

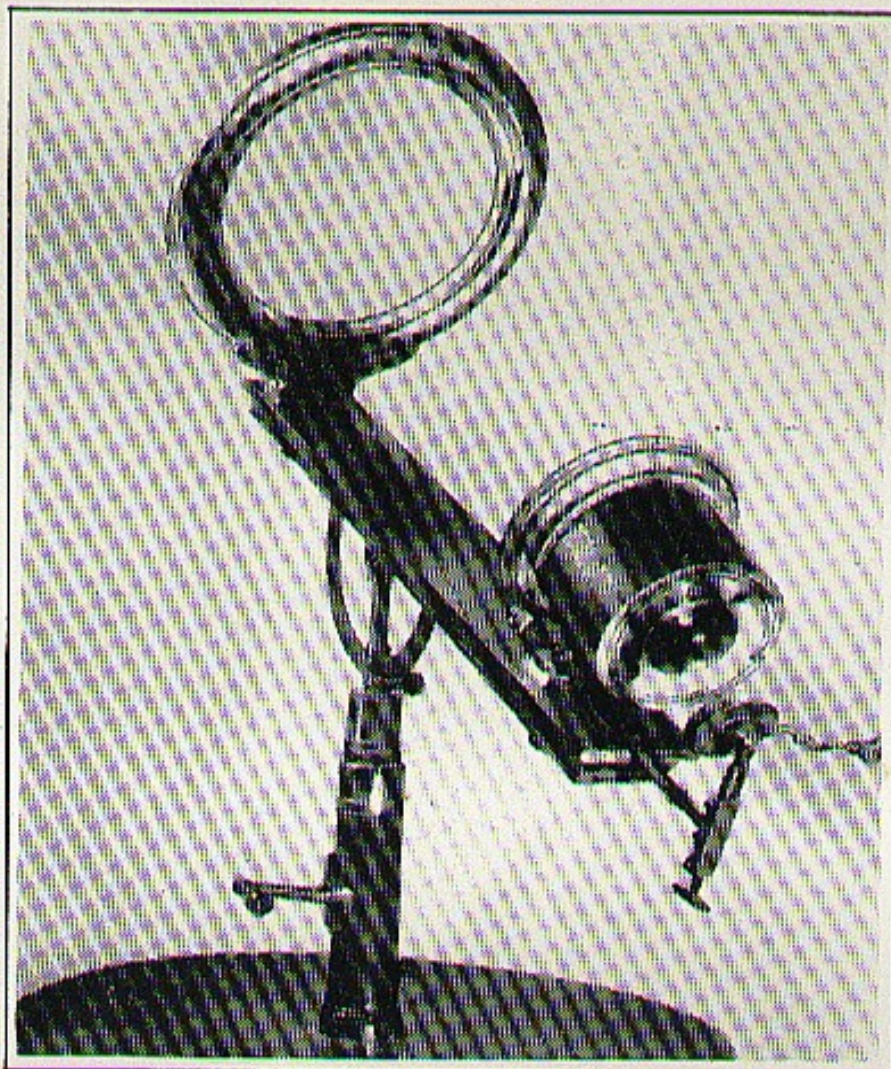
# **CIENCIA Y TECNOLOGIA**

**estudios del pasado  
y del futuro**

**ANGEL RUIZ ZUÑIGA**

(EDITOR)

Lente de Benedetto Bregens da Dresde, 1690. Istituto e Museo di Storia della Scienza, Florencia.



**ASOCIACION COSTARRICENSE DE  
HISTORIA Y FILOSOFIA  
DE LA CIENCIA**

# Índice

COLABORADORES.....	6
AGRADECIMIENTOS.....	7
PRESENTACIÓN.....	8
1. FILOSOFÍA Y METODOLOGÍA DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	13
1.1 ¿SIRVE LA HISTORIA DE LA CIENCIA PARA ILUSTRAR CUALQUIER FILOSOFÍA DE LA CIENCIA? .....	13
1.2 CULTURA GENERAL Y ESPECIALIDAD.....	18
1.3 ACOTACIONES CRÍTICAS ALREDEDOR DE LA NUEVA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA.....	24
LOS RETOS DEL CONVENCIONALISMO PARADIGMATICO.....	26
LA RESPUESTA NEORREALISTICA A LOS RETOS DEL CONVENCIONALISMO.....	27
A MODO DE CONCLUSION: LOS LIMITES DE LAS CONCEPCIONES POSTPOSITIVISTAS.....	29
1.4 DEMOSTRACIÓN FILOSOFÍCA DE LA NECESIDAD DE REGULAR LOS ECOSISTEMAS DE BOSQUES TROPICALES.....	33
I. EL VALOR DE LOS EBT.....	33
I. 1 LOS BENEFICIOS DE LOS EBT.....	34
I.2 SOBRE CÓMO DEBERÍAMOS USAR LOS BENEFICIOS DE LOS EBT.....	36
I.3 LOS DERECHOS DE LOS EBT.....	38
II. LA CAPACIDAD DE LOS EBT.....	39
III. LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EBT.....	41
1.5 LA ESCALA DE LO HUMANO Y DE LO FÍSICO (Las ciencias en la configuración del futuro).....	46
I. Tomás de Mercado:.....	52
II. Martín González de Cellorigo:.....	52
III. Luis de Ortiz:.....	53
2. HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LAS MATEMÁTICAS.....	54
2.1 UMA PROPOSTA METODOLOGICA PARA A HISTORIA DAS CIENCIAS E DA MATEMATICA NA AMERICA LATINA.....	54
2.2 LA PRIMERA PRUEBA DE LA LEY DE RECIPROCIDAD CUADRÁTICA.....	62
RECIPROCIDAD CUADRÁTICA.....	62
EULER Y LEGENDRE.....	64
LAS PRUEBAS DE GAUSS.....	64
Las ocho pruebas de la LRC descubiertas por Gauss.....	65

2.3 GIUSEPPE PEANO.....	70
PEANO EN EL SIGLO XIX .....	71
PEANO Y LA LÓGICA.....	73
PEANO Y EL LOGICISMO.....	75
PEANO Y EL METODO AXIOMÁTICO.....	76
OBRAS DE PEANO.....	78
2.4 MATEMÁTICAS Y CULTURA EN LA DECADENCIA DE OCCIDENTE DE SPENGLER.....	80
2.5 PITÁGORAS DESDE EL PUNTO DE VISTA POLÍTICO .....	89
SU ORIGEN.....	90
ESTUDIOS EN EL ORIENTE .....	90
LA ESCUELA PITAGÓRICA.....	91
SIGNIFICADO DE LOS NÚMEROS.....	92
LA ESCUELA PITAGORICA EN EL CONTEXTO DE LA "SOCIEDAD" GRIEGA .....	93
PROPÓSITOS Y ASPIRACIONES .....	94
3. HISTORIA DE LAS CIENCIAS GEOLÓGICAS Y SISMOLÓGICAS.....	97
3.1 HISTORIA DEL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS GEOLÓGICAS EN COSTA RICA .....	97
1. ETAPA DE LAS GEO-TÉCNICAS AUTÓCTONAS .....	98
2. ETAPA DE LAS GEO-TÉCNICAS IMPORTADAS DE EUROPA (Foráneas, siglo XVI- 1851).....	100
3. ETAPA PRE-GEOLÓGICA (1852-1887).....	101
4. ETAPA DE INICIO Y AVANCE GEOCIENTÍFICO (1888-1962).....	102
5. ETAPA GEOCIENTÍFICA Y GEOTECNOLÓGICA MODERNA (1963-89).....	106
3.2 ASPECTOS DA HISTORIA DAS CIENCIAS GEOLÓGICAS NO BRASIL.....	114
A MINERAÇÃO, O ILUMINISMO E A TRADIÇÃO NATURALISTA.....	115
A CIÊNCIA EXPERIMENTAL E AS INSTITUIÇÕES ESPECIALIZADAS.....	118
AS UNIVERSIDADES E O DESENVOLVIMENTO DAS CIÊNCIAS BASICAS.....	119
4. HISTORIA DE LAS CIENCIAS BIOMÉDICAS.....	123
4.1 HISTORIA DE LA FARMACOLOGÍA EN COSTA RICA.....	123
METODOLOGÍA.....	124
DEL INICIO.....	124
FACULTAD DE MEDICINA, CIRUGÍA Y FARMACIA.....	125
DE LA ESCUELA DE FARMACIA.....	125
ARSENAL TERAPÉUTICO.....	126
FACULTAD DE FARMACIA EN LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.....	127
FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.....	127
FARMACOLOGÍA EN MEDICINA.....	127
LA FARMACOLOGÍA CLÍNICA EN COSTA RICA.....	128
LA SOCIEDAD CENTROAMERICANA DE FARMACOLOGÍA.....	128
EL POSGRADO DE FARMACOLOGÍA EN LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.....	129
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CENTROAMÉRICA.....	129

4.2 POLÍTICA CIENTÍFICA DE LA FUNDACIÓN DEL LABORATORIO DE ENSAYOS BIOLÓGICOS (LEBI) EN LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.....	132
4.3 WILLEN EINTHOVEN EN LA HISTORIA DE LA CARDIOLOGIA.....	135
5. HISTORIA Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS .....	139
5.1 LA CRISIS DE LA ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA EN LA ESCUELA SECUNDARIA. SU INCIDENCIA EN EL DESARROLLO DEL PAÍS.....	139
PRIMER ANTECEDENTE.....	140
SEGUNDO ANTECEDENTE.....	142
LOS PROGRAMAS DE MATEMATICA EN LA ENSEÑANZA MEDIA.....	142
¿QUÉ HACER?.....	143
5.2 LA REFORMA MATEMÁTICA DE LA DECADA DE LOS SESENTA EN COSTA RICA: ASPECTOS IDEOLÓGICOS.....	145
5.3 HISTORIA DE LA IMPLANTACIÓN DE LAS MATEMÁTICAS MODERNAS EN LA EDUCACIÓN COSTARRICENSE.....	151
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	159
OBJETIVOS.....	160
METODOLOGÍA Y MATERIALES.....	160
RESULTADOS.....	161
5.5 LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA.....	164
6. INVESTIGACIÓN Y PROSPECTIVA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA .....	169
6.1 LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LA TECNOLOGÍA EN LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA: ALGUNAS IDEAS PARA EL DESARROLLO .....	169
I. ASPECTOS HISTÓRICOS.....	169
1. La formación de recursos humanos, aporte principal a la sociedad.....	170
2. La investigación eleva su importancia social.....	170
3. Transición hacia nuevas formas de vinculación universitaria con la sociedad.....	172
II. ALGUNAS IDEAS PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN EN EL FUTURO DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.....	174
6.2 "LA PIRÁMIDE INVERTIDA DEL PODER POLÍTICO" Y LAS POLÍTICAS IMPLÍCITAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA .....	176
I. - LOS PECADOS ORIGINALES DE LA CONFERENCIA DE VIENA Y DEL PROGRAMA DE ACCIÓN VIENA.....	177
6.3 NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA UNIVERSITARIA .....	190
7. HISTORIA DE LAS INSTITUCIONES CIENTÍFICAS.....	193
7.1 ALGUNAS QUESTÍES METODOLOGICAS RELATIVAS A HISTÓRIA DE INTITUIÇÕES CIENTÍFICAS.....	193
1. INTRODUÇÃO.....	194
2. A QUESTÃO INSTITUCIONAL.....	194
3. UM ESTUDO DE CASO: A COMISSÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA.....	198
3.1. - DADOS HISTÓRICOS.....	198
3.2. - A ANÁLISE DOS INDICADORES.....	200

3.2.1. - Produção Técnico-científica.....	200
3.2.2. - Prestação de serviços.....	201
3.2.3. - Legislação e orçamento.....	202
3.2.4 - Relatórios Oficiais.....	202
4. CONCLUSÕES.....	204
8. HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA.....	208
8.1 LASER: THE ANATOMY OF A "HOT" TOPIC [1] .....	208

## COLABORADORES

Guillermo Alvarado	Michael Josephy
Manuel Barahona	Fernando Leal
Mercedes Barquero	Julio Mata
Joan Bromberg	Ana Mondrus
Hugo Barrantes	Guillermo Monge
Luis Camacho	Luis Diego Morales
Primo Luis Chavarría	Liliana Pazos
Ubiratan D' Ambrosio	Jaime Robert
Eduardo Doryan	Angel Ruiz
Silvia Figueiroa	Hilda Sancho
Rafael González	Eduardo Saxe
Rodolfo Herrera	Augusto Serrano
Roberto Hidalgo	Gerardo Soto
Theodora Tsijli	

## AGRADECIMIENTOS

Este libro fue posible solamente gracias al patrocinio de las siguientes entidades:

Asociación Costarricense de Historia y Filosofía de la Ciencia	Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes
Ministerio de Ciencia y Tecnología	Compañía Numar
Universidad de Costa Rica	Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología
Universidad Nacional	Programa de Investigaciones Meta-Matemáticas
Universidad Estatal a Distancia	Programa de Acción Social
Instituto Tecnológico de Costa Rica	Matemáticas, Ciencia y Sociedad
CONICIT	Asociación Costarricense de Matemáticas
ANDE	
APSE	
Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos	
Colegio de Ingenieros Civiles	

La edición de este libro de Memorias contó con la valiosa colaboración de parte del Comité Científico que organizó el Tercer Congreso Centroamericano y de El Caribe de Historia de la Ciencia y la Tecnología, integrado por los siguientes académicos: Lic. Hugo Barrantes, Licda. Gladis Bodden, Dr. Víctor Buján, Dr. Luis Camacho, Licda. Herminia Casanueva, Dra. María de los Angeles Jiménez, Dr. Julio Mata, Dr. Orlando Morales, Dra. Liliana Pazos, Licda. Florisabel Ramírez, Dra. Hilda Sancho.

Especial apoyo recibimos en la publicación de este libro del M.Sc. Fernando Elizondo y la vicerrectoría de Planificación de la UNED, de la Licda. Angela Torelli y la Vicerrectoría de Investigación de la UCR, de la Licda. Norma Adolio y la Escuela de Matemática de la UNA, de la Licda. Janina Bonilla y la Vicerrectoría de Acción Social de la UCR, del Ing. Eduardo Sibaja y el CONICIT, y del Dr. Orlando Morales (Ministro de Ciencia y Tecnología). A todas estas instituciones e individuos les ofrezco mi mayor agradecimiento.

Debo agradecer también al equipo de asistentes de investigación que ayudó en los diferentes detalles relacionados con este congreso y la edición de este libro: Johny Azofeifa, Isabel Cristina Delgado, Dennis Marroquín, Daisy Mora, Katia Odio, José Alberto Ortiz, y Regina Valerio.

Mi más cordial agradecimiento para los autores, quienes han tenido la paciencia de esperar durante años la publicación de este libro.

Ángel Ruiz Zúñiga  
Diciembre de 1991  
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio  
San José, Costa Rica.

# PRESENTACIÓN

## LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN LA CULTURA NACIONAL

La reflexión y la discusión en torno a la ciencia y la tecnología son temas vitales para el futuro de nuestro país, y se trata, sin embargo, de temas que no tienen todavía ese estatus en nuestra cultura nacional; nuestros países son socialmente poco solidarios con el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Debe decirse con mucha fuerza: este es uno de los problemas más serios -en el plazo histórico- para una nación que busca su desarrollo.

Uno de los principales objetivos que definió, desde un principio, para su actividad la Asociación Costarricense de Historia y Filosofía de la Ciencia, es el de estimular en la cultura nacional en importante espacio para la ciencia y la tecnología, un espacio orientador y fecundador de las estrategias del país en la construcción positiva de su futuro. Y consideramos que esta tarea nos corresponde muy especialmente a nosotros, porque pensamos que esta tarea no sería posible si no se dan amplios y serios procesos de reflexión y diálogo sobre la ciencia y tecnología, sobre la sociedad y sus perspectivas.

En esta tarea se debe tener cierto cuidado metodológico. Aunque hombres de ciencia o de letras así lo hayan afirmado, abierta o subrepticamente, es equivocado pensar que para obtener claridad sobre la naturaleza y el papel de la ciencia y la tecnología basta conocer o realizar la acción científica o tecnológica aislada; es equivocado suponer que el simple hecho de que alguien se dedique a la ciencia o a la tecnología, supone de parte de esta la mejor comprensión de la realidad de la ciencia y la tecnología. Tampoco basta, por el otro lado, la elucubración abstracta que no se nutre directamente de la práctica científica y tecnológica. Se requiere el contacto directo con la práctica científica o tecnológica, pero además el estudio sistemático y riguroso de esa práctica desde la perspectiva más amplia, que involucra el análisis de varias dimensiones involucradas: histórica, filosófica, política, económica, sociológica, etc. En lo anterior apuntamos el papel de la multidisciplinaria y la interdisciplinaria en la comprensión de la ciencia y la tecnología.

Es necesario en este proyecto, entonces, trazar puentes intelectuales que permitan conceptualizar bien la naturaleza de la ciencia y la tecnología, para lograr que éstas penetren y se asienten en el tejido de la sociedad; para que se integren en la cultura nacional. La historia y la filosofía de la ciencia y la tecnología están ahí de lleno en el tipo de acciones intelectuales que nutren la interdisciplinaria, las que estimulan la mejor unidad entre las llamadas “humanidades” y las “no humanidades”, entre las letras y las ciencias.

La realización de varios congresos regionales de historia de la ciencia y la tecnología, aparte de poner en contacto creador a especialistas, profesionales, y estudiosos, ha buscado contribuir a crear ese espacio en la cultura nacional para la ciencia y la tecnología; y, especialmente, con la publicación de los trabajos presentados en los mismos, se ha buscado apuntalar esa dirección con toda seriedad.



Este libro se compone de ensayos presentados en el Tercer Congreso Centroamericano de Historia de la Ciencia y la Tecnología, celebrado en San José, Costa Rica, en mayo de 1989. Abarca una amplia variedad de temas, desde la abstracta filosofía de las matemáticas, y las discusiones de método en ciencia, hasta el análisis histórico de la geología y la sismología en el país. Se trata de un compendio de ideas y estudios sobre diversas ciencias y tecnologías, que constituye una verdadera radiografía sobre el estado en que se encuentra este tipo de reflexiones en el país.

En este libro incluimos bastantes reflexiones sobre la ciencia “pura”, porque pensamos que conviene enfatizar en nuestro medio un asunto que consideramos clave: la importancia de la ciencia en una estrategia de desarrollo; aunque, por supuesto, de manera simultánea a la preocupación por el esfuerzo tecnológico. Es normal que los resultados espectaculares de la tecnología moderna obnubilen el valor de la ciencia pura, provocando una distorsión en la comprensión de los procesos del conocimiento y su materialización en forma de tecnología o de insumos materiales. Es comprensible por la vinculación más directa de esta última con la economía y la vida práctica en todos sus aspectos. Pero, si pensamos en las estrategias y políticas de desarrollo, no se debería perder de vista que estamos jugando también en el largo plazo; es posible que la investigación en ciencia básica no prometa muchas divisas a corto plazo, y tal vez ni siquiera a largo, pero se trata de un valiosísimo componente vital que, dentro de un complejo engranaje histórico, da resultados materiales y prácticos. Su fortalecimiento está ligado a cualquier diseño de un futuro de progreso y auto-edificación nacional: la experiencia histórica en los países desarrollados es una clave para comprender esto.

Pero es necesario tener cuidado cuando hablamos del desarrollo de la ciencia en países que, como el nuestro, no han tenido una tradición ni una cultura científicas; la desvinculación de la ciencia de la vida productiva y nacional, el academicismo en la producción del conocimiento, típico en toda América Latina, permite provocar en esto deformaciones contrarias pero simétricas: provoca, por ejemplo, que la ciencia se pueda ver o valorar de manera abstracta y aislada, o, por otro lado, subordinada a la tecnología.

Pero podemos dejar el asunto así -para la reflexión- y tal vez resulte más conveniente introducirnos un poco en disquisiciones más generales en torno a la ciencia y la tecnología, que pueden a la larga resultar de utilidad en la definición de los límites en los que nos movemos.

La sociedad moderna está configurada de manera especial por la participación de la ciencia y su aplicación en la resolución de los problemas prácticos. Podemos decir que todo arranca -siendo esquemáticos y breves- con la Revolución Científica del siglo XVII; la Revolución Científica se estableció sobre los hombros del Renacimiento, en una Revolución intelectual que impulsó a su vez importantes transformaciones políticas y económicas.

Las teorías de Newton fueron introducidas en Francia por Voltaire y usadas políticamente contra el orden establecido. La Ilustración del siglo XVIII fue heredera directa de la pareja Renacimiento-Revolución Científica.

Es indiscutible el rol que jugaron las nuevas ideas científicas (y en particular trabajos realizados por las sociedades científicas) en la construcción de la máquina de vapor de Watt, que fue un elemento decisivo de la Revolución Industrial del siglo XVIII.

Ahora bien, la Revolución Industrial se benefició de la Revolución Científica, pero no es posible establecer una relación causa-efecto entre ambas. De hecho, la primera es sobre todo producto de la racionalización de la evolución técnica acelerada en los siglos XV y XVI, y amplificada durante el XVII y parte del XVIII. La ciencia y la técnica han tenido desarrollos y dinámicas respectivamente independientes: “universos de discursos” autónomos, a pesar del tramado de nutrientes relaciones mutuas que se amplificaron precisamente en la época moderna, dando por resultado la realidad actual de la tecnología.

Se puede ver a la tecnología como ciencia aplicada (definida por la ciencia). Este es el parecer de muchos de los doctos filósofos de la ciencia. También se puede poner la ciencia aplicada en relación con las técnicas, y a todo este asunto darle el nombre de tecnología. En esto hay diferentes opiniones. Lo que pareciera ser cierto, sin embargo, es que la Revolución Científica recibió un importante “input” de los problemas teóricos planteados por las técnicas de la época. Y estas siguen jugándolo, aunque de maneras diferentes.

La innovación técnica como respuesta ante necesidades concretas sociales y económicas ha sido un motor del desarrollo de la ciencia. Aquí se plantea un puente material de contacto entre necesidades socio-económicas y la ciencia. Para que este “dispositivo” de aplicación y estímulo pueda realizarse es necesario, por un lado, exista el interés económico-social de la innovación técnica (por ejemplo, que esta prometa beneficios a quien la patrocina), además que existan las condiciones teóricas requeridas, y, también, condiciones políticas y sociales que aseguren cierta libertad para las innovaciones, y para el tejido intelectual que las pueda generar.

En el largo plazo, la producción propiamente intelectual o científica relativa a la innovación técnica requiere un contexto y estímulos intelectuales reñidos con el autoritarismo y la represión del pensamiento. Fue la conjunción de una voluntad e interés políticos con cierto contexto intelectual más libre y flexible lo decisivo en el curso del proceso Renacimiento-Revolución Científica. Para que esa conjunción fuese posible fue necesario el debilitamiento político de la Iglesia, en una Europa de partida extraordinariamente heterogénea. Es necesario recordar que el siglo XIV contempló guerras, pestes, miseria, y, entre otras cosas, el Cisma de Occidente.

Lo anterior nos permite expresar que los límites de la ciencia y sus materializaciones prácticas -aparte de su esencial discurso interno y dinámica teórica- no están socialmente dados solo por las condiciones materiales económicas, sino también muy especialmente por las “materiales” políticas e ideológicas. La ciencia no está en función directa linealmente de la organización económica o técnica de la sociedad (aunque a la larga la ausencia de estímulos económicos o técnicos, sociales, evidentemente, establecen importantes límites); a pesar de que las ciudades italianas fueron desplazadas económica y hasta políticamente del centro europeo como resultado de las nuevas rutas y orientaciones comerciales abiertas con América y Asia, Italia siguió manteniéndose a la vanguardia de las nuevas ideas científicas hasta el mismo siglo XVII.

La autonomía de paciencia depende del concurso especial de la matemática y de una dimensión de indagación empírica que no le hace depender de la economía o la técnica más que en sus límites y estímulos. La evolución social de la ciencia depende entonces de las posibilidades económicas, las condiciones técnicas, las voluntades políticas y de ciertas condiciones culturales; pero también muy especialmente de las comunidades científicas mismas (de sus dinámicas internas, sus criterios, sus prejuicios, etc.), a la par, por supuesto, de las motivaciones psicológicas individuales en los mismos científicos. Cómo actúan en cada momento los diferentes factores, es una comprensión que exige el

análisis histórico; esto no puede ser sustituido por grandes leyes transhistóricas. La conjunción de los constituyentes de una realidad histórica concreta no está determinada nunca de antemano. En el pensamiento occidental ha habido una fuerte tendencia a excluir el azar, ya sea por obra de la Providencia divina o de los múltiples determinismos contenidos en los sistemas y doctrinas teóricos. En los procesos sociales e históricos el azar sigue siendo un componente imposible de evadir.

Para finales del siglo XVII Europa había superado en sus técnicas a la China no sólo por los retrocesos que esta sufriera sino porque Europa había vivido una extraordinaria revolución, que proseguiría durante los siglos posteriores.

La tecnología moderna es producto del "matrimonio" de la ciencia y la técnica que empezó en esa época. Esto pudo no haberse dado, al igual que no se dio en otras partes, incluso teniendo buenas trayectorias técnicas o eruditas. Una vez establecida, la tecnología se ha convertido en otro importante componente del devenir histórico mundial. De hecho, la fusión de la ciencia y la tecnología ha sido de tal profundidad que hoy en día sería más apropiado hablar de una sola realidad: la ciencia-tecnología (con aspectos y énfasis particulares propios). La estructuración y uso de esa realidad representa hoy en cierta forma la vida o la muerte de nuestra especie. En el combate histórico para hacer presente solo la vida y el progreso, será necesario encontrar criterios y métodos teóricos y prácticos que permitan avanzar en esa dirección. Los esquemas abstractos y los determinismos intelectuales son, por lo menos, estériles para esos propósitos.

A esta altura del desarrollo de nuestra civilización, pocos niegan que la ciencia y la tecnología no sólo no traen la solución a todos los problemas del hombre sino que bien pueden servir para hacerle desaparecer. Una forma de decirlo tal vez sea afirmando que el reinado indiscutible de la ciencia y la tecnología ha ido de la mano de la dominación del factor económico en la vida social; tal vez la ignorancia y la mala voluntad de los hombres, el egoísmo y la estupidez, sean otros componentes de este cuadro contradictorio. La realidad es que, sea una cosa o la otra, o ambas, o ese síndrome pernicioso toca a su fin o el agotamiento ecológico o una guerra nuclear pueden terminar con la cultura humana. Y esto es posible, aún en estos tiempos en los que la Guerra Fría se desplomó con la caída del mundo comunista. Ahí están los arsenales nucleares, y difícilmente serán destruidos en su totalidad mientras no exista algo así como lo que Bertrand Russell proponía: un gobierno internacional. Pero si las armas no nos acaban, la explosión demográfica, desenfrenada e incontrolable, y el desequilibrio con la naturaleza, se encargarían de hacerlo, aunque tal vez la forma que esto tome sea la de una lenta decadencia y una miseria espantosas para la mayoría de nuestra especie.

El papel que la ciencia y la tecnología, y el papel que la inteligencia puede jugar es formidable en la sobrevivencia de nuestro planeta, y también en el progreso, esa vieja utopía del pasado. Se abre entonces un nuevo capítulo histórico, en el que la recuperación humanista del universo social coloca en una perspectiva totalmente diferente a la ciencia, la técnica y la economía. Los imperativos éticos lo trascienden todo, y definen lo que deben ser nuestras responsabilidades.

La recuperación del hombre sometido a un desarrollo científico y técnico, y una economía abstracta e impersonal, una realidad que no controla y que amenaza su mundo y su supervivencia debe ser el objetivo de un nuevo Renacimiento humanista. Esta recuperación no vendrá dada por las formulaciones extremistas del totalitarismo; de la represión contra la libertad y contra el individuo; tampoco vendrá de ningún resultado científico o tecnológico en sí mismo, sino de un progreso

vital, cultural y ético, en las condiciones de existencia materiales y espirituales del hombre.

La Revolución Cultural que alumbró el nacimiento de nuestro universo científico moderno, vuelve a ser necesaria hoy una vez más.

En este breve recuento de opiniones sobre la ciencia y la tecnología de nuestra época, he querido enfatizar una relación estrecha entre éstas y la cultura en sentido general. La génesis y el progreso de la ciencia y la tecnología deben inscribirse en el marco de la conciencia o la cultura general de una sociedad para que realmente tenga posibilidades de éxito.

Esto no es simplemente un asunto a resolver por la vía teórica. Los actos concretos en todas las dimensiones de la sociedad son necesarios. Pero no se puede perder de vista que sin hacer hegemónica la idea de la ciencia y la tecnología como recursos imprescindibles del progreso, visto este en su larga perspectiva, no hay nada que hacer.

*La edición de este libro resultó un poco accidentada. Originalmente había pensado finalizarla antes de setiembre de 1989, cuando partí hacia Boston, en los Estados Unidos, para integrarme como Visiting Scholar en el Departamento de Historia de la Ciencia de la Universidad de Harvard. Sin embargo, fue imposible lograr la transcripción de los trabajos antes de mi salida; y durante mi ausencia todo se complicó. Cuando me reincorporé a la Universidad de Costa Rica, inicié un largo proceso para darle forma al libro: completar el levantado, trasladar los archivos del formato IBM al Macintosh, revisar "n veces" los trabajos, corregir interminables listas de errores de todos los tipos, así como diagramar y confeccionar -hasta los mínimos detalles- las artes finales, incluyendo la portada, y hasta pelearnos con varias frases en griego que el procesador de palabras se negó a admitir. Por último, buscar en todas partes -durante meses- la financiación del libro. Después de muchos esfuerzos y días, llegamos al final de ese arduo proceso, y solo espero que la gentil paciencia de los autores se haya visto compensada por nuestro resultado.*

*Espero que los lectores tomen nota de cómo lo que decíamos arriba acerca de que la ciencia no tiene el espacio que le corresponde en la cultura nacional, se manifiesta en este tipo de periplos para editar y publicar en nuestro país libros como el que usted tiene en las manos.*

*Ángel Ruiz Zúñiga Presidente  
Asociación Costarricense de Historia y Filosofía de la Ciencia  
Mayo de 1991  
San José, Costa Rica.*

# 1. FILOSOFÍA Y METODOLOGÍA DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA



## 1.1 ¿SIRVE LA HISTORIA DE LA CIENCIA PARA ILUSTRAR CUALQUIER FILOSOFÍA DE LA CIENCIA?

Luis A. Camacho N.[\[1\]](#)

### RESUMEN

*Cada escuela reciente en filosofía de la ciencia ha procurado utilizar la historia de la ciencia, y el resultado aparente es un relativismo escéptico -a veces proclamado explícitamente- según el cual la historia de la ciencia "da para cualquier cosa"*

*La ponencia intenta distinguir varios modelos de relación entre historia y filosofía de la ciencia, con el propósito de restringir el ámbito del escepticismo. No es lo mismo partir de ejemplos de historia de la ciencia para construir teorías, que aplicar las teorías a la interpretación de ejemplos históricos. De hecho con frecuencia una posición en filosofía de la ciencia se inspira en la historia de una ciencia particular, y luego procede a interpretar según su esquema la historia de las otras.*

1. En el I Congreso Centroamericano de Historia de la Ciencia y de la Tecnología presenté una ponencia titulada "Uso de historia de la ciencia en filosofía de la ciencia", donde señalé la necesidad que tiene la ciencia tanto de su historia como de su filosofía, y la urgencia de que estas últimas se unifiquen en un análisis que tenga presente el desarrollo histórico de la tecnología. [\[2\]](#) Ahora veremos el tema desde otro ángulo, a saber, el de los inconvenientes que surgen cuando la filosofía de la ciencia relativiza la historia de la ciencia para sacar partido de un enfoque que permite decir casi cualquier cosa. Una consecuencia de esta relativización de la historia de la ciencia es que, si cualquier cosa se puede probar a partir de los datos históricos, en cierto modo estos sobran. Y ésta es justamente la impresión que tiene uno con algunas filosofías de la ciencia, que parecen más teorías epistemológicas generales que recuentos explicativos de lo ocurrido en la historia.

Las reflexiones que siguen fueron motivadas por unas palabras dichas de paso por Maurice Finocchiaro, el distinguido profesor de historia de la ciencia en la Universidad de Nevada en Las Vegas y autor de la excelente obra *Galileo and the art of reasoning*. [3] Durante su exposición en el XVII Congreso Internacional de Historia de la Ciencia, celebrado en Berkeley, California, en agosto de 1985, Finocchiaro comparó diversos enfoques sobre la obra de Galileo, y al mencionar los trabajos de William Wallace sobre los *Juvenilia* de Galileo, que nos dan una perspectiva más bien aristotélica y resucita la idea de Randall según la cual Galileo tuvo fuertes influencias jesuíticas, Finocchiaro expresó su idea de que la historia de la ciencia puede deparar argumentos para distintas teorías. Por supuesto que la idea no es de Finocchiaro. Simplemente se oye con frecuencia; al igual que otras muchas cosas que se repiten sin analizarse, conviene detenerse un momento para ver hasta qué punto recoge una intuición válida.

La inquietud surge del hecho de que la filosofía de la ciencia en nuestros días muestra un panorama desolador. Supuestamente debería explicar el fenómeno histórico llamado ciencia, sobre cuyos límites y alcances hay algunos puntos en que la mayoría estarían de acuerdo, pero en realidad se ha constituido en un campo totalmente abstracto donde batallan teorías que no parecen tener nada que ver con la actividad diaria de los científicos. Como dice Jesús Mosterín en el Prólogo a la obra *Filosofía actual de la ciencia* de Andrés Rivadulla Rodríguez. [4]

El tufillo escolástico de las discusiones entre las diversas parroquias epistemológicas (...) parece sobreponerse al sudor, la alegría y las lágrimas del mundo jugoso y abigarrado de la ciencia real, del que apenas si nos llegan los ecos lejanos"

También Feyerabend muestra su impaciencia con la filosofía de la ciencia actual, y subraya "su" porque los términos son tan propios de este autor que no es fácil encontrar alguien parecido.

Curiosamente, esta impaciencia con el desvío del interés original también se da en filosofía de la tecnología. Como dice Otto Mayr en la introducción a la obra *Philosophers and machines*:

El asunto de la relación entre ciencia y tecnología ha sido el objeto de una larga y cansadora discusión, discusión hecha más difícil por confusiones del lenguaje y por diferencias en trasfondo y motivos entre los participantes. Al final uno siente el deseo de más información fáctica en vez de más debate, y de testimonio de fuentes históricas en vez de postulados especiales". [6]

Se trata de un fenómeno más general: por citar otros campos o ejemplos, se supone que la lógica analiza la relación de validez, algo que se da en nuestros razonamientos diarios, pero no encontramos nada entre los artículos de la *Journal of Symbolic Logic* que nos pueda ayudar a razonar correctamente para resolver un crimen. A su vez, se supone que la filosofía de la lógica reflexiona sobre lo que hacen los lógicos, pero la discusión en la primera no parece tener mucho que ver con lo que se hace en la segunda. Y otro tanto encontramos cuando pasamos de la matemática a la filosofía de la matemática: todos estamos familiarizados con las operaciones y nociones de las matemáticas, pero a casi todos nos suenan incomprensibles las discusiones en filosofía de la matemática, en gran medida porque nos parece que tienen poco que ver con lo que ocurre en matemáticas.

En estos y otros casos, el elemento normativo parece estar más presente en el discurso de segundo nivel. La lógica rechaza como inválidos argumentos que la mayoría de la gente acepta sin pestañear, y a su vez la filosofía de la lógica cuestiona el carácter de ciencia de algunas ramas recientes que se consideran a sí mismas enfoques correctos de la lógica. La filosofía de la ciencia se preocupa por demarcar un límite entre lo que considera ciencia y lo que no, de modo que con frecuencia las disputas en filosofía de la ciencia se parecen más a las de la ética que a las que podría uno encontrar en la historia. Mientras ésta última suele ser más tolerante en su admisión de candidatos a la categoría de ciencia, la primera restringe notablemente la entrada. La progresiva abstracción hace que la filosofía de la ciencia se pueda permitir un relativismo que en la actividad científica misma se volvería sospechosa. Y aunque los historiadores de la ciencia están muy lejos de formar un bloque compacto, podemos afirmar sin mucho temor que todos ellos se preocupan por dominar los hechos básicos correctamente: ¿quién descubrió qué cuándo y cómo.

Ahora bien: ¿qué ocurriría si la historia de la ciencia se volviese a escribir, sólo que esta vez aplicando los criterios de demarcación establecidos por los diferentes filósofos de la ciencia? Podríamos señalar varios resultados probables en lo que vendría a ser algo así como una historia-ficción de la ciencia:

(a) Las diferentes versiones serían seguramente muy distintas entre sí. Una historia de la ciencia escrita por un popperiano sería muy diferente a una escrita por un kuhniano.

(b) Más aún, probablemente las diferentes versiones serían incomensurables. Capítulos enteros que aparecerían en unos autores desaparecerían en otros. Elementos comunes a unos y otros serían presentados de maneras a veces tan diferentes que no encontraríamos forma de relacionar unos relatos con otros.

(c) Puesto que las nociones usadas por filósofos de la ciencia a veces son ambiguas, varios historiadores que trabajasen dentro de una misma concepción de la ciencia nos darían versiones diferentes. Por ejemplo, distintos historiadores inspirados en Kuhn fácilmente discreparían en lo que considerarían cambios paradigmáticos. Lo que algunos Kuhnianos considerarían revoluciones científicas para otros serían simplemente cambios dentro de la ciencia normal.

(ch) Quizá algunas veces los enfoques variados se complementarían. Una versión popperiana sería más acorde con una historia internalista de la ciencia: de otra, inspirada en Kuhn, podrían derivarse consideraciones externalistas. Ambos aspectos se complementarían, aunque no los puntos fundamentales de las respectivas versiones.

(d) El resultado de este proyecto, visto desde fuera por alguien acostumbrado a la historia de la ciencia tal como ésta se ha venido haciendo, parecería más bien pobre. Desaparecería la posibilidad de consultar la historia de la ciencia a la hora de juzgar una particular filosofía de la ciencia, a no ser que contásemos con otro nivel de dicha historia, previo a la discusión entre escuelas.

(e) Cualquiera que fuese el enfoque seguido, sospecharíamos de cualquier historiador de la ciencia que no tuviese sus datos correctos. Aunque los datos se pueden encajar de distintas maneras, no podemos colocar a Copérnico antes de Tolomeo, o a Harvey antes de Hipócrates. Por más tolerantes que seamos en el manejo de hechos, no podemos impunemente atribuir a alguien lo que no hizo o situar una teoría científica determinada allí donde no existió.

(f) Sería obvio, en todo caso, algo que parece haber sido olvidado en algunas discusiones acerca de la naturaleza de la ciencia: no hay filosofía de la ciencia si no hay ciencia, y es la historia de la ciencia la que nos da una idea acerca de ese fenómeno social.

2. Ayuda mucho a aclarar la situación el planteamiento de una sencilla pregunta. "¿Por qué surge la filosofía de la ciencia?". Esto nos lleva a la siguiente pregunta: "¿Qué es una filosofía de la ciencia?". Si entendemos por tal cualquier intento por determinar en qué consiste el conocimiento científico obviamente la filosofía de la ciencia es tan antigua como Platón y Aristóteles. Casi todos los filósofos de casi todos los tiempos han tenido algo que decir en cuanto a las características del conocimiento que consideran científico. Esto presupone, por otra parte, que existía ya alguna ciencia que pudiera tomarse como modelo. Suele decirse [7] que Platón toma como modelo de ciencia la matemática, mientras que Aristóteles la biología; de nuevo es la matemática lo que tienen en mente Descartes y Leibniz cuando hablan de ciencia, [8] así como también Husserl más tarde, en tanto que Kant está pensando en la física de Newton cuando habla de ciencia. Hay que llegar a Ernst Mach para encontrar un programa diferente en filosofía de la ciencia, y por ello muchos lo consideran el primer filósofo de la ciencia en sentido estricto. [9] En efecto, se trata en él de todo un programa de revisión de los fundamentos de la ciencia tal como la conocía en su tiempo, comparable en propósito a la idea de Frege de revisar los fundamentos de la matemática. Como dice Feyerabend:

"Ernst Mach no estaba satisfecho con la ciencia de su tiempo. Tal como la veía, se había vuelto parcialmente petrificada. Usaba entidades tales como el espacio y el tiempo y la existencia objetiva sin examinarlas. Además los filósofos habían empezado a afirmar, y los científicos habían empezado a creer, que tales entidades no podían ser examinadas por la ciencia porque ésta las presuponía. Mach no estaba dispuesto a aceptar esto. Para él cada parte de la ciencia, incluyendo las "presuposiciones", era un tema de posible investigación sujeto a corrección". [10]

Este texto de Feyerabend tiene gran importancia, porque nos muestra que el primer filósofo de la ciencia busca justamente destruir mitos filosóficos acerca de la ciencia. Cuando uno oye decir, por ejemplo, que la metafísica es necesaria porque "le da su objeto a las ciencias" no puede menos de sorprenderse de una afirmación tan carente de fundamento histórico. Por citar un ejemplo reciente, ¿cuándo y cómo le dio la metafísica su objeto a la economía política? ¿O a la genética?

3. A veces el relativismo obedece a un intento de rechazar las pretensiones del absolutismo. En el caso de la filosofía de la ciencia, este absolutismo se muestra en la tendencia a reducir todo el inmenso fenómeno de la ciencia a algún esquema único: los silogismos necesarios y apodícticos de Aristóteles, las proposiciones verificables del Círculo de Viena, el modus tollens de Popper, las dos clases de conocimientos según Polanyi, los paradigmas de Kuhn, los programas de Lakatos.

Ante el absolutismo de alguna posición que es obviamente parcial, el relativismo nos permite señalar las limitaciones de lo que Mosterín llama las "parroquias epistemológicas".

Tomemos de nuevo el ejemplo de Mach, y de nuevo sigamos a Feyerabend. La diferencia entre el enfoque de Mach y los posteriores se puede ver en tres aspectos:

(a) Mach adoptó una actitud crítica respecto de la ciencia como un todo, a diferencia de los autores recientes que se basan en el análisis de algún aspecto o teoría particular en la ciencia y sugieren cambios que a la larga vienen a ser secundarios en importancia.



(b) Mach criticó ideas científicas sin salirse de los patrones de la ciencia. En vez de utilizar criterios externos a la ciencia misma, asumió cambios que la misma metodología de la ciencia sugería. Los principios metodológicos no son examinados en su obra a partir de teorías externas de racionalidad, sino mostrando en qué forma ayudan o impiden la labor de los científicos.

(c) Mach no aceptó distinciones entre diferentes áreas de investigación; tomó la ciencia como un todo y su método como uno solo. Al mismo tiempo, rechazó la calificación de filósofo de la ciencia y nunca aceptó la idea de que él, desde fuera de la ciencia, estuviera dando parámetros de racionalidad a los científicos. Cuando vemos en nuestros días el grado de alejamiento de la realidad científica de que dan muestra los cultores de la filosofía de la ciencia la tentación es volver a buscar los orígenes de la misma. Una vuelta al espíritu de Mach no nos haría mal.

## NOTAS

[1] Escuela de Filosofía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

[2] Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica. N°59, pp.5-9.

[3] Galileo and the art of reasoning es considerada por Feyerabend (Science in a free society Londres: Verso Editions, 1978, p. 159) la mejor obra sobre Galileo.

[4] Andrés Rivadulla Rodríguez. Filosofía actual de la ciencia (Madrid: Tecnos, 1986), p. 17.

[5] Paul Feyerabend. Science in a free society (Londres: Verso Editions, 1978). p. 10

[6] Otto Mayr, ed. Philosophers and machines (New York: Science History Publications, 1976). p. 1 (Traducción añadida). Este hermoso tomo contiene 19 artículos publicados previamente en la revista de historia de la ciencia ISIS, que versan sobre multitud de "máquinas" en sentido muy amplio: el alambique, los relojes de agua egipcios, el túnel de Eupalino, el arsenal del Pireo, las ruedas hidráulicas, los anteojos, los diques flotantes, los cañones en tiempo de Isabel I, la máquina de Watt, las de Sadi Carnot, la cibernética y las ondas electromagnéticas. Se incluyen dos estudios sobre literatos que escribieron influidos por la tecnología: uno sobre Leopardi y otro sobre Tennyson.

[7] Véase al respecto Jean Piaget. Naturaleza y métodos de la Epistemología (Buenos Aires: Editorial Proteo, 1970), p. 27.

[8] Esto queda claro en varios ensayos de Leibniz, sobre todo en dos de 1677 titulados "Prefacio a la ciencia general" y "Hacia una característica universal". Ambos aparecen en la selección por Philip P. Wiener. Leibniz Selections (New York: Charles Scribner's Sons, 1951). pp. 12-25.

[9] Feyerabend (obra citada, p. 195) considera que la filosofía de la ciencia moderna empieza con el Círculo de Viena, pero añade que resulta útil volver a los filósofos "más tempranos" y, en particular, a Ernest Mach.

[10] Paul Feyerabend, obra citada. p. 196. San José, Costa Rica.



## 1.2 CULTURA GENERAL Y ESPECIALIDAD

Rodolfo Herrera Jiménez. [\[1\]](#)

### RESUMEN

*En este trabajo buscamos hacer una discusión filosófica sobre la relación entre el estudio especializado y la formación general. Para ello se establece un marco teórico que se define cultura general y especialidad.*

Se entiende por “especialidad” a la preparación, el conocimiento y el cultivo de un campo específico de actividad humana, sea este perteneciente a cualquiera de las clases de práctica social que se dan en los subsistemas sociales de una sociedad [\[2\]](#) biológico, económico-productivo, ideológico, cultural o político.

Las principales prácticas sociales son:

- (i) la biomédica, que transforma y controla cosas humanas (por ejemplo, la salud),
- (ii) la económico-productiva, que realiza la transformación material directa,
- (iii) la ideológico-cultural, que produce las ideas que controlan y desarrollan a las otras prácticas y
- (iv) la político-administrativa, que realiza o dirige el control o el cambio social. Estas implican de hecho una especialización.

El subsistema de la sociedad que nos interesa es el "sistema cultural", cuya práctica específica se da especialmente en las Universidades, uno de sus principales componentes. [\[3\]](#) La práctica cultural: filosófica, científica, científico-tecnológica [\[4\]](#), tecnológico-científica [\[5\]](#), ideológica, artística, es la que produce los artefactos culturales: los sistemas conceptuales y los objetos concretos de la cultura, integrados los primeros como conocimiento, principalmente en los componentes del sistema cultural.

La “Cultura” como resultado del cultivo por los hombres del conocimiento humano, es una función cerebral de aquellos que la cultivan y no reside en los artefactos culturales o en algún mundo ficticio inmaterial y autónomo. Es mediante la práctica cultural como el hombre se apropia de los conocimientos y habilidades que son parte de la cultura social total. Aquí nos ocuparemos de la

“Cultura” en el sentido más restringido del " sistema conceptual de la cultura" [6] que poseen los componentes de los "subsistemas culturales concretos" de la sociedad. Este sistema conceptual es una de las propiedades de los componentes del sistema concreto, de los encargados de la práctica cultural y entonces de la actividad orientada a producir sentimientos o pensamientos que dan las ideas que intervienen en la producción y el control social, pues son los componentes del sistema cultural los que constituyen la cultura como un saber convertido en saber cómo-hacer-para. [7]

El sistema conceptual de la cultura está compuesto por los siguientes subsistemas: filosofía, ciencias formales, ciencias fácticas (naturales o sociales), tecnología, humanidades, arte, ideología. Este modelo sistémico obviamente considera la conexión mutua entre los componentes, sus niveles y estructura. La tecnología como sistema cultural contiene el "patrimonio científico-tecnológico", producto de las prácticas científico-tecnológica y tecnológico-científica.

La "especialidad" se da en primera instancia por la división del trabajo (cuatro grandes campos: biología, economía, cultura, política) y por el incremento en la información, la complejidad del conocimiento y las condiciones intersistémicas e interdisciplinarias del trabajo. [8] Aún los que son los componentes del sistema cultural, los que se dedican a la creación, mantenimiento, difusión de la cultura, se especializan en algún campo o, más aún, en un microcampo. Los efectos de la especialización se cristalizan en el interior del trabajo intelectual como división en disciplinas específicas: las prácticas culturales o las especialidades intelectuales cuyo producto está representado por los subsistemas del sistema conceptual de la cultura.

El problema universitario básico es cómo lograr educar a los profesionales, a los profesores, etc., especialistas de hecho, para que posean una "cultura" que elimine la "deformación del especialista" y que entonces incluya a todos los componentes del sistema cultural conceptual. Antiguamente esto se pretendía lograr por medio de una preparación adicional en el campo de las humanidades clásicas. Así es como muchas universidades practican principalmente una escuela de cultura, la de las letras o cultura literaria (literatura, bellas artes, historia, moral, religión), con el objeto de dar un aprendizaje que dé como resultado un "hombre cultivado": el que sabe actuar ante los objetos culturales; no un saber científico sobre el objeto, sino un saber-hacer-para "apreciar".

Aún cuando se intenta a veces incluir a las "ciencias humanas", estas no se salen de la misma metodología de la cultura literaria o de la simple información de hechos o ideologías. Es decir, que en la práctica se trata de cumplir el cometido de una enseñanza o educación integral, culturalmente hablando, con únicamente los campos del subsistema cultural del Arte, Humanidades, Cultura Literaria e Ideologías (incluyendo en éstas a la variedad de tratamientos que se usan con las ciencias humanas, con lo social y a la Metafísica especulativa).

Sin embargo, en la relación cultura-especialidad, lo que es opuesto a "especialidad" (o a lo especial o particular) no es la "cultura", sino la "formación general". En realidad no se puede alcanzar una "cultura" sin ambos, si se piensa que toda cosa particular es de cierta manera general y toda cosa general es de cierta manera particular. Así sucede por ejemplo en el proceso de desarrollo de una ciencia, en el que se da permanentemente una particularización y generalización conceptual, pues dada la conexión objetiva de los procesos existentes, es que los conceptos no están aislados, de tal manera que en el juicio, que representa el momento de la determinación, se presenta esta implicación de los conceptos generales y particulares.

Hoy día el enorme incremento del saber humano produce una tendencia a la especialización, dada la finitud de la capacidad cerebral y las posibilidades prácticas del hombre, pero simultáneamente se da también un movimiento opuesto y vinculado: el desarrollo de lo general. Esto implica que todo proceso educativo requiere de una formación sistémica, interdisciplinaria y general para cada disciplina especial.

