se oriente principalmente hacia el cambio de las estructuras sociales injustas prevalentes en la

región. Este punto de vista fué compartido por otros, incluyendo al físico argentino Rolando García, al historiador y físico brasileño José Leite López, y al sociólogo colombiano Orlando Fals Borda. Los partidarios de la ciencia comprometida rechazaban el «cientificismo» de quienes hacían ciencia por hacer ciencia, sin preocuparse por la relevancia social de sus actividades, por la necesidad de orientar la ciencia hacia los problemas de las grandes mayorías, y por el compromiso personal que todo científico debería tener con el cambio político.

En contraste, otros autores plantearon que la ciencia era fundamentalmente universal e internacional. Este punto de vista fue sostenido, con diferentes matices y distinto énfasis, por el físico argentino Jorge Sábato, el biólogo chileno Joaquín Luco, y los filósofos argentinos Gregorio Klimovsky y Tomás Moro Simpson, entre otros. En términos generales, esta segunda posición arguía que los esfuerzos por hacer ciencia comprometida irían en detrimento de la calidad y el rigor indispensables para la investigación científica, y del esencial proceso de contraste de sus resultados con los de la comunidad científica internacional. Los adherentes de esta posición pusieron énfasis en el establecimiento de condiciones para la actividad científica, más que en los esfuerzos por orientar su desarrollo y vincularla a la sociedad.

La primera de estas dos posiciones refleja en cierta medida las ideas de los «externalistas» en el debate sobre el desarrollo de la actividad científica, mientras que la segunda posición refleja los puntos de vista que han caracterizado a la escuela «internalista». Entre ambos extremos surgió una posición de síntesis, cuya expresión se encuentra en los trabajos del filósofo argentino Mario Bunge, el biólogo e historiador venezolano Marcel Roche y el autor. De acuerdo a esta posición, el desarrollo de la ciencia responde simultáneamente a factores externos, vinculados al contexto social de la investigación, y a factores internos, relacionados con el quehacer científico en sí.

El ritmo y la orientación del progreso científico son afectados por factores tanto extrínsecos como intrínsecos. Por una parte, el medio social, la manera en que se genere el excedente económico, y la prioridad que se le asigne a la ciencia, influirán en el carácter y en la orientación de las investigaciones; el acervo

cultural y la tradición intelectual incidirán en la forma en que conceptualicen los problemas y se realicen las actividades científicas; y el tipo de interacción de la ciencia y la tecnología imprimirá a la investigación científica una semblanza local.

Por otra parte, la universidad de la empresa científica deviene de factores inherentes a su práctica, tales como el carácter acumulativo de la investigación; la índole fragmentaria de los hallazgos científicos, que permiten identificar vacíos para concentrar esfuerzos; y la curiosidad intelectual característica de quienes hacen ciencia.

Para integrar plenamente la ciencia en las culturas de los países en desarrollo, y de América Latina en particular, sería necesario prestar mayor atención a los factores que confieren a la ciencia un carácter local y que condicionan la posibilidad de que se la asocie con su patrimonio cultural.

En términos generales, la investigación científica es un proceso en tres etapas iterativas y recurrentes que consiste en: identificar y formular los problemas de tal forma que puedan ser examinados mediante el método científico; postular hipótesis y respuestas provisionales con respecto a los problemas que se hayan determinado; verificar y someter a prueba dichas hipótesis mediante métodos rigurosos y reproducibles.

La identificación, selección y formulación de problemas de modo que la investigación científica pueda abordarlos constituye un proceso en el que influyen factores de índole económica, social, política y cultural. Si bien la elección de un proyecto específico de investigación está determinada por consideraciones estrechamente vinculadas con la práctica científica y los intereses personales del investigador, la orientación general del conjunto de las actividades científicas —que comprenden el agregado de proyectos de investigación y desarrollo experimental, servicios científicos, formación profesional, disseminación y actividades de apoyo— depende en gran medida de la forma en que éstas se insertan en el contexto económico y social más amplio.