Surgen para la academia entonces las siguientes preguntas: ¿Qué sería lo general en una educación sistémica e interdisciplinaria? ¿Se puede dar un especialista profundo en alguna especialidad sin un conocimiento de lo general o viceversa?

En referencia al modelo sistémico de la “cultura”, es necesario preguntarse, ¿qué es lo común en las prácticas culturales y en los subsistemas conceptuales que producen? Debemos investigar si los procesos creativos tienen ejes comunes y preguntarse: ¿en qué se diferencia una creación musical de una matemática o de la ingeniería? ¿En qué se diferencian y cómo se vinculan las prácticas científicas y tecnológicas? [9]. ¿Es la metodología del diseño o proceso de creación de los sistemas artificiales diferente, o tienen algo en común con todas las otras prácticas transformadoras?

Todo este enfoque es un resultado de la concepción de la ideología de las “dos culturas”, con la que se contraponen ordinariamente las matemáticas, las ciencias naturales y la ingeniería, a las otras áreas de lo que denominamos aquí el sistema conceptual de la cultura y sus correspondientes prácticas productoras.

También es necesario buscar cuáles son hoy las disciplinas integradoras o fundamentales. Se podría poner a la "matemática" o a la "lógica formal" como constitutivas de casi todos los campos de la cultura y preguntarse si no existen nuevos saberes generales nacidos de las ciencias y tecnologías modernas que, como la “teoría general de los sistemas”, no tienen referentes concretos y, por tanto, son generales y pueden dar fundamento a una metodología cultural interdisciplinaria. Finalmente, hay que considerar el campo de la cultura que es central para el resto de los subsistemas de ésta y que vive de ellos en interrelación permanente: la Filosofía. Aquí surge un problema ideológico: ¿Cuál Filosofía? Lo que se requiere es la integración de una ciencia filosófica (no filosofía de la ciencia) [10], una ciencia de las relaciones universales en la naturaleza y la sociedad, como una ontología [11] o cosmología científica y exacta y una epistemología congruente con las ciencias, y no una filosofía especulativa, o escolástica o la perteneciente a algunos campos específicos del saber filosófico, un campo particular e importante de la cultura.

Cuando decimos "científica", nos referimos a que se alimenta de las ciencias y utiliza su método, mientras cuando decimos "exacta" es por su rigor racional, por su objetividad y por su lenguaje. La diferencia entre Filosofía-como ciencia filosófica- y la Ciencia es de grado de generalidad y de tipo de referencia. La Filosofía es así una ciencia máximamente general, pues estudia y produce las leyes más generales del desarrollo, siendo además uno de sus campos la ciencia misma. En el primero constituye una ontología científica y en el segundo, una epistemología. Tales leyes “coinciden” en general y en todo con las leyes de las ciencias particulares y se manifiestan en su acción, pero no constituyen su esencia, pues la esencia de todo objeto está en su “lógica específica”.

Esta práctica teórico-científica y sus teorías deben ser compatibles con las teorías científicas y quedar sujetas a la contrastación empírica o experimental, aunque sea indirectamente.

Engels afirmaba que no es posible una “sistemática”, es decir, un sistema filosófico universal del mundo después de Hegel. Sin embargo, simultáneamente, se alaba la necesidad del conocimiento sistemático del mundo, del desarrollo de la ciencia en su propia e inherente conexión interna. Eso implica una ciencia filosófica de los nexos generales y de las relaciones de los objetos y fenómenos de su desarrollo y cuya estructura está determinada por la de su referente u objetos existentes objetivamente. Siendo un sistema de conocimiento, se manifiesta como expresión directa de la estructura del pensamiento teórico-científico y por medio de ésta, de la estructura de los fenómenos y procesos existentes en la realidad objetiva.

Finalmente, debe considerarse el surgimiento en las ciencias y las tecnologías, de ciertos métodos especiales que tienen un carácter integrador científico-general, siendo este el rasgo específico del desarrollo de la ciencia en este siglo, que permite la aplicación de la filosofía científica a la ciencias especiales y viceversa. Tal es el caso del enfoque sistémico y de la Teoría General de los Sistemas, la cual constituye una herramienta básica para la explicación y dilucidación conceptual del conocimiento y sus referentes, determinados por una estructura de niveles ontológicos.

La “cultura general” no se puede dar hoy sin una concepción científica del mundo, sin la formulación de los métodos de la ciencia y de una integración teórico-práctica del desarrollo histórico de la sociedad.

Esta integración sólo se da en la práctica misma transformadora, representada principal y culturalmente por las Tecnologías. [\[12\]](#) Es en ellas que se da, por su carácter sistémico, la interdisciplina real, no ideológica. Desde un punto de vista universitario y curricular, se debe integrar el problema cultural general sin separarlo de la enseñanza de las prácticas mismas. De esa manera las contradicciones ideológicas surgirán necesariamente y obligarán a una toma de posiciones en la solución de los problemas. La cultura se integraría conceptualmente, no como un proceso aislado, sino como una realidad ideológica en la sociedad.

## NOTAS

- [1] Ex-Decano, Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- [2] M. Bunge. Treatise on basic Philosophy; M. Bunge, Epistemología, y R. Herrera. "Universidad y Cultura General"
- [3] M. Bunge. Treatise on basic Philosophy y R. Herrera. "Universidad y Cultura General".
- [4] La "práctica científico-tecnológica" (designación del autor) es una clase de práctica científica dedicada al estudio y desarrollo de teorías y leyes particulares y de un interés práctico inmediato; es decir de utilidad para la práctica científico-tecnológica. En especial, se refiere a sistemas artificiales.
- [5] La "práctica tecnológico-científica" (designación del autor) tiene por función principal el diseño o creación de sistemas conceptuales, materializados en sistemas concretos (por ejemplo, planos, diagramas, "software", etc.), que representan a posibles sistemas concretos o sus estados (por ejemplo, la Ingeniería).
- [6] M. Bunge, Treatise on basic Philosophy y R. Herrera, "Universidad y Cultura General".
- [7] L. Althusser, Curso de Filosofía para científicos; R. Herrera, "Universidad y Cultura General". y R. Herrera, "Los Estudios Generales en la Universidad de Costa Rica".
- [8] Obsérvese que en los Grundrisse Marx no habla de abolición-superación de la especialización y, además, algunas de sus argumentaciones parecen incluso hablar contra esa hipótesis.
- [9] R. Herrera. "La práctica tecnológica".
- [10] "Su negocio es estudiar las características más generales de la realidad y los objetos reales. Pierce. Ella está interesada en todas las preguntas de un carácter general y fundamental en relación con la naturaleza de lo real". Montagu, 1925. (Ver también Woodger, 1929; Williams, 1937; Quinton, 1973). Es una metafísica que estudia las propiedades generales (no específicas) del movimiento de la materia. Esta tarea Hegel (1812-16) se la asignó a la "lógica objetiva" y Engels (1878) a lo que se llama "materialismo dialéctico". (Citado de Bunge, M. N° 2 de la Bibliografía). "La dialéctica no es más que la ciencia de las leyes generales del movimiento y la evolución de la naturaleza, la sociedad humana y el pensamiento". (Citado por Engels, N° 4 de la Bibliografía). "La ciencia de la filosofía tiene también su dominio particular: el conocimiento de lo general; es decir, el conocimiento de lo que es común a todos los procesos y, por consecuencia, existe en cada uno de ellos, sin excepción". (Citado por Elí de Gortari, N° 5 de la Bibliografía).
- [11] No nos referimos al término de "ontología" en su significado tradicional para la filosofía o la metafísica idealista: "ciencia del ente como tal", independiente de la ciencia fáctica. No estamos hablando de una ontología científica no, es una filosofía primera, no es una metafísica ni un sistema definitivo, exhaustivo y absoluto. Es la negación de los sistemas filosóficos especulativos, de los cuales el de Hegel fue el último. No es una filosofía de la naturaleza fuera de las ciencias o por encima de las ciencias. No es una "ciencia de las ciencias". Tiene un contenido ontológico-gnoseológico. Tiene por objeto al ser como objeto de nuestro conocimiento y al conocimiento mismo.

[12] R. Herrera, "Los Estudios Generales en la Universidad de Costa Rica" y R. Herrera, "Educación y Tecnología".

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Althusser, Louis.** Curso de Filosofía para científicos. Barcelona: Editorial Laica, 1975.
2. **Bunge, Mario.** Treatise on basic Philosophy. Vols. 3-4. New York: D. Reidel Publ. Co., 1977.
3. Epistemología. Barcelona: Editorial Ariel, 1980.
4. **Engels, F.** Anti-Duhring. México: Editorial Grijalbo, 1964.
5. **Gortari, Eli de.** Lógica Dialéctica. Segunda Edición. México: Editorial Grijalbo, 1959.
6. **Herrera, Rodolfo.** "Universidad y Cultura General". En Estudios Generales Reflexiones de los Decanos. Vicerrectoría de Docencia, Universidad de Costa Rica, 1987.
7. "Los Estudios Generales en la Universidad de Costa Rica. (Un análisis del Sistema de Educación General)". En Estudios Generales. Reflexiones de los Decanos. Vicerrectoría de Docencia, Universidad de Costa Rica, 1987.
8. "Educación y Tecnología". Vicerrectoría de Docencia, Universidad de Costa Rica, 1987.
9. "La práctica tecnológica". A publicarse en *Revista de Filosofía*. Universidad de Costa Rica, 1989.



### **1.3 ACOTACIONES CRÍTICAS ALREDEDOR DE LA NUEVA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA**

Jaime Robert. [\[1\]](#)

#### **RESUMEN**

Haciéndose eco de algunas de las objeciones que el Convencionalismo imputa a la autocomprensión científicista, procura el Neorrealismo crítico enfrentar a aquel y rescatar la racionalidad de la ciencia del irracionalismo al que supuestamente Kuhn le conduce con su convencionalismo.

En ese esfuerzo se distinguen I. Lakatos y L. Laudan, quienes adoptan una perspectiva instrumentalista de conmensurabilidad del conocimiento, basado en el éxito y en el progreso de éste.

No obstante, las presuposiciones cosmológicas, la ingenuidad prometida, y la Psicología del "cogito", que aún preñan esta perspectiva, plantean serias dudas sobre su éxito en la resolución y superación del reto convencionalista.

El Neorrealismo crítico constituye uno de los esfuerzos contemporáneos más significativos por establecer una nueva racionalidad de la ciencia, luego de que Thomas Kuhn y otros como Polanyi y Quine, demostrasen desde su interior las insuficiencias de la auto comprensión científicista, que ya el pensamiento dialéctico, materialista y fenomenológico, habían denunciado desde los tiempos mismos en que el Positivismo se impuso como paradigma para el conocimiento válido.

De acuerdo con el Neorrealismo crítico, el nuevo fundamento de la razón válida no ha de basarse más en la reflexión analítica sobre un supuesto método o lógica indubitable, sino que se ha de establecer recurriendo a una reconstrucción histórica de la racionalidad científica y, mediante el estudio de casos, determinar cómo es que se ha originado en concreto el conocimiento científico a través de los tiempos (Feyerabend, 1984).



Rechazando los presupuestos de infalibilidad e indubitabilidad del conocimiento y de sus procedimientos, afirma el Neorrealismo crítico (Mannicas y Secord, 1983) que:

1. El fundamentalismo empiricista del conocimiento debe ser rechazado: La epistemología científicista presupone la existencia de datos no interpretados con respecto a los cuales es dable contrastar los enunciados teoréticos. De acuerdo con esto, la verdad descansa en la correspondencia teoría-datos, y las hipótesis han de ser sometidas al veredicto supremo de los hechos.

Contrargumenta el Neorrealismo crítico que epistemológicamente hablando no hay nada exterior conocido, a lo cual nuestras teorías puedan corresponder. En tanto el conocimiento es un producto histórico-social y está mediado por estructuras neurofisiológicas y lingüísticas, no existen datos preinterpretados, por lo que la prueba de la verdad no puede descansar en un modelo de correspondencia teoría-hechos.

Si bien es tarea de la ciencia el construir modelos de representación de la realidad, es la misma práctica científica la que genera los criterios según los cuales las teorías pueden ser contrastables (Toulmin, 1972). El punto capital de la nueva visión, ha de ser una presunción ontológica de base realística y una epistemología fatibilística.

2. El "análisis humeano" de la causalidad y de la legitimidad han de ser superados: La autocomprensión científicista entiende la causalidad como relaciones relevantes de contingencia entre eventos simples e independientes, en donde regularidades empíricas ocupan el status de explicaciones científicas, haciendo de la predictibilidad el fundamento mismo de la teoría. Cuando no es posible el establecimiento de regularidades lógicamente necesarias y universalmente válidas, puede recurrirse a relaciones probabilísticas entre variables. De ahí que el uso de los modelos sea ambiguo, oscilando entre su carácter, o bien de representación, o bien de ficción conveniente.

En contraposición, en su marco "no humeano" de referencia, las leyes científicas están constituidas, no por eventos simples, regular o estocásticamente conjuntados, sino que tratan acerca de las propiedades de estructuras que operan y existen en el mundo.

Para la visión neorrealística, el mundo nunca opera bajo condiciones de completo cierre; de ahí que los eventos sean la conjunción de procesos estructurados, y resulten como efecto de configuraciones causales operantes internamente, a diversos y discontinuos niveles de seriación.

Frente al materialismo reduccionista de la autocomprensión científicista, el Neorrealismo crítico opone un materialismo emergente, para quien la realidad se presenta como conjunto de series complejas, progresiva y discontinuamente estructuradas, en donde propiedades generales de la materia se combinan singularmente con propiedades emergentes de ésta, y de acuerdo a los distintos niveles de integración que tal realidad asume.

3. El modelo científicista de explicación y su idea instrumentalista de que explicaciones y predicciones son simétricas, debe ser abandonado. Para el científicismo, la explicación se encuentra subordinada a leyes, con lo que resulta intercambiable con la predicción. Una explicación plena o ideal lo será aquella de carácter nomológico-deductiva, que para el caso práctico se vuelve inductivo-estadística.

Para el Neorrealismo crítico, dado el carácter abierto de los sistemas, la explicación de eventos particulares requiere tanto información de las propiedades causales de las estructuras configuradas, cuanto información de las peculiaridades históricas y situacionales de la configuración en cuestión.

En tales condiciones de sistema abierto, el potencial predictivo del modelo resulta bastante restringido, operando a nivel de tendencia o competencia; explicación causal y regularidad empírica no son intercambiables aquí, como si ocurre en la visión científicista, quien toma la segunda como explicación, cuando apenas ella expresa tendencias probabilísticas.

En fin, que la pretensión de un paradigma de carácter ateorético, empiricista, instrumentalista, y mecánico-humano -que presupone la existencia de hechos externos a toda precognición; que considera los eventos en términos de secuencias regulares y lineales; y que concibe a la teoría como expresión general de relaciones entre eventos empíricos- por constituirse en parámetro del conocimiento científicamente válido, debe ser abandonado según el Neorrealismo crítico, dado el carácter abierto y estructural de los fenómenos y sus peculiaridades relacionales, que hacen inconfundible explicación y predicción -y aún más explicación causal y regularidad empírica- y condenan al absurdo la pretensión de procurar leyes generales de validez universal y necesidad lógica.

## **LOS RETOS DEL CONVENCIONALISMO PARADIGMATICO**

Como antes se mencionara, el Neorrealismo crítico constituye uno de los esfuerzos más significativos por lograr una reconstrucción histórica de la racionalidad científica luego de que Th. Kuhn (y más recientemente P.K. Feyerabend) la emprendiera contra los pilares lógico-positivistas de la misma.

Kuhn arremete contra el racionalismo abstracto y la pretensión objetivista de la visión científicista arguyendo que muy por el contrario a tales pretensiones, las observaciones están cargadas apriorísticamente de teoría, esto es, se encuentran modeladas por las precogniciones teóricas del observador; que además, la ciencia debe de comprenderse como actividad social en la que las disciplinas mismas desarrollan sus propias reglas de praxis científica; y que no es posible, por lo tanto, establecer conexiones lógicas no ambiguas entre teoría y observaciones, por lo que el trabajo empírico de un paradigma dado, tiene poca o ninguna significación para el trabajo de cualquier paradigma rival.

De acuerdo a Kuhn, el recurso a la historia de la ciencia, y no la reflexión abstracta de la misma, nos conduce a la comprensión de la verdadera naturaleza de la práctica científica. Tal historia nos revela que la ciencia no es sino una sucesión de paradigmas inconmensurables, caracterizada por largos períodos de "normalidad científica", en los que impera un alto grado de convergencia y consenso hegemónico con respecto al paradigma a seguir, y se trabaja en procura de profundizar y ampliar el alcance explicativo de las teorías; y breves períodos de "revolución científica", en los que se operan cambios significativos en la práctica de la ciencia. En estos últimos, las creencias fundamentales que soportaban a la ciencia en el "período de normalidad" entran en crisis, dando lugar a un período de inestabilidad, divergencia y competencia paradigmáticas, que culmina con el ascenso de un nuevo paradigma hegemónico.

Es al conjunto de esas creencias fundamentales, que gozan de gran consenso en los períodos de "normalidad científica", y que entran en crisis en los "períodos de revolución científica", a lo que Kuhn designa como paradigma.

Cada paradigma combina de una singular manera aspectos ontológicos, epistemológicos y metodológicos, siendo inherente a éstos, el que no puedan ser sometidos a contrastabilidad empírica, y el que, en caso de ser sometidos a cuestión por pérdida de consenso, su posible reemplazo sea percibido como catástrofe del conocimiento.

## **LA RESPUESTA NEORREALISTICA A LOS RETOS DEL CONVENCIONALISMO**

En su intento por preservar la racionalidad de la ciencia frente al irracionalismo, al que supuestamente Thomas Kuhn la condena con su Convencionalismo, se distinguen I. Lakatos y L. Laudan, quienes adoptan una estrategia de reconstrucción racional del progreso científico que permita develizar nuevos criterios a partir de su éxito pasado y presente como constantes en la resolución de problemas del conocimiento (Mannicas y Secord, 1983; Feyerand, 1981-1984, Lakatos, 1982, Overton, 1984).

Se sustituye la noción de paradigma por la de "programas de investigación" (Lakatos, 1982) y "tradiciones investigativas" (Laudan, 1977), con lo que se busca reagrupar "familias de teorías" con base en unos mismos presupuestos ontológicos y epistemológicos. Ambos se alan que el carácter científico de un programa o tradición se establece sobre la base de si ha logrado extender el dominio de sus explicaciones a nuevos problemas y hallazgos y minimizado el número de sus propias anomalías y aporías conceptuales; que ello da un criterio racional acerca del carácter progresivo o degenerativo de programas o tradicionales rivales, aún y cuando ellos sean inconmensurables; y que en el contexto de la predicción, el compromiso de los presupuestos tiene un status idéntico a cualquier otra parte de la teoría, por lo que un postulado candidato a tal reconocimiento, ha de haber sido explicitado por el científico que lo usó para realizar sus predicciones.

Lakatos, luego de separar en una suerte de interaccionismo funcional el corpus de conocimientos con respecto a las estructuras de la realidad y a las mediaciones del sujeto cognoscente, se centra en la reconstrucción racional del primero de los componentes, y en su estructuración en programas de investigación.

Postula que los programas de investigación presentan diversos niveles de integración, en cuya base se encuentran los presupuestos ontológicos y epistemológicos, los que en conjunto son similares a lo que Kuhn ha entendido por presuposiciones paradigmáticas, y que, al igual que ellas, no están sujetos a contrastación empírica, por lo que resultan inconmensurables. En un segundo nivel de los programas, y participando en lo fundamental de la calificación de inconmensurabilidad propia de los presupuestos nucleares, se encuentra la "heurística positiva" o estrategia para la selección de problemas de investigación y de técnicas para su resolución y, finalmente, en un tercer nivel, nos encontramos con las familias de teorías, que generan sistemas de hipótesis que resultan contrastables, conmesurables. Es en este tercer nivel en donde los programas de investigación difieren más marcadamente de los paradigmas, pues si bien los presupuestos nucleares permanecen inmunes, el potencial predictivo de la teoría, y el éxito o fracaso de su implicaciones empíricas, constituyen indicadores confiables del grado de madurez o progresividad que un programa de investigación ha alcanzado.

Resulta también esta concepción de Lakatos sobre la naturaleza de las relaciones entre los dos primeros niveles y el tercero, lo que lleva a diferir a Laudan, con su noción de tradición investigativa.

Contrario a lo que sostiene Lakatos, argumenta Laudan que si se recurre a la historia de la ciencia, no puede ser realista afirmar que las presuposiciones básicas de una tradición investigativa se mantienen intactas en teorías sucesivas; que una comprensión de como hicieron sus predicciones Copérnico y Newton, revela que los compromisos nucleares de sus programas variaron en sus sucesivas consideraciones teóricas.

En correspondencia con lo anterior, Laudan distingue entre la resolución de problemas conceptuales y la resolución de problemas empíricos, en donde el progreso de la ciencia reside fundamentalmente en su capacidad de resolver el primer tipo de problemas.

Ahora bien, tanto Laudan como Lakatos consideran que el potencial predictivo de las teorías y el éxito de sus implicaciones empíricas, no suelen ir sincronizados; la relativa autonomía entre el mundo de los eventos físicos, el de los procesos mentales de la conciencia cognoscente y el de los enunciados científicos, explica el porqué el nivel teórico es inmune al fracaso empírico. Los científicos frecuentemente desestiman la aparente contraevidencia con la esperanza de que más tarde el trabajo teórico alcance soporte empírico. Por ello, la apreciación sobre el carácter progresivo o agotado de un programa o tradición, nunca es absoluto. Un juicio hecho en favor, en un momento dado, de un argumento, y en contra de otro, puede, con el tiempo, ser invertido.

Con todo, si las anomalías conceptuales y empíricas pueden superarse sólo por maniobras "ad hoc" más que introduciendo nuevas teorías exitosas, o si las nuevas teorías hacen surgir más problemas que los que resuelven, entonces la heurística de tal programa o tradición ha de haberse agotado, y éste degenerado, y un nuevo programa o tradición más progresivo se hace necesario.

Mediante el recurso a la historia de la ciencia, Lakatos y Laudan procuran demostrar que en muy contadas ocasiones un programa o tradición ha sido abandonado universalmente en favor de un rival degenerativo e incompatible, como podría desprenderse de las argumentaciones de Kuhn.

Ambos afirman que una revolución científica se produce cuando un programa o tradición es más exitoso que otro, y que es posible la conmensurabilidad de teorías rivales, no sobre la correspondencia teoría-observaciones, sino sobre la capacidad del programa o tradición para predecir nuevos fenómenos y generar explicaciones plausibles.

Es de esta manera, mediante el recurso de un principio pragmático de conmensurabilidad basado en el éxito y en el progreso del conocimiento, que Lakatos y Laudan procuran salvar el racionalismo materialista científico.

Podemos ahora resumir la respuesta neorrealística a los retos del Convencionalismo o Relativismo epistemológico (González, 1986), haciendo incapié en tres cuestiones básicas:

i. En torno a la noción de modelo: Mientras Kuhn se refiere a un paradigma constituido por las presuposiciones básicas que orientan la investigación, Lakatos y Laudan postulan que tales presuposiciones son sólo parte del modelo, el cual además cuenta con otros importantes componentes tales como la heurística positiva y las familias de teorías.

ii. En torno a la conmensurabilidad de los modelos: Para Kuhn no es posible establecer ningún principio estándar con respecto al cual decidir entre paradigmas rivales. Para Lakatos y Laudan, por el contrario, sí es posible un cierto grado de conmensurabilidad estándar, el cual descansaría en la relativa capacidad predictiva que presentan los diferentes programas de investigación y su éxito para resolver problemas conceptuales y empíricos.

iii. En torno al principio de racionalidad válida: Para Kuhn, no hay un principio de racionalidad válida que encuentre referencia allende las disciplinas sociales y del hombre, por lo que no nos queda más posibilidad que la confianza en el consenso siempre precario de la comunidad científica democráticamente organizada. Por su parte, Lakatos y Laudan, consideran que tal opción conduce irremediablemente al irracionalismo científico, y procuran develizar nuevos estándares objetivos de conmensurabilidad, que encuentran en la exclusión del sujeto del conocimiento como modelo de reconstrucción de la racionalidad de la ciencia, y su sustitución por cierto principio de racionalidad lógica inherente al sistema de teorías, hipótesis y conceptos, y su capacidad generativa y predictiva de nuevos conocimientos y hallazgos.

### ***A MODO DE CONCLUSION: LOS LIMITES DE LAS CONCEPCIONES POSTPOSITIVISTAS***

Tanto para la concepción convencional como para el Neorrealismo crítico, puntales ambos de la Nueva Filosofía de la Ciencia, responder a qué es la ciencia y cuál es su racionalidad, es asunto que solamente puede aclararse mediante un análisis histórico del desarrollo real de la ciencia, en contraposición a una reconstrucción racional abstracta, propia de la metodología lógico-positivista, que se aparta de la complejidad del decurso científico. Ambas concepciones concuerdan también, en la necesidad de considerar el desarrollo de la ciencia determinado no sólo por factores intrínsecos, sino también por factores extrínsecos tales como los de índole psicológica, política y psicológica, que redundan en la demanda de nuevos criterios de racionalidad que incorporen ambos conjuntos de factores.

Desde el punto de vista del Convencionalismo, la tesis de la inconmensurabilidad no conlleva el rechazar criterios de comparabilidad que permitan tomar decisiones entre teorías rivales, ni el aceptar que el único principio válido de racionalidad no encuentre referencia alguna más allá de la psicológica o la sociológica, deba entenderse como una sentencia irracionalista.

Muy por el contrario, ello da pie para un nuevo modelo de racionalidad que descansa, no ya en algoritmos lógicos u otros recursos del racionalismo abstracto, sino en el consenso siempre precario de la comunidad científica. El caso en que se necesita al juicio humano constituye ahora el nuevo principio de racionalidad científica. Es esta comunidad, como cuerpo deliberativo, la que determina que hallazgos han de considerarse dignos de formar parte del cuerpo de conocimientos científicamente válidos y hacia qué problemáticas se han de orientar los esfuerzos de la producción cognoscente.

Por su parte, el Neorrealismo crítico no oculta el horror de tener que enfrentar al ser humano, en toda su desnudez, con su situación vital y sin más recursos que sus producciones siempre transitorias y, sobre todo, su singular maleabilidad. Denunciando al Convencionalismo como una renuncia irracionalista de la ciencia, procura parámetros objetivos de racionalidad que reconstruye a partir de una historia de la ciencia que individualiza ciertos atributos presuntamente universales e inherentes a sus producciones. La identificación de estos atributos lleva a Lakatos y a Laudan a postular la existencia de ciertos principios instrumentalistas de éxito, o capacidad de los programas y tradiciones científicas para resolver problemas de orden teórico y práctico.

No obstante, y a pesar de la evidente superación que se logra con respecto a la autocomprensión científicista del lógico-positivismo, ambas posiciones siguen pecando de dos o tres grandes deficiencias, a saber:

i. Las tesis del Neorrealismo crítico siguen aspirando a un racionalismo abstracto al que procuran redimir recurriendo al principio de un progreso cognoscitivo fundado en una historia de la ciencia que excluye a su sujeto.

Pero los aportes de la Antropología política sobre la singular combinación de poder, religión, ciencia y tecnología con que se han conquistado y destruido las culturas amerindígenas y afroasiáticas, la autocritica del neomarxismo occidental con respecto a las tesis del determinismo económico y a la praxis como progreso técnico (Marcuse, 1968; Habermas, 1984); el perspectivismo de la Estética histórica; e incluso las luchas de liberación nacional, del Ecologismo y del antibelicismo, deberían ya de ponernos en guardia contra tan fácil, discutible y hasta peligroso postulado, y contra cualquier suerte de autonomización y atomización de la esfera del conocimiento o de exclusión de su sujeto.

ii. Tanto el Convencionalismo como el Neorrealismo crítico muestran un conocimiento muy ingenuo acerca de las relaciones entre la ciencia y el poder, que los lleva a postular un criterio de racionalidad válida que descansa, ya en un supuesto consenso de la comunidad científica democráticamente organizada (Brown, 1984), ya en principios retrospectivos y prospectivos de progreso cognoscitivo, abstraídos ambos enfoques, pero sobre todo el segundo, de sus implicaciones sociopolíticas.

Los cruciales problemas de hoy en día en torno a la supervivencia de la naturaleza y de la humanidad que el carácter expansivamente destructivo y despilfarrador de un modelo planetario de desarrollo desigual implica, estructura un realidad que nos afecta a todos, independientemente del sector social, nacional, sexual, étnico, etario, o de cualquier otra índole significante, y no es posible que puedan ser excluidos de su relación genética con la esfera del conocimiento, y mucho menos creer que sea un grupo de expertos, sometidos a particulares vivencias y tradiciones, quien pueda o deba manejar la información suficiente, en un tiempo y espacio dados, para operar como cuerpo deliberativo y resolutorio de cuestiones que tan directamente son de la pertinencia y efecto públicos de lo más diverso. (Feyerabend, 1984).

iii. Convencionalismo y Neorrealismo crítico conservan una imagen del hombre, sujeto del conocimiento científico, como ser racional, que en ambos casos escamotea la evidencia de sus particularidades pasionales, puestas ya sobre el tapete por personalidades como Shopenhauer, Nietzche y Freud, y obvia la posibilidades de la sensibilidad estética (Kant), que no es ni reductible a lo racional ni a lo empírico sino subsunción de ambas articuladas por el sentimiento (Marcuse, 1981).

No es posible reducir la episteme a lógica y mantener a ésta incólume ante los embates vitales. También los presupuestos de toda racionalidad posible devienen desde, en, y para, una experiencia vital preformante (Habermas, 1984). Si el ser humano es un ente pasional (ser carencial en tanto sujeto de la necesidad, del deseo y de la demanda), tal condición ha de constituir parte fundamental de todo presupuesto de una teoría del conocimiento y no será con la supresión del sujeto cognoscente -como pretende el Neorrealismo crítico- como podremos abordar en toda su complejidad y desmitificadoramente el proceso de producción del saber.

## NOTAS

[1] Escuela de Psicología, Universidad de Costa Rica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Brown, Róger.** La nueva filosofía de la ciencia. s.n.
2. **Feyerabend, Paul K.** Tratado contra el método. Madrid: Tecnos, 1981.
3. **Feyerabend, Paul K.** Adiós a la razón. Madrid: Tecnos, 1984.
4. **González, Alfonso.** Problemas epistemológicos recientes en la filosofía de la ciencia. Bases de la confluencia de la Psicología Cognoscitiva y la Epistemología Naturalizada. Instituto de Investigaciones Psicológicas. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Costa Rica, 1986.
5. **Habermas, Jürgen.** Ciencia y Técnica como ideología, Madrid: Tecnos, 1984.
6. **Kuhn, Thomas.** La estructura de las revoluciones científicas. México: F.C.E, 1971.
7. **Lakatos, Imre.** Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales. Madrid: Tecnos, 1980.
8. **Laudan, L.** Progress and its problems towards a theory of scientific growth Berkeley California: University of California Press, 1977.
9. **Mannicas, Peter y Paul Secord.** "Implications of Psychology of The New Philosophy of Science". En American psychologist. April 1983.
10. **Marcuse, Herbert.** El hombre unidimensional. Barcelona: Seix Barral, 1968.
11. **Marcuse, Herbert.** Para una teoría crítica de la sociedad. Caracas: Tiempo Nuevo, 1970.
12. **Marcuse, Herbert.** Eros y civilización. Barcelona: Ariel, 1981.
13. **Overton, W.,** "World views and their influence on Psychological theory and research: Kuhn-Lakatos-Laudan. En Advances in child development and behavior. Vpl. 15. 1984.
14. **Toulmin.** Human Understanding Princeton, N. Jersey: Princeton University Press, 1972.





## **1.4 DEMOSTRACIÓN FILOSÓFICA DE LA NECESIDAD DE REGULAR LOS ECOSISTEMAS DE BOSQUES TROPICALES**

Eduardo E. Saxe-Fernández. [\[1\]](#)

### **RESUMEN**

*En este trabajo ofrezco las bases filosóficas que justifican la conservación y el uso regulado de los Ecosistemas de Bosques Tropicales (EBT), en dos vertientes: presentando argumentos filosóficos y desarrollando una lógica argumentativa que puede utilizarse como modelo para el análisis de otros recursos naturales. Primero determino los beneficios que obtenemos de los EBT, así como las consecuencias negativas que traería su desaparición. Aquí discuto también los criterios éticos que fundamentan (a) la distribución equitativa del uso de los EBT, y (b) la existencia y sobrevivencia de los EBT. Todas estas consideraciones nos generarán el valor de los EBT. En segundo lugar, determino las condiciones que requieren los EBT para su integridad y para ser apoyo a la vida humana. Aquí discuto la noción de "máxima producción sostenible" (MPS); la cual nos ayuda a establecer los niveles y tipos de uso que se pueden lograr de las partes de los EBT dedicadas a la producción económica. Todas estas segundas consideraciones nos generarán la capacidad de los EBT. En tercer lugar, combinaré el valor con la capacidad de los EBT, y de aquí obtendré la necesidad intrínseca de regular su uso. Finalmente, en cuarto lugar, la necesidad extrínseca de regular el uso de los EBT la obtengo del análisis de las prácticas efectivas y de la situación en que se encuentran estos ecosistemas, incluyendo la consideración del estado de su regulación y de las acciones institucionales. Concluyo indicando que la combinación de las necesidades intrínseca y extrínseca demuestra la necesidad de regular el uso de los EBT.*

### **I. EL VALOR DE LOS EBT**

Para establecer por qué, y en qué medida, es necesario regular el uso de los EBT, necesitamos mostrar por qué los EBT nos son necesarios. Esto lo podemos hacer resumiendo los beneficios que obtenemos de ellos y los costos de su desaparición. Después realizamos una aproximación ética a los problemas de cómo disfrutar de esos beneficios, en términos de su distribución filogenética y de justicia social. Con esto buscamos desarrollar un argumento antropocéntrico que pueda mostrar

cómo esta actitud no necesariamente debe conducir a la dominación explotativa de los EBT, en tanto reconocemos nuestra dependencia de esta parte de la naturaleza tropical. Conjuntamente con esta argumentación, también sostendremos la existencia de un imperativo ético que nos obliga a asegurar la existencia y continuidad de los EBT, por razones no sólo antropocéntricas sino también ontocéntricas.[\[2\]](#)

## **I. 1 LOS BENEFICIOS DE LOS EBT**

Estos ecosistemas pueden describirse brevemente como sigue. Aproximadamente un tercio de los ecosistemas terrestres del planeta están cubiertos por bosques y, de estos, más de la mitad se encuentran en los trópicos (latitudes 30° S a los 30° N). Los EBT están localizados en setenta y seis países, y el 80% del total de los EBT se concentra en Bolivia, Brasil (un tercio del total mundial de EBT), Colombia, Gabón, Indonesia, Malasia, Perú, Venezuela y Zaire. Estos ecosistemas son el hogar de casi la mitad de todas las especies vivas del mundo. Las plantas y animales de los EBT son sumamente sensitivos a alteraciones en su hábitat; tienen bajas densidades poblacionales, tal vez como una forma de defensa contra enfermedades. Además, el área de cada especie es generalmente pequeña, comparada con las áreas promedio que ocupan las especies de las zonas templadas. Así, las especies de los EBT son endémicas de pequeños "econichos". Por ello, la destrucción de pocos kilómetros cuadrados de EBT puede redundar en la desaparición de variedades de biota. Por otra parte, los suelos de los EBT son delgados y físicamente frágiles y, por tanto, muy susceptibles a la erosión cuando se elimina la cubierta vegetal. Se estima que solamente un 3% de los suelos de la cuenca del Amazonas, por ejemplo, es adecuado para desarrollar agricultura intensiva. Además, los suelos de los EBT son pobres en nutrientes esenciales para la mayoría de los productos agrícolas, especialmente en nitrógeno, aunque generalmente tienen altos contenidos de aluminio, silicón y hierro. Los vegetales de los EBT han desarrollado sistemas nutritivos para adaptarse a estas condiciones, los que les permiten prácticamente reciclar los nutrientes: viven encima del suelo, pero no de él. Hay EBT secos y húmedos, con regímenes pluviales que oscilan desde un mínimo de 750 mm<sup>3</sup> en América y 1.500 mm<sup>3</sup> en África, a extremos de más de 6.000 mm<sup>3</sup>, con un promedio, en América, de 4.000 mm<sup>3</sup>. La abundancia de especies arbóreas en los EBT es superior a la de cualquier otro ecosistema, alcanzando hasta 150 especies con diámetro de más de 15 cm, en cada hectárea, en los EBT del Sudeste asiático, la región de Manaos, Perú y Costa Rica. Los EBT de Sarawak y Brunei contienen 2.000 especies de árboles con diámetros de más de 10 cm, por hectárea.[\[3\]](#)

La importancia económica de los EBT puede apreciarse señalando que proveen entre un 30% y un 45% de la energía que se consume en los 76 países tropicales donde se ubican (en muchos de ellos estos porcentajes son mucho mayores), en forma de leña. La madera que se extrae de los EBT representa el 69% del total de la producción mundial. La producción mundial total de maderas tropicales era en 1950 de 34.5 millones de m<sup>3</sup>, y en 1980 la cifra alcanza los 145 millones de m<sup>3</sup>. De continuar los ritmos actuales de explotación, para el año 2.000 se utilizarán unos 311 millones de m<sup>3</sup>. Los EBT también producen nueces, tanino y tintes, una gran variedad de frutas, gomas y resinas (como el caucho), ceras, sustitutos del petróleo, e ingredientes para la pasta de dientes y las fibras. Tienen un alto significado en la medicina y su potencial en este campo es enorme. En 1985 los consumidores de U.S.A. gastaron US\$8.000 millones en recetas en las que el ingrediente activo

se extrae de plantas, y cerca de un 25% de todas las recetas médicas otorgadas en U.S.A. se fundamentan en elementos extraídos de productos de los EBT. [4] Económicamente, pues, los EBT, nos proveen de una gran cantidad de bienes. Estos beneficios económicos directos se complementan con otros de carácter indirecto. Por ejemplo, para la generación de energía hidroeléctrica los EBT son una fuente constante y segura de agua. Estas mismas aguas, u otras obtenidas de los EBT, abastecen las ciudades y el campo, y sus ríos son vías de comunicación (como el Orinoco, el Amazonas o el Congo). En gran medida, estos bienes económicos se exportan, por lo que los países poseedores de EBT pueden así impulsar su comercio y obtener otros bienes en los mercados internacionales. [5]

En términos del balance ecológico mundial, los EBT juegan un papel crucial. Son la mayor reserva biológica del planeta, y tienen una influencia decisiva en el status y cambios de la biosfera, por ejemplo para el mantenimiento de las temperaturas atmosféricas y su adecuada composición gaseosa. Del conjunto de especies de los EBT solo un 20% aproximadamente ha sido catalogado, y el número de las que han sido estudiadas para determinar su utilidad es mucho menor. La gigantesca diversidad genética de los EBT contiene respuestas para muchos de nuestros principales problemas y enfermedades.

Los EBT también resultan beneficiosos desde las perspectivas antropológicas y culturales, al menos en dos sentidos. Primero, en tanto hábitat de "civilizaciones del bosque" [6], las que han desarrollado una comprensión profunda y compleja de este ecosistema que, aunque "primitiva", posibilita un manejo del bosque ecológicamente coherente. En segundo lugar, las culturas locales, nacionales y regionales de las áreas de EBT han sido condicionadas profundamente por este paisaje. Estéticamente, los EBT generan en nosotros experiencias de las que ha emergido intuición y conocimiento universales, por ejemplo, para citar sólo tres creadores latinoamericanos, en las obras de Carlos L. Fallas, Gabriel García Márquez y Heitor Villalobos. Este valor estético se complementa con el impacto espiritual y psicológico de los EBT: sus prístinos silencios y ritmos, colores, formas y procesos, constituyen una fuente de serenidad, fortaleza, inspiración y asombro (en sentido filosófico).

La eliminación de los beneficios que ofrecen los EBT redundaría en una catástrofe de consecuencias impredecibles para el conjunto de la humanidad, en particular para el 40% de la población mundial que depende directamente en gran medida de estos ecosistemas. La desaparición de los EBT también crearía un desastre ecológico global que pondría en extremo riesgo la existencia misma de nuestra especie.

Por tanto, debemos afirmar que los EBT juegan un papel crucial en la reproducción, el crecimiento y el enriquecimiento de la vida en general, y la humana en particular. Tienen una influencia global en términos económicos, biológicos y ambientales. Son únicos e irremplazables y en consecuencia indispensables. Necesitamos conservar intacta la base de este recurso y, al mismo tiempo, también necesitamos hacer uso de él por los tantos beneficios que nos da.

## ***1.2 SOBRE CÓMO DEBERÍAMOS USAR LOS BENEFICIOS DE LOS EBT***

Si dependemos en importante medida de los EBT, se sigue que requerimos que sobrevivan para nosotros poder también sobrevivir. [7] Podemos hacer que los EBT sobrevivan adoptando políticas fundamentadas en las consideraciones éticas que se siguen de algunos análisis del uso de los recursos naturales, y que postulan una denominada "ética del bote salvavidas", por ejemplo en las obras de G. Hardin. [8] Según este autor, el uso comunal de los recursos naturales conduce a su destrucción porque siempre habrá el menos un individuo que querrá mejorar su situación y excederá (aunque mínimamente) el uso a él asignado del recurso y, sostiene Hardin, esto provocará la destrucción del recurso natural cuando varios o la mayoría de los individuos del conjunto que lo utiliza hagan lo propio. Por tanto, este autor sostiene que la única posibilidad de mantener los recursos naturales es mediante el sistema de apropiación privada y herencia pues, aunque no es tal vez el mejor sistema posible, debe aceptarse mientras no exista un sustituto superior: "La injusticia es preferible a la ruina total" [9]. Este argumento ha planteado un problema central a los ambientalistas, el problema de la legitimidad de la búsqueda del interés privado para beneficio individual basado en la explotación de recursos naturales, donde las pérdidas (ambientales y sociales) deben ser asumidas por la comunidad. Se puede argumentar que el problema se soluciona con la redistribución de las ganancias entre todos, o bien con la redistribución equitativa de los recursos. Hardin rechaza estas opciones, no por motivos egoístas sino alegando leyes biológicas. Así, en otra de sus imágenes nos pide que supongamos que 10 hombres se encuentran en un bote salvavidas que está a la deriva en un mar repleto de naufragos que reclaman ayuda. El bote sólo tiene abastos para diez hombres, y si se compartieran entre once o más, mediante el salvamento de alguno de los naufragos, el resultado sería que ninguno tendría suficiente abasto y todos morirían de hambre. La ley biológica de la "capacidad de aguante" (carrying capacity) hace imposible compartir con compasión. [10] Esta argumentación pronto fue traspuesta al conjunto de relaciones entre Occidente y el Tercer Mundo, argumentándose contra la ayuda alimenticia a los países pobres: los occidentales ocupantes del bote salvavidas no podrían, ni deberían, por razones prácticas, ayudar a aquellos del Tercer Mundo que estarían muriendo. Más aún, otorgar esa ayuda sería además irresponsable. [11] Nosotros llevamos el argumento de un paso más, particularmente a la luz del egoísmo, insensibilidad y avaricia actualmente prevalecientes en Occidente respecto al Tercer Mundo, y podríamos suponer entonces que esos ricos occidentales también negarían a los habitantes del Tercer Mundo el usufructo de los recursos mismos del Tercer Mundo. En otras palabras, y continuando la imagen de Hardin, aquellos que se encuentran en el bote salvavidas no pueden avanzar, y por tanto sobrevivir, porque los naufragos les impiden el paso. Puesto que de antemano (en todo el argumento) los naufragos están predestinados a perecer y los que están en el bote a sobrevivir, resulta práctico y responsable entonces matar a los naufragos. En nuestro caso, el argumento diría que, para preservar los EBT y poder continuar utilizándolos, hace falta privar a algunos de nosotros (del Tercer Mundo) de los beneficios de los EBT. Así, las demandas impuestas a estos ecosistemas se reducirían a niveles aceptables, pero mediante estos procedimientos introducimos la legalidad del poder del más fuerte, la ética nazi o de las sociedades esclavistas. Así, no podemos utilizar los EBT de tal manera que desaparezcan, y tampoco podemos garantizar su existencia agrediendo y reduciendo la humanidad sobre la base de la degradación moral. La solución obvia es reducir, moderar o regular el uso de los EBT para todos. Más, nuevamente, esto podría llevarnos a reducir o eliminar algunos de los beneficios que obtenemos de los EBT, sin

saber si deberíamos renunciar a esos o a otros beneficios alternativos, e incluso si deberíamos renunciar a algún beneficio del todo. Por otra parte, una reducción o regulación general del uso de los EBT puede resultar económica o existencialmente perjudicial para algunos de nosotros, y puede también que no encontremos formas para compensarlos sin tener que incrementar el uso de los EBT, en cuyo caso nos encontramos de nuevo en el predicamento inicial.

Sin embargo, es evidente que necesitamos de alguna manera regular el uso de los EBT, para garantizar su existencia y su empleo racional y justo. Una aproximación utilitarista nos resulta insuficiente,

"Porque si uno toma el tamaño de la población como variable, y postula una alta productividad marginal del capital y un horizonte temporal muy distante, el maximizar la utilidad total puede conducir a una tasa de acumulación excesiva (por lo menos en el futuro cercano). Puesto que desde un punto de vista moral no existen bases para descontar el bienestar futuro sobre la base de la pura preferencia temporal, la conclusión más probable es que las superiores ventajas de las generaciones futuras serán lo suficientemente grandes como para compensar por los sacrificios presentes... Por tanto la doctrina utilitarista puede orientarnos a exigir pesados sacrificios de las generaciones más pobres, a cambio de los beneficios superiores que obtendrían las más ricas generaciones posteriores".[\[12\]](#)

Pero sí podemos, en cambio, utilizar la aproximación contractualista para establecer el uso moderado de los EBT, por ejemplo en la versión de J. Rawls. En el esquema de Rawls, un cierto número de personas colocadas en una "posición originaria" deben formular los principios básicos de una sociedad justa. Sin embargo, tienen un hipotético "velo de ignorancia" respecto a la posición que estos contratantes originarios ocuparían en la estratificación social y en la serie generacional, para así asegurar que sus juicios serán imparciales [\[13\]](#) En determinado momento del desarrollo contractual, estas personas deben considerar el problema de la justicia entre las generaciones, al discutir cómo distribuir los ahorros:

"...las personas en la posición originaria deben preguntarse cuánto estarían dispuestas a ahorrar en cada etapa de desarrollo, en el supuesto de que todas las otras generaciones van a ahorrar a las mismas tasas. Esto es, deben considerar su disposición a ahorrar en cualquier fase de civilización, en el entendido de que las tasas que propongan van a regular todo el lapso de tiempo en que habrá acumulación. En efecto, entonces, deben escoger un principio justo de ahorro que asigne una tasa de acumulación apropiada a cada nivel de desarrollo".[\[14\]](#)

En nuestro caso, los contratantes (la sociedad, mediante determinados mecanismos participativos), no transferirán todos los beneficios que se pueden obtener de los EBT a una generación o solamente a unas pocas generaciones. Al contrario, aplicarán el principio del ahorro justo, de manera que todas las generaciones tengan asegurada una posibilidad de acceso equitativa a los beneficios de los EBT, sobre bases morales consistentes.

### ***1.3 LOS DERECHOS DE LOS EBT***

Cualquier consideración de "derechos" es antropocéntrica en sus fundamentos, porque sólo los seres humanos realizan juicios y asumen compromisos éticos. Cualquier consideración sobre derechos de otros seres aparte de nosotros humanos se fundamenta en su antropomorfización, y somos nosotros entonces quienes otorgamos esos "derechos". La posibilidad de existencia de todos los seres sobre el planeta, conforme avanza el proceso histórico pasa a depender más y más de las acciones humanas, y en nuestro tiempo alcanza sus máximos límites: nuestras acciones hoy son totalmente decisivas para garantizar o no la supervivencia de la vida sobre el planeta. Al supeditarse la posibilidad de vida a nuestras decisiones aumenta paralelamente el hecho, y la necesidad, de la antropomorfización de la naturaleza. Con el incremento de esta antropomorfización también crece nuestra conciencia y sentimiento de responsabilidad sobre la naturaleza, tanto por motivos altruistas como por razones estrictamente referidas a la necesidad de garantizar nuestra propia existencia y supervivencia. De esta manera, otorgamos a la vida derecho a vivir, cumpliendo nosotros mismos la función que en las épocas pre-industriales la sociedad había transferido a potencias sobrenaturales (la divinidad como algo sobre-natural, o bien como encarnada en la naturaleza), transferencia que se fue disipando con el secularismo pragmático del afán de lucro y el sentimiento de potencia otorgado a la humanidad por la tecnología moderna. Ahora que este proceso de explotación de la naturaleza, y de capacidad de explotación de la naturaleza, llega a dimensiones planetarias -es decir, es capaz de alterar profunda y definitivamente la vida terráquea-, retomamos racionalmente como responsabilidad nuestra la tarea de "pastorear las creaturas" anteriormente asimilada al mito y la religión.

Por otra parte, dado el nivel de control que actualmente tenemos sobre la vida, también podemos imaginar o visualizar la extinción de nuestra especie como producto de nuestras propias acciones. Hipotéticamente podemos entonces presumir la desaparición de nuestra especie, pero podemos a la vez decidir el grado de daño que el acto de nuestra desaparición causaría al resto de la vida planetaria. Podríamos tratar de destruir la mayor cantidad de vida posible en el momento de nuestra muerte, ya que no habrá más humanidad futura para disfrutarla. Podríamos no preocuparnos del futuro posterior de la naturaleza luego de nuestra desaparición, por razones semejantes a las anteriores y porque estamos demasiado ocupados y pre-ocupados con nuestra propia extinción. O podríamos intentar garantizar un nivel de supervivencia a la vida no humana, el más alto posible, por varios motivos. Uno, para asegurar un nivel superior de sobrevivencia de la biosfera; dos, (sobre la base de uno) para acelerar la recuperación de la biosfera y la emergencia y desarrollo de nuevas especies dominantes; y tres, para garantizar un mejor hábitat a eventuales futuros colonizadores de nuestro planeta, provenientes de civilizaciones de fuera de nuestro sistema solar (en este caso, incluso para que el nivel biológico de nuestro planeta induzca y posibilite una colonización que podría facilitar nuestra sobrevivencia en forma de reliquias arqueológicas). En estos sentidos, sobre todo en los primeros dos, también podemos encontrar un "derecho" a la existencia de la vida no humana, y de los EBT.

En suma, entonces, tenemos que el valor de los EBT se compone de los beneficios que nos dan, del hecho de que nuestra dependencia de ellos nos obliga a garantizar su supervivencia en el tiempo, y también del hecho de que les otorgamos, y reconocemos en ellos, un derecho a vivir. EL valor de los EBT es tal que cualquier esquema que no garantice su existencia y la posibilidad de su uso a través de las generaciones, debe ser rechazado como poco práctico, irresponsable, e injusto.

La conjugación de la consideración de los beneficios que nos otorgan los EBT, con los dos aspectos éticos analizados, nos orienta en términos ideales a la necesidad de establecer una aproximación racional y regulada a su uso y disfrute.

## II. LA CAPACIDAD DE LOS EBT

Los beneficios que recibimos o que podemos obtener de los EBT pueden combinarse con las dimensiones éticas relativas a su uso de varias formas diferentes. Por ejemplo, podría darse el caso que los EBT poseyeran tal resistencia, tales dimensiones, y tal capacidad regenerativa, que cualquier tipo de uso que hiciéramos de ellos no conduciría a una alteración sustantiva de su balance ecológico. En este caso, no necesitamos regular el uso de los EBT. Por otra parte, y también hipotéticamente, podría ser que los EBT no permitieran ningún uso del todo, pues la simple presencia humana en su interior, para no mencionar la de máquinas, produciría acelerada decadencia, y destrucción, del ecosistema. En este caso los EBT requerirían una regulación simple y genérica: no tocarlos. En consecuencia, las características de los EBT establecerán los límites absolutos a nuestro uso de ellos, y también condicionarán cómo ponemos en práctica nuestros valores sobre ellos.

Cuando aparezca una, varias, o todas, de las siguientes características de los EBT, el ecosistema en cuestión será considerado único e irremplazable y por tanto será colocado bajo un régimen de conservación:

1. Es el hábitat de culturas indígenas cuyos estilos de vida dependen de la preservación del EBT;
2. Su biota no ha sido catalogada;
3. Es el hábitat de especies amenazadas en su existencia;
4. Contiene especies de ámbito restringido e importancia potencial (en términos económicos, estéticos, científicos, etc.);
5. Es el último ejemplar remanente de una comunidad ("colección de especies") o de un individuo;
6. Su manipulación acarrearía un impacto negativo en ecosistemas vecinos.[\[15\]](#)

Con un manejo adecuado, los EBT protegidos pueden generar importantes beneficios económicos, "...a través del turismo, con la conservación de los bosques con su complemento de aves y otros animales que atraen a los visitantes" [\[16\]](#), y mediante el establecimiento en ellos de áreas de experimentación científica ("laboratorios vivos"). Estos EBT declarados en reserva también nos ofrecerían los otros tipos de beneficios mencionados (ecológicos, antropológicos, estéticos, etc.).

La conversión de EBT para fines agrícolas o para producción de madera puede hacerse en aquellas porciones en las que las seis características conservacionistas no se dan. En todo caso, las características de los suelos de los EBT reducen las posibilidades de dedicarlos a agricultura intensiva de un solo producto, y más bien deber preferirse sistemas combinados donde varios productos son cultivados en un ambiente semi-natural (por ejemplo, manteniendo la más alta cubierta vegetal). En el caso de la madera hay que incluir una consideración adicional, referida a las tecnologías que se pueden utilizar. Se preferirá el corte cuidadoso (que no da árboles o vegetación circundante), porque implica el menor daño al ecosistema, y porque en los EBT, a diferencia de lo que sucede en los bosques de las zonas templadas, conviven docenas de especies diferentes de árboles en pequeñas áreas. Por lo demás, las técnicas de corte, o de corte-y-quema se preferirán a las de "limpia" con tractores, porque en los dos primeros casos se toma de entre 100 a 150 años para que el ecosistema alcance los niveles de biomasa originales, "...mientras que en los bosques tractoreados, se estima que se requerirían 1.000 años"[\[17\]](#).

Más aún, una vez que se ha cortado el EBT utilizando no importa cuál método, es imposible reconstruirlo incluso en un largo período de tiempo (varios milenios), pese a que los niveles de biomasa puedan recuperarse más rápidamente. Sin ninguna interferencia humana, el proceso regenerativo de los EBT toma al menos varias decenas de millones de años.[\[18\]](#)

A estas características debemos agregar el delicado balance ecológico que representa la mera existencia de los EBT en el contexto global.

La noción de "máxima producción sostenible" (maximum sustainable yield) (MPS), puede ayudarnos a establecer los niveles y tipos de usos a que pueden someterse aquellas porciones de los EBT dedicadas a la producción económica. En principio, mediante la MPS podemos establecer los niveles de producción para cualquier producto que se vaya a cosechar en los EBT, así como la MPS de un EBT dado, como un todo. Aunque la realización de este procedimiento requiere un tratamiento matemático de cálculo que no podemos incluir aquí, podemos transmitir el significado de la MPS de la siguiente manera:

"Un nivel de cosechamiento que se ubica sobre la función de crecimiento biológico de los EBT significa que una cantidad mayor de biota es removida, en cada punto temporal, que la que el ecosistema puede reproducir. Se sigue que los EBT no pueden sobrevivir por mucho tiempo si se cosecha más biota que la que se reemplaza por nuevos nacimientos o por el crecimiento y maduración de los miembros existentes de la población. En consecuencia la población de los EBT declinará hasta llegar a cero si este nivel de cosechamiento se mantiene año tras año, conduciéndola a su extinción. Por otra parte, podemos suponer un determinado nivel de cosechamiento,  $H$ , que toca la función de crecimiento  $F(X)$  en su punto máximo.  $X_{mps}$  es la máxima producción sostenible de la población, el punto donde el crecimiento neto o el crecimiento suplementario se encuentran al máximo. Al nivel de existencias de MPS puede darse el mayor cosechamiento sostenible. Esto es, el proceso de cosechar  $H$  unidades de EBT por unidad de tiempo puede continuar indefinidamente, en tanto no ocurran otros cambios exógenos".[\[19\]](#)



Los cálculos para los diferentes EBT, conjuntamente con los referidos a las áreas protegidas, nos darán la capacidad de los EBT. A este nivel cualitativo de análisis que hemos utilizado para presentar la capacidad de los EBT, es posible hacer inferencias relativas a la necesidad de regular el uso de los EBT, aunque un análisis formal y cuantitativo, tal como el que se deriva del cálculo de la MPS, ofrecería un cuadro más exacto. En todo caso, tenemos que la capacidad de los EBT es tal, que por sí misma constituye un estímulo que induce a regular su utilización. Y este nivel de inducción es mayor cuando lo combinamos con aquel que se sigue del valor de los EBT, y que establecimos previamente. Unidos, el valor y la capacidad de los EBT nos permiten obtener la necesidad intrínseca de regular los EBT.

### III. LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EBT

La necesidad intrínseca de regular los EBT se establece desde una perspectiva ideal. Sólo cuando pasamos a considerar las prácticas efectivas y la situación de los EBT es que podemos sostener con certeza que los EBT necesitan, o no, ser regulados. Estas prácticas efectivas y la situación constituyen la necesidad extrínseca de regular los EBT.

De manera muy resumida, las prácticas efectivas y la situación actual de los EBT son como sigue:

En 1900 los EBT cubrían aproximadamente 14.7 millones de Km<sup>2</sup> y en 1987 apenas 5.6 millones. De continuar las actuales tasas de explotación, la cifra alcanzará los 3.36 millones de Km<sup>2</sup> en el año 2.000, y entre el 2030 y el 2050 habrán desaparecido por completo. Cada año se corta un área de aproximadamente 125.000 Km<sup>2</sup> (equivalente a la superficie combinada de Costa Rica y Panamá). Solo la R. P. China y Corea del Sur tienen en marcha programas de reforestación que compensan lo que se corta.

Se estima que para el año 2.000 el número de especies de los EBT que podría desaparecer alcanzará la cifra de 1.250.000, es decir, aproximadamente un 30% de todas las especies vivas del planeta.

"La agravación de la situación socio-económica de los países del Tercer Mundo a causa de la administración de la deuda externa y el proceso de re-colonización emprendido por Occidente, ha forzado a grandes contingentes de la población a buscar salvación económica en el bosque, trayendo como consecuencia su devastación (por ejemplo en Centroamérica, en Indonesia y en Brasil). Alternativamente, la apertura al capital extranjero ha significado el arrasamiento de los EBT por corporaciones transnacionales que los sustituyen por producción para la exportación. Por ejemplo, en Honduras y en Costa Rica las transnacionales norteamericanas de la carne prácticamente han eliminado los EBT, y exportan su producción para el consumo de hamburguesas en la metrópoli."

" Las emisiones netas de carbón causadas por la deforestación de los EBT, y que contribuyen a generar el "efecto invernadero" tanto a nivel local como global, en 1980 representaron 1.659 millones de toneladas, de las cuales Brasil generó 336 millones. Esta se compara con las emisiones de óxido de carbono de las regiones desarrolladas (1.224 millones en U.S.A., 1.157 millones en Europa-Oeste y Este, y 1.013 en la U.R.R.S.)". [20]

Los niveles actuales de explotación de los EBT conllevan otra serie de problemas, como la reducción de los niveles de producción hidroeléctrica y de agua para el consumo humano, etc..

Todo esto ha sido el resultado de la forma en que se ha utilizado los EBT, y que puede sintetizarse así:

(A) La conservación del recurso no ha sido considerada como importante y su restauración ha sido vista como muy costosa, comparada con los costos que implica utilizar recursos vírgenes;

(B) Este tipo de explotación intensiva no resulta auto-sostenible en el transcurso del tiempo, sino que depende de la explotación de los EBT, tal que una vez utilizados en una oportunidad ya no estarán a disposición de las generaciones futuras; y

C) Provocando en consecuencia una progresiva modificación irreversible y regresiva del ecosistema. [21]

Las prácticas vigentes, y la situación, de los EBT, han alcanzado límites de destrucción dramáticos.

Más aún, la actual situación regulatoria de los EBT también refleja el miope manejo de ellos. Los esfuerzos de reforestación son de entre 10 a 20 veces menores de lo requerido para superar las pérdidas y las nuevas demandas. [22] En 1980, mientras que un promedio de 8% de los bosques de las zonas templadas se encontraba protegido [23], en 76 países que poseen EBT el porcentaje de protección sólo alcanzaba el 4.4%, y América Latina tenía la peor situación (sólo un 1.8% protegido), a la vez que posee el área de EBT más grande del mundo. En total, a nivel mundial solamente 85.7 millones de Ha. del total de 1.935 millones de Ha. de EBT estaban protegidas en 1980. [24] Las prácticas y la situación de los EBT tampoco es mejor en lo que toca a su manejo. El área de EBT bajo manejo racional disminuyó entre 1963 y 1983, de 50.4 millones de Ha. a 42 millones de Ha. [25] Y la situación de estos 42 millones de hectáreas es difícil:

"En el mundo en desarrollo muchas de estas tierras legalmente protegidas y reservadas todavía están amenazadas por la caza furtiva, el madereo ilegal, y la usurpación". [26]

Finalmente, en el frente institucional la situación tampoco es buena. El Programa sobre el Medio Ambiente de la ONU, conjuntamente con el Banco Mundial y el World Resources Institute, en 1985 concluía que, respecto a los EBT,

"...muchas respuestas probadas para combatir el mal uso de las tierras y la deforestación existen y... la falta de voluntad política y, consecuentemente, financiera, para promoverlas, se origina en una pobre comprensión de las consecuencias de la inacción". [27]

Uniendo las prácticas y situaciones de explotación de los EBT con las de su regulación, obtenemos un panorama decepcionante, y una elevada necesidad de acción política.

"Finalmente, cuando conjugamos las necesidades intrínsecas y extrínsecas de regulación de los EBT, la situación resultante es perentoria".

Cada uno de los niveles de argumentación que hemos seguido nos ha proporcionado razones que justifican la regulación de los EBT. Estas justificaciones se han ido combinando sucesivamente en la argumentación, acumulándose al través de cada nivel, y alcanzando una conclusión demostrativa en el último peldaño. Este método de desarrollo argumental de una justificación para la conservación y regulación de los EBT puede ser utilizado para el análisis de otros recursos naturales, aunque tal vez la construcción argumentativa no sea en otros casos tan fácil como en

este. El carácter extremadamente complejo de los EBT, así como su ubicación en el Tercer Mundo y el alcance global de su presencia, nos han ayudado a agilizar el análisis. También lo ha hecho el particular amor que sentimos por estos ecosistemas.

## NOTAS

- [1] Graduate School of International Studies. University of Denver. Denver, Colorado, U.S.A.
- [2] Fuera de las éticas nihilistas y tras-mundanas, todos los otros sistemas éticos otorgan valor a la naturaleza para la consecución de la bondad, la justicia, la felicidad, la utilidad, la santidad, según sea el caso.
- [3] Véase, C. CAUFIELD & PINO ZAMBRANO (1985), D.J. MABBERLEY (1983), UNESCO (1978), WRI (1986), WRI (1988).
- [4] Cf. R.E. EVENSON (1981), H.M. GREGERSON (1981), N. MYERS (1984), M. PLOTKIN (1987), E.C. WOLF (1988).
- [5] Cf. CAUFIELD & PINO ZAMBRANO (1985), WRI (1986), WRI (1988).
- [6] Cf. UNESCO (1978), pp. 437-438.
- [7] Lo que implica algún nivel de absoluta conservación de los EBT.
- [8] G. HARDIN (1968) y (1974).
- [9] G. HARDIN (1968), P. 1247.
- [10] G. HARDIN (1974). Véase también D. PEPPER (1984), esp. pp. 19-20 y 205-211.
- [11] Véase D. PEPPER (1984), loc.cit.
- [12] J. RAWLS (1971), pp. 286-287.
- [13] Rawls dice que los contratantes en la posición originaria acordarían dos principios fundantes del orden social: (1) Cada persona debe tener un derecho igual al sistema total más extensivo de iguales libertades básicas compatible con un sistema similar de libertad para todos; y (2) Las desigualdades sociales se arreglarían de manera que sean, tanto (a) para el mayor beneficio de los menos favorecidos, de forma consistente con el principio del justo ahorro; como (b) unidas a trabajos y puestos abiertos a todos bajo condiciones de justa igualdad de oportunidad. lang=EN-GB style='font-size:11.0pt;'\>Op. cit., p. 302.
- [14] J. RAWLS (1971), p. 287. En principio, tengo una serie de objeciones al contractualismo, incluso este moderno de Rawls. Sin embargo, utilizo su argumentación para facilitar mi propia argumentación y no tener entonces que desarrollar aquí los criterios que fundamentan la justificación social. Pues, aunque difiero del método utilizado por Rawls y otros contractualistas para llegar a sus conclusiones, no obstante coincidí con ellos en muchas de estas conclusiones.
- [15] Adaptado de EWEL (1981), pp. 161-163.
- [16] MABBERLEY (1983), p. 124.
- [17] Idem., p. 126.

[18] Idem., p. 127.

[19] Adaptado de HARTWICK & OLEWILER (1986), p. 257. Para una explicación completa de la MPS, incluyendo sus fundamentos matemáticos, véanse las pp. 243-267 y 348-365.

[20] Cf. K. CURRY-LINDHALL (1972), B. BERLIN (1988), M. CROSS (1988), L. TANGLEY (1988), E.C. WOLF (1988), WRI (1986), WRI (1988).

[21] Cf. RANDALL (1987), MISHAN (1967), ASHTON & BRUNIG (1975), CURRY-LINDHALL (1972).

[22] IWRI (1986), p. 67.

[23] 12.3% en Europa, 17.0% en la U.R.S.S., y 4.9% en U.S.A. WRI (1986), Tabla 5.5, p. 67.

[24] Idem. Tabla 5,3, p. 66.

[25] Idem.

[26] Idem., p. 66.

[27] Idem., p. 79.

## BIBLIOGRAFÍA

1. P.S. ASHTON & E.F. BRUNING (1975). The variation of Tropical moist forest in relation to environmental factors as key to ecologically oriented land-use planning. FAO. Roma.
2. B. BERLIN (1988) "Brazil charges American Anthropologist and indians". Anthropological newsletter. Octubre, p. 2.
3. C. CAUFIELD & V. PINO ZAMBRANO (1985) Bosques Tropicales Húmedos. La situación mundial y la Amazonia peruana. Centro de Estudios Rurales Andinos "Bartolomé de las Casas". Cuzco.
4. M. CROSS (1988) "Spare the tree and spoil the forest". New scientist, Noviembre 26, pp.24-25.
5. K. CURRY-LYNDHALL (1972) Conservation for survival: An ecological strategy. W. Morrow. New York.
6. R.E. EVENSON (1981) "Tropical Forests in Economic Development". En F. MERGEN, Ed. (1981), Tropical forests. Utilization and conservation. Yale School of Forestry and Environmental Studies. New Haven., pp. 125-142.
7. J. EWEL (1981) "Environmental Implications of Utilization". In F. MERGEN, Ed. (1981) Tropical forests. Utilization and conservation. Yale School of Forestry and Environmental Studies. New Haven., pp. 157-167.
8. H. M. GREGERSON (1981) "Environmental Constraints versus Economic Gains". In F. MERGEN, Ed. (1981) Tropical forests. Utilization and conservation. Yale School of Forestry and Environmental Studies. New Haven., pp. 108-124.

9. H. HARDIN (1968) "Tragedy of the Commons". Science. N.162, pp. 1243-1248.
10. H. HARDIN (1974) "Living on a Lifeboat". Bio science. N.24, p.10.
11. J.M.HARTWICK & N.D.OLEWILER (1986) The economics of natural resource use. Harper & Row. New York.
12. D.J. MABBERLEY (1983) Tropical rain forest ecology. Blackie. Glasgow & London.
13. E.J. MISHAN (1967) The costs of economic growth. Praeger. New York.
14. N. MYERS (1984) The primary source tropical forests and our future. W.W. Norton & Co. New York.
15. D. PEPPER (1984) The roots of modern environmentalism. Croom Hel. London.
16. M. PLOTKIN (1987) "Treasures among the trees". Multinational monitor. Junio, pp.9 & 21.
17. J. RAWLS (1971) A theory of justice. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.
18. L. TANGLEY (1988) "Research Priorities for Conservation". Bioscience. Vol.38, pp. 444-449.
19. UNESCO (1979) TROPICAL FOREST ECOSYSTEMS. A STATE-OF-KNOWLEDGE REPORT. Paris.
20. E.C. WOLF (1988): "Avoiding a Mass Extinction of Species". En WORLD-WATCH INSTITUTE(1988) State of the world 1988. W.W. Norton & Co. New York., pp. 101-119.
21. WRI(1986): World resources Institute (1986) World resources1986. Basic Books. New York.
22. WRI(1988): World resources Institute (1988) World resources 1988-89. Basic Books. New York.



## **1.5 LA ESCALA DE LO HUMANO Y DE LO FÍSICO (Las ciencias en la configuración del futuro)**

Augusto Serrano López. [\[1\]](#)

### **RESUMEN**

*Con el surgimiento de las naciones modernas (Francia, España, Inglaterra, Portugal, Holanda), aparecen nuevas formas de organización de las sociedades y, con ello, nuevas exigencias de sus economías. Ya en el siglo XVI, comienza a "dibujarse la escala" de la teoría que vendrá a dar en la Economía Política, como ciencia interesada, ante todo, en la Reproducción de las condiciones de existencia, y ello con un alto grado de normatividad.*

*Esta "escala" se construye mucho antes de que la Química o la Biología hayan encontrado la propia (s. XVIII y XIX respectivamente). Sin embargo, con el inicio de la "etapa imperialista" a finales del siglo XIX, la Economía Política abandona esta escala y comienza a asumir escalas de otras ciencias, dando con ello, un sesgo a su trayectoria con efectos de incalculable alcance. Esta "peripezia" histórica merece una reflexión detenida.*

Esta modesta sugerencia histórica se inscribe dentro de un proyecto de mayor envergadura, proyecto que se refiere, ante todo, a las ciencias sociales y a sus modos de articularse.

Resulta que hemos heredado unas "mañas" no muy legítimas de opinar sobre las ciencias. Hablamos mucho de ellas en general, sin precisar las especificidades, y, para colmo de males, hablamos de las ciencias sociales por analogía con las ciencias naturales, como si, además de legítimo, tal proceder fuese lo más natural del mundo. Los estudios históricos sobre las ciencias, con muy pocas excepciones, dan la impresión de caminar por pistas familiares y seguras y ya es un prejuicio histórico-epistemológico aseverar que las ciencias naturales han iniciado su desarrollo moderno con anterioridad al de las ciencias sociales, haciendo éstas bien con imitar el itinerario seguido por aquellas.

Ante tales lugares comunes, se comienza ya a perfilar una corriente de tratadistas de las ciencias que hurgan en los fundamentos de las ciencias y en sus especificidades e indagan en la historia para descubrir la debilidad y hasta la falsedad de algunas de las tesis epistemológicas más "normales", reivindicando para las ciencias sociales una historia que se les ha querido negar y un valor que, por razones ideológicas no muy nobles, se ha pretendido disminuir.

La escala de lo humano, de lo social, no se deja precisar desde cualquier ventana: en la república de las ciencias, hay que comenzar por reconocer derechos y deberes específicos a los diferentes modos de apropiación científica de la multidimensional realidad:

"La idea de que la investigación científica debe basarse en el descubrimiento de leyes empíricas generales es simplemente errónea cuando resulta que el objeto de la investigación es, por ejemplo, un sistema lingüístico y no un sistema mecánico. Los tipos de relaciones que ha de investigar el científico y que le imponen ciertas restricciones metodológicas no dependen de una definición de la ciencia en general, sino del tipo de objeto que casualmente está estudiando. Me atrevería a decir que no puede existir algo como el estudio de la metodología de la ciencia en general. Un científico sólo puede determinar las reglas que guiarán su investigación cuando sepa ya qué es lo que está estudiando. Esto significa, por ejemplo, que no es posible hacer una relación de las reglas generales de "comprobabilidad" en la ciencia que se obtendrían sobre la base de consideraciones epistemológicas o lógicas generales. Las ciencias de las formaciones sociales y del inconsciente sin duda tienen que ser diferentes de la ciencia de los sistemas mecánicos con relación a las condiciones bajo las que es posible tener conocimiento de estos sistemas". [2]

Llevando estas ideas como orientación, podemos hacer sorprendentes descubrimientos en nuestros estudios históricos acerca de las ciencias sociales. Al no exigirles lo que ni pueden ni deben dar, apreciamos notables aportaciones en momentos y épocas que, por falta de perspicacia, habíamos pasado por alto. Hay en nuestras bibliotecas preciosas fuentes que no hemos tomado en cuenta o que hemos leído con descuido, precisamente porque, en nombre de la ciencia, habíamos perdido toda sensibilidad para las diferencias.

En el caso al que aquí nos acercamos, sucede algo parecido: Habiendo consagrado a W. Petty (s. XVII) como "padre" de la Economía Política, vano resultaba buscar hacia atrás. Con ello, se declaraba zanjada la cuestión y los autores que habían derrochado ingenio escribiendo sobre economía pasaban a engrosar las filas de los "espontáneos", los "vulgares", los "primitivos", o simplemente, los "charlatanes".

Conscientes de que no se puede buscar sin sentido, aquí se asume una postura teórica frente a la ciencia económica antes de comenzar a hurgar en la historia.

La Física, la Química, la Etnología, la Biología, etc., son ciencias que pueden exhibir sus idas y venidas, sus avances y retrocesos, sus aciertos y desaciertos como peripecias de un camino tortuoso, pero, a fin de cuentas, como peripecias de un camino.

No así la Economía que, para bien o para mal, se ve enfrentada a una doble característica especial: por un lado, es una ciencia "netamente" moderna, al no haber tenido antecedentes teóricos que le sirvieran de modelo (de hecho, no había habido antes una organización económica de la sociedad que propiciara el nacimiento de la economía como su articulación teórica); por otro lado, la economía o es Economía Política o no es ciencia -en el sentido en que J. Robinson afirma que "una proposición de la economía que no sea política es trivial". Pero resulta que, con plena conciencia de

lo que se hacía, la burguesía de finales del siglo XIX se desvió del camino que la Economía Política había trazado y comenzó a entender, interpretar y abordar la realidad económica desde otras perspectivas y con un campo categorial diferente. Abandonando el primordial interés de la Economía por saber acerca de las relaciones económicas -que no eran sino relaciones sociales-, dedica todo su esfuerzo teórico, más que a saber, a dominar procesos económicos, reduciendo, para ello, las relaciones sociales a relaciones entre cosas y pretendiendo ciegamente hacer de la economía una ciencia natural más entre otras. Si esto es todavía ciencia, habría que hablar de dos clases de ciencias sociales en la economía.

Cuando, por ello, nos retrotraemos al siglo XVI buscando a los "fundadores" de la economía, lo hacemos pensando en la Economía Política, la vertiente que, según creemos, permitiría hablar de los hombres, conocerlos y orientarlos.

En el trato con lo desconocido y con el futuro, ha ido afilando la conciencia social sus mejores armas teóricas. Y hablamos de la conciencia social: de los modos diversos a través de los cuales los hombres de todas las épocas -más allá del instinto y de lo ya aprendido- han arriesgado nuevas experiencias y nuevos modos de concebir, de sospechar, rompiendo ese cascarón que, en cada momento histórico, representa la cultura y ampliando ese surco (mundus) que nos constituye.

El trabajo "en la frontera" del saber y de la experiencia ha exigido máximos a la imaginación y a la astucia para salir elegantemente de los más intrincados laberintos. La búsqueda de la clave que explicara y diera sentido a lo real acompañó a toda empresa teórica de envergadura. Y, como aquellos que por siglos buscaron la entrada escondida del Paraíso Terrenal, los científicos han buscado y buscan la puerta de acceso a la realidad; o, como dice Gustavo Bueno, han intentado "dibujar la escala" adecuada para hablar con propiedad de este o de aquel aspecto del ser. Por todo ello, desde la perspectiva de la Historia de las Ciencias, hay que considerar los "antecedentes" de las ciencias como intentos (a veces fallidos) de un camino muy largo. Vista, por ejemplo, la Lingüística moderna en su soberbio aparato teórico, podría pensarse que ello fuese trabajo exclusivo de la escuela saussuriana y de los formalistas rusos. Pero, una perspectiva histórica justa se vería obligada a considerarlas ideas del "Cratilo" de Platón y las de las "Confesiones" de S. Agustín, las ideas de Leibniz sobre el lenguaje de los sordomudos y las que hicieran Huarte de San Juan o Humboldt como intentos sucesivos para construir la escala apropiada. Todos aquellos no fueron despropósitos ni acciones de otro universo, sino momentos de un camino muy viejo que reflexiona sobre eso que llamamos la comunicación humana, las lenguas, el lenguaje, etc.. El tema de "Babel", antes de pasar a ser entendido de forma estructural y estructuralista, ha sido ya tema de los mitos. La escala adecuada de la ciencia del lenguaje se habrá "dibujado" ciertamente en este siglo -al menos aquella parte de la escala que más nos ha acercado a definir la naturaleza de las lenguas humanas; pero los intentos por dar con la clave explicativa del lenguaje son muy antiguos. Y, ¡cómo no!, si el lenguaje acompaña al hombre desde su nacimiento a la historia. Por eso llama tanto la atención que, siendo el lenguaje objeto tan antiguo como el hombre mismo, no venga a saber de él con cierta propiedad seguridad, generalidad y necesidad hasta nuestros días, sin que ello signifique que el tema está agotado.

Dentro de estos seculares intentos habría que distinguir, sin embargo, entre los que quedan muy "lejanos" y los que se hacen en las "cercanías" del encuentro con la escala buscada. Así diremos que el estudio sobre la estructura de los cuentos maravillosos de V. Propp, nos acerca mucho más a la ciencia del lenguaje que las especulaciones de Raimundo Lulio.



Y hasta aquí la analogía. Pues de lo que queremos hablar es de la economía como ciencia y del momento en que se comenzó a dibujar la escala adecuada que la constituyera como disciplina teórica.

"Toda ciencia estaría de más, si la forma de manifestarse las cosas y la esencia de éstas coincidiesen directamente".<sup>[3]</sup> Para que haya ciencia, para que ella venga de algún modo exigida, han de darse esos dos planos de la realidad que, según parece, son contradictorios. El uno, el que se ve, no trae escrito en la frente lo que realmente es; por su modo de presentarse, más bien lleva a la razón a la confusión, pues ésta lo toma por la mera realidad. El otro, el oculto se supone que tiene la clave que todo lo explica y aclara; pero está oculto y no se da espontáneamente.<sup>[3]</sup>

Pero esto no vale "a priori" de cualquier realidad o, al menos, no vale para cualquier dimensión de la realidad. Cuando, por ejemplo, cuatro cazadores acuerdan repartir por igual las piezas que consigan y, después de haber alcanzado cuatro liebres cada uno se lleva una, en esa precisa relación social no hay ni se gesta la contradicción entre esencia y apariencia; la cosa es transparente y no es necesaria ninguna teoría de la distribución para entender lo que ha sucedido y por qué ha sucedido así y no de otra manera: aquí esencia y apariencia coinciden directamente. En este mismo sentido, creo yo, habla Carlos Marx de los modos de producción no capitalista, por lo que a su comprensión se refiere:

"Trasladémonos ahora...a la tenebrosa Edad Media europea. Aquí, el hombre independiente ha desaparecido; todo el mundo vive sojuzgado: siervos y señores de la gleba, vasallos y señores feudales, seglares y eclesiásticos. La sujeción personal caracteriza, en esta época, así las condiciones sociales de la producción material como las relaciones de vida cimentadas sobre ella. Pero, precisamente por tratarse de una sociedad basada en los vínculos personales de sujeción, no es necesario que los trabajos y los productos revistan en ella una forma fantástica distinta de su realidad. Aquí, los trabajos y los productos se incorporan al engranaje social como servicios y prestaciones. Lo que constituye la forma directamente social del trabajo es la forma natural de éste, su carácter concreto, y no su carácter general, como en el régimen de producción de mercancías. Cualquiera que sea el juicio que nos merezcan los papeles que aquí representan unos hombres frente a otros, el hecho es que las relaciones sociales de las personas en sus trabajos se revelan como relaciones personales suyas, sin disfrazarse de relaciones sociales entre las cosas, entre los productos de su trabajo".<sup>[4]</sup>

Quiere todo esto decir que, para que se den relaciones "opacas", donde esencia y apariencia no coincidan y ello obligue a la conciencia social a intentar dar con la clave teórica que traiga la comprensión, ha de haberse complicado extraordinariamente la estructura social; han de haber aparecido relaciones sociales de novedosa densidad; relaciones que ya ni pueden ser captadas por la espontaneidad del sano sentido común, ni nos vale la experiencia ordinaria para dar cuenta de ellas.

No es, pues, la economía como el lenguaje. Siendo la economía y el lenguaje asuntos y dimensiones del hombre, es el lenguaje un tema desde siempre intrincado y oscuro, mientras que la economía ha llegado a serlo sino hasta nuestros días.

Hablando sobre la historia de la Química, señala Gustavo Bueno con mucha sutileza que, lejos de haber supuesto un fundamento para la Química, la teoría de los cuatro elementos de Empédocles bloqueaba el nacimiento de dicha ciencia:

"Los cuatro elementos lo bloqueaban en cierto modo, y sólo cuando estos cuatro elementos (haces de cualidades) se rompieron- cuando la tierra se descompuso en mercurio, calcio, azufre y potasio, ya hacia 1705, cuando el fuego y el aire se resolvieron en oxígeno, en nitrógeno e hidrógeno, hacia 1763 y cuando el agua pudo construirse a partir de O y H (Nicolson) podremos afirmar que la química clásica comenzó a existir como tal ciencia. Antes, existían sin duda los materiales químicos en la naturaleza, pero no estaban dibujados a la escala conveniente (subrayado nuestro)".

Y lo que para nosotros sirve de teorema: desde ese momento

"Todas las cosas más cotidianas del mundo que rodeaban al hombre comenzaron a ser analizadas desde la nueva escala peculiar. Una prehistoria de cientos de siglos había transcurrido hasta que la Química constituyó su campo propio. Simultáneamente a la determinación de la escala de este campo, aparecieron los contextos determinantes, retortas, calor, balanzas, y, con ellos, los principios constitutivos."[\[5\]](#)

Es decir: se puede señalar una época en la historia de la humanidad en la que se ha pasado un umbral, se ha encontrado la buscada entrada a la composición de un aspecto de la realidad, precisamente para atender, sobre todo, las exigencias de la industria textil, la de los detergentes y otras ramas.

En la historia de las ciencias esto es determinante. Ello no fetichiza ni la puerta de entrada, ni el procedimiento. Por supuesto que ninguna ciencia puede autoproclamarse la única vía de acceso al conocimiento de la realidad. Pero si podemos apreciar cuándo hemos encontrado una vía de acceso. Y, en este sentido, ni la alquimia lo era para la comprensión de la estructura química de la materia ni lo fue, por ejemplo, la teoría de los humores para entender la naturaleza de lo patológico en el cuerpo humano. En este contexto, nos preguntamos:

-¿Ha encontrado la disciplina llamada "Economía" su escala apropiada?

- Y, si lo ha hecho, ¿cuándo y dónde ha sucedido?

Y no piense que estas preguntas se hacen en "tierra de nadie". Hay muchas versiones y muy potentes acerca de estas cuestiones: quienes afirman que sólo desde los "clásicos" como Marshall ha aparecido dicha escala (Keynes) y quienes decididamente le niegan la calificación de científica a la disciplina (Bunge).

Hacia la segunda mitad del siglo XV, comienzan a constituirse los Estados Nacionales Modernos (Francia, España, Portugal) y, apenas lo han logrado algunos (pues Inglaterra, Holanda y Suecia lo hacen algo después), se constituye por primera vez en la historia un verdadero mercado mundial: surgen, pues, relaciones universales y comienza la "historia universal" propiamente dicha.

Estas nacionalidades aparecen, en general, por la subordinación que las monarquías logran de todas las fuerzas y relaciones sociales hacia una meta, idea o proyecto. De este modo se van subordinando al "poder central" la nobleza y el clero, y las nacientes burguesías adquieren un notable espacio político a través de los nuevos cuerpos legales que entran en vigencia y de las posibilidades que se les abren. Se unifica la moneda, el ejército y se conforman "Consejos de Estado" para la administración de este nuevo ente político. Casi simultáneamente, van surgiendo el "derecho de gentes", como expresión de miras de universal alcance, pero también surgen las leyes proteccionistas. De modo que, habiéndose creado el espacio más universal que viera la historia, cada nación tiende a protegerse, "cerrando" sus fronteras a otras naciones.

A partir de este momento, lo que se produce, lo que se distribuye, lo que se intercambia y lo que se consume por la nación (y los modos cómo se hace) comienzan a preocupar a gobernantes y pensadores. Y acaece esto por necesidad: por la necesidad de dar respuestas a los problemas complejos que plantea la reproducción de la vida social en competencia y de forma ampliada.

Pero, con esta apertura, nace también la opacidad de lo que acaece. Ya no es transparente ese mundo de la "riqueza de la nación". Y no sólo porque el origen y el destino de lo que se produce sean múltiples, sino porque se entrecruzan momentos subjetivos y objetivos que hacen del mundo de los vivos un mundo oscuro.

Y no hay en ese momento -finales del siglo XV- ninguna nación en el mundo que represente este estado novedoso tan ejemplarmente como España. Si bien Francia nace unos años antes como Estado nacional, es España la que, siéndolo, se abre a la dimensión universal a través de la conquista del norte de África y de América. España será durante más de un siglo el "laboratorio" en el que irán aprendiendo los más sutiles teóricos acerca de la "naturaleza humana" y acerca del "poder político" y acerca de la "riqueza de las naciones". etc.. Con España y la Conquista de América, se inicia la primera fase del capitalismo: la de la "Acumulación Originaria" de capital. En España se originan los primeros fenómenos monetarios modernos. En la España de los Austrias se comienza a percibir la diferencia de la riqueza que descansa en la producción y la que descansa en el oro y la plata. En fin, el mundo moderno se ha podido asomar a España para contemplar la primera gran crisis moderna: después de un siglo de poderío, se derrumba con no poco estrépito productivo, financiero y militar el imperio en cuyos dominios no se ponía el sol.

La esencia del modo de producción que aquí se da (ya hacia 1550) y la apariencia del mismo no coinciden -como ya no van a coincidir más tarde en ningún estado moderno. Y lo bueno es que ya para ese momento se "toma conciencia" (P. Vilar) de esta realidad contradictoria:

- "No parece -dice Cellorigo- sino que se han querido reducir estos reynos a una república de hombres encantados que viven fuera del orden natural".<sup>[6]</sup>

Pero ya no es asunto de dejar las cosas pasar. El ordenamiento de una nación exige la reflexión que, entendiendo lo que pasa, proponga remedios y fines. La economía como ciencia viene así exigida por el carácter opaco y oscuro de las relaciones mercantiles y por el carácter directivo que asumen los estados nacionales modernos. Y, del mismo modo que se va a generar el Derecho Internacional, dadas las relaciones sociales universales, así mismo se comienza a dibujar la escala adecuada para entender estas nuevas relaciones de producción, dando lugar a lo que posteriormente se denominará "Economía Política".

Los primeros pensadores de estas nuevas relaciones de producción; por tanto, los primeros economistas modernos (aquellos a los que bondadosamente y con todo respeto llama P. Villar "los primitivos del pensamiento económico") son los Arbitristas españoles. Aquel grupo de confesores, teólogos y banqueros que, desde la segunda mitad del siglo XVI, comenzaron a edificar la ciencia económica. Hacia 1600 ya no hay duda de que estos pensadores han dado en el clavo, han encontrado la escala apropiada. Y sus balbuceos en economía no son mucho más pronunciados que los que realizan Kepler o Galileo en el terreno de la Física, que precisamente también se está comenzando a "dibujar" por esos días.

-Tomás de Vitoria, Luis de Alcalá, Domingo de Soto, Saravia de la Calle, Cristóbal de Villalón, Vives, Pérez de Herrera, Damián de Olivares, Pedro Fernández de Navarrete, etc. pensaron con mayor o menor sutileza sobre estos asuntos (muchos de ellos conformaron la "Escuela de Salamanca").

Pero serán, sobre todo, tres pensadores los que con destellos de gran perspicacia teórica abrirán esa puerta a la comprensión de los fenómenos económicos:

- Martín de Azpilcueta.
- Luis de Ortiz.
- Martín González de Cellorigo.

Y, como en gran abanico, se va abriendo aquella constelación de categorías económicas que son aún hoy los pilares de dicha ciencia:

- Beneficio, precio (de producción, natural, de mercado), oferta, demanda, equilibrio, contabilidad nacional, innovaciones técnicas, balanza de pagos, reforma fiscal, inversión productiva, acumulación, deuda pública y, sobre todo, las dos más destacadas categorías de esta disciplina: riqueza social y trabajo.

En estos pensadores hay ya clara conciencia que, más allá del enceguedor brillo de los metales preciosos, la verdadera riqueza de una nación no radica en el atesoramiento que de ellos se hace, sino en la productividad del trabajo humano. Esta es la forma económica de ver la realidad que es coterránea de aquella otra tan famosa como la del "Guzmán de Alfarache" de Mateo Alemán o la del "El ingenioso hidalgo Don Quijote de la Mancha" de Miguel de Cervantes. Veamos, para muestra, sólo tres éxitos:

## **I. Tomás de Mercado:**

"Ansí ay reynos y provincias, que por estas causas que tengo dichas, y por otras que pueden concurrir ...vale y se estima mucho más el dinero que aquí, reteniendo un mesmo precio en entrambas partes...pues la reputación que han hecho los tiempos dentro de un mesmo pueblo, en la moneda por varios successos, causa las mesmas razones que dixere en un mesmo tiempo en diversos reynos".[\[7\]](#)

## **II. Martín González de Cellorigo:**

"La verdadera riqueza no consiste en tener labrado, acuñado o en pasta, mucho oro y plata, que con la primera consunción se acaba; sino en aquellas cosas que aunque con el uso se consumen, en su género se conservan, por medio de la subrogación...Nunca tantos vasallos uvo ricos como ahora ay, y nunca tanta pobreza entre ellos, ni jamás Rey tan poderoso ni de tantas rentas y Reynos: ni le ha auido hasta aquí que aya entrado a reynar que hallase tan disminuydos y empeñados los estados. Y el no aver tomado suelo procede de que la riqueza ha andado y anda en el ayre, en papeles y contratos, censos y letras de cambio, en la moneda, en la plata y en el oro; y no en bienes que

fructifiquen y atraen a sí como más dignos las riquezas de afuera, sustentando las de adentro. Y así el no aver dinero, oro ni plata, en España, es por averlo, y el no ser rica es por serlo: Haciendo dos contradictorias verdaderas en nuestra España, y en un mismo sujeto, según diversas formalidades que ay en el cuerpo de toda república".[8]

### III. Luis de Ortiz:

"Me atreveré a dar cómo se quite de España toda ociosidad e introducir el trabajo"...

"Que ninguna muger pueda ylar al pulgar sino en carro de los que vienen de Flandes...porque se aberigua ylar más una mujer en un día en carro y con menos travajo que las que ylan al pulgar en quatro".[9]

Esto es ya pensamiento moderno: la concepción de lo económico como pensamiento de la reproducción de las condiciones de existencia. Aquí se ha encontrado la escala adecuada, aunque la madurez de esa escala- como en toda ciencia- no se logre sino hasta bien entrado el siglo XIX. Aquí se comienza a destapar aquella no coincidencia entre la esencia y la apariencia de la que antes hablábamos.

## NOTAS

[1] Universidad Autónoma de Honduras, Honduras.

[2] John Mepham:"Las ciencias estructuralistas y la filosofía." En: Introducción al Estructuralismo. Umberto Eco y otros. Alianza Edit. Madrid 1973; pág. 156-157.

[3] C. Marx. El Capital, III, México: Fondo de Cultura Económica,1973; pág. 757.

[4] C. Marx. O.c.T.I. pág. 42.

[5] G. Bueno: Actas del primer congreso de Teoría y Metodología de las Ciencias. Pentalfa. Oviedo, 1982; p. 161).

[6] Martín González de Cellorigo: Memorial de la política necesaria y útil restauración de a República de España. Valladolid, 1600; pág. 29.

[7] T. de Mercado: Summa de tratos y contratos. Libro IV, fol. 30r. Sevilla 1571.

[8] Martín González de Cellorigo: Memorial de la política necesaria y útil restauración de la República de España. Valladolid, 1600; f. 22r.

[9] Luis Ortiz: Memorial. Anales de Economía. Vol. XVII, N<sup>o</sup> 63, enero 1957. Madrid; F. 7v y F. 18r.

## 2. HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LAS MATEMÁTICAS



### 2.1 UMA PROPOSTA METODOLOGICA PARA A HISTORIA DAS CIENCIAS E DA MATEMATICA NA AMERICA LATINA

Ubiratan D'Ambrosio. [\[1\]](#)

#### RESUMEN

*En este trabajo se realiza una discusión del método acerca de la "etnomatemática", como una disciplina teórica que involucra dimensiones históricas, filosóficas, sociológicas y educativas.*

Difícilmente alguém contestará que a origem primeira do conhecimento reside no povo e obedece a um contexto sócio-cultural muito específico. As explicações proporcionadas por esse conhecimento são naturalmente parciais e às vezes ele se apresenta com uma aparente falta de coerência e vem impregnado de um forte misticismo. Não elaboraremos mais sobre isso, mas o fato é que o povo gera conhecimento. Este conhecimento, repito, gerado pelo povo, passa por um processo de estruturação após, expropriado por grupos de poder. Assim, esse mesmo conhecimento originado do povo, se torna acessível a ele apenas numa forma estruturada e codificada, na maioria das vezes sujeito à mistificação que resulta de processos institucionais de devolução, tais como escolas, profissões, graus acadêmicos e toda uma série de mecanismos de habilitação. A sociedade moderna repousa na organização desses sistemas subordinados a uma mesma estrutura de poder, normalmente estabelecida e avalisada por uma constituição, e a coerência entre as distintas estruturas e codificações de conhecimentos de natureza distintas resulta de uma mesma ideologia, substrato da estrutura de poder. Claramente, a complexidade da organização social e a necessidade de coerência para as diversas formas de conhecimento, agora estruturado e codificado, exigem que os mecanismos para a entrega desse conhecimento ao povo, isto é, as instituições para esse fim criadas e que constituem os sistemas escolares, de justiça, econômico, de saúde, de ciência, etc.,

funcionem de acordo com regras e códigos que, em si, constituem novos corpos de conhecimento, impregnados de valores e mesmo de certo misticismo gerado pela própria estrutura de poder através de um conveniente sistema de valores que normalmente se mistifica naquilo que se chamara ideologia. Os executores a devolução ao povo desses diversos corpos de conhecimento devem ser credenciados pela própria estrutura de poder, de maneira a assegurar seu compromisso ideológico. Esse credenciamento se dá através de um sistema de filtros destinados a identificar aqueles confiáveis para agir nessas funções, tais como diplomas, exames, habilitações profissionais, títulos acadêmicos, certificados e outros semelhantes. Na superação dessa escala de filtros o indivíduo normalmente perde a visão do processo pelo qual ele está sendo cooptado e que vai do místico normalmente presente na origem o conhecimento, ao mistificado, que é como esse mesmo conhecimento se apresenta ao se vestir de um sistema de códigos. Em consequência se cria uma espécie de barreira entre o que deve entregar o conhecimento e aquele que vai receber o conhecimento, em primeira instância por ele mesmo gerado. Esta é a principal motivação para propor um enfoque histórico-epistemológico, crítico e cobrindo a geração, transmissão e difusão do conhecimento. Este é o objetivo do programa que denominamos etnomatemática.

Etnomatemática é algo muito geral e que, de fato, implica uma teoria do conhecimento. Baseado na etimologia do termo, etno nos lembra as raízes sócio-culturais, enquanto a raiz materma significa entender, compreender, conhecer, lidar com a realidade na qual estamos inseridos, e tica é claramente techne, origem comum de arte e de técnica.

A versão mais comum de etnomatemática se refere a ícultura popularí, ou mesmo a Matemática de povos não-letrados. Assim, ela se aproxima de estudos denominados etnobotânica, etnofarmacologia, etnoastronomia e etnociência em geral. O que viria a ser etnociência nesse contexto e o que se pretende com ela?

Como professores é muito importante na nossa prática uma reflexão sobre aquilo que estamos pretendendo ensinar. Refletimos sobre os alunos, sobre seus processos cognitivos e escolhemos os métodos e materiais de ensino mais adequados para nossa tarefa. Mas igualmente importante é a nossa reflexão sobre o conteúdo que queremos transmitir. O conhecimento se origina da necessidade ou curiosidade do homem de lidar com o ambiente no qual ele está inserido. Resolver ou contornar problemas que esse ambiente lhe coloca e curiosidade para explicar fenômenos que ele observa e que afetam sua existência têm sido, ao longo da história da humanidade, os impulsionadores das primeiras idéias científicas. Ao fazer reflexões sobre o conhecimento que queremos transmitir como preparação de nossas aulas estamos imaginando o universo em que tal conhecimento foi gerado, em que ele se desenvolveu e tanto estamos em condições de ter uma idéia de possíveis dificuldades que surgirão para o aluno se situar nesse universo. Ao mesmo tempo, estaremos em condição de sentir as especificidades do ambiente em que o aluno está situado. A partir dessas especificidades podemos então dar ao aluno oportunidade de gerar suas próprias hipóteses de explicação de fenômenos e de oferecer suas próprias propostas para resolver ou contornar problemas específicos de seu ambiente. Em outras palavras, estaremos conduzindo nossa prática educativa em direção à criatividade do aluno e não à passividade de meramente assimilar o conteúdo que lhe é transmitido pelo professor. Daí a grande importância do conhecimento de História das Ciências para o professor de ciências. Ao refletir sobre o conhecimento científico que, como professores de ciências, queremos transmitir, somos levados a identificar técnicas ou mesmo habilidades e práticas utilizadas por distintos grupos culturais na sua busca de explicar, de

conhecer, de entender o mundo que os cerca, os fenômenos que os impressionam, e de manejar a realidade em que ele está inserido, no sentido de resolver ou manejar problemas em seu benefício e no benefício de seu grupo. Dentre essas várias técnicas, habilidades e práticas encontram-se aquelas que utilizam processos de observação, de contagem, de medida, de ordenação e de inferência, e que deram origem ao que é hoje ciência. Como a origem desse modelo de pensamento situa-se na Europa, poderíamos classificar esses conhecimentos como ciência européia. Naturalmente, outros sistemas culturais desenvolvem técnicas, habilidades e práticas de lidar com a realidade, de manejar os fenômenos naturais, e mesmo de teorizar essas técnicas, habilidades e práticas, de maneira distinta. São distintos processos de observação, de contagem, de medições, de ordenações e de inferências. Isto é, grupos culturalmente diferenciados se comportam diferentemente com relação aos mesmos fenômenos. Assim, grupos de adolescentes de uma comunidade indígena e jovens profissionais de uma cidade industrializada explicam o fenômeno da chuva de maneira absolutamente distinta, inclusive quantificando-o de outro modo. Ao propormos a crianças de comunidades distintas, na faixa dos 10 anos, a construção de um papagaio, que envolve medições, contagens e outras técnicas, a abordagem será completamente diferente. Da mesma maneira, ao propormos um problema como o controle de um sistema elétrico de grande potência a engenheiros e a matemáticos, a abordagem também será diferente. Essas diferenças vão além da mera utilização de técnicas, habilidade e práticas distintas. Elas refletem posturas conceituais distintas e enfoques cognitivos distintos. Isto nos leva a admitir maneiras distintas de pensar cientificamente e, tanto, a reconhecer que desses pensares resultam organizações distintas do conhecimento da natureza e do manejo de problemas. A etnociência praticada nas escolas de todos os níveis aborda essas distintas opções e é o subsídio essencial para a abordagem de estudos de conhecimento de natureza mais ampla, que é o que denominamos etnomatemática.

Ao discutir o contexto teórico em que colocamos a etnomatemática é interessante tecer algumas considerações de natureza mais geral e que servirão sobretudo para definir nossa postura em relação às pesquisas em Matemática e nas ciências em geral, a sua História e ao seu ensino. Ao mesmo tempo em que insistimos na teorização do conceito, insistimos na importância de reconhecer na etnomatemática um programa de pesquisa que caminha juntamente com uma prática escolar.