En la formulación de hipótesis y en la construcción de las teorías que han de ponerse a prueba, también influyen consideraciones generales de carácter cultural. En esta etapa del

proceso de investigación puede expresarse la creatividad y ponerse de manifiesto los modos y hábitos de pensamiento característicos de diferentes sociedades. Por último, se tiene los procedimientos que permiten verificar hipótesis en forma rigurosa, evaluando su correspondencia con las características de los fenómenos bajo estudio. Este aspecto del proceso de investigación científica es el que menos se presta a introducir consideraciones locales, ya que los métodos de verificación deben permitir la confirmación de resultados en forma independiente y ser verdaderamente universales, por lo menos como un ideal a ser aproximado.

Todo esto permite concluir que el ejercicio de la actividad científica puede tener un «carácter local» en las primeras dos etapas —es decir, en la determinación de los problemas y en la formulación de hipótesis— y que en la etapa de la verificación es necesario mantener la universalidad de la empresa científica. Por ello, es posible encaminar a la actividad científica por cauces que respondan mejor a las condiciones locales, manteniendo al mismo tiempo los aspectos universales fundamentales para la práctica rigurosa de la ciencia moderna.

Es interesante notar que un debate similar se planteó a fines del decenio de 1940 con referencia al quehacer filosófico en América Latina. En efecto, en esta época surgieron dos posiciones claramente definidas: una de ellas abogada por hacer filosofía sobre América Latina y lo latinoamericano, tal como lo propuso el filósofo mexicano Leopoldo Zea, mientras que la otra planteaba hacer filosofía sobre lo universal desde América Latina, tal como arguyó el filósofo peruano Francisco Miró Quesada. Cincuenta años después ambas posiciones han convergido: se considera legítimo y posible hacer filosofía en la región afirmando y manteniendo la identidad cultural latinoamericana, a la vez que se contribuye al quehacer filosófico mundial.

En resumen, sería posible desarrollar una actividad científica con un perfil latinoamericano que, sin dejar de ser universal, responda a las inquietudes de la región, se desarrolle sobre la base cultural de América Latina, y a la vez contribuya al desarrollo de la ciencia considerada como empresa internacional.

## Notas

Este ensayo se basa en varios artículos escritos por el autor en los últimos quince años y en las referencias mencionadas en cada una de ellos. Los trabajos más importantes son: Francisco R. Sagasti, «Reflexiones sobre la endogenización de la revolución científico-tecnológica en países subdesarrollados», *Interciencia*, vol. 2, núm. 4, julio-agosto 1977, pp. 216-221; «Esbozo histórico de la ciencia y la tecnología en América Latina», *Interciencia*, vol. 3, núm. 6, noviembre-diciembre 1978, pp. 351-359; «Hacia un desarrollo científico y tecnológico endógeno para América Latina» *Comercio Exterior*, vol. 28, núm. 12, diciembre 1978, pp. 1498-1504; «Towards endogenous science and technology for another

development», *Development Dialogue*, núm. 1, 1979, pp. 13-23; «The two civilizations and the process of development», *Prospects*, vol. X, núm. 2, 1980, pp. 123-140; «Hacia una incorporación de la ciencia y la tecnología en la concepción del desarrollo», *El Trimestre Económico*, vol. L (3), núm. 199, julio-setiembre 1983, pp. 1627-1654; «Reinterpreting the concept of development from a science and technology perspective», en *Man, Nature and Technology*, (editado por Eric Baark y Uno Svedin), London, Macmillan Press, 1988; «Evolución y comportamiento de la comunidad científica en el Perú y América Latina», (con la colaboración de Juan Ansión, Cecilia Cook, Patricia de Arregui

y Bruno Podestá), GRADE, Lima, 1986; «Crisis y desafío: ciencia y tecnología en el futuro de América Latina», *Comercio Exterior*, vol. 38 núm. 12., diciembre 1988, pp. 1107-1110; «Vulnerabilidad y crisis: ciencia y tecnología en el Perú de los ochenta», *Interciencia*, vol. 14, núm. 1, enero-febrero 1989, pp. 18-7; y «La política científica y tecnológica en el nuevo contexto de América Latina», ponencia presentada en el Seminario Regional sobre el Nuevo Contexto de la Política Científica y Tecnológica, Montevideo 6-8 de diciembre, 1990, auspiciado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (Canadá), y la Organización de Estado Americanos.