Para esse programa de pesquisa e pedagógico não seria necessário tentar uma definição, ou mesmo conceituação, de etnomatemática nesse momento. Vamos tentar mais como um motivador, e para isso utilizamos como ponto de partida a etimologia do termo. ETNO é hoje aceito como algo muito amplo referente ao contexto cultural, e tanto inclui considerações como linguagem, jargão, códigos de comportamento, mitos e símbolos. MATEMA é uma raiz difícil, que vai na direção de explicar, de conhecer, de entender. ETICA vem sem dúvida de tecne, que é a mesma raiz de arte e de técnica. Assim, poderíamos dizer que ETNOMATEMATICA é a arte ou técnica de explicar, de conhecer, de entender nos diversos contextos culturais. Nessa concepção, nos aproximamos de uma teoria do conhecimento ou como é modernamente chamada, uma teoria de cognição.

Somos assim levados a identificar técnicas ou mesmo habilidades e práticas utilizados por distintos grupos culturais na sua busca de explicar, de conhecer, de entender o mundo que os cerca, à realidade a eles sensível e de manejar essa realidade em seu benefício e no benefício de seu grupo. Naturalmente nos situamos aí no contexto etnográfico. O próximo passo é a busca de uma fundamentação teórica, de um substrato conceitual no qual essas técnicas, habilidade e práticas se apoiam. Aí nos ajuda muito a análise histórica e é por isso que Etnomatemática e História das



Ciências aparecem como áreas muito próximas nesse programa. Dentre essas várias técnicas, habilidades e práticas encontram-se aquelas que utilizam processos de contagem, de medida, de classificação, de ordenação e de inferência, e que permitiram a Pitágoras identificar o que seria a disciplina científica que ele chamou Matemática. Naturalmente, essa tentativa de classificar estilos de abordagem da realidade, da natureza, é grega e assim Matemática como a concebemos nos nossos sistemas escolares resulta do pensamento grego. Outros sistemas culturais desenvolvem técnicas, habilidades e práticas de lidar com a realidade, de manejar os fenômenos naturais, e mesmo de teorizar essas técnicas, habilidades e práticas.

Essencialmente, admitimos que toda atividade humana resulta de motivação proposta pela realidade na qual esta inserido o indivíduo através de situações ou problemas que essa realidade lhe propõe, diretamente, através de sua própria percepção e de seu próprio mecanismo sensorial, ou indiretamente, isto é, artificializados mediante propostas de outros, sejam professores ou companheiros. Queremos entender esse processo que vai DA REALIDADE À AÇÃO. Admitimos também que a abordagem dessas situações ou problemas é cultural e procuramos analisar quais as diferenças cognitivas que resultam dessas diferenças culturais. Esse programa, que repousa sobre a admissão dos dois fatos acima, encontra muita semelhança com o que vem sendo chamado metacognição, com pesquisas recentes sobre a organização do cérebro e com inteligência artificial. Diríamos que esses são programas afins. Encontramos no programa etnomatemática vantagens do ponto de vista cultural, onde a análise histórica aparece como um instrumental importante, e também do ponto de vista pedagógico, pois lidamos diretamente com o processo de aprendizagem.

Na metodologia adotada, se bem que repousamos sobre muita informação de natureza etnográfica, a análise histórica é fundamental. Não seria necessário nem mesmo conveniente tentar uma definição ou conceituação de História. Mais como um motivador para nossa discussão, vamos lembrar que Caldas Aulete no seu "Dicionário Contemporâneo da Língua Portuguesa", 1958, traz no verbete "História" o seguinte: "Narração de acontecimentos e ações dignos de memória cronologicamente dispostos". Seríamos assim levados a identificar fatos, nomes, lugares e datas, dispondo acontecimentos e ações numa ordem cronológica, tudo impregnado de uma postura ideológica que nos determina se esses acontecimentos e ações são dignos de memória. Essa postura ideológica é típica na narrativa histórica e é discutida no excelente ensaio historiográfico de Bernard Lewis cujo título é em si uma explicação da importância dessa observação: *History: Remembered, Discovered, Invented*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1975. Na História das Ciências essa é a postura dominante e isso obviamente exclui etnomatemática, fazendo algumas referências à mesma de um ponto de vista meramente eurocentrico, paternalista, encarando conhecimento de outros contextos culturais como, na melhor das hipóteses, "sabedoria".

A mera enumeração de fatos, nomes, lugares e datas, sem nenhuma ideia, é um importante elemento nos estudos de história, nos leva a uma História Anedotária, própria para um Almanaque. Insistimos na importância de fatos, nomes, lugares e datas, mas não podemos deixar de reconhecer que a ideologia comparece de modo evidente na seleção desses componentes. No entanto, ao se fazer História de uma certa especialidade, como é o caso da História da Matemática, é muito importante que se entenda a ligação desses fatos entre si o seu encadeamento dentro de uma lógica própria à disciplina específica. O que vem a ser o conhecimento disciplinar? É um arranjo, organizado segundo critérios internos à própria disciplina, de um aglomerado de modos de explicar (saber), de manejar (fazer), de refletir, de prever, e dos conceitos e normas associados a esses

modos. Ora a História de disciplina se faz então respeitando esse arranjo e procurando encadeá-lo segundo os critérios acima: fatos, nomes, lugares e datas. O caráter reducionista da própria conceituação disciplinar se manifesta na sua história assim concebida, que chamamos História internalista da disciplina em questão. *f* reconhecido que é extremamente difícil a compartimentação disciplinar do conhecimento. O próprio estabelecer normas que permitam arranjar conhecimento numa "ordem" disciplinar é algo que deixa de lado outras manifestações de conhecimento que não as obedecem. Para a entrada de certos indivíduos numa associação, ficarão excluídos aqueles indivíduos que não satisfaçam a esses critérios. Ora, a definição dos critérios é um produto da vontade conjunta de certos indivíduos, é um produto social. O mesmo se dá no caso de conhecimento, que cognitiva e historicamente aparece como um todo. Como diz A.N. Whitehead "O mundo real não se manifesta através de álgebra, geometria ou física, mas ele se mostra no seu todo". Admitindo que a fonte primeira de conhecimento é a realidade na qual estamos imersos, o conhecimento se manifesta de maneira total, holisticamente e não seguindo qualquer diferenciação disciplinar. A compartimentalização do conhecimento em "clubes" disciplinares de faz, naturalmente, obedecendo a critérios fixados a posteriori e naturalmente somente permitindo a "entrada" de certos conhecimentos, e portanto somente a abordagem de certos aspectos da realidade. Esse procedimento disciplinar leva a perder a visão global da realidade, e a história do conhecimento feita nesse esquema internalista é naturalmente pouco elucidativa do que efetivamente representa a disciplina em questão na evolução intelectual da humanidade.

Num contexto holístico, o enfoque à História inclui como essenciais a análise crítica da geração e produção de conhecimento, da sua institucionalização e da sua transmissão. Dessa maneira, estaremos abordando o processo psico-emocional de geração de conhecimento (criatividade), e o processo intelectual de sua produção, os mecanismos sociais de institucionalização do conhecimento (academia) e da sua transmissão (educação). O programa etnomatemático pretende abarcar tudo isso.

Este programa se origina nas minhas reflexões sobre como e porque desenvolver um programa de pesquisa em Matemática Pra em país subdesenvolvido. Começou com a experiência piloto do Projeto MALI-1, do PNUDO, em Bamako, República do Mali, a partir de 1970, e da minha atuação como director do Instituto de Matemática, Estatística e Ciência da Computação na Universidade Estadual de Campinas, de 1972 a 1980, numa situação típica de cruzar a barreira do subdesenvolvimento em todos os sentidos, que caracterizava a presença da UNICAMP no Brasil dos anos 70. Muitas das idéias aqui expostas foram objetos de cursos lecionados em inúmeras oportunidades, cada um abordando parcialmente tópicos do programa que hoje denomino ETNOMATEMATICA, e que não encontrava então uma teorização sintetizando os enfoques que serviam de base às diversas abordagens. Esses cursos foram lecionados em situações e em épocas diversas: Bamako (1971), Campinas (1973, 1976 e 1982), Tegucigalpa (1979), Rio Claro (1984 a 1988), Chicago (1986) e São Paulo (1987). Essa diversidade de audiências e de ambientes culturais permitiu a crítica diversificada, tão necessária para a evolução e amadurecimento das ideias principais.

É medida que essas experiências foram se acumulando o registro das mesmas através de publicações contribuiu para a teorização sintetizadora. São referências significativas:

- (1) - Ubiratan D'Ambrosio: "L'adaptation de la structure de l'enseignement aux besoins des peuples en voie de développement", *Impact of Science in Society*, vol. 25, n-1, 1975, pp. 100-101.
- (2) - Ubiratan D'Ambrosio: "Objectives and Goals of Mathematics Education", *Proceedings of the 3rd International Congress of Mathematics Education*, Karlsruhe, 1976 (UNESCO, Paris, 1979).
- (3) - Ubiratan D'Ambrosio: "Science and Technology in Latin America during its discovery" *Impact of Science on Society*, vol. 27, n. 3, 1977, pp. 267-274.
- (4) - Ubiratan D'Ambrosio: "Knowledge Transfer and the Universities: a Policy Dilemma", *Impact of science on Society*, vol 29, n. 3, 1979, pp. 233-240.
- (5) - Ubiratan D'Ambrosio: "History of Ibero-American Mathematics", *Historia Matemática*, vol. 6, 1980, pp. 452-453.
- (6) - Ubiratan D'Ambrosio: "Mathematics and Society: Some Historical and Pedagogical Implications" *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, vol. 11, n. 4, 1980, pp. 479-488.
- (7) - Ubiratan D'Ambrosio: "Mathematical Education in a Cultural Setting", *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, vol. 16, n. 4, 1985.
- (8) - Ubiratan D'Ambrosio: *Socio-Cultural Bases for Mathematics Education*, UNICAMP, Campinas, 1985.
- (9) - Ubiratan D'Ambrosio: *Da Realidade à Ação: Reflexões sobre educação e Matemática*, Summus Editorial, São Paulo, 1986 (2da. edição 1988).
- (10) - Ubiratan D'Ambrosio: "A Methodology for Ethnoscience: The need for Alternative Epistemologies". *Theoria Segunda Epoca*, n. 2, 1986, pp. 397-409.
- (11) - Ubiratan D'Ambrosio: "Socio-Cultural Influences in the Transmission of Scientific Knowledge and Alternative Methodologies", in: *Cross Cultural Diffusion of Science: Latin America* ed. Juan Jose Saldaña, Cuadernos de Quipu n. 2, Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología, México, 1988, pp. 125-133.
- (12) - Ubiratan D'Ambrosio: "A Research Program and a Course in the History of Mathematics: Ethnomathematics", *Historia Mathematica*, vol. 16, 1989.
- (13) - Ubiratan D'Ambrosio: "Ethnomathematics", *Philosophia Mathematica*, II, vol. 4, n. 1, Spring 1989

Sintetizando, poderíamos dizer que ETNOMATEMATICA é um programa que visa explicar, num enfoque fundamentalmente holístico, os processos de geração, organização e transmissão de conhecimento em diversos sistemas culturais e as forças interativas que agem nos e entre os tres processos.

Muita pesquisa é necessária para aumentar nossos conhecimentos e mesmo nossa percepção da geração, organização e transmissão do conhecimento. Necessitamos outra categorização e uma metodologia de pesquisa, baseada nessa categorização, para podermos ampliar as bases epistemológicas nas quais se situarão conhecimentos e práticas atualmente marginalizadas pela academia. As categorias que estamos propondo são sintetizadas em:

- I. Pesquisa em meios culturalmente diversificados.
- II. Desenvolvimento curricular e aplicações na sala de aula.
- III. Aplicações fora da sala de aula.
- IV. Fundamentos conceituais e teóricos.

Intimamente relacionado com esse projeto metodológico em História da Ciência, que pode ser indetectado com o próprio conceito de etnomatemática tal como descrito acima, e que leva em consideração essencialmente a dinâmica cultural e inequivocamente enfatiza a evolução dos processos cognitivos dentro de especificidades culturais muito identificáveis, está um currículo de História das Ciências, que mais propriamente poderia ser chamado História das idéias, incluído numa visão ampla da própria História Geral. Naturalmente, este currículo exige um confronto da história como vista por vencedores e por vencidos, e das versões assim conflitantes resultará uma outra visão da própria história. No caso da ciência isto implica o conhecimento que vem a ser institucionalizado como "ciência" e outros modos de conhecer, explicar e lidar com a realidade, normalmente chamada para-ciência ou pseudo-ciência ou simplesmente sabedoria popular. A Matemática talvez se apresente como uma das mais convenientes para se trabalhar com essa metodologia, pois nossa conceituação de etnomatemática é, em si, a síntese dessa proposta metodológica.

Como foi mencionado acima, vários cursos desenvolvidos a partir dos anos 70 representam, em seu conjunto, a proposta metodológica aqui descrita. Enfatizamos que a proposta especificada a seguir representa ao mesmo tempo um programa de curso e um programa de pesquisa.

1. Fundamentos epistemológicos; etnomatemática.
2. Bases sócio-culturais da ciência e da matemática europeia: um enfoque história.
3. Especificidades da ciência medieval na península ibérica a matemática das descobertas e do período de conquista e colonização.
4. Matemática, ciência e tecnologia pré-colombiana: um enfoque histórico.
5. O período colonial avançado; esforços para a modernização de conhecimentos científicos e matemáticos em Portugal e Espanha e reflexos nas colônias.
6. Movimentos de independência, idéias modernas e a ciência e a matemática europeias na América Latina do século XIX. Aspectos institucionais.
7. História da Matemática Nativa, Popular e Profissional nas colônias (Matemática de uso diário, Matemática Rural, Matemática Comercial, Matemática para Engenheiros e Cientistas): um enfoque sócio-cultural. Um estudo paralelo sobre noções científicas.
8. Introdução e produção de conhecimentos científicos e matemáticos nos séculos XIX avançado e século XX: análise qualitativa e quantitativa.

No caso específico da América Latina, a investigação da época pré-colonial se dá através de monumentos, artefatos, documentos e sobretudo práticas preservadas em comunidades e na memória coletiva das populações. O programa se fecha com uma análise crítica da transferência de conhecimento, em particular transferência de Ciência e Tecnologia, das nações centrais para as periféricas, assim chamadas do ponto de vista da produção desse conhecimento. Essa análise crítica se faz pelo exame dos processos de institucionalização e de produtividade acadêmica, não meramente quantitativa mas sobretudo qualitativa. Trivia et marginalia nos conduz ao conceito de ciência caudatária para caracterizar muito da produção acadêmica e da conseqÜente absorção tecnológica dos países periféricos.

## **NOTAS**

[1] Presidente de la Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología. Campinas, Brasil.



## 2.2 LA PRIMERA PRUEBA DE LA LEY DE RECIPROCIDAD CUADRÁTICA

Michael Josephy. [\[1\]](#)

### RESUMEN

*La Ley de Reciprocidad Cuadrática (LRC) es un Teorema de importancia fundamental en la teoría de números. Es singular por su belleza y simetría; Carl Friedrich Gauss (1777-1855) se impresionó tanto que lo llamó *theorema aureum* (el teorema dorado). El enunciado de la ley es sencillo pero su veracidad no es, de ningún modo, evidente. Leonhard Euler (1707-1783) y Adrien Marie Legendre (1752-1833) se convencieron de ello por evidencia numérica y un análisis incompleto, pero fue Gauss quien dio la primera prueba satisfactoria.*

*Toda referencia (§94) corresponde a las *Disquisitiones arithmeticae* [4] de Gauss. La palabra residuo siempre quiere decir residuo cuadrática.*

### RECIPROCIDAD CUADRÁTICA

La teoría de reciprocidad cuadrática se basa en congruencias. Se dice que el entero  $a$  es congruente al entero  $b$  módulo  $n$ ,  $a \equiv b \pmod{n}$ , si  $n$  divide a la diferencia  $a - b$ . Ahora sea  $p$  un primo impar (3,5,7,11,13,17,...) y  $a$  un entero no divisible por  $p$ .  $a$  se llama un *residuo* de  $p$  si la congruencia  $x^2 \equiv a \pmod{p}$  tiene alguna solución. Gauss señaló este caso por  $aRp$  mientras que Legendre escribió  $(a/p) = +1$ . En el caso contrario, es decir, si la congruencia  $x^2 \equiv a \pmod{p}$  no tiene ninguna solución,  $a$  se llama un *no residuo* de  $p$ . Gauss indicó este caso por  $aNp$ ; Legendre por  $(a/p) = -1$ .

Hoy en día es el símbolo de Legendre  $(a/p)$  el que predomina para indicar si  $a$  es o no es un residuo de  $p$ . Debe entenderse que  $(a/p)$  no representa un cociente; es un símbolo formal que siempre vale  $\pm 1$ .

En principio (J) puede calcularse directamente. Por ejemplo, se forma la lista de todos los cuadrados  $1^2, 2^2, \dots, (p-1)^2$  y se determina si  $a$  es congruente a alguno de ellos módulo  $p$ , O bien se usa el resultado elemental que  $(a/b) = a^{(p-1)/2} \pmod{p}$  para determinar si un  $a$  particular es residuo.

Pero es la LRC la que le permite a uno calcular  $(a/b)$  con una eficiencia óptima. La parte central de esta ley dice que, para primos impares  $p$  y  $q$ , hay una relación íntima entre la pregunta, "¿Es  $p$  un residuo módulo  $q$ ?" y "¿Es  $q$  un residuo módulo  $p$ ?" Esta relación es que el producto de los dos símbolos de Legendre se da por

$$(1) \quad (p/q) (q/p) = (-1)^{((p-1)/2)((q-1)/2)}$$

Note que el lado derecho es fácil de calcular. La formulación equivalente de Gauss dice

$$(1)' \quad pRq \text{ sii } qRp \text{ cuando } p \equiv 1 \pmod{4} \text{ o } q \equiv 1 \pmod{4}$$

$$(1)' \quad pRq \text{ sii } qVp \text{ cuando } p \equiv 3 \pmod{4} \text{ y } q \equiv 3 \pmod{4}$$

Lo anterior expresa la parte más significativa de la LRC. Hay unos resultados adicionales que permiten calcular cualquier  $(a/b)$ . Estos resultados pueden considerarse como una parte propia de la LRC o como "Leyes Suplementarias." Indicamos cada uno de dos maneras equivalentes— primero al estilo de Legendre y segundo al estilo de Gauss. Siempre  $p$  es un primo impar;  $a, y, b$  enteros no divisibles por  $p$ . Entonces:

$$(2) \quad (ab/p) = (a/p) (b/p)$$

$$(2)' \quad abRp \text{ sii } (aRp \text{ y } bRp) \text{ o } \{aNp \text{ y } bNp\}$$

$$(3) \quad (-1/p) = (-1)^{(p-1)/2}$$

$$(3)' \quad -1Rp \text{ sii } p \equiv 1 \pmod{4}$$

$$(4) \quad (2/p) = (-1)^{(p^2-1)/8}$$

$$(4)' \quad 2Rp \text{ sii } p \equiv \pm 1 \pmod{8}$$

El llamado Teorema Fundamental de la Aritmética (cuya primera prueba formal, podemos mencionar, se encuentra en la Sección II de [4]) dice que todo entero  $a$  es un producto (esencialmente único) de varios factores escogidos entre  $-1, 2$  y los primos impares. Las igualdades (1) a (4), junto con las observaciones

$$(5) \quad (a/b) \text{ depende sólo del valor de } a \text{ módulo } p$$

$$(6) \quad 1 \text{ siempre es un residuo}$$

reducen la determinación de  $(a/b)$  a un cálculo simple. Por ejemplo

$$(12/59) = - (59/19) = -(2/19) = 1$$

y de hecho  $14^2 \equiv 19 \pmod{59}$ . O bien, el cálculo

$$[(3 / 2^{127} - 1)] = -[(2^{127} - 1 / 3)] = -(1/3) = -1$$

muestra que 3 no es un residuo módulo  $2^{127} - 1$ .

## EULER Y LEGENDRE

Euler fue el primero en formular correctamente la LRC, aunque no logró una prueba. No tenía una notación cómoda, y expresó la relación  $aRp$  en palabras. La enorme obra matemática de Euler se recoge en los 72 volúmenes [3]; allí se ve que él volvió a considerar la teoría de residuos a lo largo de su vida. Su presentación más completa del tema se publicó sólo después de su muerte en "Observaciones circa divisionem quadratorum per números primos" [3, ser. 1, vol. 3, 497], En este artículo prueba resultados como (3) (la caracterización de cuando  $-1$  es un residuo) pero, acerca de la relación principal (1), sólo puede indicar el deseo de que alguien la probara.

Legendre continuó el desarrollo de la teoría de residuos mediante varios artículos como [9]. Introdujo el símbolo de Legendre  $(a/b)$  que resultó tan conveniente que hoy en día es la notación de mayor uso. Intentó probar la LRC; su "prueba" tuvo deficiencias y ahora se reconoce que Legendre logró un gran avance del tema sin obtener una prueba satisfactoria del teorema. Sería un debate poco fructífero discutir cuánto fue la contribución de Legendre. Unos autores insisten que la LRC se llama la LRC de Legendre; otros la LRC de Gauss.

Gauss (§151, 5296, §297 y sus Additamenta) da una crítica excesivamente fuerte del intento de prueba de Legendre. Reclama dos suposiciones que Legendre hace sin justificar. La primera es un teorema difícil (probado posteriormente por Dirichlet) sobre primos en sucesiones aritméticas. La segunda es que para todo  $a = 1 \pmod{4}$  existe un primo  $p = 3 \pmod{4}$  con  $a$  un no residuo de  $p$ . Dice Gauss que duda que se puedan arreglar estas omisiones sin presuponer la LRC misma (formando un argumento circular). Pero actualmente se reconoce que el trabajo de Legendre realmente es la base de una prueba válida de la LRC [5, p.57].

## LAS PRUEBAS DE GAUSS

La LRC se caracteriza por su enunciado simple sin demostración simple. La primera prueba satisfactoria requirió un esfuerzo grande por parte de Gauss; desde entonces las pruebas han proliferado de tal medida que un autor contemporáneo escribió un artículo con el título irónico "La Prueba Número 152 de la LRC" [6], Es difícil contar el número de pruebas diferentes, ya que no existe una regla que determine cuándo una pequeña variación da raíz a una prueba "nueva." Ni hay consenso acerca del número de pruebas que Gauss mismo descubrió. Gauss enumeró seis pruebas diferentes entre sus obras; de éstas, dos pares (la  $3^a$  y la  $5^a$ , la  $4^a$  y la  $6^a$ ) son semejantes. Por el otro lado, entre sus trabajos postumos aparecen lo que Bachmann llama pruebas 7 y 8, que son realmente una sola prueba. Así, es posible decir que Gauss encontró entre 4 y 8 pruebas "diferentes."

Para efectos de este artículo, seguimos la numeración tradicional de Gauss y Bachmann. Están ordenadas por su fecha de publicación. La tabla siguiente se basa en los comentarios de Bachmann [5, vol. X, p. 50] y en un estudio de los originales [5, vol. I y II].



## Las ocho pruebas de la LRC descubiertas por Gauss

	Fecha de descubrimiento	Año de publicación	Ubicación en [5]		Resumen del método
			vol.	páginas	
I	8 abril, 1796	1801	I	98-110	Inducción cuidadosa pero elemental, con 8 casos
II	27 junio, 1796	1801	I	292-294	caracteres de formas cuadrática
III	> 1805	1808	II	1-8	argumento elemental de cónico usando el "lema de Gauss"
IV	mediados de mayo, 1801	1811	II	9-45	sumas gaussianas
V	> 1805	1818	II	47-54	semejante a la III
VI	> 1805	1818	II	55-64	congruencias algebraicas con coeficientes enteros
VII	$\leq 2$ set., 1796	1863	II	233-234	un corolario a la teoría de ciclotomía (parte 1)
VIII	$\leq 2$ set., 1796	1863	II	234-235	un corolario a la teoría de ciclotomía (parte 2)

Las fechas de descubrimiento para pruebas I, II, IV, VII y VIII se saben con cierta exactitud por referencias en el diario matemático (Tagebuch) de Gauss [5, vol. X]. Las pruebas I y II aparecieron en las *Disquisitiones* [4]; en su propia copia Gauss añadió a mano ciertos comentarios [4, pp. 475-476]. Para la Prueba I (§131) puso "descubierto abril, 1796," para la Prueba II (§262) puso "obtenido 27 julio, 1796." Probablemente se equivocó al poner 27 julio en lugar de 27 junio, la fecha que consta en su diario.

Gauss debe haber llegado a formular la LRC por un análisis exhaustivo de muchos ejemplos numéricos, aparentemente sin saber, hasta después, las obras de Euler y Legendre. En su comentario de la Prueba I (§131) dijo "descubierta por inducción, marzo, 1795." Aquí "inducción" quiere decir un estudio del patrón de muchos casos — no es inducción matemática como se entiende hoy. En 1795 Gauss había estudiado suficientes datos para tener confianza de dar la regla general; en 1796 lo probó rigurosamente. Incluyó en las *Disquisitiones* [4, p. 4691 una tabla que indica si  $pRq$  o  $pNq$  para primos  $2 < p < 97$  (mas  $p = -1$ ) y primos impares  $?, 3 < q < 97$ . En su *Nachlass* [5, vol. II, pp. 399-409] se ve que Gauss había extendido el cálculo a  $2 < p < 997, 3 < ? < 503$ .

Es la Prueba III de Gauss la que más se usa actualmente en libros sobre la teoría de números para razonar la LRC. Es elemental y compacta; era la favorita de Gauss mismo. Dirichlet y Eisenstein mejoraron el argumento hasta obtener su forma moderna. Las demás pruebas tienen su propia importancia. Vea [11] para una discusión profunda de pruebas II, IV y VI. Aquí veamos la prueba I con más detalle.

### LA PRIMERA PRUEBA

La primera prueba de la LRC es una inducción matemática complicada que involucra un análisis de ocho casos por aparte. Ha inspirado una diversidad de reacciones. Smith [11] dijo que "la primera demostración < se presenta por Gauss en una forma muy repulsiva a todos salvo los alumnos más laboriosos." Otros son más generosos. Mathews [10] dijo que "es un ejemplo admirable de inducción matemática" y Bühler [2] que "era el resultado de un esfuerzo increíblemente energético."

Pero las técnicas de la primera prueba mantienen su interés. Brown [1] reconstruye el argumento de Gauss en términos de una prueba "por descenso." Springcr [12] menciona que §129 inspiró a Tate en un cálculo de la K-teoría algebraica.

Revisemos paso por paso el camino que Gauss siguió en Sección IV de las *Disquisitiones*. La sección consiste de 59 artículos de longitud muy variable. Para poder organizar nuestra exposición, dividamos la Sección en seis partes: A, B, C, D, E y F.

La Parte A (§§94-107) es introductoria: Gauss define los conceptos básicos, prueba unos lemas necesarios y da unos ejemplos. En §94 muestra que  $[y + 1]$  clases son residuos de  $m$ , con ejemplos  $m = 13, 15$ . Luego (§95) define cuándo  $a$  es un residuo o un no residuo e impone la restricción a módulos  $p$  que son primos impares. En este caso (§96), la mitad de  $\{1, 2, \dots, p - 1\}$  son residuos; la otra mitad, no residuos. Menciona (§97) la conexión con la paridad de los índices y calcula los residuos para  $p < 17$ . Prueba (§98) el lema útil que el producto de dos residuos o de dos no residuos es un residuo, y que el producto de un residuo con un no residuo es un no residuo. Esto se generaliza (§99) a productos de  $n$  factores, y reduce el problema a los valores primos de  $a$ . En el caso de un módulo  $p^n$ , hay  $1/2(p - 1)p^{n-1}$  residuos (§ 100). Si  $p \nmid a$ ,  $a$  es un 'lang=ES-TRAD residuo de  $p^n$  sii es un residuo de  $v$  (§101); si  $p \mid a$  también se caracteriza cuando  $a$  es un residuo módulo  $p^n$  (§102). El caso de un módulo  $2^n$  requiere aparte (§103). Si  $A$  es un residuo de  $m$ , Gauss encuentra el número de valores de raíz de  $A$  para  $m$  primo (§104) o compuesto (§105). En §106 muestra el lema básico que  $A$  es un residuo (no residuo) de  $p$  según  $A^{\sim} = +1$  ó  $-1 \pmod{p}$ . Finalmente (§107) Gauss nota que es fácil calcular todos los residuos de un  $m$  fijo; cuesta más averiguar, para un  $a$  fijo, todos los  $m$  tales que  $a$  sea un residuo de  $m$ .

La parte B (§§108-124) intenta contestar esta última pregunta para ciertos valores pequeños de  $a$  ( $a = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 5, \pm 7$ ). Hoy en día se reconoce que es necesario tratar los casos  $a = -1, a = 2$  por aparte, pero que los demás casos pueden incluirse en la teoría general. Primero Gauss trata de  $a = -1$ . Caracteriza cuándo es un residuo de  $p$  (§108) con una nueva prueba (§109). Reconoce (§110) que Euler obtuvo este resultado. Explica la relación entre  $aRp$  y  $-aRp$  (§111). Luego trata de  $a = \pm 2$  con  $p = 3$  ó  $5 \pmod{8}$  (§112),  $p = 7 \pmod{8}$  (§113),  $p = 1 \pmod{8}$  (§114). Da otra prueba (§115) y reconoce (§116) que Legendre obtuvo la primera prueba en este caso. Continúa con  $a = \pm 3$  y  $p = 5 \pmod{12}$  (§117),  $p = 7 \pmod{12}$  (§118) y  $p = 1 \pmod{12}$  (§119). Da crédito (§120) a Euler para resolver este caso. Luego toma  $a = \pm 5$  y  $p = 263 \pmod{5}$  (§121),  $p = 11$  ó  $19 \pmod{20}$  (§122) y  $p = 164 \pmod{5}$  (§123). El último caso es el más difícil y lo usa para motivar la generalización. Finalmente (§124) Gauss trata «  $a = \pm 7$  » forma parcial.

La parte C (§§125-129) da la prueba de un teorema esencial para la LRC general. Dice (§125) que todo entero  $a$  no cuadrado es un no residuo de algún primo. Aquí está la materia que Legendre no logró probar satisfactoriamente. Para lo que sigue, basta tratar sólo el caso  $a$  primo,  $a = 1 \pmod{4}$ . Si  $a = 5 \pmod{8}$ , es fácil (§125). El caso  $a = 1 \pmod{8}$  es mucho más difícil — Gauss requiere de una serie de lemas (§126, §127, §128) para probar el Teorema (§129) que todo primo  $a = 1 \pmod{8}$  es un no residuo de algún primo  $p < 2a + 1$ .

La parte D (§§130-134) es un preámbulo a la prueba de la LRC. En §130 Gauss resume la evidencia numérica ("inducción") que apoya la ley. En §131 dice el enunciado del Teorema en toda generalidad. Introduce la notación  $pRq$  y  $pNq$  para indicar si  $p$  es un residuo o un no residuo (resp.) de  $q$ . También decide usar  $a$ 's (de varios tipos) para enteros iguales a  $1 \pmod{4}$ ;  $fr$ 's para enteros iguales a  $3 \pmod{4}$ . El  $a$  o el  $6$  es minúsculo si se trata de un primo; mayúsculo si es compuesto. Esta notación de  $a$ 's y  $b$ 's no es usual hoy. Si se supone la LRC, de §111 resultan 8 reglas (§131). Con símbolos de Legendre dicen

Luego considera reciprocidad generalizada, i.e. cuando uno (§132) o ambos (§133) enteros sean compuestos, y se hace la deducción correspondiente (§134). La parte E (§§135-144) es donde se encuentra la primera prueba de la LRC. Gauss formula la hipótesis inductiva  $P(M)$ : que la LRC vale para primos  $a, p < M$  (§135). Luego (§136) comienza la inducción con la observación que vale hasta  $M = 5$ . Se divide el paso inductivo en 8 casos, tal y como la tabla siguiente muestra.

### Los ocho casos de la primera prueba

	art de [4]	$a$ o $b \pmod{4}$	$p \pmod{4}$	implicación
1	§137	$a = 1$	1	$pRa \rightarrow aRp$
2	§138	$a = 1$	3	$pRa \rightarrow aRp$
3	§139	$a = 1$	1	$pNa \rightarrow aNp$
4	§140	$a = 1$	3	$pNa \rightarrow aNp$
5	§141	$6 = 3$	3	$pRb \rightarrow bNp$
6	§142	$6 = 3$	1	$pRb \rightarrow bRp$
7	§143	$6 = 3$	3	$pNb \rightarrow bRp$
8	§144	$6 = 3$	1	$pNb \rightarrow bNp$

Para mayor claridad, en la última columna indicamos la implicación de una manera afirmativa y eliminamos ciertos casos con signo negativo (Gauss dice literalmente, por ejemplo en §137, que si  $\pm pRa$  entonces no puede ser  $\pm aNp$ ), Gauss no dio los detalles de los casos 4,6 y 8, sino que indicó que son análogos a los casos 3,5 y 7 (resp.)- Es el caso 3 el que resulta más problemático y que usa el Teorema de la parte C. Gauss tiene que dividir el caso 3 en una serie de subcasos.

La parte F (§§145-152) es un epílogo. Da (§145) una prueba nueva del resultado de § 114. Explica (§ 146) cómo determinar si  $Q$  es un residuo de  $P$  para  $P$  y  $Q$  cualesquiera. Es un método mecánico, que Gauss da como una cadena de implicaciones; el algoritmo se explica hoy en día con símbolos de Jacob  $i$ , que es más ágil aunque tenga el mismo trasfondo. En §§ 147-150 obtiene como corolario a la LRC, para un  $A$  fijo, "las formas de los divisores de  $x^2 - A$ " es decir, aquellas clases módulo  $AA$  que contiene sólo primos para los cuales  $A$  es un residuo. El penúltimo artículo (§151) hace referencia al trabajo de Euler y Legendre, dejando manifiesto el juicio de Gauss que ellos no lograron probar la LRC. Finalmente (§ 152) muestra que el estudio de congruencias "no puras"  $ax^2 + bx + c = 0$  puede reducirse al caso "puro"  $x^2 = A$  que ya resolvió. Con este análisis, Gauss terminó su primer estudio de reciprocidad cuadrática.

## NOTAS

[1] Escuela de Matemática, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica presentado el 24 de mayo de 1989 al Tercer Congreso Centroamericano y del Caribe de Historia de la Ciencia y la Tecnología. Apoyado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica por medio del proyecto 114-85-049.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Brown, E.** "The first proof of the quadratic reciprocity law, revisited", *Amer Math. Monthly* 88 (1981), 257.
2. **Bühler, W. B.** "Gauss: A biographical study", Springer-Verlag, 1981.
3. **Euler, L.** "Opera omnia", Teubner, 1911.
4. **Gauss, C. F.** "Disquisitiones arithmeticae", Fleischer, 1801, y reimpresso como vol. I de [5].
5. \_\_\_\_\_ . "Werke", volúmenes I a XII, Georg Olms Verlag, 1973.
6. **Gerstenhaber, M.** "The 152nd proof of the law of quadratic reciprocity", *Amer. Math. Monthly* 70 (1963), 397.
7. **Gray, J. J.** "A commentary on Gauss's mathematical diary, 1796-1814, with an English translation", *Expo. Math.* 2 (1984), 97.
8. **Ireland, K. & Rosen, M.** "A classical introduction to modern number theory", Springer-Verlag, 1982.
9. **Legendre, A. M.** "Recherches d'analyse indéterminée", *Hist. de l'Acad. Roy. des Sciences* (1785), 465.
10. **Mathews, G. B.** "Theory of numbers", Cambridge, 1892 y reimpresso por Chelsea, 1962.
11. **Smith, H. J. S.** "Report on the theory of numbers", *Reports of the British Association, 1859-1865* y reimpresso por Chelsea, 1965.
12. **Springer, T. A.** "The theory of quadratic forms in the Disquisitiones arithmeticae", en "Carl Friedrich Gauss 1777-1855: Four lectures on his life and work" (editor: A. F. Monna), *Communications of the Mathematical Institute, Rijksuniversiteit Utrecht*, 1978.



## 2.3 GIUSEPPE PEANO

Ana Mondrus Ostroumón. [\[1\]](#)

### RESUMEN

*Nos referiremos a algunos aspectos de la obra de este matemático italiano, al cumplirse este año el centenario de la publicación de "Arithmetices principia nova methodo exposita", donde propone la axiomatización de la Aritmética que lleva su nombre y hace su primer desarrollo formal. Fue uno de los fundadores de la lógica simbólica. Su clarificación del concepto de "membresía" o "pertenencia" lo sitúa entre los pioneros del lenguaje de la teoría de conjuntos. Puede considerársele precursor del formalismo de Hilbert.*

En 1989 - hace hoy cien años, y este centenario es una de las motivaciones circunstanciales de este trabajo - el matemático y lógico italiano Giuseppe Peano (1858-1932) publicó en Turín su obra *Arithmetices principia nova methodo exposita* (Los principios de la Aritmética expuestos según un nuevo método) con notas en latín. En esta obra él caracterizó a los números naturales axiomáticamente y los hoy llamados "axiomas de Peano" se exponen allí, aunque en forma simbólica distinta a la actual. Utilizó para escribirlos la lógica simbólica, de la que puede ser considerado uno de sus fundadores. Su nombre ha permanecido particularmente a través de estos "axiomas de Peano". Sin embargo su aporte fue fecundo también a través de otros trabajos.

Nuestro propósito es mostrar algunos aspectos importantes de sus obras, ya que en su época fue muy influyente como lógico y como matemático. Fue principalmente, con Peano y su escuela, que Italia empezó a tomar parte activa en lo que a desarrollo y fundamentos de la matemática se refiere. Hasta fines del siglo XIX en Europa Occidental habían sido Alemania, Inglaterra y Francia los países más destacados en relación con esas investigaciones.

También queremos referirnos a algunos antecedentes históricos que tienen relación con sus obras, a matemáticos que lo influyeron directamente y a por qué puede considerársele como precursor del posterior formalismo de Hilbert. Finalmente indicaremos algunas de sus obras.

Giuseppe Peano fue originalmente matemático. Como tal contribuyó al desarrollo de la teoría general de funciones e hizo aportes innovadores.

Fue uno de los fundadores de la lógica simbólica.

Como matemático y lógico se propuso el proyecto de expresar en un lenguaje simbólico la lógica matemática y los resultados de las diversas ramas de la matemática. Este proyecto entusiasmó a colaboradores y se materializó en la obra *Formulario Matemático*.

Fue uno de los primeros en sentar las bases de un lenguaje formal apropiado para los proyectos de axiomatización. Influyó en la escuela axiomática francesa y en el proyecto de Russell y Whitehead que culminó en *Principia Mathematica*.

A partir de 1903 inventó "Interlingua" o "Latino sine flexione" y desde entonces se dedicó principalmente a trabajar sobre esta lengua artificial que reúne y simplifica vocabulario y elementos gramaticales del latín, francés, alemán e inglés. Esta labor tuvo menos repercusión que las referidas anteriormente, particularmente su estructura axiomática para los números naturales.

## PEANO EN EL SIGLO XIX

La historia de la ciencia muestra que el desarrollo de nuevas ideas, así como la búsqueda de bases más sólidas sobre las cuales fundamentar las ya existentes, necesita de lo que podríamos llamar un "ambiente" propicio. Europa Occidental, a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, proveyó de este ambiente al desarrollo de la lógica, del método axiomático y de la matemática en general. Esta época estuvo caracterizada por grandes cambios que abarcaron prácticamente toda la actividad humana, en particular las matemáticas y las ciencias. Estos cambios se gestan a principios del siglo XIX y continúan hasta la primera mitad del siglo XX. En lo que concierne a las matemáticas, se inician en el primer tercio del siglo XIX con el nacimiento de las geometrías no euclidianas y la introducción del rigor en el análisis.

Citemos al respecto un párrafo de Carl Boyer, tomado de su obra *A History of Mathematics*:

"Las matemáticas han sido comparadas a menudo con un árbol, que crece a lo alto y ancho expandiendo la estructura de su ramaje sobre la tierra, mientras al mismo tiempo hunde sus raíces cada vez más profundamente y a lo ancho en la búsqueda de un fundamento firme. Este doble crecimiento fue especialmente característico del desarrollo del análisis del siglo XIX, ya que la rápida expansión de la teoría de funciones fue acompañada por la rigurosa aritmetización del tema desde Bolzano hasta Weierstrass. En álgebra el siglo XIX había sido más notable por los nuevos desarrollos que por la atención dada a los fundamentos ( . . . ). Sin embargo, durante los últimos años del siglo hubo varios esfuerzos para proveer con raíces más fuertes al álgebra. El sistema de los números complejos es definido en términos de los números reales, los cuales son expuestos como clases de números racionales, los cuales a su vez son pares ordenados de enteros; pero, ¿qué son, después de todo, los enteros?"

Los intentos de respuesta y la respuesta a esta pregunta están en el corazón de los fundamentos de la matemática, al ser ésta referida, en última instancia, a la aritmética. Ya para finales del siglo XIX, las diversas ramas de la matemática se fundamentaban en el concepto de número natural. Peano fue más allá, al mostrar que la teoría ordinaria de los números naturales puede ser construida a partir de tres conceptos primitivos ("uno", "número" y "sucesor") y de nueve postulados, cuatro de los cuales corresponden a la igualdad.

Transcribimos, a continuación, el párrafo en el cual Peano introduce sus axiomas, con su propia simbología. (D. A. Gillies, 1982):

"Explicaciones"

El signo  $N$  significa número (entero positivo);  $1$  significa unidad;  $a+1$  significa el sucesor de  $a$  o  $a$  más  $1$ ;  $y =$  significa es igual a (este debe ser considerado como un nuevo signo, aunque tiene la apariencia de un signo de lógica).

**Axiomas.**

1.  $1 \in N$ .
2.  $a \in N \cdot \acute{E} \cdot a=a$ .
3.  $a, b \in N \cdot \acute{E} : a=b \cdot = \cdot b=a$ .
4.  $a, b, c \in N \cdot \acute{E} \cdot \cdot a=b \cdot b=c : \acute{E} \cdot a=c$ .
5.  $a=b \cdot b \in N : \acute{E} \cdot a \in N$ .
6.  $a \in N \cdot \acute{E} \cdot a+1 \in N$ .
7.  $a, b \in N \cdot \acute{E} \cdot a=b \cdot = \cdot a+1=b+1$
8.  $a \in N \cdot \acute{E} \cdot a+1 \neq 1$
9.  $k \in K \cdot \cdot \cdot 1 \in k \cdot x \in k : \acute{E} x \cdot x+1 \in k : : \acute{E} N \acute{E} k$

**Definiciones.**

10.  $2 = 1+1; 3 = 2 + 1; 4 = 3 + 1; \text{ etc.}$ "

**Observaciones:**

En 9,  $k \in K$  significa que  $k$  es una clase, y  $N \acute{E} k$  significa que  $N$  es un subconjunto de  $k$ ."

Los axiomas 2, 3, 4, 5 son axiomas de igualdad, así es que los axiomas 1, 6, 7, 8, 9 son los llamados "axiomas de Peano". Es interesante notar que el mismo Peano no separó en este trabajo los dos tipos de axioma, haciendo así más explícita la caracterización de número natural.

1, 6, 7, 8, 9, escritos informalmente, quedan:

- (P1)  $1$  es un número.
- (P2) El sucesor de cualquier número es un número.
- (P3) Dos números son iguales si y sólo si sus sucesores son iguales.
- (P4)  $1$  no es sucesor de número alguno.



(P5) Sea  $k$  cualquier clase. Si  $1 \in k$ , y para cualquier número  $n$ ,  $n \in k \implies n+1 \in k$ , entonces  $k$  contiene a la clase de todos los números.

(P6) es el principio de inducción completa, enunciado en términos de clases más que de propiedades.

No fue Peano el primer matemático del siglo pasado que se ocupó de este tema. En su *Arithmetices principia* de 1889, dice en el prefacio:

"En las pruebas de aritmética usé el libro de H. Grassmann, *Lehrbuch der Arithmetik* ( Berlín, 1861). También me fue bastante útil el reciente trabajo de R. Dedekind, *Was sind und was sollen die Zahlen* (Braunschweig, 1888) en el que son examinadas agudamente cuestiones pertinentes a los fundamentos de los números."

Así, la influencia de Richard Dedekind (1831-1916) en Peano es directa. La obra de Dedekind a que hace referencia Peano es también sobre los fundamentos de la aritmética. Toma la noción de "sistema" como básica y define el número. Aunque hay mucha semejanza entre los postulados de Peano y la definición de Dedekind de número natural, la originalidad de Peano está en que propuso una axiomatización de la aritmética sin reducir el concepto de número a una noción lógica y formalizó la axiomatización que propuso. Más adelante nos referiremos en más detalle a una comparación entre Peano, Dedekind y Friedrich Gottlob Frege (1848-1925), que fue el otro matemático que en ese período se ocupó de estos fundamentos en su obra (entre otras) *Grundlagen der Arithmetik*, publicada en 188

Los trabajos de Giuseppe Peano respondían a un ambicioso proyecto que entusiasmó a colaboradores y discípulos: Exponer en un lenguaje puramente simbólico no sólo la lógica matemática, sino también las ramas más importantes de la matemática. Este propósito fue llevado a cabo en la obra *Formulario mathematico*, cuya primera edición apareció en 1895 y la última en 1908. Está escrito casi enteramente en fórmulas y desarrolla:

- I) Lógica matemática I
- II) Aritmética
- III) Álgebra
- IV) Geometría
- V) Límites
- VI) Cálculo Diferencial
- VII) Cálculo Integral
- VIII) Teoría de Curvas

En el *Formulario* aparece también, algo modificado, el trabajo de Peano al que hicimos referencia en la Introducción.

## PEANO Y LA LÓGICA

A principios del siglo pasado la matemática se había desarrollado mucho, teniendo en vista principalmente las aplicaciones. Sin embargo, en relación a ciertos puntos dudosos, por ejemplo el concepto de "infinitésimo" en análisis, Cauchy, Abel, Weierstrass, entre otros, impulsaron el movimiento de retorno a los fundamentos que culminó con la llamada "aritmización del análisis". Bajo la influencia de este movimiento las disciplinas deductivas alcanzaron un alto grado de perfección lógica. Paralelamente a la reestructuración efectuada en los fundamentos de la matemática, tuvo lugar un gran avance en la lógica formal.

Ya hacia el siglo XVII, con el desarrollo del álgebra, comenzó a advertirse cierta analogía entre la deducción algebraica y las reglas silogísticas, por ejemplo, en que era posible darle a letras el significado de entes o proposiciones cualesquiera.

El primero que había presentado contribuciones importantes en ese sentido fue Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), a la vez matemático y filósofo, a quien puede considerársele precursor de la lógica matemática. El sentido que para Leibniz tenía el uso del símbolo partía de la idea (que tuvo desde su juventud) de encontrar un "alfabeto de los pensamientos humanos", un "idioma universal", especie de lenguaje simbólico que permitiera expresar, sin ambigüedad, toda la gama de pensamientos humanos, lo que permitiría dilucidar cualquier controversia filosófica usando recursos del tipo del cálculo. Las ideas de Leibniz contienen muchos conceptos de la lógica simbólica, sin embargo no influyeron en su época, pues quedaron inéditas hasta este siglo, lo mismo que ideas semejantes que surgieron durante el siglo XVIII y comienzos del XIX.

Recién a mediados del siglo pasado, en 1854, el lógico inglés George Boole (1815-1864) publicó *The Laws of Thought*, con un propósito similar al de Leibniz. En palabras de su autor, este trabajo tiene por objeto:

". . . investigar las leyes fundamentales de las operaciones de la mente en virtud de las cuales se razona; expresarlas en el lenguaje de un cálculo y sobre tal fundamento establecer la ciencia de la lógica y construir su método; hacer de ese método la base de un método general para la aplicación de la teoría matemática de las probabilidades y, finalmente, recoger de los diversos elementos de verdad que surgen en el curso de esta investigación algunas informaciones probables referentes a la naturaleza y constitución de la mente humana . . ." (José Babini; *Historia de las ideas modernas en matemática* -1974 ). A partir de la obra *The Laws of Thought* se considera a Boole el fundador de la lógica simbólica.

Contemporáneos suyos, como Augustus De Morgan (1806-1871) y otros, contribuyeron bastante a la evolución de la nueva lógica. En esta dirección la obra cumbre es la de E. Schroeder (1841-1902) *Vorlesungen uber die Algebra der Logik*, en tres volúmenes, publicados entre 1890 y 1905.

Pero esta lógica presentaba poca importancia para los fundamentos de la matemática. La construcción de formalismos lógicos con vistas a su aplicación a los fundamentos de la matemática se inicia hacia 1880, en forma independiente por Charles Sanders Peirce (1839-1914) en Estados Unidos y por F. Gottlob Frege, en Alemania. El primero fue filósofo, se cuenta entre los fundadores del pragmatismo, fue matemático, perfeccionó la lógica de Boole, definió nuevos conceptos como los "valores" y "tablas de verdad". Por su parte, Frege publicó trabajos desde 1879 hasta comienzos de este siglo. En su obra *Begriffsschrift*, publicada ese año, hizo contribuciones fundamentales, como el análisis de la proposición en función y argumento en vez de sujeto y predicado, la teoría de cuantificación y una definición lógica de la noción de sucesión matemática. En esta obra desarrolla un nuevo modo de expresión, una "lingua characterica", un lenguaje escrito con símbolos especiales "para el pensamiento puro, modelado sobre el de la aritmética". En sus propias palabras: "Mi intención no era representar una lógica abstracta en fórmulas, sino expresar un contenido a través de signos escritos de una manera más precisa y clara de lo que es posible hacerlo con palabras. En realidad, lo que yo quería crear no era un mero "calculus ratiocinator" sino una "lingua characterica" en el sentido de Leibniz." Su programa no encontró mucha respuesta hasta haber sido emprendido en forma independiente por Bertrand Russell ( 1872-1970), cuando llegó a ser una de las principales metas de los matemáticos. Frege se decepcionó profundamente

por la pobre recepción de su trabajo, que ha sido explicada por lo inusitado del simbolismo que inventó y por la forma excesivamente filosófica en que presentó los resultados.

Fue con Peano y su escuela que la lógica avanzó de tal forma que pudo contribuir para mejorar la comprensión de los problemas relativos a los fundamentos de la matemática.

Peano creó un lenguaje lógico simbólico en el que, como hemos dicho antes, trató de expresar todas las disciplinas deductivas, lo que trajo grandes avances tanto para la lógica como para la matemática.

Para dar un ejemplo de una contribución de Peano en el campo de la lógica, consideremos la clarificación del concepto de "membresía" en una clase.

Una proposición específica siempre concierne a un cierto sujeto que puede ser señalado y al cual puede dársele un nombre propio. Lo que una proposición general menciona es un "miembro" o "miembros" de una cierta clase. "Algún animal ha matado un conejo" afirma que por lo menos un miembro de la clase de los animales ha matado un conejo. La lógica no trata de personas, animales u objetos específicos; puede aplicarse a individuos si ellos son miembros de una clase. (De no ser así, no habría interrelación en absoluto entre lógica y vida). La relación de clase-membresía, por lo tanto, es importante. Por cientos de años fue confundida con la relación de parte de un todo, lo que creó problemas metafísicos complicados en la filosofía. Peano reconoció la diferencia entre "es" ( que puede tener muy diversas acepciones: identidad, parte, membresía, etc.) y "es un" y honró la última relación con un símbolo especial: "e" ( del griego " ε σ τ ι "). Así, si se quería expresar breve y concisamente que U.C.R. es un miembro de la clase "universidad", se escribía:

U.C.R. e universidad , que puede leerse: U.C.R. es una universidad.

El símbolo de pertenencia (es decir membresía) sigue vigente, aunque actualmente la escritura de una expresión como la anterior sea algo distinta. Hay otros símbolos inventados por Peano que se usaron profusamente en la teoría de conjuntos y se siguen utilizando, tales como  $\dot{\cup}$  (suma o unión lógica);  $\dot{\cap}$  ("Ç"ÇÇ"Ç" (producto o intersección lógica), etc.

## PEANO Y EL LOGICISMO

En la filosofía de las matemáticas se han considerado como corrientes principales las llamadas "logicismo", "intuicionismo" y "formalismo". La doctrina logicista, que con exceso de simplificación podríamos caracterizar por querer reducir la matemática a lógica, nació, en cierto sentido, de las investigaciones relativas a los fundamentos de la matemática y a la lógica. En la obra de Bertrand Russell, exponente máximo del logicismo, convergen las investigaciones de Cantor, Dedekind y Weierstrass referentes a la aritmetización del análisis, la lógica matemática de Boole y Peano y la teoría de conjuntos. El propio Russell reconoció esas influencias y presentó sus tesis como el remate de estas investigaciones.

Peano no fue un logicista, puesto que no intentó reducir la matemática a la lógica, aunque sí la expresó con los recursos de la lógica simbólica.

Antes que Bertrand Russell, Frege planteó las tesis centrales del logicismo. En su obra *Die Grundlagen der Arithmetik* ( Los fundamentos de la aritmética), publicada en 1884, definió número natural (definición posteriormente corregida para evitar paradojas). Más tarde publicó *Grundgesetze der Arithmetik* (Leyes básicas de la Aritmética). El primer volumen de esta obra apareció en 1893 y el segundo diez años después. Aquí el autor se propuso derivar los conceptos de la aritmética de la lógica formal.

Peano admitió "clase" como una noción lógica. Sin embargo, él no creía que el número pudiera ser definido en términos de nociones lógicas. Más bien, la aritmética contenía un número de nociones primitivas que no podían ser definidas; pero que podían ser caracterizadas axiomáticamente. Desde este punto de vista, Peano fue un precursor del posterior formalismo de Hilbert.

El mismo escribe en *Arithmetices principia*:

"Aquellos signos aritméticos que pueden ser expresados usando otros junto con signos de lógica representan las ideas que podemos definir. Así yo he definido cada signo, excepto los cuatro que están contenidos en las explicaciones del párrafo 1. Si, como creo, estos no pueden ser reducidos más, entonces las ideas expresadas por ellos no pueden ser definidas por ideas que ya se supongan conocidas.

Las proposiciones que se deducen de otras por las operaciones de lógica son "teoremas", aquellas para las cuales esto no es verdadero las he llamado "axiomas". Hay nueve axiomas aquí (párrafo 1), y expresan propiedades fundamentales de los signos no definidos". (Gillies, op.cit.)

## **PEANO Y EL METODO AXIOMÁTICO**

Con la evolución de la matemática, especialmente de la geometría, el método axiomático, prácticamente inalterado desde Euclides, se hizo cada vez más riguroso, llegando a un alto grado de perfección lógica en las últimas décadas del siglo pasado, con Moritz Pasch (1843-1931), quien publicó en 1882 sus *Lecciones de geometría moderna*, donde por primera vez se presenta un sistema completo de postulados suficiente para exponer rigurosamente la geometría proyectiva, luego con los trabajos de Dedekind, que en 1888 expuso un sistema completo de axiomas en que fundar la aritmética y con los trabajos de Peano de 1889 y 1891.

En 1889 Peano también da a conocer un ensayo, del cual sólo las notas están en italiano y todas las proposiciones se expresan en forma puramente simbólica, cuyo título es "Los principios de la geometría expuestos lógicamente". Tuvo, sin embargo, mayor difusión "Los principios de la aritmética expuestos según un nuevo método", con notas en latín.

Pero el método axiomático adquirió su estado casi definitivo con David Hilbert (1862-1943), quien publicó su libro *Grundlagen der Geometrie* (Fundamentos de la Geometría) en 1899.

Hilbert fue posiblemente influido por Peano al adoptar la filosofía formalista de la matemática; pero además de la construcción de sistemas formales, a Hilbert y su escuela les interesa la investigación de las propiedades metamatemáticas de tales sistemas. Es curioso notar que se encuentran los débiles comienzos de este interés metamatemático en Peano. Cito a Gillies:

"No hay metamatemáticas en su *Arithmetices principia* de 1889; pero en su artículo de 1891 "Sul concetto di numero", hace una investigación metamatemática de la independencia de sus cinco axiomas. Este es un pasaje interesante y vale la pena citar unas pocas partes de él.

Peano empieza enunciando sus cinco postulados. Luego observa:

"Es fácil ver que estas condiciones son independientes".

Sigue entonces una investigación de la independencia (. . .) Peano usa el método de los modelos. Para mostrar que un postulado particular, digamos P, es independiente de un grupo, digamos G, de los otros, Peano inventa un modelo M en el cual P es falso, pero los postulados de G son todos verdaderos. Sin dar los detalles completos, ilustraremos su procedimiento con un par de ejemplos:

i) Prueba de que (P5) es independiente de (P1), (P2), (P3) y (P4):

"Para formar una clase de entidades que satisfagan 1, 2, 3 y 4, pero no 5, es suficiente agregar al sistema N otro sistema de entidades que satisfaga las condiciones 2, 3 y 4; así la clase formada por los enteros positivos N y por los números imaginarios de la forma  $i+N$ , es decir, aquellos que se obtienen al sumar a la unidad imaginaria un entero positivo arbitrario, satisface las condiciones que preceden a 5; pero no 5 mismo."

ii) Prueba de que (P4) es independiente de (P1), (P2), (P3) y (P5) :

Para ver que 4 no es una consecuencia de 1, 2, 3 y 5, consideremos las raíces de la ecuación  $x^n = 1$ ; llamemos "primera raíz" (o 1) a la raíz imaginaria que tiene el argumento más pequeño ( $2\pi/n$ ); y llamemos sucesor de una raíz al producto de  $a$  por la primera raíz; las condiciones 1, 2, 3 y 5 se verifican, pero no 4, al ser la primera raíz también sucesor de la enésima. El mismo ejemplo puede ser dado en forma popular con los nombres de las horas: la una es el sucesor de las doce."

Tales investigaciones de independencia son muy útiles porque aclaran el rol preciso de cada uno de los varios axiomas. Aunque Peano investiga la independencia de los axiomas, él no presenta, hasta donde he podido descubrir, la cuestión de la consistencia. Quedó para Hilbert y su escuela presentar la cuestión de la consistencia e investigarla en detalle." (Gillies, op. cit. pp 69-70).

La compatibilidad de los axiomas de la aritmética es el segundo problema en la lista de 23 problemas hasta entonces no resueltos que presentó Hilbert en su discurso de 1900. Este asunto se debatió en los primeros decenios de este siglo en la llamada "crisis de los fundamentos" de la matemática, que surgió a partir de algunas paradojas que se manifestaron en la reciente teoría de conjuntos. Principia mathematica de Bertrand Russell y Alfred North Whitehead (1861-1947), dejó sin respuesta la segunda pregunta de Hilbert. Los esfuerzos que se hicieron para resolver este problema llevaron, en 1931, a una conclusión sorprendente al matemático austríaco emigrado a Estados Unidos, Kurt Gödel, quien demostró que en un sistema rígidamente lógico, tal como el que Russell y Whitehead habían desarrollado para la aritmética, pueden ser formuladas proposiciones indecidibles, es decir que no pueden ser demostradas ni demostrada su negación, en el marco de los axiomas del sistema. Por lo tanto no se puede estar seguro, usando los métodos normales, que los axiomas de la aritmética no llevarán a contradicciones.

Sin embargo, los matemáticos siguen trabajando y los más preocupados de entre ellos por los fundamentos buscan una salida tal vez en la metamatemática.

## CONCLUSIÓN

Peano desarrolló su sistema de lógica formal para deducir teoremas de axiomas. Aunque su sistema, como un todo, no es tan bueno como el de Frege, su notación fue más aceptada y es el antecesor de la mayoría de los sistemas modernos. Ambos fueron estimulados, por sus propios proyectos para los fundamentos de la aritmética, a hacer avances en lógica. Frege desarrolló la teoría de la cuantificación en una forma completa que ha sido difícilmente mejorada desde entonces; el trabajo de Peano fue mucho más incompleto y necesitó una buena cantidad de desarrollo y mejoramiento.

Como matemático y lógico Peano fue fecundo y posiblemente por haber escogido símbolos más parecidos a los habituales y haber evitado el lenguaje metafísico en sus escritos matemáticos, influyó más que otros contemporáneos suyos en su propia época. El, a su vez, recibió la influencia de matemáticos como Dedekind, Grassmann y otros; en algunos casos como el de Grassmann, algunos de cuyos trabajos en álgebra lineal aparentemente no fueron comprendidos por sus contemporáneos, fue a través de las obras de Peano como se difundieron.

Su labor contribuyó a poner más en evidencia las conexiones de la lógica con la matemática. Tanto él como Dedekind aceptaron "clase" como una noción lógica; pero Dedekind no usó la lógica simbólica.

## OBRAS DE PEANO

1889 Turín: *Arithmetices Principia nova methodo exposita*, con notas en latín. (Los principios de la aritmética expuestos según un nuevo método). Se encuentra traducido al inglés en *Selected Works*, por H. C. Kennedy, Londres, 1973.

1889 Turín: "Los principios de la geometría expuestos lógicamente". Ensayo, con las proposiciones en forma simbólica y no en italiano.

1890 "Sur une courbe qui remplit toute une aire plane". *Math. Annalen* 36.

1890 "Démonstration de l'intégrabilité des équations différentielles ordinaires". *Math. annalen* 37.

1891 "Sul concetto di numero". Ensayo.

1894 Turín: "Notations de Logique Mathématique". Introduction au *Formulaire de Mathématiques*.

1895 *Formulaire de Mathématiques*. Introducción más cinco volúmenes, editado por Peano, con la colaboración de Burali Forti, Bettazi, Castellano, Fano, Giudice, Vailati y Vivanti. Originalmente publicada en Turín, 1895 (144 pp). Quinta edición Formulario Matemático, Turín, 1905-1908 (463 pp).

1900 "Les définitions mathématiques". *Bibliothèque du Congrès Intern. de Philosophie*, París, 1900. Reimpreso en 1903.

1906 "Super theoremata de Cantor-Bernstein", *Rendiconti Palermo* 21. Reimpreso en 1906 en *Revista de Math.* 8.

1924 "De aequalitate". *Academia pro Interlingua, Circulare, #5*. Reimpreso en *Proceedings of the International Congress of Mathematics*, Toronto, 1924. Después en 1928.

## NOTAS

[1] Escuela de Matemática. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Babini, José.** Historia de las ideas modernas en matemática. Departamento de Asuntos Científicos, Organización de los Estados Americanos. Segunda Edición, 1974.
2. **Boyer, Carl B.** A History of Mathematics, New York: John Wiley & Sons, Inc., 1968.
3. da Costa, Newton Carneiro Affonso. Introducao aos fundamentos da Matematica, Porto Alegre: Of. Gráficas da Livraria do Globo S. A., 1962.
4. **Gillies, D. A.** Frege, Dedekind and Peano on the Foundations of Arithmetic, Assen, The Netherlands: Van Gorcum, 1982.
5. **Gödel and Frege.** Two Fundamental Texts in Mathematical Logic. Editado por Van Heijenoort, Jean . Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 1970.
6. **Langer, Susanne K.** An Introduction to Symbolic Logic, Segunda Edición, New York: Dover Publications, Inc., 1953.



## **2.4 MATEMÁTICAS Y CULTURA EN LA DECADENCIA DE OCCIDENTE DE SPENGLER**

Ángel Ruiz Zúñiga. [\[1\]](#)

### **RESUMEN**

*Se trata de estudiar la relación que establece Spengler entre naturaleza de las matemáticas, específicamente de los números, y realidad histórica y cultural. Son analizados los conceptos de número, historia, cultura, intuición, que este emplea en su famoso libro La decadencia de Occidente.*

*Aunque se afirma en este trabajo que Spengler incide con una metodología interesante sobre ciertos aspectos reales de la naturaleza de las matemáticas, su aproximación se ve debilitada -según el autor- por un relativismo histórico-cultural que no resuelve ciertos problemas epistemológicos fundamentales.*

La noción de matemática está conectada en Spengler a la de número. El problema del concepto de número y matemática en Spengler podría reducirse a la dicotomía entre lo apolíneo y lo faústico; entre un alma cultural que apunta lo cercano y pequeño, lo concreto y particular, y un alma de lo general y lo abstracto. La ruptura entre matemática antigua y moderna es radical. El número es redefinido, según Spengler, en términos de una relación de relaciones, la función. El número pitagórico sensible, que capta la extensión de la realidad, se ve enfrentado por uno cartesiano puro y coordinado. El punto abstracto sustituye a la figura sensible.

Spengler entona un canto de recuerdo de que la matemática antigua era más real, más "buena". Que la modernidad introduce los gérmenes de la descomposición. La liberación de toda referencia sensible anula un "noble" ideal y carácter en la matemática.



Existen consideraciones metodológicas detrás de esta división, que son -precisamente- lo que nos interesa analizar aquí. Spengler adopta un punto de vista esencialmente historicista, que le impone a la vida y al devenir de las cosas y las prácticas formas genéricas históricas. Hace determinar la matemática por cuestiones de orden ideológico y cultural, no por razones materiales-sociales. La historia es vista como una totalidad absorbente en la cual cobijarse. Las actividades de los hombres son tuteladas y generadas hacia esta totalidad.

La matemática no es un arte. Para Spengler la negación de esa afirmación le lleva a establecer identidades y puntos comunes entre la matemática y el arte, que no se sabe bien cuando se trata de uno o del otro.

El objetivo del presente trabajo es esencialmente penetrar las ideas metodológicas de Spengler. Mi objetivo es introducir el análisis de Spengler, exclusivamente en La decadencia de Occidente, en busca del esclarecimiento de su noción de número, y su posición frente a la historia de la matemática. En medio de esto se introduce ineludiblemente su noción de cultura.

El concepto de historia en Spengler señala el marco teórico que subtiende el conjunto de sus aproximaciones teóricas al problema epistemológico de la matemática. De hecho, subtiende metodológicamente el conjunto de sus reflexiones. Se trata para Spengler de un concepto en el que no importa mucho la posición ontológica frente a la realidad: "En los sistemas filosóficos gravita el acento unas veces sobre el alma, otras sobre el mundo; pero esta diferencia no tiene más que una importancia biográfica que caracteriza la personalidad del autor".[\[2\]](#)

Es evidente que para poder ser indiferente a la ontología se trata entonces -para comenzar- de un concepto sumamente general y abstracto. En efecto

"...las palabras "historia" y "naturaleza" se emplean aquí, como ya hemos dicho, en un sentido muy preciso, no usado hasta ahora. Significan los modos posibles de reducir el conjunto de lo consciente, en el producirse y el producto, la vida y lo vivido, a una imagen cósmica uniforme, espiritualizada y bien ordenada; imagen que será histórica o naturalista, según sea el producirse o el producto, la dirección o la tensión -"el tiempo" o el "espacio"- el que predomine y de forma a la impresión indivisible. Pero no se trata aquí de una alternativa entre dos posibilidades, sino de una escala infinitamente rica y variada. Hay infinitas formas posibles del "mundo exterior", reflejo y testimonio de la propia existencia; y esas formas posibles constituyen una escala, cuyos dos extremos son una intuición puramente orgánica y una intuición puramente mecánica. [\[3\]](#)

El concepto de historia está vertebrado por el de cultura: "La historia es -en íntima afinidad con la vida, con el devenir- la realización de la cultura posible". [\[4\]](#)

El concepto de historia, el de cultura y el de otros elementos que intervienen en esta configuración teórica, son extraídos de la propia conciencia; más preciso aún, de la intuición: "...estas nociones elementales son en gran parte incomunicables por conceptos, definiciones y demostraciones. En su sentido más profundo, han de ser sentidas, vividas, intuitas". [\[5\]](#) Se trata de una intuición de la conciencia, pero no de una manera profundamente subjetiva. Incluso el término intuición designa en Spengler algo diferente al concepto clásico a priori.

La cultura para Spengler no se realiza en el terreno de las conquistas de los hombres y la sociedad de un bagaje teórico y material cuya totalidad está vertebrada por el dominio y control de las fuerzas materiales. No se trata entonces de una relación recíproca de la sociedad, de la conciencia de los hombres, con la realidad natural. No se trata -como por ejemplo en el marxismo- de un proceso continuo y cambiante que posee factores determinantes en su base, a saber, las formas concretas, para cada época, de organización de la satisfacción de necesidades materiales. Para Spengler, la cultura es una masa genérica plasmada en torno a principios teóricos rectores. Más aún, ella misma es un principio. La historia es determinada, en gran medida, por esa masa genérica. El individuo se disuelve en esa masa genérica. Lo que se plantea para el individuo es su realización en "la imagen del mundo que lo circunda" y "...la cultura realizada es expresión y copia de una idea de la existencia humana". [6] Es decir la cultura aparece regida por la idea.

Esta orientación de Spengler se aplica a todo objeto de conciencia. En particular a la matemática, que define como "...una ciencia de estilo riguroso, como la lógica, pero más amplia y mucho más rica de contenido." [7] Pero, - además- es un "verdadero arte" y "...una metafísica de primer orden, como lo demuestran Platón, y sobre todo Leibniz". [8] Es evidente que el término de metafísica está mal empleado. Si bien la matemática ha podido servir como modelo para sistemas metafísicos, es totalmente insostenible que ella misma lo sea.

"El número es el símbolo de la necesidad causal", [9] nos dice Spengler. Esta afirmación es abstracta. El número se refiere a la naturaleza y señala una relación en ella misma (aunque captada en una relación mutuamente condicionante sujeto-objeto). Esta relación concreta (se le puede llamar si se quiere "numerosidad") es abstraída por la conciencia que elabora un concepto histórico por tanto continuo y transformante, que le corresponde y aproxima. El número -es cierto- se puede referir a la experiencia causal, se puede integrar a la causalidad como tal. Pero esta no es una condición stricto sensu necesaria. La relación que determina el concepto de número no es par excellence causal. Ni siquiera es de orden temporal meramente, como Spengler mismo señala.

Veamos este asunto de manera más profunda. Puesto en otros términos, la noción de causal hace referencia a una realidad en la que si se dan ciertas condiciones luego se dan otras. Se establece -usando un lenguaje poco preciso- una "deductibilidad", pero que -en el fondo- descansa en el estudio de regularidades exteriores que son "inductivas". Es decir, la inducción, que es un tipo de razonamiento que involucra la incertidumbre y la participación del azar, resulta abstraída en la deducción. La causalidad hace referencia a estas sucesiones de hechos encadenados a través de cierta necesidad. En la ciencia la causalidad encierra el concepto de probabilidad o -si no lo encierra- causalidad y probabilidad deben aparecer en una realidad epistemológica y ontológica unificada. O sea, no existe una expectativa absoluta de que ciertas condiciones darán como resultado tales o cuales condiciones. Entre la causa y el efecto -en el conocimiento- siempre se filtra el azar. El problema de determinar cuánto se filtra -cuáles son estos niveles de intervención- es un problema fundamental de la ciencia. [10] Pero dejemos aquí esta digresión.

Las matemáticas pueden hacer referencia a la causalidad, pero de la misma forma que cualquier ciencia lo hace. Es decir, afirmar lo anterior es equivalente a no afirmar nada específico sobre la naturaleza de las matemáticas. Spengler hace un juicio demasiado amplio como para ser efectivo.

El número, para Spengler, puede ser matemático o cronológico. Es decir, relativo al espacio y la materia o al tiempo respectivamente. No es la sucesión del tiempo -según Spengler y a diferencia del intuicionismo moderno-[11] lo que le determina su ser. (Spengler se inclina por favorecer el número como matemático, y es desde esa óptica que lo considera principalmente). Sin embargo, una noción más general es la que ve al número como conteniendo en su esencia un "...propósito de una limitación mecánica".[12] Se trata de que "...el número real con que trabaja el matemático, el signo numérico, exactamente representado, hablado y escrito -cifra, fórmula, guarismo, figura- es ya, como la palabra pensada, dicha, escrita, un símbolo óptico, sensible y comunicable, una cosa que la visión interna puede captar y en la que aparece realizada la limitación".[13] La posición de Spengler es interesante. En el Formalismo hilbertiano, por ejemplo, se construye una ontología matemática basada en el signo.[14]

Hagamos otra digresión. Las palabras corresponden a objetos de lo real y son vehículos para la conciencia en aproximación a esa realidad. Las palabras, más aún el lenguaje, son la columna vertebral de la expresión de la conciencia. Lenguaje y conciencia son figuras indisolubles. La conciencia es en principio lenguaje interiorizado. Es correcto señalar la identidad que la palabra posee con el número. Esta se realiza en tanto ambas son expresión de una realidad concreta y vehículo de la conciencia frente a ella. Es cierto que para una conciencia subjetiva individual el número y la palabra codifican "vivencias intencionales", como diría Husserl, de esta conciencia frente al mundo. Pero no se trata de un límite o un devenir subjetivo. Los conceptos son expresiones de la actividad de la conciencia, su codificación, y su base también, de ascenso a mayores desarrollos teóricos. Se trata, entonces, de un "límite" que genera casi lo "ilimitado".

Sigamos con Spengler:

"La naturaleza es lo numerable. La historia es el conjunto de lo que no tiene relación con la matemática. De aquí la certeza matemática de las leyes naturales y la admirable concepción de Galileo de que la naturaleza está scritta in lingua matemática; de aquí el hecho, subrayado por Kant, de que la física exacta llega exactamente a donde llegue la posibilidad de aplicar los métodos matemáticos". [15]

Aquí hay varios problemas planteados. La naturaleza no es lo numerable. Puede decirse que la conciencia y los hombres al aproximarse a ella elaboran el número como concepto codificante de esa aproximación. En ese sentido sería numerable. La propiedad real que permite la numerabilidad no es más que eso, una propiedad. Es exagerado, inexacto, por tanto erróneo, hacer de esa propiedad una palanca para definir el sentido de la naturaleza. Yo no digo que la matemática no sea esencial en la ciencia, en la explicación de la concatenación del mundo material. No es este el problema. Mi observación se dirige a señalar más adecuadamente la relación entre ésta y la física, ésta y la naturaleza. Para las ciencias fácticas la matemática es un valiosísimo instrumento que les permite codificar, explicar, y ascender a nuevos niveles de profundidad en su conocimiento.

Más aún, la matemática (su sentido, pues) es uno de los principales recursos para ese cometido. Sin embargo, la matemática debe comprenderse como un componente integrado a la experimentación y a la explicación propiamente dichas. En este sentido, la escritura del mundo en términos matemáticos no es exacta; al mismo tiempo sería altamente mecánico señalar que la física sólo puede llegar hasta donde "...llegue la posibilidad de aplicar los métodos matemáticos". La física llega hasta donde le lleve el conjunto de todos sus componentes que la determinan; y que -en primer lugar- se encuentra la experiencia como tal, aunque no separada de las líneas de orientación

que se den en concreto.

"La historia no tiene relación con la matemática" es una frase que en Spengler se refiere simplemente a que la historia es en esencia un fenómeno cultural, separado del devenir propio de la naturaleza, que es lo numerable: la matemática. No se debe tomar al pie de la letra como fórmula de negación en Spengler de una relación entre historia y matemática. Sin embargo, opino que no es correcto el sentido de su afirmación. Es obvio que el devenir de la conciencia, el devenir de la cultura y el devenir de la naturaleza, son todas cosas diferentes e independientes. Pero sólo pueden comprenderse en una interrelación, que, por lo demás, es eminentemente social. El devenir de la naturaleza en sí es independiente, pero su devenir es importante en tanto entra en relación con la vida de los hombres, con la conciencia y la sociedad. Es a partir de la relación hombres-naturaleza que se gesta la historia. Es la clave de su comprensión. En ese sentido, es evidente que la matemática, factor esencial de la cultura y el conocimiento, es un componente de la historia; es parte de ella.

En su consideración sobre el carácter de la matemática, Spengler define una noción de cultura que no la contiene. Es algo así como si la matemática no estuviera sometida a las vicisitudes de la vida histórica y cultural, porque esta es sobre todo el reflejo de la naturaleza -de la causalidad. Esto, que además es falso, plantea lo que aparece como una contradicción en Spengler.

Veamos este asunto en detalle. Por un lado, lo que ya hemos señalado, el número aparece para Spengler como sustrato de lo real, se trata de la "esencia de todo lo real".<sup>[16]</sup> Lo cual está fundamentado en la naturaleza y la causalidad. Por otro lado, los números no son meramente en sí, sino que poseen un fundamento subjetivo. Existe un "...sentimiento que sirve de fundamento a los números".<sup>[17]</sup> Se trata de un sentimiento acuñado histórica y culturalmente. Completa: "...La matemática traspasa los linderos de la observación y el análisis, y en sus momentos supremos procede por intuición, no por abstracción".<sup>[18]</sup> (Itálico mío A. Ruíz). Es una intuición no-producto de la experiencia matemática anterior que permite vías a la exploración teórica, sino que se trata de una intuición que trasciende al mismo matemático, es una intuición de una forma cultural e histórica. Para Spengler es esta forma histórica -elevada a categoría metafísica- la que determina la experiencia matemática. La contradicción frente a un concepto de número considerado como esencia de la realidad material sólo puede resolverse desde una óptica subjetiva que le de un sustrato subjetivo a esa naturaleza. Lo mejor que podríamos decir en torno a esto es que existen dos cosas para Spengler en las matemáticas: una esencia ahistórica -sobre la causalidad y la naturaleza- y una esencia histórica y cultural -vehiculizada por el sujeto. La pregunta obvia es si una de estas esencias es dominante con relación a la otra, o si el problema tiene algún sentido.

Una vez establecido que la matemática es determinada por la gestión de la categoría metafísica cultural, Spengler se plantea el siguiente problema: ¿varía o no a través de las épocas la fórmula metafísica-cultural? En concreto ¿varía o no el espíritu que subtiende a la matemática en las diferentes épocas? En caso de no variación se debe construir la matemática como un cuerpo de relaciones absolutas, en caso de variación surgen los problemas: ¿cuáles son las fases o cuáles las formas de cada época considerada? ¿Por qué se escogen esas épocas así? También se hace necesario explicar la continuidad de las épocas, la continuidad de los "espíritus" que subtienden las experiencias matemáticas existentes.

Spengler adopta el punto de vista de que no hay números en sí:

"Hay varios mundos numéricos porque hay varias culturas. Encontramos diferentes tipos de pensamientos matemáticos, por lo tanto, diferentes tipos de número: uno indio, otro árabe, otro antiguo, otro occidental. Cada uno es radicalmente propio y único; cada uno es la expresión de un sentimiento del universo; cada uno es un símbolo, cuya validez está exactamente limitada aún en lo científico; cada uno es un principio de un ordenamiento de lo producido, en que se refleja lo más profundo de un alma única, centro de una cultura única: Hay por lo tanto, más de una matemática". [\[19\]](#)

Spengler ha escogido el camino que plantea varias fases cerradas de la matemática, a partir de una diferenciación en su concepto base, el de número. Repite hasta la saciedad:

"No hay una matemática; hay muchas matemáticas. Lo que llamamos historia de la matemática, supuesta realización progresiva de un ideal único e inimitable, es en realidad, si dejamos de lado a la engañosa imagen de la historia superficial, una pluralidad de procesos cerrados en sí independientes, un nacimiento repetido de distintos y nuevos mundos de la forma; que son incorporados, luego transfigurados y, por último, analizados hasta sus elementos finales; un brote puramente orgánico, de duración fija, una fluorescencia, una madurez, una decadencia, una muerte". [\[20\]](#)

¿Por qué la matemática es susceptible de este tratamiento? Spengler no responde directamente, pero lo sugiere: "Si la matemática fuese una mera ciencia, como la astronomía o la minerología, podríamos definir su objeto. Pero nadie ha podido ni puede dar esa definición". [\[21\]](#) Es decir el objeto de la matemática se coloca en un terreno de tal subjetividad, moldeada profundamente por el espíritu de la época, que no es posible ni siquiera dar cuenta de cuál ha sido su objeto en cada época.

La posición más coherente de Spengler afirma las fases diferentes de la matemática en la historia como cuerpos propios y separados. Esto es correcto si se pretende señalar el condicionamiento social e histórico de los resultados matemáticos. Incluso es correcto señalar las elaboraciones matemáticas indias, árabes,... como estructuras que constituyen totalidades; en las cuales la actitud y aproximación de los matemáticos, sus objetivos y sus pretensiones, delinear, matizan esas elaboraciones. Es adecuado señalar la poca validez de esa posición metafísica que ha designado un cuadro de la matemática absoluto y universal [\[22\]](#), por encima del devenir histórico concreto (esa "supuesta realización progresiva"). La actitud de Spengler en ese terreno es adecuada. Sin embargo, Spengler no ha explicado con justeza las razones de la división. Resulta -en mi opinión- incorrecto afirmar que no es posible definir el objeto de la matemática en las diferentes épocas; y lo es más todavía, el pretender utilizar este supuesto hecho como una palanca para justificar la división planteada. Las consecuencias de esa justificación son claras. Hace que las matemáticas se relativicen social y culturalmente, históricamente. Aquí se requiere una discusión más profunda. [\[23\]](#)

Spengler no resuelve -entonces- el problema de la continuidad de la matemática. Si bien es cierto que se puede hacer una división de la naturaleza que éste plantea, no se puede plantear en términos de separación casi absoluta o términos de unión abstractos y generales. La unidad y permanencia del objeto de la matemática no es algo que tiene que ver sólo con la red subjetiva de los hombres y de la cultura. Se trata de la esencia misma de lo que es la matemática: se trata de que la matemática

es parte de la ciencia, que posee como base un objeto material, que es por lo tanto susceptible de aproximación teórica de una manera continua a través de la historia. Es cierto que con el desarrollo de la historia y de nuevos resultados las condiciones de ese objeto, la aproximación de los matemáticos a él, varían. Pero siempre se trata de un objeto que subtiende la elaboración matemática. Es obvio que no es un objeto material idéntico al que poseen las ciencias llamadas normalmente naturales. El objeto de la matemática está inscrito en las relaciones existentes en la naturaleza, de las características de éste. Tiene que ver esencialmente con la diversidad del movimiento de lo real. Al no encontrar un sustrato objetivo para las matemáticas, Spengler concluye una posición cerrada de división entre las épocas de la historia de la matemática, o intenta ligarlas a través de lazos que podríamos pensar son muy débiles y probablemente-decaracterización subjetiva, tales como: "Una determinada índole humana", etc..

La dialéctica de la unidad y continuidad de la matemática como tal, y la forma concreta de su devenir histórico, no es tratada por Spengler adecuadamente. Lo que es interesante es que comienza afirmando a la matemática y al número como símbolos de lo real, de la necesidad causal. ¿Cómo algo, en su concepción, tan etéreo y subjetivo puede significar ese papel objetivo? Esta ambigüedad se podría resolver, si se quiere, haciendo que sea una forma de conciencia subjetiva la base de apoyo de la matemática y de la realidad. Pero no está claro que haya sido la intención de Spengler.

Esta discusión con las ideas de Spengler nos permite abordar el problema de las relaciones entre matemática y cultura, o -también- momento histórico. En nuestra opinión, las matemáticas se refieren a una realidad material. Pero esta realidad no es sólo externa al sujeto. El sujeto -con sus limitaciones y características materiales- es parte de ese objeto. Es decir, el objeto de las matemáticas -en general de todas las ciencias- es un objeto subjetivizado. Y -por otro lado- este sujeto es objetivizado. Estamos hablando -entonces- no de un sujeto espiritual o trascendente, sino de características materiales y sociales. En la relación que establece el sujeto y el objeto es donde se definen los objetos diferentes de la ciencia, y en particular de las matemáticas.

Lo anterior implica varias cosas: por un lado, que existe -en efecto- un componente estrictamente externo al sujeto y también otro interno al sujeto que por ser física y estrictamente material es difícil de variar. Pero, por otro lado, existe un componente que está atado a la cultura y a la situación cultural en la que se desarrolle la relación sujeto-objeto. Este sí es susceptible de variación. Más aún, la variación es una de sus características principales. ¿Cómo afecta el componente material y cómo el cultural-histórico? es un asunto de primera importancia en la epistemología. En nuestra opinión, el componente material es el gran recipiente donde se mueve el otro componente. Sin las condiciones materiales no existiría -simplemente- la relación sujeto-objeto. Pero -como se trata de una relación de mútua influencia- la evolución de la cultura puede modificar la forma en que ese gran recipiente afecta los asuntos del conocimiento. Por ejemplo, yo afirmo que la intervención de la cultura y en general de la sociedad en la formación de los niños es capaz de afectar la percepción física de la realidad. El cerebro -para ir más lejos- está configurado por redes neuronales en interacción, se trata de sistemas físicos de relaciones. Estos sistemas se estructuran diferentemente de acuerdo a los influjos del medio social y cultural, de la realidad en general. Culturas diferentes pueden ocasionar sistemas cerebrales diferentes, y percepciones de la realidad diferentes. Es obvio, sin embargo, que existen fronteras para esto. Límites establecidos, extremos. Pero es también obvio que estas variaciones pueden ser muy importantes en los procesos cognocitivos y del conocimiento en general.

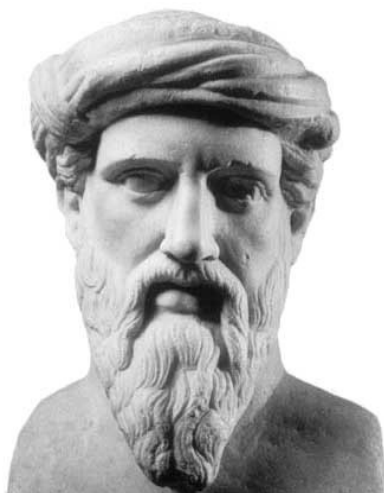
Lo anterior nos obliga a ser justos con Spengler. Aunque no sea la causalidad la noción mas adecuada, existe una "esencia" material y existe una "esencia" cultural en la determinación del carácter de las matemáticas. De igual manera tenemos que criticar la posición de Spengler que no encuentra puentes de convergencia entre estas dos "esencias". Cuando afirma una, la historia desaparece. Cuando afirma la otra, cada momento histórico se vuelve absoluto.

La comprensión unificante de este doble carácter permite una extraordinaria flexibilidad en la comprensión de la ciencia y las matemáticas. Permite entender que pueden existir varias matemáticas, aunque dentro de un conjunto de rasgos comunes. Ya no es sólo el hecho -que yo he afirmado en otras partes- de que existen varios objetos o referentes para las matemáticas, sino que la diversidad cultural e histórica aumenta la consideración de esta diversidad ya natural [24]. Esta aproximación -en particular- justifica o da valor a los intentos actuales por una etnomatemática, [25] una valoración más justa con la producción y elaboración de las matemáticas en la escala humana e internacional.

## NOTAS

- [1]** Escuela de Matemática. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- [2]** Spengler, O. La decadencia de Occidente. Madrid: ESPASA-CALPE, 1950, p. 88.
- [3]** Ibid. p. 89.
- [4]** Ibid. p. 90.
- [5]** Ibid. p. 91.
- [6]** Ibid. p. 91
- [7]** Ibid. p. 91.
- [8]** Ibid. p. 91.
- [9]** Ibid. p. 91.
- [10]** Consúltese. Popper, K. La lógica de la investigación científica. Madrid: Ed. TECNOS, 1902.
- [11]** Consúltese Heyting, A. Intuitionism an introduction. Amsterdam: North-Holland, 1956.
- [12]** Spengler, O. La decadencia de Occidente. Madrid: ESPASA-CALPE, 1958, p. 91.
- [13]** Ibid. p. 92.
- [14]** Consúltese Hilbert, O. en los artículos contenidos en Benacerraf & Putnam (Edit.) Philosophy of Mathematics, selected readings. New Jersey: Prentice Hall, 1964.
- [15]** Spengler, O. La decadencia de Occidente. Madrid: ESPASA-CALPE, 1950, p. 92.
- [16]** Ibid. p. 92.
- [17]** Ibid. p. 92.
- [18]** Ibid. p. 97.
- [19]** Ibid. p. 94.
- [20]** Ibid. p. 97.
- [21]** Ibid. p. 96.
- [22]** Para una visión del modelo racionalista y absoluto. Véase Lakatos, I. Matemáticas, Ciencia y Epistemología. Trad. Diego Ribes Nicolás. Madrid: Alianza Editorial, 1981.
- [23]** Desarrollo consideraciones epistemológicas con mayor extensión en Ruiz, A. "Epistemological Constituents of Mathematics Construction", en PROCEEDINGS XI International Conference on the Psychology of Mathematics Education. Julio 1987, Montreal. Canadá.
- [24]** Puede consultarse Ruiz, A. en "Implicaciones teóricas filosóficas del Teorema de Gödel en los fundamentos de las matemática". Rev. de Filo. Vol. XXIII, N<sup>o</sup> 50, dic. 1985, San José, Costa Rica.
- [25]** Sobre la noción de etnomatemática. Véase D'Ambrosio, U. Etnomatemática, raíces socio-culturais da arte ou técnica de emplicar e conxecer. Campinas. UNICAMP, 1987.





## **2.5 PITÁGORAS DESDE EL PUNTO DE VISTA POLÍTICO**

Theodora Tsijli A.[\[1\]](#)

"La vida semeja a los juegos olímpicos; algunos aprovechan la ocasión y levantan un negocio improvisado para ganar cuatro cuartos; otros combaten y piensan en glorificar sus nombres y otros participan como simples observadores".

Máxima atribuída a Pitágoras.[\[2\]](#)

### **RESUMEN**

*De Pitágoras se habla como el gran matemático y místico. Al analizar su origen aristocrático, su formación en la Hélade y Egipto, su Escuela, su interpretación del mundo a través de los números y sus enseñanzas podemos hacer conjeturas sobre sus intenciones o intereses políticos.*

El padre de las Matemáticas Griegas, cuyos descubrimientos y aportes elevan la matemática a la categoría de ciencia. Fundó la Escuela Pitagórica en la que se cultivaron la aritmética, la música, la geometría, la astronomía, la filosofía. Afirmaciones como ésta encontramos en cualquier libro de Historia de la Matemática.

Aún así, el gran pensador de todos los tiempos, Platón (428, 348 a.c.), en su Diálogo Protágoras o de los Sofistas, habla de los siete sabios de la antigüedad. "Tales de Mileto, Pítaco de Mitilena, Bias de Priena nuestro Solón, Cleóbulo de Lindio, Misón de Quena y Quilón de Lacedemónia, el séptimo sabio".[\[3\]](#)

No se incluye a Pitágoras entre ellos.

Xenofanis de la Escuela Eleática se refiere a Pitágoras con mucha ironía en relación con su teoría sobre metempsicosis.

"De ahí donde pasaba vio una vez golpear un perro; dicen que se compadeció y dijo lo siguiente: Deja de golpearlo porque es el alma de hombre amigo, le reconozco por la voz".[\[4\]](#)

Heráclito va más allá al afirmar (Pitágoras el mayor de los pillos)

Nuestro interés no es poner en tela de duda a Pitágoras sobre la base de algunas afirmaciones sacadas del contexto y en alguna medida anecdóticas sino más bien tratar de analizar la figura de Pitágoras desde el punto de vista filosófico-religioso.

Pese a que varios pensadores de la antigüedad escribieron su biografía, se menciona entre ellos a Demócrito, Aristóteles y Aristóxenes (uno de sus discípulos) no se cuenta con documentos escritos de su época.

Las biografías de Pitágoras que se conservan fueron escritas en el siglo III D.C. y, claro está, sus fuentes de información son autores anteriores, tradición oral y leyendas. Para conocer la figura de Pitágoras su Escuela mística-órfica, su pensamiento, vamos a sus orígenes, su formación, sus enseñanzas en el contexto de su época.

## **SU ORIGEN**

Era hijo de un rico comerciante de Samos en tiempos del tirano Polícrates. Este último mantuvo el poder por más de veinte años y se conoce por varias obras que dejó de acueductos y represas de agua como valiente guerrero y por sus excelentes relaciones con los egipcios.

Pitágoras después de recibir las enseñanzas de Tales (religiosas y filosóficas) de Anaximandro y de Ferexidis se trasladó a Egipto para ampliar sus conocimientos.

Parece que el tirano Polícrates, impulsado por el mismo Tales, le dió una carta de recomendación para su viaje a Egipto.

## **ESTUDIOS EN EL ORIENTE**

En Egipto, producto de luchas milenarias se había formado una casta cerrada de sabios sacerdotes, poseedores del saber. Eran el contrapeso del poder político de Faraón y simultáneamente gozaban de la protección de éste. Paralelo a su labor estrictamente religiosa-adoración de los dioses -tenían la obligación de recopilar toda la información de conocimientos, sobre la base de observación y explicación de los fenómenos naturales.

Poseer, crear y transmitir el conocimiento, eran derechos de esta casta sacerdotal. Transmitían el conocimiento a jóvenes de gran capacidad intelectual y sobre todo, de su plena confianza.

Para lograr esta confianza los candidatos debían someterse a duras pruebas y para eso se escogían de los parientes de los mismos sacerdotes los jóvenes más destacados.

Es natural que los sacerdotes se negasen a admitir el ingreso de Pitágoras, siendo él extranjero.

Parece que por la recomendación de Polícrates y por presión directa del Faraón Anasis los sabios de Egipto sometieron a Pitágoras a las más duras pruebas en tres etapas a las que respondió tan exitosamente que aceptaron introducirlo en los misterios egipcios.

La admisión por los egipcios de Pitágoras es prueba de sus grandes dotes intelectuales.

En Egipto se tenía dos idiomas distintos el de los sacerdotes (escritura jeroglífica) y el del pueblo (escritura por medio de representaciones de objetos y animales) y Pitágoras fue obligado a aprender la primera.

Para sufragar sus gastos en Egipto durante 10 años el padre de Pitágoras envió varios cargamentos de aceite.

Al darse la conquista de Egipto por los Persas Pitágoras fue llevado preso hasta Babilonia, donde permaneció durante 1-2 años. Fue liberado porque el tirano de Crotona pagó por su libertad y completó sus conocimientos con los sabios babilonios.

A la edad de 45 años regresa a Samos siendo tirano todavía Polícrates, pero no permaneció mucho allí.

Se ha querido decir, posteriormente, que Pitágoras salió de Samos porque no aceptaba el sistema político del tirano Polícrates.

Pareciera, sin embargo, que después de vivir durante tantos años allí, en Egipto no existían libertades políticas no podía adaptarse al régimen relativamente "democrático" de Samos y donde no fueron bienvenidas sus enseñanzas.

Fue al Monte Ida (donde creció ZEUS), a Esparta, a Olimpia. En Delfos, durante un año, enseñó los "misterios de Isis" y la "luz de Osiris" para luego llegar a la Magna Grecia, en Crotona, donde creó su Escuela.

## **LA ESCUELA PITAGÓRICA**

Los alumnos de la Escuela Pitagórica, todos internos, se dividían en dos categorías: los oyentes y los matemáticos.

Durante cerca de cinco años desde su ingreso, eran simples observadores. Escuchaban las enseñanzas sin tener derecho siquiera de plantear preguntas ni ver al maestro.

Al mismo tiempo, estaban siendo observados por Pitágoras y sus ayudantes. Cuando a criterio de éstos un "oyente" estaba preparado para adquirir la condición de matemático (estudiante regular), se le sometía a fuertes pruebas.

De admitirsele como matemático, hacía juramento de mantener en absoluto secreto lo que viera o escuchara en la Escuela:

(A nombre de (Pitágoras) quien descubrió la tetraktys, la cual es símbolo de sabiduría, fuente de naturaleza eterna, no hablaré nunca de lo que aquí aprenda).

Quien se atrevía romper el juramento era fuertemente castigado y hasta eliminado.

Según Ianblijo, Ipasos había sido uno de los Pitagóricos. Después de publicar lo relacionado con el "dodecaedro regular inscrito en una esfera" se "ahogó" durante un viaje por mar por haber irrespetado y no mantener el juramento dado al ingresar en la Escuela Pitagórica.

El mismo Iamblijo menciona a la biografía de Pitágoras que aquel que dio a la publicidad lo relacionado con la simetría y asimetría en matemática fue expulsado de la Escuela y en los predios de ésta se construyó su tumba para declarar así que para los pitagóricos se consideraba "muerto" por haber violado su propio juramento.

## **SIGNIFICADO DE LOS NÚMEROS**

Para Filolao, uno de los más destacados discípulos de Pitágoras; "todas las cosas que pueden ser conocidas tienen un número, porque no es posible que sin el número pueda ser concebida o conocida ninguna cosa".

Para los Pitagóricos cada uno de los números tenía significado especial.

El 1, generador de todos los números, significa la razón por ser invariable.

La primera expresión del número generado por la unidad es el 2 símbolo de la osadía.

De todos los números, el de más extraordinaria belleza es el 3. En la más simple de las figuras geométricas, el triángulo, domina el número tres. Todo triángulo tiene tres lados, tres ángulos, tres alturas.

Tres son las clases de ángulos (agudo, recto, obtuso).

Tres son las clases de triángulos (isósceles, equilátero, escaleno).

El día tiene ma-ana, mediodía, tarde; el tiempo, pasado presente y futuro.

El 4, la justicia por ser el primer cuadrado perfecto.

Cuatro: número sagrado. Cuatro son las bases de la sabiduría, aritmética, música, geometría y astronomía.

La tetractys (1,2,3,4 y la suma de éstos) a la que ofrecían su juramento los Pitagóricos y sus plegarias.

El más simple de los cuerpos geométricos es el tetraedro (pirámide formada por cuatro triángulos).

Los cuatro números de la tetractys recuerdan que cuatro son los puntos cardinales (Norte, Sur, Este y Oeste), cuatro las estaciones del año (Primavera, Verano, Otoño e Invierno) y también encierran toda la matemática por la relación que se da entre aritmética y geometría

uno - el punto  
dos - la recta  
tres - el plano  
cuatro - el espacio

No es nuestro interés ampliar el significado (matemático o no) de otros números, pero sí reconocemos que las relaciones de números primos, amigos, pitagóricos, pares, impares, triangulares, cuadrados, etc., dan las bases de la teoría de números.

El culto a los números no solamente se da entre los pitagóricos sino también entre los babilonios.

En la mitología china los números impares simbolizan lo blanco, el día, el calor, el sol, el fuego; los números pares, lo negro, la noche, el agua, la tierra y se les atribuye propiedades mágicas.

## **LA ESCUELA PITAGORICA EN EL CONTEXTO DE LA "SOCIEDAD" GRIEGA**

La filosofía griega tiene como punto de partida la Escuela Jónica con Tales de Mileto y Anaximandro en Mileto.

La cosmogonía tiene su explicación en los elementos agua, aire, fuego.

De éstos nacen todos los seres vivientes, plantas, animales, hombres. De estos mismos elementos nacen los dioses, a imagen y semejanza del hombre.

Heráclito de Efeso defiende la teoría de la constante mutabilidad de la materia y el fuego como elemento primitivo.

La búsqueda de la verdad para los jónicos se basa en la observación y la razón.

Contrario a los pensadores griegos, en los países del Oriente, sobre todas las cosas, está Dios Todopoderoso y dueño absoluto de los hombres. Viene a representar una barrera al libre pensamiento y un obstáculo a la independencia e investigación.

La observación y la razón para Egipto y Asia son elementos secundarios ya que la "verdad" se transmite a los elegidos, la casta privilegiada de los sacerdotes que ejercían un poder político religioso.

Pitágoras fue discípulo de Tales, de Anaximandro y de otros de la Escuela Jónica. También recibió la formación en Oriente durante más de diez años.

Esta última tiene una marcada influencia sobre Pitágoras como se deduce de su accionar futuro y pensamiento filosófico.

De regreso a Grecia viaja a distintos lugares, posiblemente buscando un espacio griego adecuado para difundir sus ideas.

Posiblemente no se queda en su ciudad natal, Samos, porque sus enseñanzas no eran aceptadas.

Es en Crotona, refugio de los oligarcas y órnicos de Samos, donde encuentra condiciones propicias. Los terratenientes de Crotona son los que sostienen económicamente la Escuela que al inicio tenía 300 alumnos y se dice que llegó a tener 2.000 de ellos.

Los terratenientes de Crotona necesitaban mantener intacto el poder y la posición dominante, y en esto las enseñanzas de Pitágoras les eran favorables.

Poco después del inicio de la Escuela Pitagórica en Crotona, Pitágoras fue acusado de ateísmo y perversión de menores.

Enfrentó juicio formado por 1.000 jueces, quienes lo declararon en forma apoteósica inocente.

Esta declaración de los jueces fue la mejor propaganda para su Escuela, a la que asistieron jóvenes talentosos de toda Grecia.

Sin embargo, al cabo del tiempo las tendencias aristocráticas de Pitágoras se hicieron tan fuertes que el poder democrático de la Magna Grecia levanta revuelta interna.

Asestaron un gran golpe a los pitagóricos destruyendo la Escuela y asegurándose la dispersión definitiva de los pitagóricos.

Se dice que Pitágoras mismo se exilió en Metaponto, donde murió en edad avanzada.

Sin embargo los sobrevivientes siguieron trabajando por cerca de dos siglos más.

En otra versión, los demócratas circundaron la casa donde estaban reunidos los pitagóricos y los quemaron vivos, pudiendo salvarse solamente tres de ellos: Filolao, Archipos y Lisis, quienes se refugiaron y siguieron trabajando en Grecia.

## **PROPÓSITOS Y ASPIRACIONES**

Al crear su Escuela, Pitágoras mismo se encargó de formar y fortalecer ciertos mitos alrededor de su persona.

Se hablaba de él como el "enviado de los dioses del Olimpo", "don de Dios que no volverá a aparecer entre los hombres".

Portaba un bastón que le entregó un sacerdote órfico y le permitía evitar tempestades, atravesar ríos, etc..

Sus discípulos prestaban juramentó a él y no a Apolo u otro Dios.

En sus enseñanzas usaba frases simbólicas como:

(no cometer injusticias).

(no siga las opiniones de la multitud).

El lema de la escuela era:

(manténgase alejado del populacho).

Se refugia en la ética y como medio de perfección individual predica la metempsicosis.

El cuerpo es secundario, no es más que habitación provisional de la psique, la cual va de un cuerpo a otro hasta encontrar la eternidad astral (metempsicosis). El origen de la inmortalidad del alma y metempsicosis es órfico y persigue la perfección moral del hombre.

Si analizamos en conjunto el origen de Pitágoras, su formación, la sociedad de Crotona versus la sociedad griega, el ingreso a la Escuela Pitagórica y su funcionamiento interno, sus enseñanzas éticas y su teoría filosófica y su numerología, así como el fin de la Escuela, llegamos a la conclusión de que sus objetivos políticos tienen como modelo la sociedad egipcia.

El no analizar a Pitágoras desde el punto de vista matemático no significa que desconocemos que en geometría sus aportes van más allá del teorema que lleva su nombre. En álgebra es digno de mencionar la teoría que desarrolla acerca de las proporciones donde prueba varias propiedades de éstas.

Nos deleitan las definiciones y relaciones que da de números amigos, perfectos, triangulares, rectangulares, etc., y que sientan las bases de la teoría de números.

No entramos a discutir aquí cuánto de esto se debe a Pitágoras como persona y cuánto a los Pitagóricos como Escuela (como hace Aristóteles cuando se refiere a los Pitagóricos y no a Pitágoras mismo).

Como matemático merece nuestro reconocimiento, admiración y título de Padre de las matemáticas griegas, aunque nunca podremos saber hasta qué punto el formalismo místico y la explicación del mundo por medio de los números impidieron un desarrollo mayor de la ciencia matemática en aquellos tiempos.

Concedor del pensamiento de los filósofos jónicos y que es acorde a un sistema democrático y de libertad de pensamiento, lo rechaza y, en su lugar, adopta e impulsa (a través de una filosofía místico religiosa) un sistema similar al egipcio.

Tres clases sociales: la que ejerce el poder político (él mismo destacado en ella) los guerreros y el pueblo que produce los bienes. Sistema esté acorde con su filosofía donde el número 3 es de la más extraordinaria belleza.

Consciente de la extraordinaria personalidad que poseía, él mismo se encarga de destacar su figura como figura de autoridad; es legendaria la frase *autos exa* es decir "él dijo" (por lo tanto es verdad).

Esto mismo nos permite ver en la tetractys que él ideó, como complemento de lo que representa el número 3.

En Egipto las tres clases sociales tienen en la cabeza el poder divino del Faraón. ¿Sería Pitágoras (poseedor del poder divino) la cabeza de esa nueva sociedad?

Podríamos pensar que aún el hecho de permitir en su Escuela a mujeres - su propia hija - está ligado a éstas sus aspiraciones políticas.

Sin embargo, Pitágoras merece nuestro reconocimiento también desde el punto de vista político. Trata de impulsar el sistema político que considera correcto. Poner en práctica sus ideas. Es consecuente, cualidad ésta que no siempre encontramos.

No nos extraña porqué el nombre de Pitágoras no se incluye en la lista de los siete sabios de la antigüedad.

Quienes crearon el concepto de democracia, quienes se sentían libres y se querían libres (los esclavos no eran considerados ciudadanos) no podían reconocer como sabio a quien difundía ideas tan distintas a las suyas.

¿Acaso no es común en nuestros días desconocer méritos a quien nos es ideológicamente opuesto?

Sin temor a equivocarnos podemos afirmar que Pitágoras, de extraordinaria inteligencia y creatividad, no es de los que participan de las olimpiadas como simples observadores.

## NOTAS

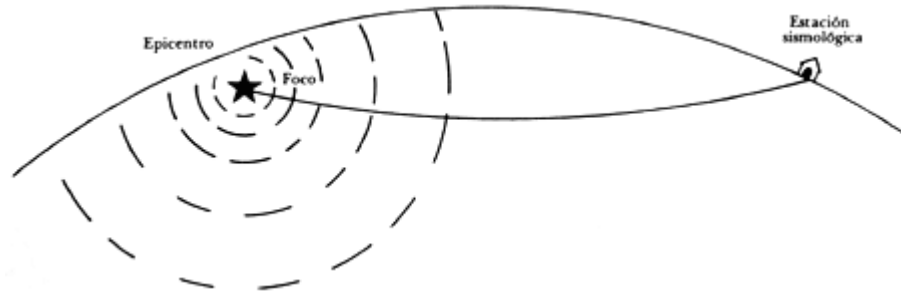
- [1] Escuela de Matemática. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- [2] Masini G. El Romance de los números. Italia: Círculo de lectores. 1980.
- [3] Cf. Larroyo, F. Platón. Diálogos. Editorial Parrúa-México. 1979.
- [4] Cf. Stamatis, E. Filósofos presocráticos. Universidad de Atenas, Grecia. 1966.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Cf. Bergua, J.B. Pitágoras. Ediciones Ibéricas-Madrid. 1958.
2. Cf. Larroyo, F. Platón \* Diálogos. Editorial Parrúa-México. 1979
3. Cf. Pastor, J.R. y Babini, J. Historia de la Matemática. Gedisa-España. 1984
4. Cf. Stamatis, E. Filósofos presocráticos. Universidad de Atenas, Grecia. 1966
5. Masini G. El romance de los números. Italia: Círculo de Lectores, 1980.



### 3. HISTORIA DE LAS CIENCIAS GEOLÓGICAS Y SISMOLÓGICAS



#### 3.1 HISTORIA DEL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS GEOLÓGICAS EN COSTA RICA

Guillermo E. Alvarado I. [\[1\]](#)

Luis Diego Morales M. [\[2\]](#)

Gerardo J. Soto B. [\[3\]](#)

#### RESUMEN

*Se realiza en este trabajo un estudio introductorio al desarrollo de las ciencias geológicas en Costa Rica. Se inicia con referencia a las técnicas geológicas precolombinas y se termina con el estudio de estas disciplinas hasta finales de la década de los ochenta.*

Las técnicas geológicas (geo-técnicas) son el precedente natural de las Ciencias Geológicas, y a partir de éstas nacen las geotecnologías. En Costa Rica, esta secuencia se desarrolla en cinco etapas:

1. De las geo-técnicas autóctonas (Precolombinas: 9000 A.C.-siglo XVI)
2. De las geo-técnicas foráneas (importadas por los españoles: siglo XVI - 1851).
3. Pre-geológicas (1852-87).
4. De inicio y avance geocientífico (1888-1962).
5. Geocientífica y geotecnológica moderna (1963-89).

## INTRODUCCIÓN

Previos a los campos de conocimiento científico, con bases, hipótesis y principios fundamentados y probados, se desarrollaron técnicas, basadas en conocimientos de la experiencia común, o en hallazgos ocasionales. En la historia occidental, la Geología no nace como ciencia hasta que James Hutton enuncia los principios fundamentales del uniformismo, entre el último cuarto del siglo XVIII y el primer cuarto del siglo XIX. Previo a ello, los conocimientos geológicos eran netamente técnicos, sin sustento científico.

Los geotécnicos ya eran reconocidos como prospectores de aguas y mineros, durante el final de la Edad Media y el principio de la Era Moderna. En el siglo XVI, ya un código hispano habla de los "jheólogos", aunque no son sino los trabajos de M.P. Esxholt (Geología Norvegica, 1657), de H.B. Saussure (sustituye Geognosia por Geología, 1770-80) y Ch. Lyell (Principles of Geology, 1830-32) los que instituyen la voz GEOLOGIA (cf. [4]). Durante la historia precolombina, los amerindios desarrollaron auténticas geo-técnicas, las cuales fueron sustituidas y desterradas por los colonizadores europeos, quienes importaron las técnicas occidentales en boga. En el siglo XIX, naturalistas visitantes como A. Von Humboldt y Ch. Darwin, establecen nexos decididos de observación científica, que fueron seguidos por diversos pioneros europeos en América Latina. En el caso de Costa Rica, la incursión de auténticos geocientíficos no sucede sino hasta la segunda mitad del siglo pasado, y se torna en neta investigación geológica ya casi a final de la centuria. El análisis del avance del desarrollo de las ideas geológicas en Costa Rica nos permite subdivirlo en cinco etapas, desde los conocimientos geo-técnicos autóctonos de los amerindios, hasta el presente, con un constante desarrollo de las geociencias y las geotecnologías.

## 1. ETAPA DE LAS GEO-TÉCNICAS AUTÓCTONAS

(Precolombinas, 9000 A.C. - s. XVI)

Los nativos americanos desarrollaron geo-técnicas, basados en sus necesidades primigenias y en el entorno geológico disponible, siendo comunicadas éstas a pueblos vecinos y a sucesores, por vía oral, o por transmisión directa por emigrantes o mensajeros.

Dada la situación geográfica de Costa Rica, convergieron culturalmente las estirpes mesoamericanas y sudamericanas. La zona norte y noroeste del país recibió influencia básica mesoamericana, y con ella llegaron las geo-técnicas propias del norte, así como exportaron las técnicas orfebres de la fundición por cera perdida, la utilización de la falsa filigrana, el dorado, el "mise en couleur" y la soldadura, que habían llegado acá desde el sur. Los gobernantes mesoamericanos usaban artículos de oro tallados en el Istmo Tumbaga (Costa Rica y Panamá), pagados como tributo por nuestros aborígenes. Al descubrirse el Cenote Sagrado de Chichén Itzá (México) se obtuvieron piezas orfebres de estas latitudes. Así mismo, algunas obsidianas y jades auténticos de Guatemala, se ha encontrado en nuestro país. [5] De ellos se importó la técnica del pulido de la roca dura (rocas volcánicas, calcedonias, jaspes, lutitas y otras) que han tomado el nombre genérico de jades, usados como adornos o insignias simbólicas de poder.

Los jades pertenecen a una época cercana a la de Cristo. Las joyas de oro son del período entre los siglos VIII y XVI, y demuestran los hallazgos arqueológicos, un fuerte influjo sudamericano (hablaban el chibcha) entre los siglos VI y IX, que marcaron el inicio de la importación orfebre, un resurgimiento de la escultura y una gradual degradación en la calidad cerámica.[6]

El conocimiento de todos estos datos nos viene del registro comparativo de los hallazgos arqueológicos. Desgraciadamente, muchos códices, que documentaron una auténtica historia precolombina, desaparecieron durante la temprana conquista, y no es sino la recolecta de leyendas y fuentes etno-históricas referidas durante el siglo XVI, las que corroboran y complementan parcialmente los datos arqueológicos. [7]

Es claro que los amerindios habitantes en el hoy suelo costarricense, desarrollaron por sí mismos técnicas prospectoras rudimentarias para la ubicación de arcillas para cerámica, ocre para su pintura, rocas óptimas para lasqueado, pulimento y escultura, y metales como oro y cobre para joyería.

Los primeros inmigrantes desarrollaron primitivas técnicas de lasqueado (útil en lavas lajeadas, jaspes y en lutitas) para construcción de cuchillos, raspadores, nódulos y percutores. Las ulteriores técnicas cerámicas demandaron una adecuada prospección de arcillas y el descubrimiento de los ocre (a partir de óxidos y otros minerales) resultó en el decorado policromo. Las principales rocas usadas como basamento de construcción y en escultura son volcanitas y plutonitas, harto frecuentes en el país, y útiles por su dureza, compacidad y textura ante el tellado, Destacan las famosas esferas pétreas del sur de Costa Rica (río Grande de Térraba), de hasta dos metros de diámetro máximo, que significaron poder y prestigio, señalado esto por los hallazgos en la isla del Caño, adonde sin lugar a dudas fueron transportadas a duras penas. [8]

Habiendo aprendido las técnicas orfebres de los sudamericanos, nuestros nativos iniciaron la prospección y explotación de oro en placeres aluviales en la Península de Osa. De hecho, los indígenas del territorio de la hoy Costa Rica, usaban múltiples joyas de oro. Así lo relata Cristóbal Colón en sus crónicas [9], donde manifiesta que en los dos días de 1502 que estuvo acá, vio más oro que en cuatro años en la Española. Por eso creyó estar en la Ciamba, cerca de Vietnam referida por Marco Polo. Esto daría origen a la mención de nuestro territorio en 1539, como "la costa rica", así con minúscula"#[\_ftn10" name=" \_ftnref10" title=""> [10].

El pulimento de rocas (llamadas genéricamente jades) requirió no sólo encontrar rocas duras y bellas para pulir, sino además abrasivos óptimos, que bien pudieron ser las ortocuarzitas (mollejón) molidas de la Formación Coris (Patarrá y lugares adyacentes), o cuarzos en arenas aluviales en Guanacaste, procedentes de la erosión de las ignimbritas.

Durante la historia procolombina, varios pueblos sufrieron el embate de los volcanes Irazú, Arenal, Rincón de la Vieja y Turrialba, según se observa en resgos culturales sepultados por tefras de estos volcanes. Incluso los indígenas llegaron a formular leyendas sobre estos volcanes, y hay referencias de sacrificios de vírgenes a los volcanes[11]. De modo que la visión de los nativos respecto al volcanismo fue mítica, como en todos los pueblos similares. El desarrollo y predominancia de las técnicas de exploración, explotación y manufactura en metales, minerales y roca, perduró y evolucionó hasta bien entrado el siglo XVI, cuando la conquista determina el deterioro y ocaso de las culturas precolombinas en todas sus fases, incluyendo las técnicas. Existe pues, un deslinde total entre esta etapa y la siguiente, en la que los conquistadores y colonizadores importan sus ya

desarrolladas técnicas mineras, metalúrgicas y de manufactura, y determinan la muerte de técnicas para ellos fuera de su cultura, como es el tratamiento de la cerámica y la escultura a partir de roca.

## **2. ETAPA DE LAS GEO-TÉCNICAS IMPORTADAS DE EUROPA (Foráneas, siglo XVI-1851).**

Durante la conquista y la colonia, la obtención de metales fue uno de los puntos medulares del proceso. De modo que los españoles encaminaron ingentes esfuerzos para la ubicación y explotación de yacimientos de metales preciosos y gemas. Se dictaron disposiciones mineras, entre las que destacan las "Ordenanzas de Minería para nueva España", sancionada por Carlos III en 1783, que en el caso costarricense rigió hasta 1830, cuando se dicta la "Ordenanza de Minería", que regulaba los denuncios, pertenencias e inversiones[12-13].

En 1815, el Obispo García, en visita desde Nicaragua a Costa Rica, al pasar por los Montes del Aguacate notó que los "guijos" del camino podrían contener oro y plata. El delegado Santos Lombardo tomó muestras y verificó las apreciaciones del prelado. Lombardo denunció junto con Rafael Gallegos (luego nuestro segundo Jefe de Estado) la mina "Sacra Familia", que operó en 1821. Este mismo año se descubre la "San Rafael" y al año siguiente la "Los Oreamuno", que despertó la fiebre del oro, y convirtió a éste en el principal recurso de explotación nacional. En 1835 "Los Oreamuno" producía 300 mil pesos al año, la "Los Castro", 2 millones de pesos y empleaba a 400 obreros, y habían cinco minas activas más. J.L. Stephens, como corolario a su trabajo sobre la ruta del canal en Nicaragua en los cuarentas, hace una breve descripción de las minas de oro de los Montes del Aguacate. La actividad minera decae entre 1843 y 1890[14-15], en parte debido a la canalización de capital hacia la actividad cafetalera.

Ya durante la colonia, algunos gobernadores y naturalistas se encargaban de describir los embates naturales producidos por inundaciones, deslizamientos, terremotos, volcanes y fenómenos cósmicos (como la lluvia de meteoritos de 1799). Destacan las crónicas de Diego de la Haya respecto a la actividad del Irazú en 1723, primer relato vulcanológico en nuestro país, previo al cual existe una ausencia casi total de crónicas de cualquier tipo, debido principalmente a nuestra pobreza y despoblamiento. Sólo lacónicas e indirectas referencias existen sobre temblores en 1638 y 1678. Luego de los reportes de la Haya, existen otros de temblores en 1756 (San Buenaventura), 1780, 1821, 1822 (San Estanislao), 1841 (San Antolín: primera destrucción de Cartago), 1842 y 1851[16]. Son estos reportes de carácter cualitativo en efectos y daños, y carecen de observaciones sistemáticas y cuantitativas respecto al tamaño o intensidad de los fenómenos. Los temblores son acusados al efecto de los volcanes[17].

De los volcanes, hay referencias adicionales: una posible erupción del Irazú cercana a los años de 1560, mencionada por los conquistadores en forma indirecta, al llegar al "valle de la desolación", cubierto de cenizas y árboles sin follaje[18]; la referencia del gobernador Gemnir en 1747 al "volcán de fuego nombrado Botos"[19]; la descripción del cráter activo del Poás en 1828 por Miguel Alfaro, y la erupción del Poás en 1834 ("una fuerte lluvia de cenizas destruyó los pastizales... de Alajuella"), cuya ceniza llegó hasta Esparza[20]. Oersted, un naturalista alemán de los muchos que llegaría, describió entre otras cosas, algo sobre el Poás e Irazú en 1847[21].

Durante esta etapa, las geo-técnicas mineras son utilizadas con fines netamente de explotación utilitarios, sin realización de estudios geológicos globales o exploración planificada. Las observaciones de los fenómenos geológicos y otros naturales, carecen de profundidad analítica, y son netamente descriptivos en sus efectos. Aún se carecen de bases geológicas formales para la evaluación del entorno geológico del país, aunque se sientan los precedentes para realizar este propósito en las etapas ulteriores.

### 3. ETAPA PRE-GEOLÓGICA (1852-1887)

El paso de Alexander Von Humboldt y Charles Darwin por América, motivó la visita posterior de múltiples naturalistas y científicos a este continente. La mayoría de ellos realizó estudios de ciencias básicas, pioneros en su mayoría. Por otra parte, el interés por la construcción de un canal interoceánico a través de Nicaragua, conllevó a la realización de estudios geográficos y geológicos aplicados en este país, cuyos autores aprovecharon la estadía en el istmo para extender sus estudios a Costa Rica. Para este momento, la Geología se había instaurado como una auténtica ciencia fáctica-básica-natural, en Europa y Norteamérica. Oersted estudió el geomagnetismo y realizó estudios geológicos para el posible canal de Nicaragua, y presentó una descripción orográfica de Centroamérica[22]. M. Wagner y K. Scherzer llegaron en 1853 y realizaron algunas descripciones volcánicas en Guanacaste[23]. A. von Frantzius y K. Hoffmann (médicos) publicaron valiosas descripciones sobre los volcanes de la Cordillera Central[24]. Otros alemanes naturalistas y observadores sismológicos y meteorológicos fueron F. Kurtze, F. Streber, F. Rohrmoser y F. Mison. Kurtze y Streber[25] inician observaciones sismológicas sistemáticas en 1852. En 1864 arriba a Costa Rica Karl von Seebach, el primer geólogo auténtico que estudia Costa Rica, quien realizó importantes trabajos vulcanológicos y petrográficos[26].



**Dr. Karl von Seebach**

Geólogo alemán pionero en la investigación geológica centroamericana (finales del siglo XIX y principios del siglo XX).

Desde 1857 La Gaceta inicia publicaciones sobre la caída de un meteorito (Heredia, 1 de abril de 1857), sobre la actividad del volcán Turrialba (1864-66) y sobre temblores en el país, y desde 1878, publica una especie de boletín sismológico con fecha, hora e intensidad de los sismos sentidos[27]. Algunos observadores (E. Villavicencio, G. Molina y P. Nolasco) intentaron correlacionar los temblores y las fases de la Luna, sin encontrar relaciones[28]. El interés por los recursos de carbón en Centroamérica motiva expediciones norteamericanas de exploración en 1850 al Río Coen y del alemán W. Witling en 1852 a Home Creek en el sur de Limón[29]. El segundo geólogo sensu stricto que llegó a Costa Rica fue William Gabb, contratado en 1873 por Minor Keith para explorar Baja Talamanca, en donde reportó hallazgos de carbón, oro aluvial y otros aspectos geológicos de notable interés en varias publicaciones[30]. El geólogo inglés G. Atwood levantó un mapa geológico a través del centro de Costa Rica, de océano a océano, y en su trabajo apareció un detallado informe de petrografía ígnea escrito por W.H. Huddleston[31].

Durante este período, la actividad minera tuvo poco desarrollo, y es cuando nace la actividad del "coligallero" u "orero", quien trabaja sólo, con un pequeño o ausente laboreo minero (esto es: un geo-técnico primitivo), con ayuda de una palangana o un "cayuco" (máquina sencilla y primitiva, de selección gravitacional). Sólo las compañías Minera de Montes del Aguacate (en 1868) y San Francisco de California intentaron abrir túneles[32]. Consideramos esta etapa como pre-geológica, debido a que predominan las descripciones naturalistas generales, algunas de las cuales maduran y procrean las primeras ideas geocientíficas en y sobre Costa Rica. Quienes sientan estas bases son extranjeros que pronto abandonan nuestro territorio y publican sus conclusiones mayoritariamente fuera de Costa Rica. No obstante, provocan un desarrollo de las geo-ciencias básicas y aplicadas, y la creación e importación de aparatos geotecnológicos, que darán sus frutos en la siguiente etapa.

#### **4. ETAPA DE INICIO Y AVANCE GEOCIENTÍFICO (1888-1962)**

Esta trascendente etapa es un corolario del ambiente político y económico de Costa Rica en ese momento. El gobierno de corte liberal y una relativa holgura económica promovieron cambios en la superestructura del país, y en forma especial en la educación. Conllevó a la contratación de insignes profesores europeos que inician clases en el Liceo de Costa Rica, como Henri Pittier. Estos profesores crean numerosos y buenos discípulos. Otros estudiantes salen becados al exterior. Además se creó el 7 de abril de 1888 el Observatorio Meteorológico Nacional, y al año siguiente, el Instituto Físico-Geográfico, de un espectro más amplio. Pittier es su director, y acoge a valiosos discípulos como José Fidel Tristán y luego Anastasio Alfaro. Tristán construyó un sismoscopio, que obtuvo los primeros trazos de temblores en diciembre de 1888 [33], y que vino a ser el primero construido en Mesoamérica. Pittier y Tristán harían muy interesantes observaciones sismológicas y vulcanológicas en diversas publicaciones[34]. Al partir Pittier en 1904, Tristán continúa junto con Pablo Biolley en la misma labor.

El territorio costarricense de ultramar, la Isla del Coco, fue visitada por A. Agassiz y otros científicos en 1891[35]. R.T. Hill, quien fue uno de ellos, hizo contribuciones importantes a la geología de Panamá y Costa Rica en trabajos publicados en 1898[36].

Karl Sapper, el más destacado investigador de la geología centroamericana, llegó a Guatemala en 1888. Contribuyó con estudios geológicos, geográficos y el levantamiento de mapas topográficos. Estuvo en Costa Rica a finales del siglo y realizó estudios vulcanológicos. El grueso de sus investigaciones fue vertido en su libro "Mittelamerika" en 1937[37].

1910 fue un año muy activo: la erupción del Poás el 25 de enero, los simos de abril al sur de San José, y el terremoto de Cartago el 4 de mayo (la mayor catástrofe sísmica de nuestra historia). Esto motivó múltiples observaciones y estudios geológicos acerca de estos y los sucesivos eventos, realizados por J.F. Tristán, A. Alfaro y G. Michaud. Este mismo año sale a la luz el valioso compendio de Cleto González[38] sobre desastres naturales en Costa Rica. En 1910 se encontraban en funcionamiento cuatro sismógrafos, y un quinto entró en función en 1911, todos manufacturados en el país. El centro de Estudios Sismológicos se propuso establecer una red sismológica, y recogía datos que se enviaban a la Asociación Internacional de Sismología. La actividad del Centro decayó de 1913 a 1920, y en este año se abandonan las observaciones[39]. Otros aspectos de geología básica fueron tratados por Romanes en 1912[40], con investigaciones en la Península de Nicoya y en las volcanitas de la parte central de Costa Rica.

La geología aplicada es enriquecida con las exploraciones petroleras en el litoral Caribe y Baja Talamanca entre 1915-24, realizada por geólogos norteamericanos[41].

Sapper visita el país, de nuevo, en 1924, poco después del sismo de Orotina (4 de marzo), y trabaja sobre su origen junto con Tristán, Alfaro y R. Fernández. En consecuencia se enriquece el conocimiento vulcanológico y sismológico de Costa Rica[42] Sapper publicó luego en 1925 "Los volcanes de la América Central", donde vertió estas y sus anteriores experiencias volcánicas en Costa Rica[43].

La minería tuvo un buen aporte con el descubrimiento minero de Abangares en 1884, cuya primer mina (la "Tres Hermanos") entró en funcionamiento en 1887. En 1890 se descubren otros yacimientos y se abren nuevas minas[44]. El ingeniero en minas E. Mellis visitó los yacimientos en Montes de Aguacate, y editó un valioso informe en 1891[45]. En 1900 se forma una especie de monopolio minero con la Abangares Gold Fields of Costa Rica, que tuvo serios problemas laborales en 1912. Luego, en 1921, comienza la minería en la zona de El Líbano, con la Costa Rica Esperanza Mining Co[46].

A partir de 1926 se da un decaimiento en la actividad minera, llegando prácticamente a desaparecer toda explotación sistemática en 1940. Durante la segunda guerra mundial, los depósitos de manganeso del Guanacaste cobraron importancia pero rápidamente su exploración declinó hasta desaparecer. La publicación de Roberts (1944), del Servicio Geológico de los Estados Unidos sobre los depósitos de manganeso de Costa Rica[47], es una muestra del interés despertado por este tipo de yacimiento. Nuevos estudios geológicos fueron emprendidos por Branson (1928) en el Valle del Reventazón y un impulso más permanente se logró a inicios de 1929 con la llegada al país, por instancias del Gobierno, del suizo Dr. Paul Schaufelberger, quien permanecerá en Costa Rica por casi diez años, dedicando su tiempo a la docencia como profesor de Geología en el Liceo de Costa Rica y en el Colegio Superior de Señoritas y realizando labores de investigación y administración como Jefe de la "Sección Geológica" del Museo Nacional. Durante su estadía realizó una intensa labor con la publicación y divulgación de su quehacer geológico en nuestro país, destacándose la serie de "Apuntes de Geología", en cuyo número cuatro, presenta una sinopsis de la Geología de Costa Rica[48]. En 1934 tenemos nuevos aportes al conocimiento geológico de la Cordillera de

Talamanca, sus estribaciones y el Valle de Reventazón como resultado de los trabajos de Lohmann y Schaufelberger[49].

Por decreto No. 6 del 29 de mayo de 1936, el Gobierno suspendió los servicios que aún quedaban del antiguo Instituto Físico Geográfico, incluyendo su Sección de Geología, la que por artículo 3¼ del mismo decreto, quedaba anexada al Museo Nacional[50], (donde existía una valiosa colección de rocas, minerales, y fósiles). Las observaciones meteorológicas y sismológicas se trasladaron al Centro Nacional de Agricultura en San Pedro de Montes de Oca (sede actual de la Universidad de Costa Rica, U.C.R.), donde un viejo equipo sismológico fue entonces instalado y puesto en operación por Schaufelberger[51].

En el período (1938-1942), aparecen los trabajos e investigaciones de Alfonso Segura, quien desde la Sección Geológica del Museo realizó estudios que denotan un criterio científico de tipo geológico-paleontológico relevante, por lo cual puede ser considerado como el primer geólogo costarricense[52].

En marzo del año 1939 y en sustitución de Schaufelberger, llegó al país el geólogo italiano Dr. César Dóndoli, contratado por el Gobierno para trabajar como geólogo en la Escuela de Agricultura (posterior Facultad de Agronomía), en San Pedro de Montes de Oca y en labores de investigación para el gobierno[53]. Fruto de su labor docente son las primeras tesis geológico-agronómicas, realizadas por sus discípulos (Gabriel Dengo, Gil Cahverri y Herbert Nanne), entre los años 1942 y 1943 en la Facultad de Agronomía de la recién fundada Universidad de Costa Rica (U.C.R.). Además de extender los cursos de Geología a la Facultad de Ciencias y de Ingeniería, organizó un "Sección de Geología", preparó una colección de rocas y minerales, un pequeño laboratorio para análisis químico y petrográfico de rocas y minerales, así como para secciones delgadas[54]. Colaboró con la Revista del Centro Nacional de Agricultura publicando varios boletines técnicos, y estableció una fructífera relación con el Ing. Federico Gutiérrez Braun, entonces a cargo de la planta eléctrica de Ventanas y quien posteriormente fue un activo propulsor de los estudios geológicos, sobre todo desde la dirección del Instituto Geográfico Nacional.

Con la fundación en 1944 del Instituto Geográfico Nacional, se incluye un Servicio Meteorológico y Sismológico Nacional, dependiente de éste y como director del Servicio don José Merino y Coronado, quien había sido alumno de Schaufelberger y venía trabajando desde 1941 en la Escuela Nacional de Agricultura[55]. El director del nuevo Instituto Geográfico fue el Ingeniero Ricardo Fernández Peralta, autor en el pasado de varias publicaciones sobre Sismología y Vulcanología[56].

El Dr. Dóndoli, quien se había alejado del país a finales del año 1943, regresa en marzo del 49 al Ministerio de Agricultura e Industrias y a la docencia en la facultad de Agronomía de la Universidad. En 1951 prepara la "primera ley de minería", en donde se establecía también la creación de una "Dirección de Geología, Minas y Petróleo"[57], para tramitar y supervisar los denuncios mineros, y otras tareas del quehacer geológico. Aprobada la Ley de Minería en 1952, es nombrado como Director del nuevo ente geológico, volviendo entonces a establecerse a nivel gubernamental una sección geológica, la cual había desaparecido del campo de acción del Gobierno con el cierre en 1936 del Instituto Físico Geográfico.





Geología en los años cuarenta en los Montes del Aguacate, a cargo del Dr. César Dóndoli (derecha).

Con la llegada de la Compañía Petrolera de Costa Rica (Unión Oil Co. y Gulf Oil Corp.) en 1953, para realizar trabajos de exploración y eventualmente explotación de hidrocarburos en la cuenca de Limón y en Guanacaste[58], se dió un nuevo impulso a los trabajos y al conocimiento geológico, con la incorporación de nuevas geotecnologías y la oportunidad de capacitación para las primeras perforaciones profundas (hasta más de 3 km en Victoria).

Es al amparo de la actividad minera y petrolera que se va a consolidar la Dirección de Geología, Minas y Petróleo (DGMP), que adquiere carácter de Departamento en el Ministerio de Agricultura e Industria (MAI) y lo que fue más relevante aún, el desarrollo de la docencia e investigación geológica en el espacio que visionariamente Dóndoli había conseguido en la Facultad de Agronomía (UCR). Fue así como se formó una estructura (Gobierno-Universidad) en el "campus" de la UCR, que favoreció el ingreso de estudiantes de la carrera de Agronomía en los cursos de Geología, presentando para su graduación tesis de carácter geológico, bajo la dirección del Prof. Dóndoli, consolidándose entonces una incipiente Escuela Geológica Costarricense. Nació así una significativa generación de geólogos nacionales que contribuyeron con su nueva formación al desarrollo del país, incorporándose la mayoría de ellos al ente gubernamental (DGMP-MAI) con sede en la UCR. Con recursos provenientes en mayor parte de la contratación petrolera, se construyó en 1960, el edificio de Geología (DGMP), en el campus de la UCR, y desde 1970 ha sido, el albergue de la Escuela Centroamericana de Geología.

En el campo de la investigación geológica en la década del cincuenta, aparte de la exploración petrolera en la que participaron geólogos nacionales familiarizándose con las nuevas tecnologías; se destacan los trabajos de Williams[59] sobre la historia volcánica de la Meseta Central Occidental de Costa Rica (1952), Harrison (1953) demostró la presencia del Cretácico en el noroeste del país[60], Dóndoli[61] con estudios geológicos, mineralógicos y pedológicos en el Valle Central Oriental (1954), y el gran aporte de Weyl a la geología de Costa Rica y en particular sobre la Cordillera de Talamanca, demostrando los efectos geológicos de la acción glacial en el Chirripó y

plasmando sus trabajos en varias publicaciones durante el período 1953-57 y resumidas en su obra cumbre "Geología de Mesoamérica"[62].

La actividad del Volcán Poás en el año de 1953 y su transformación de "seudogeiser" en volcán humeante, fue estudiada por Fernández[63]. En una publicación[64] sobre los depósitos minerales de Centroamérica, Roberts e Irving (1957) presentan un mapa geológico que cubre el conjunto de la América Central, y cuya parte correspondiente a Costa Rica, puede ser considerada como el primer mapa geológico que cubre la totalidad de nuestro país.

Culmina esta etapa con las investigaciones de Dengo (1962), quien realiza la síntesis sobre la geología de Guanacaste y el basamento del litoral pacífico de Costa Rica[65]. Un trabajo relevante[66] es el de Hoffstetter et al (1960), bajo el título de "Léxico Estratigráfico de la América Central" con una síntesis sobre Costa Rica. Hacia el final de esta etapa, un desarrollo más sistemático de la docencia e investigación en geología básica y aplicada es realizado por nacionales con evidente beneficio para el país y fundando un paradigma de la geología costarricense.

## **5. ETAPA GEOCIENTÍFICA Y GEOTECNOLÓGICA MODERNA (1963-89)**

La actividad eruptiva del Irazú en 1963-65, llevó al país a una verdadera situación de emergencia, sobre todo por las fuertes erupciones de ceniza que afectaron severamente el Valle Central, y por las corrientes de lodo o avalanchas del río Reventado que causaron daños severos pero locales. Esto motivó el desarrollo de las observaciones y estudios vulcanológicos por nacionales y extranjeros[67], y estimuló tanto la investigación geológica básica como la aplicada con evaluación y programas de reducción de peligros geológicos, hidrometeorológicos e hidrogeológicos, en los que participaron varios entes gubernamentales (Instituto Costarricense de Electricidad ICE, MAI, se creó la Oficina de Defensa Civil adscrita al Ministerio de Obras Públicas, se creó un Ministerio para enfrentar la emergencia, con el Ing. Jorge M. Dengo a la cabeza, etc.), y la dirección de Minas e Hidrocarburos, la cual recibió una donación de tres estaciones sismográficas [68] para vigilar la actividad sismo-volcánica, tarea que inició un grupo francés en 1963, colocando sismógrafos en la parte alta del Irazú[69], donde supuestamente se detectaron dos reservorios magmáticos someros a 1 y 5 Km de profundidad.

Con el desarrollo de los proyectos hidroeléctricos del ICE en Cachí (1963) y posteriormente Arenal (1965-1978), los estudios geológicos reciben un gran estímulo, fundamentalmente en el campo de la Geología Aplicada a grandes obras de ingeniería, con el empleo de nuevas geotecnologías y la experimentación in situ y en el laboratorio, formándose un selecto grupo nacional de geólogos-geotecnistas en el Departamento de Geología del ICE, siendo miembro fundador y pionero el Ing. Geólogo Jorge E. Umaña.

En 1965 se celebró el primer Congreso Geológico Centroamericano en la UCR y se aprobó una moción dirigida a los organismos nacionales e internacionales para que apoyaran la idea de establecer en Costa Rica una Escuela de Geología de tipo regional. En el año de 1967 fue aprobada la creación de la Carrera de Geología por el Consejo Universitario en la UCR y en agosto del mismo año el Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA) aprobó la regionalización de la Escuela de Geología con sede en la UCR, la cual inició sus actividades en 1969 en el edificio que fuera la sede de la Dirección de Geología, Minas y Petróleo (DGMP)[70]. El primer director de

la Escuela, fue el Dr. César Dóndoli, quien desde su arribo a Costa Rica en 1939, se había preocupado por la enseñanza de la Geología a nivel universitario y la formación de geólogos nacionales, impulsando también la creación y desarrollo de una sección geológica a nivel gubernamental (DGMP), culminando su tenaz esfuerzo con la creación y posterior consolidación de la Escuela Centroamericana de Geología. Por su obra y sus méritos, el Prof. Dóndoli es considerado como el padre de la Geología Costarricense. Con el apoyo de la UNESCO y del Gobierno Alemán (DAAD), la Escuela logró crecer, fortaleciendo su cuerpo docente e infraestructura, y proyectándose a la región con becas que han permitido graduar a jóvenes provenientes de todos los países de la América Central.

En el campo de la investigación tenemos el valioso trabajo de Dengo (1968) con la síntesis geológica de la América Central[71]. La violenta explosión del Volcán Arenal en julio de 1968[72] y su continua actividad hasta el presente, va a servir de laboratorio natural para los estudios vulcanológicos, tanto para nacionales como extranjeros, dando por resultado una gran cantidad de publicaciones científicas y divulgativas[73] y la organización de grupos de trabajo interdisciplinario a nivel local (ICE, UCR, UNA), con seminarios y talleres vulcanológicos a nivel nacional e internacional, todo lo cual ha favorecido los trabajos conjuntos con investigadores e instituciones internacionales.

El terremoto del 14 de abril de 1973 en río Chiquito de Tilarán en las cercanías del proyecto hidroeléctrico de Arenal y la continua actividad eruptiva del Volcán Arenal, motivaron la creación de una Sección de Sismología e Ingeniería Sísmica en el ICE (encargada también de los estudios vulcanológicos), y la instalación y operación de una red de estaciones sismológicas telemétricas durante el período 74-78 en dicha región. Esta red significó un nuevo avance en la utilización de nuevas tecnologías en el estudio y comprensión de los fenómenos tectónicos, sísmicos y volcánicos. Dichos estudios después se extendieron a otras áreas del país[74]. La creación del Colegio de Geólogos en 1973 servirá como ente aglutinador, regulador y promotor del quehacer profesional en el campo de la geología y disciplinas afines en Costa Rica, sirviendo también como un centro de información geológica a nivel nacional e internacional.

En la década de los setenta, la hidrogeología adquiere un gran desarrollo con el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas (SENAS) hoy día Servicio Nacional de Aguas, Riego y Avenamiento (SENARA), contribuyendo al desarrollo nacional, con la búsqueda y explotación de acuíferos con buen potencial de agua subterránea para abastecer a las ciudades, pueblos y satisfacer necesidades agropecuarias e industriales.

Con el apoyo de la Organización de Estados Americanos (OEA) en 1976, se expande y mejora la red sismográfica del Valle Central, a cargo de la Escuela Centroamericana de Geología, se capacita personal en la operación y mantenimiento de nuevas geotecnologías, programas de cómputo, y se forman los primeros especialistas en sismología, vulcanología y exploración geofísica.

En la década de los ochenta, los trabajos de exploración petrolera"[75] y de carbón[76] a cargo de la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), dan un significativo impulso a la geología básica, aplicación de nuevas geotecnologías, técnicas o métodos de exploración geofísica, procesamiento e interpretación de datos con la formación de un selecto grupo de profesionales en diferentes ramas de la geología básica y aplicada, adquiriendo nuestro país un mejor conocimiento del ambiente y de los procesos geológicos que nos rodean y de su potencial en recursos energéticos, complementado por los estudios de exploración, evaluación y explotación de los

recursos geotérmicos, (por ejemplo, el Campo Geotérmico de Miravalles y Tenorio), a cargo del "Programa de Recursos Geotérmicos y del Departamento de Geología" del ICE.

En el campo de la evaluación, prevención y reducción de los desastres naturales, la geología básica y aplicada desempeña hoy día un papel relevante, con grupos interdisciplinarios organizados en diferentes instituciones (ICE-UCR-UNA) y en colaboración con la Comisión Nacional de Emergencias y el Instituto Meteorológico Nacional. Dos redes sismográficas cubren el país (ICE-UCR; UNA) facilitando la evaluación y comprensión de los fenómenos tectónicos, sísmicos y volcánicos. Paralelamente se realizan trabajos complementarios sobre inestabilidad de laderas y manejo de cuencas.

La exploración minera (oro y plata principalmente), adquiere importancia tanto en yacimientos de placer como en vetas. Sobre todo el resurgir en esta última es significativo, con actividad en el Aguacate (Macacona), Montes de Oro y Abangares. Como resultado de un proyecto conjunto (Servicio Geológico de Estados Unidos-Laboratorio Los Alamos- Dirección de Geología, Minas y Petróleo-Escuela Centroamericana de Geología) en 1985-87, para la evaluación de los recursos minerales, se tiene una síntesis geológica-geofísica-geoquímica de Costa Rica en un Atlas escala 1:500.000[77-78]. En el campo de los yacimientos no metálicos, existe un proyecto reciente (1983) del Servicio Geológico Británico y el Ministerio de Recursos Naturales - RECOPE, que pretende evaluar dichos recursos, con gran aplicación en la construcción (piedra y arena), en la fabricación de cemento (calizas); vidrios y en rocas de valor ornamental y aprovechamiento industrial. Paralelamente se desarrollan los estudios de impacto ambiental que buscan un equilibrio entre la explotación nacional de nuestros recursos y la conservación del medio ambiente.

El final de la década de los ochenta, nos muestra un desarrollo de las ciencias geológicas en Costa Rica, favorecido por la presencia de profesores alemanes, holandeses, suizos, franceses e italianos, que junto a los nacionales han realizado docencia e investigación en la Escuela Centroamericana de Geología, contribuyendo a la formación de nuevos profesionales en Geología, que aunado al trabajo de diferentes instituciones nacionales con secciones o departamentos dedicados al quehacer geológico (ICE, RECOPE, SENARA, DGMP), nos han puesto a la vanguardia en la América Central, aplicando las nuevas tecnologías para la comprensión de los fenómenos geológicos, la utilización y aprovechamiento racional de los recursos y conservación del ambiente, estudios del medio soportante para el desarrollo de obras de infraestructura, evaluación y reducción de los desastres naturales, aunado con la docencia e investigación que son tareas permanentes del quehacer geocientífico y de la superación de sus profesionales.

## **CONCLUSIONES**

Los pobladores tempranos de nuestra América desarrollaron primitivas técnicas de prospección de rocas, arcillas, ocre y minerales metálicos, para la construcción de artefactos y adornos. Varias de las técnicas aprendidas por la experiencia común, fueron esparcidas a otras partes del continente. Asimismo, metales y rocas muy localizados, fueron exportados a otras zonas. Estas geo-técnicas autóctonas fueron ignoradas y sustituidas al llegar la conquista española, debido principalmente a las nuevas necesidades culturales, de corte occidental. Las geotécnicas más importantes desarrolladas por los colonizadores fueron las mineras, y en especial las de metales preciosos. En Costa Rica, sin embargo, la explotación minera durante la colonia no tuvo igual trascendencia.

La Geología nació como una auténtica ciencia en Europa, entre finales del siglo XVIII y principios del XIX. Los primeros científicos y geólogos no viajaron hacia Costa Rica hasta mediados y segunda mitad del siglo XIX. No obstante, se realizaron algunas observaciones de fenómenos geológicos y meteorológicos, la mayoría de las cuales carecieron de criticidad científica, y fueron enfocadas a la descripción y efectos del fenómeno, antes que su causa y correlación con nuestro contexto geológico. Asimismo, los intensos trabajos mineros del segundo cuarto del siglo pasado, se enmarcaron como técnicos, sin una clara investigación de los yacimientos.

La llegada de los naturalistas europeos y primeros geólogos desde Europa y Norteamérica a Costa Rica, permitió establecer enseñanzas básicas de estudio para el futuro. Atentaron contra esto, no obstante, la corta permanencia en Costa Rica de tales pioneros, y también el hecho de que sus conclusiones fueran publicadas y expandidas mayoritariamente fuera de Costa Rica. Lo bueno fue que crearon un clima propicio para un pronto desarrollo geocientífico, cuyo disparador fue la reforma educativa de finales de la década del 80 del siglo XIX.

Con la creación de institutos de enseñanza e investigación, la traída de maestros y la rápida incorporación de discípulos capaces, los frutos de la auténtica Geociencia costarricense se vieron pronto. Coincidieron estos esfuerzos con el descubrimiento de nuevos yacimientos auríferos, que iniciaron los verdaderos trabajos geológicos en minas.

Con altibajos, el desarrollo de las Ciencias Geológicas y sus derivados geotecnológicos progresaron en el siglo XX. Lo más trascendental es la formación de geólogos costarricenses que se incorporaron a nuestras instituciones de investigación, promovidos en gran parte por el Dr. César Dóndoli. La geología aplicada a la búsqueda de yacimientos minerales, petrolíferos, de aguas subterráneas, y a la ingeniería, así como la evaluación de los fenómenos sísmicos y volcánicos, promovió el mapeo geológico y estratigráfico del país, realizado por geólogos nacionales. Nace en este momento, a mediados del siglo XX, el paradigma de las Ciencias Geológicas costarricenses.

Las últimas dos décadas han sido transcendentales en el desarrollo geológico del país, pues se crearon múltiples instituciones de investigación y enseñanza, y se consolida el gremio de geólogos costarricenses, que es el más numeroso y avanzado de Centroamérica.

A diferencia de otros países, donde la minería o geología petrolera han sido los promotores fundamentales del conocimiento geológico, creemos que en Costa Rica han sido los fenómenos sísmicos y volcánicos los que han puesto la piedra angular de la investigación geológica. Hoy, las Ciencias Geológicas y las geotecnologías están representadas en un amplio espectro en el país, con perspectivas de ampliación futura. De Costa Rica han partido múltiples profesionales, aquí formados, a trabajar en el resto de Centroamérica, de modo que nuestro país es hoy un centro de dispersión de las ideas geológicas. Quizás la principal falencia en el campo, es el poco desarrollo de artefactos geotecnológicos manufacturadores en el área, puesto que se depende en gran parte de las geotecnologías foráneas.

## **RECONOCIMIENTOS**

Al Dr. César Dóndoli, auténtico "Padre de la Geología costarricense", quien con su amplia experiencia y conocimiento de nuestra geología, aportó valiosos datos y trabajos incontrables. A él va dedicado este trabajo.

Este artículo es el primero enmarcado en el Comité Costarricense de Historia y Filosofía de las Geociencias y las Geotecnologías (COHIFIGEO), adscrito al Colegio de Geólogos de Costa Rica, a la Asociación Costarricense de Historia y Filosofía de la Ciencia (ACOHIFICI) y a la International Commission on the History of Geological Sciences (INHIGEO).

## NOTAS

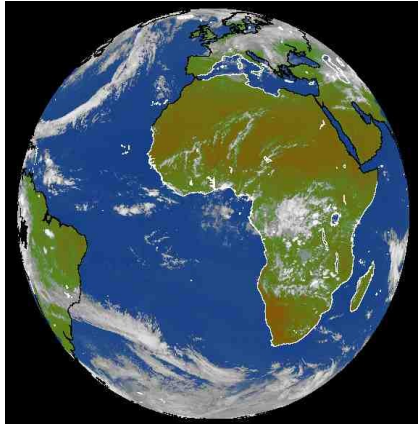
- [1] Departamento de Geología, Instituto Costarricense de Electricidad.
- [2] Escuela de Geología, Universidad de Costa Rica.
- [3] Departamento de Geología, Instituto Costarricense de Electricidad. Escuela de Geología, Universidad de Costa Rica
- [4] López de Ascona, José M. "Los jheólogos". Rev. Mat. Proc. Geol., 1985, vol. III 179-187.
- [5] Fernández de Oviedo, Gonzalo: Historia general y natural de los indios; 5 vols., Biblioteca de Autores Españoles, 1985, Ed. Atlas, Madrid.
- [6] Ferrero, L. ¿Por qué prehistoria si hay historia Precolombina? 1986. EUNED, San José, 119 pp.
- [7] Fernández de Oviedo, G. Op. cit.
- [8] Meléndez, Carlos: Historia de Costa Rica 1989. EUNED. San José, Tercera reimpresión, 175 pp.
- [9] Ferrero, L. Op. cit.
- [10] Meléndez, C. Op. cit.
- [11] Ferrero, L. Op. cit.
- [12] Fuentealba, N.: El derecho minero de Costa Rica. 1977. Editorial U.C.R., San José, 169 pp.
- [13] Villalta, César: "La exploración de oro en Costa Rica". Rev. Geol. de América Central, 1986. N° 5. 109-113.
- [14] Fuentealba, R., Op. cit.
- [15] Ulloa, Franz: Historia minera en Costa Rica. Dirección de Geología, Minas y Petróleo. 1979, San José, 50 pp.
- [16] González, Cleto: Temblores, terremotos, inundaciones y erupciones volcánicas en Costa Rica. 1608-1910. Tip. de Avelino Alsina, San José, 1910, 200pp.
- [17] Morales, Luis D. "Historia de la sismología en Costa Rica". Rev. Fil. Universidad de Costa Rica, XXIV (59). 1986: 93-104.
- [18] Alvarado, Guillermo y Morales, Luis D.: "Historia de la Vulcanología en Costa Rica". En: Historia de la Ciencia y Tecnología, Editorial Tecnológica de Costa Rica, 1989: 291-314.
- [19] Alvarado, G. y Morales, L.D., Ibidem.

- [20] Von Frantzius, Alexander. "Aporte al conocimiento de los volcanes de Costa Rica". En: Antología al volcán Poás, vol.1, rec. C.A. Vargas, EUNED, 1979: 11-34.
- [21] González, Luis F.: Historia de la influencia extranjera en el desenvolvimiento educacional y científico de Costa Rica. 1976. Ed. Costa Rica. 2da. edición. San José, pp. 82.
- [22] Dengo, Gabriel: Historia del desarrollo del conocimiento geológico de América Central. Centro de Estudios Geol. de América Central, Guatemala, 1987, 73 pp.
- [23] Dengo, G., Ibidem.
- [24] Dengo, G., Ibidem.
- [25] González, C., Op. Cit. Morales, L.D., Op. cit.
- [26] Dengo, G., Ibidem. Alvarado, G. y Morales, L.D., Op. cit
- [27] González, C., Op. cit.
- [28] Morales, L.D., Op. cit.
- [29] Ramírez, Oldemar: "El carbón en Costa Rica". Rev. Geol. de América Central, 1985. N° 2:89-94.
- [30] Dengo, G., Op. cit. Gabb, Williams: Talamanca y el espacio de los hombres. Presentación de L. Ferrero, Ministerio de Cultura, Juventud y Deportes, 1978, 168 pp.+ figs.
- [31] Dengo, G., Op. cit.
- [32] Ulloa, F., Op. cit.
- [33] González, C., Op. cit.
- [34] Morales, L.D., Op. cit.
- [35] González, L.P., Op. cit.
- [36] Dengo, G., Op. cit.
- [37] Sapper. Karl: Mittelamerika. Handbuch dar regionalen geologie. Steinman and Wilckena, Heidelberg, 1937, 160 pp.
- [38] González, C., Op. cit.
- [39] Morales, L.D., Op. cit.
- [40] Romanes, James: "Geological notes on the Peninsula de Nicoya", Costa Rica, Geol. Mag. London, 1912, 9:258-265. Romanes, James: "Geology of part of Costa Rica". Quart. Jour. geol. Soc. London. 1912, 68:103-139.
- [41] Dengo, G., Op. cit.
- [42] Alvarado, G. y Morales, L.D., Op. cit.
- [43] Alvarado, G. y Morales, L.D., Op. cit.
- [44] Villanta, C., Op. Cit.

- [45] Melis, Ernesto: "Información sobre las minas del Aguacate y de los castos". Anal. Inst. Físico-Geográfico Nacional de Costa Rica, San José. 1989, 2:203-220.
- [46] Villanta, C., Op. cit.
- [47] Roberts, R.J.: "Manganese deposits in Costa Rica". En: Hoffstetter et al: Amerique Centrale: Lexique stratigraphique international, Fascicule Ila Paris. 1960, 368 pp.
- [48] Schaufelberger, Paul: Costa Rica. Apuntes de Geología 4, Imprenta Nacional, San José, 1931, 84 págs. + 5 planos + 1 perfil.
- [49] Lohmann, W., y Schaufelberger, P.: Uber die Talamanca-Kordillere und des Reventazon-tal von Costa Rica. En: Hoffstetter et al. Amerique Centrale: Lexique stratigraphique international, Fascicule Ua. París, 1960. 368 p.
- [50] Morales, Luis Diego: "Historia del desarrollo de las disciplinas geofísicas en Costa Rica". En: Historia de la Ciencia y la Tecnología. Edit. Tecnológica de Costa Rica, 1989: 255-272.
- [51] Dóndoli, César. En: Morales L.D.: "Historia de la sismología en Costa Rica". Rev. Fil. Univ. Costa Rica, XXIV (59), 1986: 93-104.
- [52] Alvarado, Guillermo: "Historia de la Paleontología de los vertebrados en Costa Rica". En: Historia de Ciencia y Tecnología. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 1989: 273-289 pp..
- [53] Dóndoli, César: Nota bibliográfica. Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R. 1979, 13 pp.
- [54] Dóndoli, César, Op. cit.
- [55] Morales, Luis Diego. 1989, Op. cit., p. 100.
- [56] Morales, Luis Diego. 1989, Op. cit. p.
- [57] Dóndoli, César, Op. cit.
- [58] Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE): Exploración Petrolera en Costa Rica. Rev. Geol. Am. Central 1, 1985: 137-141.
- [59] Williams, Howel: Volcanic history of the Meseta Central Occidental. Costa Rica: Univ. California Public. Geol. Sci., v. 32. 1952: 145-180.
- [60] Harrison, J.V.: "The geology of the Santa Elena península in Costa Rica. Central America". En: Hoffstetter et. al. Amerique Centrale lexique Stratigraphique International. Fascicule Ila. París, 1960, 368 pp
- [61] Dóndoli, César y Torres, José Alberto: Estudio geo-agronómico de la región oriental de la Meseta Central. Ministerio de Agricultura e Industrias, San José. 1954, 180 págs. + 2 mapas.
- [62] Weyl, Richard: Geology of Central America. GebrŸder Borntraeger. Berlin. 1980, 355 pp.
- [63] Fernández, Ricardo: "La actividad del Volcán Poás en el año 1953", En: Carlos A.Vargas: Antología el volcán Poás, Editorial EUNED, 1979, 119-126 pp.
- [64] Roberts, R.J. e Irving, E.M.: "Mineral deposite of Central America". En: Hoffstetter et al. Amerique Centrale stratigraphique. Fascicule Ila. París, 1960, 368 pp.



- [65] Dengo, Gabriel: "Tectonic-igneous sequence in Costa Rica": Buddington Vol. Geol. Soc. America, 1962 a., 133-161.
- [66] Hoffstetter, R.: Dengo, G.: Dixon, C.G.: Meyer-Abich, H.: Weyl, R., Woodring, W.P. y Zoppis-Bracci, L.: Amerique Centrale: Lexique stratigraphique international, Fascicule IIa, Paris. 1960, 368 pp.
- [67] Alvarado, G. y Morales, L.D., Op. cit.
- [68] Morales, L.D., Op. cit.
- [69] Dóndoli, César. Comunicación verbal.
- [70] Dóndoli, César. Op. cit.
- [71] Dengo, Gabriel: Estructura geológica, historia tectónica y morfológica de América Central.. Centro Regional de Ayuda Técnica, (AID), Segunda edición, 1973, 52 págs. + 16 ilustraciones.
- [72] Alvarado, Guillermo y Morales, Luis Diego, Op. cit.
- [73] Alvarado, Guillermo: Barquero, Rafael: Soto, Gerardo: Hidalgo, Grace: "Referencias bibliográficas principales sobre el volcán Arenal y áreas vecinas". Bol. Obs. Volc. Arenal, ICE, 1988, Año I, N<sup>o</sup> 2: 56-67 p.
- [74] Climent, Alvaro: Boschini, Ileana; Barquero, Rafael; Alvarado, Guillermo: "Estudios sismológicos en zonas de proyectos hidroeléctricos y geotérmicos en Costa Rica". Memoria, 4<sup>o</sup> Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo-Resistente, San José, 1986, 93-112 p.
- [75] RECOPE, Op. cit.
- [76] Ramírez, Oldemar: "El carbón en Costa Rica". Rev. Geol. Am. Central, 2, 1985, 89-94.
- [77] Bolívar, Sthepen: Castillo. Domingo, Page. Norman & Azuola, Hannia. "Mineral resource assessment program for Costa Rica". Rev. Geol. Am. Central, 6. 1987: 113-120
- [78] Los Alamos: Atlas geoquímico (LA -10965-Ma.) Los Alamos National Laboratory, 1987, 4 pp + 2 apéndices y mapas.



### **3.2 ASPECTOS DA HISTORIA DAS CIENCIAS GEOLÓGICAS NO BRASIL**

Silvia Fernanda de Mendonca Figueiroa. [\[1\]](#)

#### **RESUMEN**

*Este artículo intenta presentar un panorama del desarrollo de las ciencias geológicas en Brasil, a partir de una revisión de la literatura disponible bajo el enfoque y periodización propuestos recientemente por DANTES (1988) para la historia de las ciencias naturales en Brasil. A partir de esta revisión, se puede afirmar que el proceso de desarrollo supra-mencionado tiene como características:*

- *papel fundamental ejercido por las actividades mineras;*
- *acción directa del Estado para crear instituciones científicas;*
- *expresiva presencia de viajeros y científicos europeos y norteamericanos.*

#### **INTRODUÇÃO**

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um panorama do desenvolvimento das ciências geológicas no Brasil, resgatando uma parte ainda pouco investigada da memória técnico-científica brasileira.

Inserido dentro de um projeto de pesquisa mais abrangente sobre a institucionalização das ciências geológicas no Brasil, representa um primeiro esforço de revisão da escassa bibliografia disponível sobre este tema específico, assim como de sua sistematização dentro de um marco teórico e historiográfico distinto do até hoje adotado. Nesse sentido, estamos assumindo que a ciência e as atividades científicas em geral são historicamente moldadas, e como tal mantêm vínculos inextricáveis e dinâmicos com o contexto social, político, econômico e cultural onde são praticadas. O enfoque analítico adotado, por conseguinte, pretende dar conta desta concepção, distanciando-se das crônicas que constituem a quase totalidade da bibliografia supra-referida.

A primeira e mais básica divergência localiza-se ao nível da periodização. A cênica subdivisão temporal proposta para o desenvolvimento das ciências geológicas no Brasil foi apresentada por LEINZ (1955) e consiste de 3 fases, a saber:

- a) época dos viajantes estrangeiros (1810-1875);
- b) época das comissões geológicas (1875-1907);
- c) época da consolidação das pesquisas (1907-1935).

Louvável em seu esforço pioneiro, esta periodização, no entanto, apresenta problemas diversos em relação aos marcos temporais estabelecidos. A época dos viajantes estrangeiros, por exemplo, cujo início em 1810 é definido pelo autor a partir da chegada ao Brasil do engenheiro de minas alemão Wilhelm Ludwig von Eschwege, merece críticas de 2 ordens. A primeira, mais imediata, é que von Eschwege foi um dos raros estrangeiros por aqui aportados ao qual não cabe, prioritariamente, a classificação de viajante, pois era funcionário da metrópole portuguesa desde 1802 e ainda se encontrava sob contrato quando veio para o Brasil (LEONARDOS, 1973, p. 57). A segunda crítica é a de que a identificação dos viajantes com o período escolhido faz supor que a presença destes no país restringiu-se a essa época. Do mesmo modo, a época das comissões geológicas ignora iniciativas anteriores (como a Comissão Científica de Exploração, organizada em 1856 pelo Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro com o patrocínio do Imperador D. Pedro II), bem como a perpetuação do modelo norte-americano dos "surveys" - no qual se inspiraram as citadas comissões - no próprio Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, criado em 1907 e que motiva o corte temporal de Leinz.

Levando em conta os problemas apontados e considerando ainda que não existem nem motivos explícitos nem estudos de detalhe que justifiquem uma periodização especial para a história das ciências geológicas no Brasil, optamos neste artigo pela periodização proposta recentemente por DANTES (3) para a história das ciências naturais no Brasil. Igualmente tricotômica, esta subdivisão estabelece as seguintes fases:

- a) o iluminismo e a tradição naturalista (c. 1770-1850);
- b) introdução da ciência experimental (1850-1920);
- c) as Universidades e o desenvolvimento das ciências básicas (1930 a 1945).

## **A MINERAÇÃO, O ILUMINISMO E A TRADIÇÃO NATURALISTA**

Ao tratarmos do desenvolvimento das ciências geológicas no Brasil, é impossível desconsiderar ou mesmo minimizar o papel desempenhado pelas atividades de extração mineral e ao qual se refere, unanimemente, a produção historiográfica sobre o tema, desde aquele que parece ser o primeiro trabalho a históriá-las (DERBY, 1895):

Bem que, durante grande parte do período colonial, a importância das possessões brasileiras de Portugal proviesse principalmente, aos olhos da metrópole, da exploração de suas riquezas minerais, não consta que tivesse havido o menor esforço, oficial ou particular, para se estudar cientificamente a constituição geológica da colônia, ou o modo de ser de suas ricas jazidas mineralógicas. (p. 03).

Neste parágrafo que abre o artigo, o autor aponta o aspecto central que imprimiu, a nosso ver, a marca da mineração no processo de implantação e desenvolvimento das ciências geológicas no país - ou seja, o caráter mercantilista de nossa colonização (MARTINS, 1984):

(...) empreendimento voltado para a exploração das riquezas coloniais, assentado em mão-de-obra escrava, com vistas apenas ao mercado externo (...) as terras do Brasil, a princípio desconhecidas, inexploradas, cobiçadas por estrangeiros, surgem para a metrópole portuguesa como um potencial de tesouros. (p. 177)

Economicamente debilitado pela Restauração - quando separou-se da Espanha em 1640 e teve de arcar com os altos custos para reinstalação do Império - Portugal encarou a colônia brasileira como tábua de salvação da economia do Reino, sobretudo seus recursos minerais. E dentro desse quadro que devem ser contextualizados os estudos sobre minerais brasileiros datados dos séculos XVII e XVIII e listados por LEONARDOS (1955), que os qualifica como de simples caráter econômico, do propósito de se aproveitarem melhor os recursos minerais (p. 268). Citamos como exemplo: *Cultura e opulência do Brasil por suas drogas e minas*, de André João Antonil (1971); *Historical accounts of the discovery of gold and diamonds in Minas Gerais*, de Jacó de Castro Sarmiento (Londres, 1735); *Corografia Brasileira*, do Padre Manoel Ayres de Casal (publicado em 1817), entre outros (apud LEONARDOS, op. cit.).

Esta preocupação é patente, ainda, nos textos legais que objetivaram disciplinar as atividades de mineração no Brasil, os quais, em virtude da incomensurável obsessão exploratória, antecederam à própria descoberta dos depósitos metalíferos - resultando, portanto, descompassados com a realidade e ineficientes no controle pretendido (MARTINS, op. cit., p. 178).

Com a crise do sistema colonial e o atraso econômico do Reino, que se encontrava cada vez mais subordinado política, econômica e militarmente às nações que se afirmavam como hegemônicas na Europa, sobretudo à Inglaterra, (MENDES, et alli, 1983), Portugal, que assim como a Espanha se mantivera alheio ao desenvolvimentno das forças produtivas ocorrido ao longo do século XVIII, optou pela solução do despotismo esclarecido - aparentemente a única saída possível para a superação do atraso e condição necessária para a sobrevivência (difícil) como nação independente (MENDES et alli, op. cit., p. 268). D. José I, ao formar seu gabinete em 1750, revelava claras intenções de mudanças com vistas a enfrentar e superar tal situação. Seu secretário de Estado, Sabastião José de Carvalho e Melo (Conde de Oeiras e Marquês de Pombal), foi o homem forte de D. José I e, segundo DIAS (1968) o arquiteto deste processo de modernização "difundindo, então, na metrópole, uma ideologia iluminista de crença "no poder da razão, única e universal e na função pragmática da ciência a serviço do progresso material.

Esta ideologia traduziu-se, entre outros atos, na reforma da Universidade de Coimbra (1768 a 1772) - também conhecida como "reforma pombalina" - pela qual foram introduzidas disciplinas científicas e criados os novos cursos de Matemática e Filosofia. A reforma marca, efetivamente, um ponto de reversão no quadro colonial de precária difusão das ciências naturais no Brasil e em Portugal, que passa a adquirir novos contornos: em 1779 surgiu em Lisboa a Academia Real das Ciências, bem como foi notável o afluxo de estudantes brasileiros - aproximadamente 300 - no período imediatamente posterior à reforma (1771-1785) (FILGUEIRAS, 1986, p. 100).

Nessa leva incluíam-se José Bonifácio de Andrada e Silva e Manoel Ferreira da Câmara de Bittencourt e Sá que, juntamente com outros 21 brasileiros, matricularam-se em Coimbra em 1783 (SOUSA, 1974, p. 14). Terminando os estudos em 1789 e recém-admitidos como sócios livres da Academia Real de Ciências, partiram José Bonifácio e Manoel da Câmara em 1790 em missão oficial do governo português, por conta do real erário, a fim de adquirirem por meio de viagens literárias e explorações filosóficas os conhecimentos mais perfeitos de Mineralogia e mais partes da Filosofia e História Natural (SOUSA, op. cit., p. 22) posto que o governo português queria restaurar e restabelecer as minas do reino (Biblioteca Nacional, manuscrito I, 29-114-49; apud MENDONÇA, 1958, p. 15). O itinerário da viagem fora previamente estabelecido pela Resolução de 31 de maio de 1790, baixada dois dias antes da partida. Em primeiro lugar estava a França, onde deveriam cursar Química com Fourcroy e Mineralogia Docimástica com Balthasar Le Sage, diretor da Escola Real de Minas. Após terem contactado diversos outros cientistas da comunidade francesa, como Chaptal, Jussieu, Hauy e Lavoisier, seguiram para a Alemanha, onde estudaram com Abraham Gottlob Werner em Freiberg. Percorreram ainda a Itália e a Escandinávia (SOUSA, op. cit., p. 22 a 28). De regresso a Portugal em 1798, Manoel Ferreira da Câmara Bittencourt e Sá foi imediatamente encarregado de organizar as bases da nova lei que deveria reger as atividades de mineração no Brasil, bem como de administrar, na qualidade de Intendente Geral, as suas minas (MENDONÇA, op. cit., p. 30). Ao passo que José Bonifácio assumiu cumulativamente uma dezena de cargos no aparelho administrativo do Reino (SOUSA, op. cit., pp. 28 a 65). A produção propriamente científica de ambos, entretanto, data dos tempos da Universidade e da viagem científica pela Europa, praticamente nada existindo do período posterior à ocupação dos encargos burocráticos.

Apesar do esforço modernizador, no entanto, foi somente com o estabelecimento da Corte portuguesa na colônia, em 1808, que ocorreram medidas mais concretas para a institucionalização da atividade científica no Brasil. A cidade do Rio de Janeiro, como capital do império, foi aparelhada com instituições necessárias à sua vida administrativa e social: escolas profissionais, uma biblioteca, um horto e um museu de História Natural, entre outras medidas (DANTES, op. cit., p. 267)

As ciências geológicas foram contempladas com a criação do Real Gabinete Mineralógico e Geognóstico em 1810, cujo acervo era constituído, ao que parece, unicamente pela coleção "Werner", com mais de 3.000 amostras, que fora adquirida na Alemanha por Antônio de Araçêjo Azevedo (Conde da Barca) a Pabst von Ohein (LEINZ, op. cit., p. 246). Com a transferência da Corte, à coleção nem sequer chegou a ser desenhada, embarcando diretamente para o Brasil.

Para o Real Gabinete Mineralógico e Geognóstico foi trazido Eschwege, que conforme já referimos, era funcionário da Coroa portuguesa desde 1802, e segundo LEONARDOS (op. cit., p. 57) desde sua chegada à metrópole manifestou desejo de dirigir-se ao Brasil.

O Real Gabinete, pelo que se conclui a partir de dados parcos e imprecisos, incorporou-se à Real Academia Militar quando da criação desta em 1811, tendo sempre Eschwege à testa. Juntamente com a Academia da Marinha (1808), constituíram as primeiras escolas profissionais, que apesar de suas limitações, foram importantes centros de difusão das ciências naturais e exatas no Brasil. Foram criadas segundo modelos institucionais franceses e, em seus cursos de ciências, utilizavam as mesmas obras que a Ecole Polytechnique de Paris (DANTES, op. cit., p. 267).

Ainda em consonância com o espírito iluminista da época, foram criadas aquelas que podem ser consideradas as primeiras instituições científicas brasileiras: o Horto Real em 1808 e o Museu de História Natural, em 1818, ambas no Rio de Janeiro.

Segundo Lopes (1988, p. 26) os Museus foram, no Brasil, as instituições pioneiras em pesquisa geológica de caráter básico, acrescentando-se. Criado nos moldes do Museu Britânico de Londres, fruto da influência científicista inglesa sobre Portugal e Brasil, o Museu de História Natural incorporou desde o seu início aspectos do conhecimento geológico. LEINZ (op. cit., p. 246) conta ainda que a coleção Werner, acima referida, passou a constituir o núcleo inicial desta "Casa de Ciências". A partir de sua reorganização em 1842, o Museu Nacional contou com uma seção específica de Mineralogia, Geologia e Ciências Exatas (LOPES, op. cit., p. 27). Por ela passaram Frederico Leopoldo César Burlamaqui, Guilherme Schÿch de Capanema e João Martins da Silva Coutinho, que podem ser qualificados como os primeiros cientistas brasileiros a realizarem pesquisas sistemáticas no campo das ciências geológicas.

A transferência da Corte para o Brasil iria influenciar ainda, notavelmente, a vinda de naturalistas estrangeiros provenientes dos mais variados países europeus - e mesmo dos E. U.A., a partir dos meados do século XIX. Agentes bastante eficientes de ambas as faces do Naturalismo científico - quais sejam, um estilo difuso de pensamento que valorizava o mundo natural e uma ideologia articulada à expansão capitalista e à I Revolução Industrial (BARNES & SHAPIN, 1979) - estes viajantes palmilharam praticamente todo o território nacional. Dentre aqueles que mais intensamente voltaram sua atenção a aspectos da constituição geológica do Brasil - e sobretudo mineral - destacamos : John Mawe, Emmanuel Pohl, Friederich Sellow, Alcide D'Orbigny, A. Pissis, Richard Burton, Virgil von Helmreichen, etc. Cabe esclarecer, no entanto, que os naturalistas-viajantes não são exclusivos do período que estamos enfocando, caracterizando mais propriamente quase todo o século XIX. Destas viagens, porém, pouco ficou no Brasil do material coletado, enriquecendo, outrossim, os acervos dos museus de seus países de origem ou dos governos que os financiaram.

Até o final desta primeira fase, permaneceu viva uma certa valorização da ciência enquanto fator de progresso, evidente, por exemplo, na ação da Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional e do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, que em suas revistas difundiram as idéias iluministas por cerca de 50 anos.

## **A CIÊNCIA EXPERIMENTAL E AS INSTITUIÇÕES ESPECIALIZADAS**

De modo geral, a partir da segunda metade do século XIX o Brasil assistiu ao apogeu do último dos grandes ciclos econômicos pré-industriais - o do café - que implicou na transferência do centro econômico e político para a região sudeste. De acordo com DANTES (op. cit., pp. 268-269):

durante estes anos, a vida cultural brasileira esteve centralizada na capital do país, a cidade do Rio de Janeiro. O que poderíamos chamar de uma cultura científica brasileira era, então, pouco desenvolvida em relação à cultura literária. No entanto, foi nesta cidade que se formou um primeiro núcleo de cientistas brasileiros que, em 1916, criou a Sociedade Brasileira de Ciências. Esta comunidade limitada de cientistas brasileiros formou-se durante um período em que se aprofundaram as relações do país com as sociedades capitalistas modernas, nas quais a ciência

começava a se incorporar ao sistema produtivo. As elites brasileiras, com a revolução dos meios de comunicação, passaram a estar em contato mais constante com as concepções de modernidade dos países centrais, que compreendiam uma valorização das ciências. Torna-se, assim, compreensível que em uma sociedade essencialmente agrícola e escravista como a sociedade brasileira do final do século XIX fosse observado um cientificismo difuso.

A concepção positivista, e essencialmente os aspectos cientificistas de seu ideário, foram rápida e amplamente assimiladas. Ao mesmo tempo, as escolas profissionais de engenharia e medicina passaram por reformas que visaram introduzir o ensino prático, refletindo as transformações da ciência praticada na Europa.

A nível das ciências geológicas, estes aspectos se traduziram na criação - segundo modelos externos e com sistemática importação de lideranças estrangeiras - de uma série de instituições voltadas prioritariamente às ciências geológicas. Inserem-se dentro do esforço modernizador das elites, especialmente a cafeicultura, no sentido de sistematizar o levantamento dos recursos naturais propiciando um maior aproveitamento econômico. São exemplo deste esforço: a Comissão Geológica do Império, criada em 1875 segundo o modelo norte-americano dos "Surveys" e chefiada pelo norte-americano Charles Frederick Hartt; teve, no entanto, vida efêmera, sendo extinta ao cabo de 2 anos por motivos de economia - o que revela a não-existência de projeto hegemônico para o país no seio das elites; a Escola de Minas de Ouro Preto, criada em 1876 pelo geólogo francês Henri Gorceix de acordo com as Ecoles de Mines de seu país natal; esta Escola formou os primeiros geólogos (na verdade, engenheiros-geólogos e de minas) brasileiros e alimentou com quase exclusividade, durante algumas décadas, os quadros técnicos das instituições de pesquisa estaduais e federais; a Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo, criada em 1886 e dirigida pelo norte-americano Orville Adelbert Derby - discípulo de Hartt e que a concebeu nos mesmos moldes da Comissão Imperial de 1875; o Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, criado em 1907 e também concebido por Derby de forma similar às 2 Comissões supra-citadas.

Além destas instituições especializadas, o Museu Nacional manteve-se ativo, e "continuando a mesma tradição naturalista, dois outros Museus foram responsáveis pelos avanços dos estudos geológicos no país, particularmente no que se refere à Paleontologia: o atual Museu Paraense Emílio Goeldi (1871) e o Museu Paulista (1894)" (LOPES, op. cit., p. 28).

E do final desta fase o primeiro mapa geológico a representar todo o território nacional, publicado em 1919 por John Casper Branner (também discípulo de Charles F. Hartt).

## **AS UNIVERSIDADES E O DESENVOLVIMENTO DAS CIÊNCIAS BÁSICAS**

Nesta fase, foi de fundamental significado a ação da Sociedade Brasileira de Ciências, transformada em 1922 na Academia Brasileira de Ciências:

Contribuiu para a difusão das ciências no país pela publicação de revistas, programas de rádio, ou ainda realização de simpósios. (Seus dirigentes) deram início a uma campanha pela implantação das ciências básicas, e lideraram o movimento que iria desembocar na criação das primeiras universidades brasileiras. (DANTES, op. cit., p. 271 ) .

Cabe lembrar que dentre os fundadores da Sociedade encontravam-se diversos expoentes da comunidade de geocientistas brasileiros, na maioria ligados ao Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. O presidente do biênio 1931-32 foi, inclusive, o próprio Diretor do SGMB, Euzébio Paulo de Oliveira, que acumulou ambas funções. A contribuição dos técnicos do Serviço foi intensa, dando-se através de comunicações dos resultados das pesquisas de campo e de laboratório que, em alguns números da Revista (transformada em "Anais" em 1929), chegaram a perfazer mais de 50% dos artigos. Reflexo indubitável da intensa atividade que o órgão experimentava a partir de 1920, quando foi reaparelhado (equipamentos para geofísica, análises químicas e de microscopia ótica) e teve suas funções ampliadas para a exploração petrolífera. Estas pesquisas, juntamente com aquelas relativas ao carvão e ao estudo do potencial hidrelétrico das bacias hidrográficas, constituíam as atividades principais do SGMB - uma resposta ao surto da industrialização do país. E o detalhamento das ocorrências e jazidas minerais já era executado sistematicamente (Soc. Bras. Geologia, 1985, p. 19).

Apesar das primeiras instituições de ensino superior terem sido criadas no país nos primórdios do século XIX, estas consistiram unicamente de escolas profissionais, e as primeiras universidades brasileiras surgiram apenas na década de 30 deste século :

O modelo que os pioneiros, liderados pela Academia Brasileira de Ciências e pela Associação Brasileira de Educação, tinham em mente era o francês, no qual o núcleo era constituído pela Faculdade de Ciências. Apesar disso, e das ligações pessoais dos intelectuais brasileiros com intelectuais franceses, outras tradições científicas, como a alemã ou italiana, estiveram presentes nestas primeiras Universidades brasileiras (DANTES, op. cit., p. 272). E isto é bastante evidente na criação dos Departamentos de "Mineralogia e Petrografia" e de "Geologia e Paleontologia" da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, estabelecida em 1934. Nestes Departamentos mesclaram-se basicamente as tradições italiana e alemã, personificadas nos professores Ettore Onorato e Viktor Leinz.

Ao final do período aqui considerado (1945), a comunidade científica brasileira já havia se expandido bastante, ao ponto de ampliarem-se as associações científicas, como a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), criada em 1948. No âmbito das ciências geológicas este movimento também se fez sentir, e a comunidade de geólogos da época, suficientemente numerosa, organizada e coesa decidiu criar sua própria Associação, antes mesmo da SBPC:

surgiu entre alguns geólogos brasileiros a idéia de formar uma sociedade de geologia destinada a promover reuniões periódicas, onde se troquem idéias não só atinentes à Geologia como também à Paleontologia. Seria esse um meio de congregar os geólogos e paleontólogos brasileiros para um esforço comum em prol do progresso das ciências geológicas no país. (Soc. Bras. Geol., 1955, p. 01).

A instalação da Sociedade Brasileira de Geologia, efetivada a 27-12-45, em nossa opinião estabeleceu um importante marco na institucionalização das ciências geológicas no Brasil, pelo que representou de esforço de auto-organização da comunidade geocientífica bem como de circulação de informações específicas internamente a esta comunidade, que passou a contar desde então com veículos de divulgação (Revista e Boletins) e encontros técnico-científicos próprios.



## **CONCLUSÕES**

Em linhas gerais, podemos concluir, a partir da revisão da literatura disponível, que o processo de implantação e desenvolvimento da ciências geológicas no Brasil apresenta as seguintes características:

- 1- papel relevante -e em parte determinante das ações- das atividades de mineração ;
- 2 - ação direta do Estado na criação de instituições científicas;
- 3 - destacada presença de viajantes e cientistas europeus e norte-americanos;
- 4 - adoção de modelos institucionais europeus e norte-americanos.

## NOTAS

[1] Instituto de Geociências/UNICAMP C.P. 6152 13081, Campinas-SP Brasil.

## BIBLIOGRAFIA

1. BARNES, Barry; SHAPIN, Steven. (ed) - Natural order (Historical studies on scientific culture). London, Sage Focus Ed., 1979. 265p.
2. DANTES, M. Amélia M.-" Fases da implantação da ciência no Brasil." México, Quipu, 5(2): 265-275, maio-agosto/88.
3. DERBY, Orville A.-" As investigações geológicas no Brasil". Rio de Janeiro, Rev. Brasileira II (9): 3-21, maio de 1895.
4. DIAS, M. Odila da S.- "Aspectos de Ilustração no Brasil". Rio de Janeiro, Rev. do Inst. Histórico e Geográfico Brasileiro, 278: 105-170, 1968.
5. FILGUEIRAS, Carlos A.L. -"Vicente de Seabra Telles e a Sociedade Literária do Rio de Janeiro, uma tentativa malograda de desenvolvimento da química no Brasil setecentista " Rio de Janeiro, I Sem. Hist. da Ciência e Tecnologia, Anais, pp. 100-104, set/86.
6. LEINZ, Viktor.-" A geologia e a paleontologia no Brasil." in: AZEVEDO, Fernando de (ed) As ciências no Brasil. s.l., Melhoramentos, 1955, v.1., pp. 243-263.
7. LEONARDOS, Othon H.-" A mineralogia e a petrografia no Brasil." in: AZEVEDO, Fernando de (ed). As ciências no Brasil. s.l., Melhoramentos, 1955, v.1, pp. 265-313.
8. LEONARDOS, Othon H.- Geociências no Brasil (a contribuição germânica). Porto Alegre, Forum - Sulina, 1973. 349 p.
9. LOPES, M. Margaret.- Museu, uma perspectiva de educação em geologia, Campinas, Fac. Educação-UNICAMP, dissertação de mestrado, 1988, 190 p.
10. MARTINS, Ana L -" Breve história dos garimpos de ouro do Brasil." in: ROCHA, Gerencio A. (org.) Em busca do ouro (garimpos e garimpeiros no Brasil). Rio de Janeiro; Marco Zero; São Paulo: CONAGE, 1984, pp. 177-215.
11. MENDES, A. (Jr); RONCARI, L.; MARANHÃO, R -Brasil - História (texto & consulta). São Paulo, Brasiliense, 5a ed., 1983, 300p. (V.1, Colônia).
12. SOUSA, Octávio T. de José Bonifácio (História dos fundadores do Império do Brasil). Rio de Janeiro, José Olympio Ed., 2a ed, 1974. 278 p.
13. SOC. BRAS. DE GEOLOGIA. Noticiário No. 2, abril 1955. 8 p
14. SOC.BRAS. DE GEOLOGIA- Bases para uma política brasileira de pesquisa geológica básica. São Paulo, 1985. 36 p.

## 4. HISTORIA DE LAS CIENCIAS BIOMÉDICAS



### 4.1 HISTORIA DE LA FARMACOLOGÍA EN COSTA RICA

Ronald González Argüello.

Mercedes Barquero García.[\[1\]](#)

#### RESUMEN

*Este trabajo pretende dar una visión del desarrollo de la Farmacología en Costa Rica, en los centros de enseñanza superior, desde mediados del siglo XIX hasta nuestros días.*

*El inicio de la Farmacología en nuestro país lo encontramos, posiblemente, en la antigua Universidad de Santo Tomás de Aquino, en la Cátedra de Farmacia (1849), en la cual se impartía la materia llamada Química Médica. Después del cierre de esta Universidad (1988), las ciencias farmacológicas se impartieron en la Escuela de Farmacia, desde 1897. Por muchas décadas esta Escuela fue el único centro de enseñanza. No fue sino hasta la creación de la Escuela de Medicina que se abrió una nueva Cátedra de Farmacología (1961), la cual dio sus primeras clases en 1962, a cargo del Dr. Víctor Manuel Campos y la Dra. Josefina Ingianna.*

*Vamos a destacar aquí como hecho relevante la creación en la Universidad de Costa Rica (1979) de la Maestría en Ciencias con mención en Farmacología.*

*Además, en este trabajo se describen las contribuciones de diferentes farmacólogos costarricenses a la docencia, la salud pública y a la sociedad en general.*

## **INTRODUCCIÓN**

Este trabajo representa un avance del estudio que estamos realizando sobre la Historia de la Farmacología en Costa Rica, con el cual se pretende dar una visión del desarrollo de esta disciplina en los centros de enseñanza superior, desde mediados del siglo XIX hasta la actualidad.

No es nuestro propósito convertirnos en apóstatas de nuestra historia ni mucho menos en flemáticos reconocedores de su importancia, sino que, teniéndola presente, nos ayude a asegurar los pasos que damos hacia el futuro.

## **METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de este trabajo se hizo una revisión minuciosa de diversos documentos de valor histórico, con los cuales se efectuó una labor de síntesis para extraer aquellos aspectos de mayor relevancia para este estudio. En la parte de bibliografía se mencionan los textos que fueron revisados. Además, se entablaron conversaciones con diferentes personas que tuvieron algún nexo con los acontecimientos históricos.

## **DEL INICIO**

Atendiendo al requerimiento de la sociedad costarricense del siglo pasado, de contar con farmacéuticos calificados que garantizaran la salud pública y lucharan por su mejoramiento, el entonces Presidente José María Castro Madriz decide crear una Cátedra de Farmacia en la Universidad de Santo Tomás el 17 de enero de 1849.

Se estableció, entonces, el primer plan de estudios de Farmacia, con cuatro años de duración, divididos en dos años teóricos y dos años prácticos. Dentro de las materias teóricas estaba la llamada "Química Médica" que, aun sin conocer su contenido temático ni tener mayores datos, su sólo nombre nos hace pensar que era el antepasado de nuestra Farmacología, si se trataba del estudio de sustancias químicas y su aplicación a diversos padecimientos.

Sin embargo, en esa época los estudios de Farmacia y, por lo tanto, la enseñanza de la Farmacología, no tuvieron una adecuada aceptación y esos planes sobrepasaron con dificultad el plano del papel. Todo terminó con el cierre de la Universidad de Santo Tomás, el 20 de agosto de 1888.

No obstante, este no fue el fin, simplemente marcó el inicio de la enseñanza de la Farmacología.

En 1857 se instaura el protomedicato de la República, el cual tenía entre sus atribuciones la de ser tribunal de exámenes teórico-prácticos en todas las ramas de las ciencias, y cuerpo inspector de salubridad pública y policía médica. Como tribunal de exámenes evaluaba a los profesionales graduados en el extranjero para autorizarlos a trabajar en el país. Así, médicos y cirujanos, farmacéuticos, dentistas, comadrones y obstétricos, y hasta sangradores, debían presentar exámenes ante este Tribunal. A los farmacéuticos se les evaluaba, entre otras materias, en Química Médica, y tiempo después, se les examinaba en Materia Médica en lugar de Química Médica.

## **FACULTAD DE MEDICINA, CIRUGÍA Y FARMACIA**

El 3 de abril de 1895, gracias al esfuerzo del Dr. Juan J. Ulloa Solares (hijo del último rector de la Universidad de Santo Tomás), el Congreso de la República reorganiza el Protomedicato (que no había funcionado muy bien) que, en lo sucesivo, se llamará Facultad de Medicina, Cirugía y Farmacia de Costa Rica.

### **DE LA ESCUELA DE FARMACIA**

Cumpliendo con sus objetivos y los atributos que la ley le concedía, la Facultad de Medicina, Cirugía y Farmacia decide establecer, el primero de febrero de 1897, una Escuela de Farmacia. Ocho días después el proyecto fue aprobado por el Poder Ejecutivo.

La importancia de la fundación de la Escuela de Farmacia no es sólo para la enseñanza constante y profesional de la Farmacología, sino que esta Escuela es conocida como el único centro que favorecía muchas disciplinas científicas como: botánica, química, parasitología, inmunología, bacteriología, fisiología, etc., por muchas décadas.

Con la aprobación del reglamento de la Escuela de Farmacia, el 8 de febrero de 1897, también se aprueba el curriculum, en el cual destaca Farmacología, en el cuarto año (último año), con los nombres de Materia Médica y Terapéutica General. Estos cursos eran anuales (marzo-noviembre), con exámenes orales al final del año.

Desde 1899 era profesor de la Escuela el Dr. Teodoro Picado (posiblemente el primer profesor de Farmacología), el cual impartía clases de Farmacodinamia (parte de la Farmacología). Aunque llama la atención este nombre en épocas en las que se prefería hablar de otras cosas como Materia Médica, se puede explicar en términos de las influencias de los estudios del Dr. T. Picado en Europa unos años atrás.

La importancia que tenía la Farmacología la atestigua el artículo 2 del reglamento general de la Escuela de Farmacia que dice: "su enseñanza es experimental y abraza principalmente las ciencias físicas y la farmacología".[\[2\]](#)

Para el año 1901 se producen cambios de profesores: el Dr. Carlos Pupo sustituye al Dr. Teodoro Picado en las clases de Farmacodinamia y el Lic. Carlos Beutel impartía clases de Farmacognosis.

En 1902 se impartían cursos de Farmacognosis y Farmacodinamia General, entendiéndose esta última como: "Comprising the knowledge of physiological action of drugs-power of remedial agents of living organisms during health (pharmacodynamics prop.) during sickness (the therapeutics) when given in poisonous doses (toxicology)".[\[3\]](#)

Cuando el 12 de agosto de 1902 se creó (ley N. 74) el Colegio de Farmacéuticos, la Escuela pasó a ser de su dependencia y se instaló en los altos de la tienda La Norma de don Miguel Turull, frente al Mercado Central en la Avenida Central.

En 1903 la Farmacología desaparece del programa de Farmacia, aunque sólo de nombre, pues se ofrecían dos cursos de farmacognosis.

Es de destacar que en 1904 la Escuela de Farmacia contaba entre sus alumnos al Sr. Clodomiro Picado T., quien llegó a ser reconocido como uno de los más distinguidos investigadores del país.

Con el establecimiento del herbario de la Escuela en 1916 y el interés que despertó el estudio de las plantas medicinales, aunado a la escasez de medicinas por la Primera Guerra Mundial, se hicieron patentes las insuficiencias en la producción de medicamentos y la necesidad de investigar en el campo de la Farmacología, como relata don Elías Granados M.: "La Escuela de Farmacia debe estimular por todos los medios a su alcance, inclusive premios en metálico, el estudio farmacodinámico de las plantas medicinales del país y de productos de otros reinos de la Naturaleza".[4]

En 1917 el plan de estudios contemplaba dos cursos de Farmacognosis impartidos por don Carlos Pupo.

Como se ha visto hasta el momento, en la Escuela de Farmacia siempre se le dio mucha importancia a la Farmacología, independientemente del nombre con el que apareciera (Farmacodinamia, Farmacognosis, Materia Médica, etc.) por lo cual no es de extrañar que cuando se propuso el Doctorado en Farmacia (1917) una de las asignaturas que se impartiría era la Materia Médica.

La Escuela de Farmacia siguió creciendo y madurando sin que la detuvieran penurias económicas, como la reducción del aporte estatal en 1918, ni el incendio de la Escuela el 2 de mayo de 1919.

En 1921 el Profesor de Farmacognosis, don Carlos Pupo, presenta la renuncia a su cargo y en su lugar es nombrado el Lic. Marco Aurelio Soto. Para el año de 1926 el Director de la Escuela propone un tercer curso de Farmacognosis.

Pero no es sino hasta 1927 cuando aparecen, por primera vez, tres cursos de Farmacología (con este nombre) en el curriculum de Farmacia.

Durante los años treinta, la política de cambiar director de escuela y profesores cada año, cuando se elegía la junta directiva del colegio, trajo como consecuencia una inestabilidad de profesores y cursos que perjudicaba la buena marcha de la Escuela, lo cual tuvo solución cuando se tomó conciencia de que esta no era la forma correcta de contratar profesores, por lo que se les empezó a nombrar en propiedad, hasta que renunciaran o se despidieran por causas mayores.

En el año de 1936 se impartía un curso de Farmacognosia (II Año) por el profesor Lic. Roberto Vargas A., un curso de Materia Médica (III Año) y otro de Farmacología y Terapéutica (III Año), ambos a cargo del Lic. Guillermo Azofeifa.

En los años que siguieron la situación se había estabilizado. Nuevamente, según el plan de estudios de 1941, se impartían tres cursos de Farmacología, en toda la carrera de Farmacia. Estos cursos estaban a cargo de los doctores Rubén Miranda y Guillermo Azofeifa. Así, estos profesores tuvieron en sus manos la enseñanza de la Farmacología en el país durante varias décadas, hasta fines de los años cincuenta.

## **ARSENAL TERAPÉUTICO**

Una declaratoria de drogas peligrosas hecha por la Presidencia de la República (1903), permite conocer parte del arsenal terapéutico de la época, en el que se destacan drogas que aún hoy se utilizan: curare, podofilo, belladona y sus preparaciones, colchico, nitrobencina, digital, cornezuelo de centeno.

## **FACULTAD DE FARMACIA EN LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

El 26 de agosto de 1940 se emitió la ley que creó la Universidad de Costa Rica, con lo cual se traspasó la Escuela de Farmacia y sus bienes a la nueva institución, constituyéndose así la Facultad de Farmacia de la Universidad de Costa Rica.

En vista de la necesidad de cubrir los puestos de los doctores Miranda y Azofeifa, quienes se habían pensionado, el señor Decano de Farmacia les solicitó al Dr. Víctor Manuel Campos y a la Dra. Josefina Ingianna que se hicieran cargo de los cursos de Farmacología. Estos distinguidos profesores también impartían las clases de Farmacología en la novel Facultad de Medicina, por lo cual la enseñanza de la Farmacología en el país estuvo a su cargo por cerca de una década.

Cuando los doctores Campos e Ingianna cesaron sus funciones docentes en la Facultad de Farmacia (1974), el Dr. Ricardo Aguilar Lara se hizo cargo del curso, mientras regresaban del extranjero el Dr. Carlos Cubero y el Dr. Carlos Alfaro, quienes estaban obteniendo un Doctorado en Farmacología.

En el plan de estudios de 1976 aparece la Farmacología integrada junto con Química Medicinal y Toxicología, y se impartían tres cursos. Recuerda el Dr. Alfaro Lara que en el papel todo parecía color de rosa, pero que, en la práctica, a la rosa le salieron espinas, y a fines de 1981 el Dr. Alfaro Lara propuso la separación de los cursos. Se aceptó la propuesta y de ahí en adelante se ofrecieron dos cursos semestrales de Farmacología. Para 1989, después de reformar el curriculum, se imparte un tercer curso de Farmacología.

## **FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.**

Después de muchos estudios y reuniones, la tan esperada creación de la Facultad Medicina de la Universidad de Costa Rica al fin llegó. El 2 de junio de 1958 se nombró a su primer Decano, el Dr. Antonio Peña Chavarría, y el 16 de mayo de 1960 se creó la Facultad de Medicina.

## **FARMACOLOGÍA EN MEDICINA**

Desde el año 1960 se nombró al Dr. Víctor Manuel Campos profesor de la Escuela de Medicina y Director de esa Cátedra (hoy Departamento). A la Dra. Josefina Ingianna se le designó profesora adjunta el 6 de marzo de 1961. Ambos iniciaron el primer curso de Farmacología en la Escuela de Medicina en marzo de 1962.

El curso era semestral en el segundo año de la carrera. La instalación de la Cátedra de Farmacología contó con el apoyo, durante varios años, de los doctores Russel A. Huggins, John Adriani y Ernest Daigneault, del Departamento de Farmacología de la Universidad de Lousianna (E.U.A.). La influencia de estos doctores fue grande y muy importante para la Farmacología en Costa Rica. Aún hoy día persisten sus enseñanzas. A la vez, estos doctores contribuyeron a establecer los laboratorios de Farmacología.

Después, se unió al grupo de profesores el Dr. Jorge Gutiérrez, al que luego siguieron la Dra. Eugénie Rudín de Monge, la Dra, Virginia Umaña y, más recientemente (1975), la Dra. Mercedes Barquero, entre otros.

El Departamento de Farmacología, desde 1966, le da cursos a la Escuela de Enfermería y, desde 1968 a la Facultad de Odontología.

## **LA FARMACOLOGÍA CLÍNICA EN COSTA RICA**

La idea empezó a gestarse en el Dr. Víctor Manuel Campos, a fines de 1968, cuando concluía sus estudios de Medicina y notaba la necesidad de introducir la Farmacología Clínica en el curriculum de Medicina.

Durante los años 1970-1971 el Dr. Campos realizó estudios de Farmacología Clínica en el Medical College of Virginia, con lo cual se le amplió aún más el panorama y se convenció de la importancia de impartir clases de Farmacología Clínica.

Cuando regresó al país empezó a difundir sus ideas entre sus alumnos, compañeros profesores, diversas autoridades médicas y en varios periódicos y revistas. En julio de 1972 organizó un simposio sobre Farmacología Clínica en el marco del III Congreso Latinoamericano de Farmacología y, un mes más tarde, dictó una serie de charlas en Argentina sobre el mismo tema.

Poco a poco la Farmacología Clínica se fue introduciendo en el país (1972), primero en el Hospital San Juan de Dios, con el apoyo del Dr. Rodrigo Cordero Zúñiga, Director de la Cátedra de Medicina. Por un par de años la Farmacología Clínica se impartió como parte de la Cátedra de Medicina, pero ya para 1974 se le presentó al Director de la Escuela de Medicina el programa de Farmacología Clínica, naciendo ya como un curso aparte. Actualmente, también se ofrecen cursos de Farmacología Clínica anuales en el nivel de quinto año de Medicina, en los hospitales México, Calderón Guardia y San Juan de Dios.

## **LA SOCIEDAD CENTROAMERICANA DE FARMACOLOGÍA**

Un 28 de enero de 1976, en el Hotel El Panamá, en la Ciudad de Panamá, por iniciativa del Dr. Ceferino Sánchez (ex-rector de la Universidad de Panamá), y atendiendo, a su vez, a una solicitud de la Asociación Latinoamericana de Farmacología, se constituye la Sociedad Centroamericana de Farmacología (S.C.F.), con el fin de promover el progreso de esta ciencia en la región. Asistieron varios farmacólogos centroamericanos y por Costa Rica fue el Dr. Víctor Manuel Campos.

El primer Presidente de la S.C.F. fue el Dr. Ceferino Sánchez. EL 28 de mayo de 1977 la S.C.F. se reúne en San José donde nombró como Vicepresidente al Dr. Víctor Manuel Campos, a quien se le encarga organizar el II Congreso Centroamericano de Farmacología para 1979.

Pasarían luego cerca de diez años hasta que, en el mes de enero de 1989, a instancias del Dr. Ceferino Sánchez, en reunión celebrada en San José, se acuerda reactivar la S.C.F. y celebrar el III Congreso Centroamericano de Farmacología a inicios de diciembre de este año en la Ciudad de Panamá.



## **EL POSGRADO DE FARMACOLOGÍA EN LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

La idea de establecer cursos de posgrado había surgido, desde 1965, cuando el entonces Rector Prof. Carlos Monge Alfaro nombró una comisión para instituir la Escuela de Graduados de la Universidad, bajo la coordinación del Dr. Jesús M. Jiménez P. (Dpto. de Bioquímica-Medicina). Esta Comisión trabajó durante dos años sin llegar a un resultado concreto.

El posgrado en Farmacología se instaló en 1979, como parte de lo que ahora se conoce como Maestría en Ciencias Biomédicas, por una iniciativa del Dr. Orlando Morales y del Dr. Carlos De Céspedes, alrededor de 1974. Inicialmente, se establecieron las Maestrías en Fisiología, Fisiología Celular y Bioquímica, y la más reciente es la de Farmacología.

## **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CENTROAMÉRICA**

En la Escuela de Medicina de la Universidad Autónoma de Centroamérica se ofrece un curso semestral de Farmacología a sus estudiantes, en el nivel de tercer año, desde 1980.

Para el período de 1989-1990 está aprobado en los planes de estudio el inicio de un curso de Farmacología Clínica.

## NOTAS

- [1] Escuela de Medicina, Departamento de Farmacología. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- [2] Pérez Calvo, Alonso. Facultad de Farmacia de la República de Costa Rica. Memoria general. San José, enero de 1917.
- [3] Pérez Calvo, Alonso. Facultad de Farmacia de la República de Costa Rica. Memoria general. San José, enero de 1917.
- [4] Pérez Calvo, Alonso. Facultad de Farmacia de la República de Costa Rica. Memoria general. San José, enero de 1917.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Archivos del Departamento de Farmacología, Escuela de Medicina, Universidad de Costa Rica.
2. Blanco Castro, Rodrigo. Estudio de la legislación farmacéutica vigente en Costa Rica, su historia y su importancia en la función sanitaria del farmacéutico. Tesis, Facultad de Farmacia, U.C.R., 1963.
3. Brenes J., María Cecilia. Estudio sobre la historia de la farmacia en Costa Rica, período 1917-1926. Tesis U.C.R., 1969.
4. Brenes Saénz, Amalia y Campos M., Víctor. Compendio de la investigación científica realizada en la facultad de Farmacia de la Universidad de Costa Rica. Tesis Fac. de Farmacia, U.C.R., 1964.
5. Consejo Nacional de Rectores, Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES). Evaluación de la maestría en ciencias con mención en Fisiología de sistemas. Fisiología celular. Bioquímica o Farmacología de la Universidad de Costa Rica. Abril de 1986.
6. Marín Castaing, Myriam. Estudio sobre la historia de la Farmacia en Costa Rica, período 1927-1936. Tesis Fac. de Farmacia, U.C.R., 1964.
7. Molina de Lines, María et al. Antecedentes sobre la historia de la Farmacia en Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 1980.
8. Pérez Calvo, Alonso. Facultad de Farmacia de la República de Costa Rica. Memoria general, San José, enero de 1917.
9. Ramírez, Oscar. Aspectos fundamentales del origen y desarrollo de la Farmacia. Facultad de Farmacia, U.C.R., 1983.
10. Universidad de Costa Rica. Catálogo de la Facultad de Medicina. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 1965.

11. Universidad de Costa Rica. Facultad de Medicina. Reseña histórica de la Facultad de Medicina (Vigésimo aniversario), 1981.

12. Universidad de Costa Rica. Vicerrectoría de Docencia, Centro de Evaluación Académica. "La enseñanza de la Farmacia en Costa Rica y su contexto desde 1842". Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San José, Costa Rica. Octubre, 1983.

## REVISTAS

1. El mortero. Breve compendio histórico del Colegio de Farmacéuticos y su Escuela. San José, Costa Rica, 8-15 de octubre, N° 27. 1978. pág. 31-33.

2. El mortero. Breve compendio histórico del Colegio de Farmacéuticos y su Escuela (continuación). San José, Costa Rica, diciembre 1978- enero 1979. N° 28. pág. 28-29.

3. Boletín Médico de Costa Rica. San José. Fascículo 1, vol. 2, jun. 1966.

## ENTREVISTAS

- Dr. Ricardo Aguilar L.
- Dr. Carlos Alfaro L.
- Dra. Mercedes Barquero G.
- Dr. Víctor Manuel Campos M.
- Dr. Carlos Cubero V.
- Dr. Luis Estrada N.
- Sr.. Víctor Hugo Fernández A.
- Dr. Joaquín B. García C.
- Sra. Mireya González N.
- Dra. Carmen Lidia Guerrero de Bermúdez
- Dra. Josefina Ingianna A.
- Dr. Orlando Morales M.
- Dr. Oscar Ramírez G.
- Dra. Eugénie Rudín de Monge
- Sr. José Francisco Sandí M.
- Dra. Virginia Umaña U.



## **4.2 POLÍTICA CIENTÍFICA DE LA FUNDACIÓN DEL LABORATORIO DE ENSAYOS BIOLÓGICOS (LEBI) EN LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

Liliana Pazos Sanou.[\[1\]](#)

### **RESUMEN**

*Se analizan las razones que condujeron a la Organización Panamericana de la Salud (OPS) a creer conveniente establecer en Costa Rica un laboratorio para medir la potencia farmacológica de medicamentos, y la inocuidad de otros materiales de uso clínico.*

*Se describen los factores tecnológicos e históricos favorables, que hicieron posible su establecimiento en la Universidad de Costa Rica, en 1986, bajo el nombre de Laboratorio de Ensayos Biológicos (LEBI), con el fin de brindar servicio a las instituciones de salud de Centro América y al sector privado.*

*Algunos ejemplos de los servicios de análisis ofrecidos en el LEBI (insulina, heparina, detección de sustancias pirogénicas, detección de contaminantes depresores de la presión arterial, etc.), ilustran la filosofía que para este tipo de asuntos han establecido los países miembros de la OPS.*

El control de la calidad de dispositivos y sustancias de uso clínico o biológico, requiere de ensayos físicos, químicos, microbiológicos y biológicos de muestras representativas. Por ensayo biológico se entiende, la valoración tanto de la efectividad de un cierto producto, como la ausencia de contaminantes indeseados. En la mayoría de los países de Latinoamérica, existen laboratorios oficiales de control de calidad de estos productos, pero, en su mayoría, sólo se efectúan determinaciones físicas, químicas y microbiológicas.

Es de interés, discutir algunos de los aspectos de política científica, que motivaron a la Organización Panamericana de la Salud (OPS), a fundar en Costa Rica un laboratorio de ensayos biológicos para efectuar las pruebas de calidad citadas, en los medicamentos y materiales de uso clínico que se consumen en el área centroamericana.

La OPS hizo en el año de 1986, un estudio en Centroamérica y Panamá, sobre la factibilidad de promover la instalación de un laboratorio de ensayos biológicos, el cual tendría a su cargo la responsabilidad de hacer pruebas de ausencia de contaminantes inaceptables y valoraciones biológicas de potencia.

La condición indispensable para la viabilidad de este proyecto era que el país contara con una institución donde existiera un bioterio multiespecie de calidad tradicional y que, además, contara con una infraestructura, tanto de profesionales como de equipo mínimo, para poder iniciar las actividades en forma rápida. El país sede debería comprometerse a realizar los exámenes y valoraciones antes mencionados, para dar servicio a las instituciones nacionales y de los demás países de la región que así lo requirieran. También debería dar entrenamiento a personal nacional o extranjero que lo solicitara, y realizaría trabajos de investigación en los temas de su competencia. Tendría también a su cargo el suministro de animales de laboratorio adecuados para ser utilizados por las instituciones con capacidad propia, para ciertos análisis biológicos rutinarios.

Este estudio reveló que la Universidad de Costa Rica (UCR) reunía todas las condiciones antes expuestas y, además, contaba con un grupo de profesionales de diversas disciplinas, motivados para la realización del proyecto. Además, las autoridades universitarias, a través de la Vicerrectoría de Investigación, formularon su apoyo a la iniciativa, otorgando un lugar físico para establecer el laboratorio, liberando tiempo de profesionales y asignando un presupuesto para la adaptación de las instalaciones y compra de equipo.

En 1987 empezó sus funciones el Laboratorio de Ensayos Biológicos (LEBI), contando además con la colaboración de personal del Departamento de Drogas, Estupefacientes, Control y Registro de Drogas y Medicamentos del Ministerio de Salud, del Laboratorio Clínico "Clodomiro Picado" del Hospital San Juan de Dios y del Laboratorio de Control de Medicamentos de la Caja Costarricense del Seguro Social, siendo de esta forma un grupo interdisciplinario e interinstitucional unido por el interés de implantar nuevos métodos, en este caso de ensayos biológicos.

Es importante apuntar que los ensayos biológicos, son determinaciones muy costosas, porque se usan "reactivos biológicos", que son de gran valor económico. Los animales de laboratorio deben llenar una serie de requisitos para que la prueba efectuada en ello tenga validez. No pueden ser almacenados como los reactivos químicos, sino que deben ser usados en el momento mismo de la prueba. La variabilidad biológica, inherente a este tipo de material, hace muy importante el grado de su calidad. Es por eso, que uno de los proyectos de investigación de este laboratorio es la "calibración" de las diferentes cepas de animales existentes en los distintos bioterios del país. Por el momento se hacen estudios de sensibilidad a la acción de la insulina en las colonias de ratones de laboratorio existentes en el país, para efectuar en forma óptima, las determinaciones de potencia de ese producto de tanta utilidad en el tratamiento de la diabetes mellitus.

De la misma manera, se efectúa la determinación de la potencia de otros productos como la heparina, usada en medicina para prevenir la coagulación espontánea de la sangre; de la hormona oxitocina, detección de contaminantes depresores de la presión arterial en productos inyectables, la presencia de sustancias residuales de origen bacteriano en el mismo tipo de preparados, que producirían fiebre (pirógenos), toxicidad excesiva y la calidad de productos gastroenterológicos para tratar los problemas de la digestión.

Se planea en un futuro cercano, dar servicio a los otros países del Istmo que necesiten hacer estas determinaciones.

Un esfuerzo de esta magnitud en países en vías de desarrollo ha de aprovecharse al máximo, para evitar, dentro de lo posible, gastos adicionales, que los países no están en posibilidad de hacer.

En sus dos años de existencia, el LEBI ha estado dando servicio rutinario de estudio y análisis de calidad biológica a diferentes productos de uso clínico, y detección de sustancias contaminantes generadoras de fiebre (pirógenos), tanto a instituciones estatales como del sector privado. Otro ensayo importante es la determinación de toxicidad excesiva de productos de uso clínico.

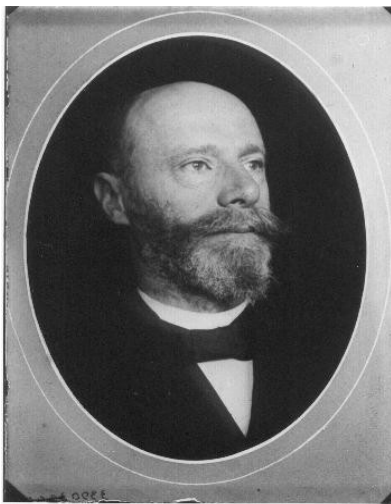
Otro aspecto de las labores del LEBI, lo constituye la certificación de la potencia de patrones de insulina internacionales (ej. patrones británico y brasileño) y el estudio de calidad de los productos de uso en gastroenterología antes citados, obtenidos tanto de estantes de farmacias institucionales como privadas.

La investigación que se lleva a cabo en el LEBI está orientada al desarrollo de nueva metodología para la realización de ensayos, tanto biológicos como enzimológicos, de alta exactitud y precisión, que puedan realizarse sin necesidad de equipo de última tecnología.

El LEBI representa una concepción de ayuda mutua regional, para reafirmar la política de la "salud como puente para la paz".

## NOTAS

[1] Escuela de Medicina, Departamento de Fisiología y Laboratorio de Ensayos Biológicos (LEBI), Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.



### **4.3 WILLEN EINTHOVEN EN LA HISTORIA DE LA CARDIOLOGIA**

Hilda Ma. Sancho Ugalde.[1]

#### **RESUMEN**

*Se realiza una breve descripción de los principales hechos correspondientes a la vida y obra científica de Willen Einthoven.*

#### **INTRODUCCIÓN**

Willen Einthoven nació en 1869, en Holanda; fue el mayor de una familia de seis hermanos; siendo aún muy niño sus padres se trasladaron a las Indias Holandesas, (actualmente Indonesia), donde su padre se desempeñó como profesor de física; cuando Willen tenía 10 años de edad, su padre falleció y toda la familia regresó a Holanda.

Durante sus estudios de Medicina en Utrech, escribió su primer trabajo científico sobre: "el movimiento de la articulación del codo" y posteriormente su tesis doctoral: "Estereoscopia por medio de las diferencias del color", en ambos trabajos sostuvo tesis opuestas a las de sus maestros.

Su interés por la oftalmología lo llevó a trabajar como ayudante del profesor Snellen, pero antes de completar sus estudios fue nombrado en la Cátedra de Fisiología de la Universidad de Leyden, sitio en el que permaneció hasta su muerte acaecida en 1927.

Realizó investigaciones y publicaciones en diversos campos, pero el tema de su mayor interés fue la electrofisiología, dentro del cual los estudios sobre las corrientes eléctricas cardíacas y el registro de las mismas son los que le ocuparon más tiempo.

En 1894, utilizando el electrómetro capilar de Lippman, modificado por Marey, obtuvo el primer electrocardiograma obtenido fuera de Inglaterra (7 años antes, Waller, Starling y Bayliss lo habían registrado en Inglaterra). Sin embargo, el equipo utilizado aunque sensible era muy lento y además no daba un registro directo, sino que una vez obtenido se le debía someter al análisis matemático que aunque satisfactorio era muy engorroso, para poder obtener datos aplicables a la clínica.

Lo anterior lo llevó a plantear el diseño de un nuevo equipo en el cual estos aspectos fueran superados, y así a partir del galvanómetro de bobina en espejo, diseñó el galvanómetro de cuerda, estableciendo todos los parámetros necesarios para que el método fuera aplicado en cualquier sitio y pudieran los resultados ser comparables.

Asimismo establece, mediante los análisis matemáticos y físicos, la postulación del triángulo de Einthoven, que permite cuantificar los fenómenos eléctricos registrados en el electrocardiograma, y la nomenclatura de dichos fenómenos, aspectos todos que todavía son utilizados.

Un buen punto de partida, para establecer el inicio de la historia de la cardiología, es la publicación del libro de Harvey sobre la circulación en 1628.

El libro de Harvey *De motu cordis* traducido como : "una disputa anatómica en relación con el movimiento cardíaco y la sangre en las criaturas vivientes" implica un enfoque en la forma académica, formal y estrictamente lógica de la discusión tradicional.

Se llamó anatómico, no sólo por que la anatomía, revivida y revisada por Vesalio, era la fuente de toda la medicina, sino porque Harvey había sido conferencista de Anatomía del Colegio de Médicos en la cátedra Lumsdem desde 1616 y en el transcurso de estas conferencias, había profundizado sus conocimientos, llegando al concepto de que Anatomía significaba el estudio de la estructura junto con su función.

El libro de Harvey marca el inicio de la Cardiología porque el movimiento circular de la sangre y el papel del corazón como su fuerza impulsora es el objeto esencial de estudio de esta disciplina. Su tratado es el primer ejemplo perfecto de la deducción lógica a partir de observaciones cuidadosas en los seres vivos (hombres y animales de todo tipo) y desde la fisiología y anatomía, o anatomía animada, como él la llamó. En su argumentación, Harvey incorpora observaciones específicas de la función cardíaca en condiciones normales y anormales, que luego fueron fundamentales en la Cardiología. Hallazgos tales como la secuencia normal de la contracción del atrio y del ventrículo, la auscultación de los ruidos cardíacos, la presencia de bloqueos cardíacos y de la fibrilación atrial, no fueron desarrollados en su época, sino mucho más tarde.

La Cardiología debió esperar el desarrollo de disciplinas tales como la Anatomía, la Fisiología y la Patología para su avance, pero su último crecimiento, como campo especializado, yace en los avances técnicos.

La electrocardiografía se ha vuelto uno de los métodos más ampliamente utilizados, quizás en parte debido a la introducción de instrumentos portátiles y de registro directo; y, en años recientes, a la transmisión del electrocardiograma por cable telefónico a centros, donde el trazado puede ser analizado ya sea por computadores o por especialistas.

Los fundamentos para la utilización mundial del EEG fueron establecidos por Einthoven hace más de 80 años.

Fue él quien, no sólo construyó el primer instrumento de registro confiable - el llamado Galvanómetro de cuerda en 1901, sino que fue quien diseñó las reglas estandarizadas y fáciles para indicar las derivaciones, dio la nomenclatura de las ondas (tomando letras del centro del alfabeto para permitir su posterior expansión, como sucedió con la onda U), estableció la velocidad del registro, la sensibilidad del equipo, la polarización de los electrodos, etc..



El diseño total del sistema fue completado en 1908, y en el transcurso de ese período Einthoven llevó a cabo la mayoría de sus estudios clínicos; fue en 1906 cuando construyó el cable que conectaba su laboratorio con el Hospital Universitario, situado a una distancia de una milla y que le permitía realizar la aplicación de la nueva técnica a la clínica.

Precursor de los trabajos de Einthoven, fue el estudio de las corrientes eléctricas de origen cardíaco.

Fue Haller (1708-1772), quien señaló la irritabilidad de los músculos y la automaticidad del latido cardíaco.

Posteriormente, Marey, el inventor de aparatos de registro, hizo descubrimientos en el campo gráfico situándose en el registro fotográfico, haciendo una adaptación del llamado electrómetro de Lippman (que era un capilar lleno de mercurio) al registro fotográfico.

Waller, en 1876, mediante una adaptación del aparato Lippman-Marey, hizo registros de las corrientes eléctricas del corazón con electrodos colocados en la superficie corporal de su perro Jimmy y de hombres, probó múltiples posiciones de los electrodos, encontrando unas más favorables que otras, pero sus registros adolecían de excursiones pequeñas y poco detalladas.

Fue Einthoven quien a partir de estos antecedentes diseñó el electrocardiógrafo de cuerda y mejoró la técnica de registro.

El galvanómetro fue construido sobre la base de cálculos para mejorar la sensibilidad de un galvanómetro de espejo (tipo Deprez D'Arsonval), el que era más sensible que el electrómetro capilar, lo logra haciendo una reducción máxima en la espiral de alambre y disminuyendo su peso, obtuvo que un delgado alambre iluminado y observado por microscopios montados en los polos de un potente magneto permitían tener el objetivo de registro.

A partir de 1906 Einthoven hace la aplicación clínica de este equipo, encontrando en los registros arritmias, bloqueos, extrasístoles y sus pausas compensatorias, asimismo utiliza experimentalmente a perros para estudiar los efectos del estímulo nervioso sobre el ritmo cardíaco. A partir de 1908 la actividad clínica decae, por falta de cooperación hospitalaria.

Simultáneamente en esa época, un joven médico y fisiólogo de Londres, Thomas Lewis, se aproximó a Einthoven porque deseaba mejorar el método de registro para el estudio de la secuencia de la contracción atrial-ventricular e investigar la clínica de la fibrilación atrial.

A partir de ese momento nació un trabajo fecundo en el cual Einthoven fue esencialmente un físico que conocía insuficientemente aspectos clínicos, y Lewis tenía más experiencia clínica pero le faltaba la física y la matemática.

La unión de ambos dio innumerables avances a la cardiología y dejó firmemente establecida la utilidad de la electrocardiografía en el estudio integral del paciente.

## NOTAS

[1] Escuela de Medicina, Departamento de Fisiología. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1. Langlois, P. y De Varigny, H.** Nuevos elementos de fisiología. Garnier Hermanos, librereros editores. París, 1898.
- 2. Snellen, H.A.** Two pioneers of electrocardiography: The correspondence between Einthoven and Lewis from 1908-1926. Donker Academic Publications Rotterdam. 1983.
- 3. Snellen, H.A. H.** History of Cardiology: A brief outline of the 350 years prelude to an explosive growth. Donker Academic Publications. Rotterdam. 1984.

## 5. HISTORIA Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS



### 5.1 LA CRISIS DE LA ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA EN LA ESCUELA SECUNDARIA. SU INCIDENCIA EN EL DESARROLLO DEL PAÍS.

Manuel Barahona D. [1]

#### RESUMEN

*Desde hace algunos años se ha hecho evidente la grave crisis por la que atraviesa la enseñanza de la matemática en la escuela secundaria.*

*La experiencia ha ido demostrando que nuestros estudiantes terminan este ciclo con muy escasos conocimientos y convencidos, además, que la matemática es una disciplina desligada de la realidad.*

*Las preguntas "para que sirve la matemática" o "qué hacer con lo poco que se aprende", hechas por los estudiantes más inquietos, se quedan, la mayoría de las veces, sin respuestas.*

*Esta crisis cuyos matices se discuten más adelante, tiene incalculables repercusiones en la enseñanza de la ciencia y en consecuencia en el desarrollo del país.*

Es conveniente señalar, en primer lugar, porque decimos que la enseñanza de la matemática en la escuela secundaria está en crisis.

Pensamos que hay una aguda crisis de la matemática en la enseñanza media, porque la matemática que hemos estado enseñando, durante más de dos décadas, no cumple los objetivos de preparar a los estudiantes ya sea para incorporarse a las tareas productivas del país o para ingresar a la universidad y formar parte del contingente de especialistas necesarios para el desarrollo de Costa Rica. Este diagnóstico es particularmente grave puesto que la matemática juega un papel tan importante en el desarrollo de la ciencia y de la técnica que una inadecuada planificación de los programas y sus contenidos, en la enseñanza secundaria, puede retrasar durante muchos años cualquier intento de lograr algún desarrollo tecnológico.

Si la matemática en la escuela primaria y secundaria es deficiente, esto es, no cumple los dos objetivos que hemos enunciado anteriormente, nuestros trabajadores y científicos seguirán, los primeros haciendo en forma deficiente sus trabajos y los segundos, administrando malamente nuestro subdesarrollo. Pensemos por un momento la pérdida de recursos que significa para el país que un carpintero, mecánico, costurera, obrero calificado, artesano, etc., realicen mal sus trabajos porque no manejen bien, por ejemplo, el sistema métrico decimal, las operaciones con los números, las nociones básicas de la geometría, etc..

Una buena preparación en matemática en la escuela primaria y secundaria hará que nuestra sociedad forme trabajadores críticos, con mayores hábitos de orden, de observación, de responsabilidad, creadores, analíticos, con capacidad de síntesis, que sabrán distinguir lo esencial de lo secundario y que estarán en condiciones, además, de asimilar rápidamente cualquier tecnología.

Lo mismo sucederá con los cuadros formados en las universidades. La mala preparación que traen nuestros estudiantes desde la escuela secundaria hará que nuestros especialistas no logren alcanzar, en los pocos años que dura su carrera, los conocimientos de matemática necesarios para entender los problemas de la tecnología moderna. La creación de nuevas tecnologías e incorporación de las ajenas pasa obligatoriamente por la posesión de un fuerte y adecuado aparato matemático.

Para nadie es un secreto que cuando la enseñanza de la matemática está en crisis, esta se traslada a todas las otras ciencias. Si hemos estado haciendo ciencia sin matemática, como parece haber estado ocurriendo, significa que ni siquiera hemos estado conscientes de este grave problema. Debemos tener claro que la crisis de la enseñanza de la matemática en la escuela secundaria se propaga, como reguero de pólvora, no sólo a la enseñanza universitaria sino a toda nuestra sociedad con la consiguiente pérdida de recursos humanos y económicos. Los resultados de esta crisis son de tal magnitud para el desarrollo del país que permiten poner en duda las posibilidades de un real despegue en el desarrollo científico y tecnológico de Costa Rica a corto o mediano plazo.

El desarrollo del país pasa, necesariamente, por la creación de una infraestructura humana con los conocimientos suficientes para enfrentar los retos que este desarrollo impone y no cabe duda que estamos muy lejos de tener ese contingente humano en menos de 50 años. Un análisis no muy profundo de esta cuestión nos muestra que, al parecer, estamos formando especialistas para vivir y trabajar cómodamente en el Tercer Mundo.

Esta crisis tiene sus antecedentes en muy diversas fuentes incluyendo, por supuesto, los problemas de naturaleza económica y social que afectan al país. Sin embargo destacaremos aquellos que están relacionados más directamente con la matemática.

## **PRIMER ANTECEDENTE**

Hasta alrededor del año 1850 la preocupación más importante de todos los matemáticos era comprender los fenómenos de la naturaleza. La matemática, hasta esta época, estaba fundamentalmente al servicio de la química, física, mecánica, astronomía, aeronáutica, biología, medicina, etc., y los más destacados matemáticos dedicaban su vida a resolver los problemas propios de estas disciplinas. Esos matemáticos comprendían claramente que el motor de la matemática estaba en las aplicaciones. Paralelamente con el proceso de axiomatización de la matemática toma mucha fuerza, en algunos matemáticos, la idea que sostiene que las matemáticas

son independientes de la realidad objetiva. Que las relaciones matemáticas son creaciones libres del pensamiento humano y en consecuencia que ellas son dignas de estudio, solamente, por sí mismas.

Es cierto que el nivel de abstracción de las matemáticas ha alcanzado increíbles grados de refinamiento y sofisticación. Sin embargo para la matemática es tan vital la abstracción como los fenómenos físicos de donde surgen las ideas que permiten que ella se desarrolle.

Estos matemáticos, llamados MATEMATICOS PUROS, cuya preocupación más importante es el rigor y la formalidad en las matemáticas, que hacen matemática por la matemática, que normalmente no están interesados en el arte de enseñar, que no están interesados en la psicología del aprendizaje, que no están preocupados por la didáctica, que escriben textos sin aplicaciones a las otras ciencias, etc.: ESTOS MATEMATICOS tomaron las riendas en la formulación de los planes y programas de hace aproximadamente 25 años en los ESTADOS UNIDOS desarrollando una experiencia que fue trasladada posteriormente a América Latina. En el año 1958 se creó en los ESTADOS UNIDOS el SCHOOL MATHEMATICS STUDY GROUP, comisión dedicada a la redacción de un nuevo programa de matemática para la escuela primaria y secundaria. Estos programas conocidos con la expresión de MATEMATICA MODERNA tuvieron la virtud de entusiasmar no sólo a los MATEMATICOS PUROS de Estados Unidos, sino también a los Matemáticos puros de América Latina.

Para poner en práctica los nuevos programas fue necesario preparar rápidamente a los profesores en este nuevo enfoque de la matemática. Esta tarea en Estados Unidos no fue fácil, pero, en los países de América Latina adquirió características dramáticas. Se implementaron cursos pilotos para monitores, los que a su vez deberían preparar a otros monitores, quienes llegaría a las escuelas y colegios a enseñar, en las vacaciones de verano e invierno, a los profesores y maestros. Para la mayoría de los profesores y maestros este cambio significó y sigue significando un drama cotidiano puesto que, aún, no entienden por qué y para qué enseñan lo que enseñan.

La razón más importante que se consideró para cambiar los programas que existían, por otros más MODERNOS, fue que el futuro de ESTADOS UNIDOS requería de una matemática más actualizada para su desarrollo científico y que, por lo tanto, la matemática debía enseñarse más rigurosamente mediante definiciones, axiomas y teoremas. Así, de esta forma, los estudiantes aprenderían a razonar y a pensar más lógicamente.

MORRIS KLINE en su libro El fracaso de la Matemática moderna, hace un extenso análisis de este problema, demostrando como la implementación de dichos programas fue un absoluto fracaso en los ESTADOS UNIDOS y de como el remedio resultó peor que la enfermedad.

De lo antes dicho se desprende que la crisis de la matemática que estamos viviendo es propia de todos los países de AMERICA LATINA y lo más probable es que, en aquellos en que los matemáticos nacionales han alcanzado un cierto grado de madurez, se estén haciendo intentos por mejorar esta situación.

## **SEGUNDO ANTECEDENTE**

En Costa Rica, hemos denominado DEPARTAMENTO DE MATEMATICAS PURAS al departamento donde estudian los futuros matemáticos del país. Es importante observar que hemos llamado PURA A UNA PARTE DE LAS MATEMATICAS, porque no la aplicamos. Sin embargo en un contexto interdisciplinario esta misma matemática ayudaría a formar matemáticos con otro destino. De esto se desprende que si queremos "transformar" nuestras MATEMATICAS PURAS EN MATEMATICAS APLICADAS es necesario realizar un trabajo interdisciplinario con especialistas de todos los tipos, cuestión que no estamos haciendo y que probablemente no haremos en un futuro próximo. Hasta el momento se han hecho intentos aislados (con escaso éxito) por parte de algunos matemáticos de realizar algunos trabajos con profesionales de otras disciplinas, pero, no existe orientación ni apoyo institucional en esta dirección.

En síntesis hemos estado enseñando a nuestros matemáticos y a nuestros profesores de matemática, durante muchos años, una matemática desligada de los problemas reales. Esto significa que hemos estado enseñando la matemática sin explicarles a nuestros estudiantes cuáles fueron las ideas, sean físicas o no, que dieron origen a los conceptos y, por otra parte, no les estamos mostrando las enormes aplicaciones que la matemática tiene en otras disciplinas.

Nuestros estudiantes se siguen formando en el mismo esquema, con una escasa cultura científica, sin conocer el camino que hizo posible el desarrollo de la matemática ni cual es el camino que está transitando actualmente.

Finalmente hay que decir que los cursos básicos de la carrera de licenciatura y enseñanza de la matemática de la Universidad de Costa Rica son los mismos, cuestión que muestra lo que estamos haciendo y lo que seguiremos haciendo, con nuestros futuros profesores de enseñanza media, en los próximos años. Hay que decir que esta preocupación es compartida por no pocos profesores y que estamos actualmente, en una etapa de reflexión, discusión y análisis de esta problemática.

## **LOS PROGRAMAS DE MATEMATICA EN LA ENSEÑANZA MEDIA**

La práctica ha ido demostrando que las principales fallas del programa de matemáticas en la enseñanza media son, grosso modo, los siguientes:

- 1) Puesto que los programas fueron confeccionados por profesores cuya formación se dice de matemáticas puras dichos programas toman en cuenta, solamente, los intereses de los posibles estudiantes de matemática. Los intereses de los estudiantes que van a incorporarse al mundo del trabajo no están considerados allí. Los estudiantes que ingresarán a la universidad a estudiar las carreras de ingeniería, ciencias económicas, ciencias sociales y otras, necesitan una matemática con un enfoque diferente.
- 2) Los programas no presentan la matemática en relación con otras disciplinas.
- 3) Tal como estan diseñados no estimulan ni permiten desarrollar técnicas en el trabajo aritmético ni algebraico. De esta forma, es común que alrededor del 90% de los estudiantes que egresan de la enseñanza media no sepan trabajar con las fracciones, números decimales, expresiones algebraicas, calcular áreas y volúmenes, etc..

4) Al enseñarse la matemática aislada de otras disciplinas, la cultura científica que adquieren los estudiantes es prácticamente nula.

5) Los programas están diseñados para entregar los conceptos abstractos sin que el estudiante haya tenido una experiencia concreta de dichos conceptos. Este hecho hace que el estudiante tienda más a memorizar que a comprender.

6) Tal como se presenta la materia rara vez se pueden justificar los conceptos mediante aplicaciones. Lo deseable es que las aplicaciones precedan a los conceptos más generales.

7) Los estudiantes terminan la enseñanza media sin saber para qué y por qué estudiaron matemáticas.

8) Puesto que los temas son tan abstractos los estudiantes quedan con la impresión de que no hay relación entre ellos y que la matemática es un conjunto de capítulos dispersos.

9) Como los estudiantes no tienen experiencia concreta previa, las matemáticas se le aparecen como un conjunto de reglas arbitrarias que no estimulan su creatividad.

## ¿QUÉ HACER?

Si queremos darle alguna solución al problema de la matemática en la enseñanza media tenemos que ubicarlo necesariamente en un contexto nacional y de acuerdo con nuestras necesidades presentes y futuras. Tenemos conciencia, ahora más que nunca, que la ciencia es una de las manifestaciones más características e importantes de nuestra civilización. Hemos comprendido que nuestra suerte está vinculada estrechamente al desarrollo de la ciencia y de sus realizaciones técnicas.

Por otra parte, nadie puede poner en duda que el acta de nacimiento de nuestros futuros trabajadores, técnicos y científicos se da en la enseñanza media y por esta razón debemos darle una debida unidad a los programas de matemática en relación con las otras ciencias. Nuestros futuros trabajadores y científicos deben aprender allí las conexiones de la matemática con el trabajo, la física, la astronomía, la mecánica, la biología, la estadística, etc., aunque sea en sus aspectos más elementales e intuitivos. La llamada matemática moderna hace pensar a los estudiantes que no existe vínculo entre ésta y las otras ciencias. No es posible que sigamos haciendo matemática sin ciencia y ciencia sin matemática. Tenemos que generar programas que motiven al profesor de matemáticas y a sus estudiantes a usar la matemática. Esta es una tarea prioritaria y de gran importancia en el futuro del país. Debemos desarrollar una matemática que motive e impulse a los estudiantes a la investigación no sólo en matemáticas sino, también, en otras disciplinas.

No debemos dejar de mencionar, también, que la solución a este grave problema pasa necesariamente por la democratización de la enseñanza de la ciencia en la escuela secundaria. Con esto queremos significar que la ciencia debemos hacerla todos, desde la más temprana edad y sin distingo de clases sociales. Actualmente los únicos colegios que cuentan con excelentes laboratorios e instalaciones para iniciarse en estas disciplinas son los colegios privados. No cabe duda que la democratización de la enseñanza de las ciencias pasa por la creación de no solamente buenos laboratorios sino, además, de buenas bibliotecas, buenas condiciones de trabajo para el profesor y estudiante, de una adecuada política de becas, de libros de textos que vayan guiando el trabajo y la imaginación de los jóvenes.

Tenemos que lograr que la física, la biología y la química se enseñen desde los primeros cursos y sean obligatorios para todos. Hasta hace poco, los estudiantes tenían el raro derecho de elegir las materias de ciencias que querían cursar. Este hecho ha perjudicado a varias generaciones de estudiantes y ha resultado ser de catastróficas consecuencias para el país.

Hay que destacar, finalmente, que en el futuro no tendremos profesores de matemáticas y física que reemplacen a los que se pensionaran dentro de los próximos 10 o 15 años. Actualmente los potenciales estudiantes de matemática y física se deciden por carreras con salarios más atractivos y de mayor prestigio social. Este problema de importancia nacional es decisivo en el desarrollo del país. No ponerle atención ahora significará un retraso de décadas en la búsqueda del tan ansiado desarrollo.

De lo antes dicho se desprende que si queremos pensar **SERIAMENTE** en el futuro de la ciencia y tecnología nacionales, debemos pensar y actuar con decisión en resolver los problemas de la enseñanza de la matemática tanto en el colegio como en la universidad.

## **NOTAS**

[1] Escuela de Matemática. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.



## **5.2 LA REFORMA MATEMÁTICA DE LA DÉCADA DE LOS SESENTA EN COSTA RICA: ASPECTOS IDEOLÓGICOS**

Hugo Barrantes Campos.

Ángel Ruiz Zúñiga.[\[1\]](#)

### **RESUMEN**

*En este trabajo se estudia la reforma que se dio en los años sesenta en la enseñanza de la matemática. Es el momento en el que se comienza la introducción primaria y secundaria costarricense.*

*El énfasis que se hace en este análisis es en torno a las condiciones teóricas e ideológicas en general que estuvieron presentes en la reforma. Los argumentos usados para justificar la reforma fueron esencialmente tomados de aquellos que generaron el mismo tipo de reforma en los Estados Unidos.*

La reforma en la enseñanza de las matemáticas que se dio en Costa Rica en los años sesenta modificó la evolución de la matemática en este país hasta ahora. Esta reforma no correspondió a los reclamos de nuestra realidad, sino que más bien correspondió a la influencia de factores externos -aunque los locales intervinieron de una manera específica interesante.

Es posible analizar esta reforma tomando en cuenta los aspectos filosóficos, teóricos, históricos y circunstanciales que intervinieron. En este trabajo nos vamos a concentrar en los aspectos teóricos e ideológico -entendiendo este término en sentido general-.

La ideología que ha predominado hasta nuestros días en la enseñanza de las Matemáticas ha sido la que ha puesto su énfasis en los aspectos formales, deductivos, axiomáticos y más abstractos, en detrimento de los aspectos intuitivos, vitales, turísticos, concretos. Este tipo de ideología fue decisivo en la concepción y desarrollo de las reformas que dieron lugar en las últimas décadas a la enseñanza de las matemáticas "modernas". Es esta precisamente la principal tesis de este trabajo.

Ha pasado suficiente tiempo para poder establecer un balance necesario del éxito de estas reformas las que buscaban transformar el carácter anticuado, calculístico, memorístico y poco general de las matemáticas enseñadas en Primaria y Secundaria. En ese sentido, no es posible dejar de afirmar que, de una manera general, el balance expresa insatisfacción. En buena medida, la enseñanza de las modernas matemáticas elementales con sus énfasis en la Teoría de Conjuntos, las estructuras algebraico-formales, las generalizaciones abstractas, etc., no solo no resolvieron los problemas a los que trataban de responder, sino que abrieron una crisis latente que no ha sido todavía conjurada (a pesar de que en ese sentido diferentes esfuerzos teóricos y prácticos se hacen internacionalmente).

Vamos a introducir una consideración metodológica, en nuestra opinión importante. Las respuestas a los problemas de la enseñanza de las matemáticas no pueden encontrarse sólo en dispositivos técnicos particulares y parciales, sin tomar en consideración el contexto más general en el que se encuentra sumergida la práctica de la enseñanza matemática. Es decir, no es posible evadir una discusión profunda sobre los determinantes histórico-filosóficos de la enseñanza moderna de las

matemáticas; sobre las concepciones acerca de la naturaleza de las matemáticas, sobre la ideología de las matemáticas. Si, en efecto, la ideología que ha predominado en la reflexión sobre las Matemáticas es la mencionada arriba resulta entonces importante su estudio histórico, metodológico, epistemológico y filosófico.

Lo que hemos llamado la "ideología" de las matemáticas "modernas" hunde sus raíces en la historia de las matemáticas (y la reflexión sobre sí mismas) desde sus primeros orígenes. Podemos decir, en primer lugar, que hace referencia a un paradigma sobre la naturaleza de las matemáticas, que llamaremos "paradigma racionalista sobre las matemáticas". El racionalismo es una tendencia epistemológica que enfatiza la mente, la razón, al establecer los criterios de verdad en el conocimiento. Esta se contrapone al empirismo que enfatiza los sentidos. Para este último la verdad de una proposición se dirime a través de la experiencia sensorial (en una de sus versiones más extremas, la mente es sólo generalizadora de los resultados de la experiencia sensorial). Para el racionalismo "duro" la mente produce verdades absolutas e infalibles. En el racionalismo se ha integrado como un componente básico un esquema particular sobre la naturaleza de las matemáticas (otro paradigma si se quiere). Aquel que asume su carácter fundamental como axiomático y formal. Este paradigma "fundido" establece entonces que la construcción y la validez de las matemáticas están dadas por procesos mentales y su configuración es axiomática y formal; la experiencia sensorial está excluida.

Es cierto que ha habido otras corrientes filosóficas de gran influencia en este siglo en torno a la configuración de una visión de las matemáticas. Tal es el caso del empirismo lógico. Sin embargo, la posición de este es la de negarle contenido empírico a las matemáticas, y con ello no hacer realmente oposición sustancial al racionalismo.

El anterior es el contexto ideológico más general donde se desarrolló la reforma en la enseñanza de las matemáticas de los 60.

Sin embargo, este no puede explicar por sí sólo el surgimiento de la reforma. Eran necesarios una circunstancia histórica, y un cuadro de ideas específicas.

La reforma nació como una forma de respuesta a un problema que se afirmó como central: la necesidad de cerrar la separación entre la práctica matemática de los investigadores y profesionales en este campo y la matemática que se impartía en primaria y secundaria.

Esta reforma se inició en los países desarrollados. Especialmente en Francia y en Estados Unidos. Luego de una u otra forma se extendería a toda América Latina. El principal vehículo para ello fueron los textos y los cambios en los programas planteados en reuniones internacionales.

Algunas de las premisas que la reforma suponía eran:

- 1) que la matemática que se estaba haciendo de manera dominante era la que convenía; es decir, que el tipo de matemática esencialmente pura era la adecuada y el modelo de lo que era la matemática en general;
- 2) que esta nueva matemática se podía trasladar a la primaria y secundaria sin muchos problemas;
- 3) que la matemática tradicional no servía.

La realidad es que estas premisas eran en su conjunto muy peligrosas. Para empezar, por razones históricas y teóricas que no vamos a desarrollar aquí, desde el siglo pasado se ha dado un extraordinario desarrollo de las matemáticas llamadas "puras", es decir separadas de la aplicación inmediata. Un gigantesco desarrollo de los aspectos más abstractos y universalizantes de las matemáticas. Las ideas dominantes del período de los "Fundamentos de la Matemática" también contribuyeron a enfatizar los aspectos formales, axiomáticos y más abstractos de estas. Las matemáticas aplicadas no habían adquirido el peso que luego irían crecientemente adquiriendo después de la segunda guerra mundial.

El tipo de nociones que se pretendía trasladar a la primaria y secundaria no era el relativo a los modelos sobre la realidad física o social, o lo que hoy en día es llamada matemática discreta, o las conexiones con las ciencias naturales. Lo que se pretendía era llevar a los escolares la teoría de conjuntos, las estructuras algebraicas abstractas, las nociones unificantes y universales.

Al mismo tiempo, se pensaba -con absoluta ignorancia de la pedagogía o el sentido común- que estas nociones podían ser aprehendidas por los escolares sin más. Como si la lógica y los temas del especialista pudiera ser los mismos que pueden plantearse al escolar.

Aunque los cambios se dieron de una u otra forma en los diferentes países europeos y en Estados Unidos, durante los primeros años de tal reforma, los matemáticos continuaron la discusión sobre la necesidad o no de tal cambio y la forma en que debería de llevarse a cabo. Se dieron voces discordantes y de preocupación. Pero la mayoría estaba a favor de la reforma. Por ejemplo Jean Kuntzmann decía:

"¿La introducción de la matemática moderna en la enseñanza secundaria ha sido reforzada por una orquestación exterior proveniente, en particular, de miembros de la enseñanza superior, tal vez, fue útil para acelerar la evolución, pero crea una situación anormal. El empleo frecuentísimo del término moderno, la impresionante oposición establecida entre las matemáticas de "antes" y las de "después" corre el riesgo de dar a una parte de los maestros la impresión de que ya no están al día. Por el contrario, lo que hay que hacer es desmitificar las nociones nuevas, mostrar que se trata de nociones que todo el mundo conoce y manipula sin saberlo y no de nociones terriblemente abstractas y complicadas. La novedad principal es que estas nociones han recibido un nombre y por eso mismo han cobrado una consistencia que no tenían antes". [2]

Uno de los que manifestaban serias dudas sobre la reforma fue Rene Thom:

"Es cierto que dentro de las matemáticas actuales, el uso del álgebra como método de demostración es sin duda importante, incluso decisivo. Pero podría ser razonable preguntarse si deben tenerse en cuenta las necesidades de los matemáticos profesionales a la hora de ocuparse de la segunda enseñanza. Los matemáticos de la generación actual, impregnados de espíritu bourbaquista, tienen la tendencia sumamente natural a introducir en las enseñanzas secundaria y superior las teorías y estructuras algebraicas que tan útiles les han sido en su propio trabajo, tendencias por otra parte triunfantes en el espíritu de la matemática del tiempo. Pero habría que hacerse la pregunta de si, al menos en la enseñanza secundaria, del momento" [3].

Uno de los factores más importantes en la gestación teórica de este movimiento de reforma fue el grupo francés Nicolás Bourbaki (tal vez a la par de la poderosa influencia del matemático norteamericano Marshall Stone). Estaba constituido por muchos eminentes matemáticos, y tenía una gran capacidad editorial. El prestigio que tenía por sus resultados teóricos, dio un valor extralimitado a sus posiciones sobre la naturaleza de las matemáticas, su evolución y su en^ianza. Uno de sus miembros, Jean Dieudonné, decía:

"Pero Thom y los defensores del status quo se niegan a aceptar que el sistema anliguo era, desde este punto de vista, muy imperfecto. El álgebra aparecía como una pura manipulación de símbolos que no hacían referenda a ninguna otra cosa, y fax gentes de mi generación se acordarán de cómo era posible pasarse años 'discutier una ecuación de segundo gado', mientras que la geometría se enseñaba a partir de los doce años comenzando directamente con los axiomas de Euclides, mezclados (lo que resultaba necesario, puesto que no forman un sistema completo) con llamadas a la intuición disfrazadas de 'hechos evidentes'". [4]

Como lo hace notar Jean Kuntzmann, en general estos cambios fueron impulsados básicamente por especial i stas en matemáticas con poco o ningún interés de tipo pedagógico y por lo tanto reflejan un modo especial de hacer matemáticas. Ai respecto es completamente gráfico Luis Sámalo cuando dice: "De las dos cuestiones esenciales, el qué enseñar y el cómo hacerlo, en la actualidad os más importante la primera".

El movimiento mundial por la implantación de las nuevas matemáticas en la enseñanza secundaria tenía como motivación la necesidad de enseñar la matemática como una disciplina en la que sus diversos campos se encuentran integrados por ciertos conceptos unificadores y con la rigurosidad que caracteriza al método axiomático. Por ejemplo en su libro *Id revolución en las Matemáticas escolares*, Howard Fehr, John Camp y Howard Kellogg dicen:

"Esta nueva matemática se considera una manera de pensar que, a su vez, abarca a un modo de pensamiento aplicable a situaciones probabilísticas e inferenciaies. Otorgan ai intelecto un desenvolvimiento importante y valioso para todos los estudiantes y no sólo a los mejores de ellos. Finalmente, puede ser aprendida porque se te ha de enseñar por métodos activos, dinámicos, que movilizan las mentes estudiantiles a elaborar sus propios conceptos y estructuras matemáticas, en vez de forzarlos a memorizar y recitar los que los otros elaboraron y pulieron antes". [5]

No todo el mundo estuvo de acuerdo. Monis Kline fue uno de los pensadores más críticos de la refonna matemática. Una de las sentencias más fuertes que ha expresado es la siguiente:

"Las nuevas matemáticas, como un todo, corresponden al punto de vista del matemático superficial, que sabe apreciar solamente pequeños detalles deductivos y distinciones estériles y pedantes como aquella entre número y numeral, y que pretende realzar lo trivial con una terminología y un simbolismo impresionantes y sonoros. Se nos ofrece una versión abstracta y rigurosa de la matemática, que oculta su rica y fructífera esencia y hace incapie en generalidades poco inspiradoras, aisladas de todo otro cuerpo de conocimiento. Se subrayan sofisticadas versiones finales de las ideas simples, mientras se tratan superficialmente las ideas más profundas, lo que conduce necesariamente al dogmatismo. El formalismo de este plan solamente puede conducir a una disminución de la vitalidad de las matemáticas y a una enseñanza autoritaria, al aprendizaje mecánico de nuevas rutinas, mucho más inútiles que las rutinas tradicionales. Resumiendo, pone de relieve la forma a expensas de lo sustancial y presenta lo sustancial sin

pedagogía ninguna".[6]

La esencia del razonamiento de Kline es correcta y establece un buen punto de partida para trazar un balance de esta reforma. Pero, más lejos, la misma crítica que hace Kline pone en la discusión la naturaleza de las matemáticas. Los razonamientos que justificaron la reforma matemática en consideración encontraban sustento en un marco ideológico sobre la naturaleza de las matemáticas que ya hemos señalado al principio de este trabajo. La reforma de los 50 y 60 fue realizada bajo el comando de matemáticos y especialistas que no sólo no sabían de pedagogía sino que eran portadores de una visión equivocada sobre la naturaleza de las matemáticas. Esta visión todavía no ha desaparecido del horizonte intelectual; más aún, sigue siendo dominante en amplios sectores de la comunidad matemática mundial.

Este marco ideológico está, sin embargo, en una crisis. En primer lugar, y ya lo mencionamos antes, después de la Segunda Guerra Mundial, con la renovación de la producción tecnológica y las exigencias aplicadas a la ciencia, las matemáticas reales se han desarrollado por derroteros exigentes de una actitud concreta e intuitiva frente a ellas. El curso de las mismas matemáticas en las pasadas décadas se ha convenido entonces en el principal factor de crítica de la ideología dominante sobre las matemáticas. Existe (aunque sólo en cierta medida) una importante brecha entre las ideologías sobre las matemáticas y las matemáticas concretas: entre la "conciencia" y la realidad.

Pero existe un segundo elemento que empuja la crisis de esa ideología matemática: los fracasos en la enseñanza de las matemáticas del modelo "moderno" (basado en la axiomática, las estructuras, lo formal). En este sentido, el territorio de la enseñanza de las matemáticas es entonces un espacio central para la búsqueda de una conciencia de las matemáticas más adecuada a su naturaleza.

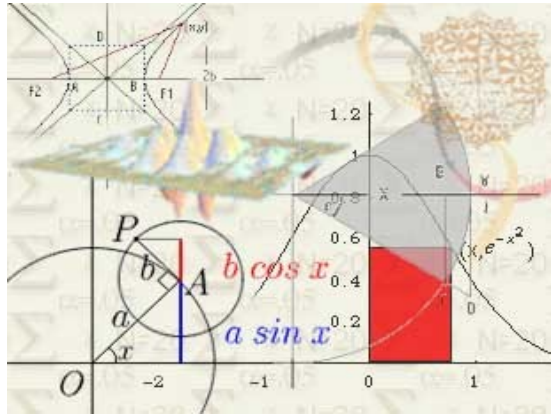
Todo apunta a que se modifiquen los paradigmas sobre las matemáticas hasta ahora dominantes. Para países como Costa Rica, sin embargo, el ritmo de su modificación es importante. Esto es así porque esto es necesario para una nueva reforma matemática que permita fortalecer una base científica y tecnológica capaz de apoyar el progreso del país. Existe la necesidad de extender al máximo la conciencia de esto en la definición de una estrategia nacional para la enseñanza de las matemáticas

## NOTAS

- [1] Escuela de Matemática. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- [2] Kuntzman, Jean. ¿Adonde va la matemática? *Problemas de la enseñanza y la investigación futuras*, pág. 60.
- [3] Thom, Rene. ¿Son las matemáticas modernas un error pedagógico y filosófico?, en: La enseñanza de las Matemáticas modernas, pág. 117-118.
- [4] Dieudonné, Jean. ¿Debemos enseñar las matemáticas modernas?, en La enseñanza de las Matemáticas modernas, pág. 136.
- [5] Fehr, Camp y Kellogg. *La revolución en las Matemáticas escolares*. Segunda fase.
- [6] Kline, Morris. *El fracaso de la Matemática moderna*.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Castelnuovo, Emma**. Didáctica de la Matemática moderna. México: Trillas, 1973.
2. **Consejo Nacional de maestros de matemáticas de los USA**. La revolución de las Matemáticas escolares. Washington OEA, 1963.
3. **Fehr, Camp y Kellogg**. La revolución de las Matemáticas escolares, (segunda parte). Washington: OEA, 1971.
4. **Kline, M**. El fracaso de la Matemática moderna. Madrid: Alianza.
5. **Kuntzmann, Jean**. ¿Adonde va la Matemática? Problemas de la enseñanza y la investigación. México: Edit. Siglo XXI, 1978.
6. **Piaget, J. y otros**. La enseñanza de las Matemáticas modernas. Madrid: Alianza, 1980.
7. **Ruiz, Ángel**. "Implicaciones teórico-filosóficas del Teorema de Gödel en el paradigma racionalista sobre las Matemáticas". Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica. Vol. XXIII, N.58, Diciembre 1985, San José, Costa Rica.
8. **Ruiz, Ángel**. "El factor paradojas y el factor Gödel en los Fundamentos de las Matemáticas". Revista de Ciencia y Tecnología de la UCR, Vol. IX (1-2), 1985, San José, Costa Rica.
9. **Ruiz, A**. "Fundamentos para una nueva actitud en la enseñanza moderna de las Matemáticas Elementales", Boletín de la Sociedade Paranaense de Matemática, Vol. VIII(1), Junio 1987, Curitiba, Brasil.
10. **Ruiz, Ángel**. "Epistemológica! Constituents of Mathematics Construction. Implications in its teaching", Proceedings of the "XI International Conference on the Psychology of Mathematics Education", Julio 1987, Montreal, Canadá.



### 5.3 HISTORIA DE LA IMPLANTACIÓN DE LAS MATEMÁTICAS MODERNAS EN LA EDUCACIÓN COSTARRICENSE

Hugo Barrantes Campos. [1]

Ángel Ruiz Zúñiga. [2]

#### RESUMEN

*Se realiza un estudio histórico -aunque parcial y preliminar- sobre la forma específica en que fueron introducidas las matemáticas modernas en la educación de Costa Rica en los años sesenta. Se describe los aspectos individuales, institucionales, y sociales en la implantación de esta reforma que modificó sustancialmente la enseñanza de las matemáticas hasta nuestros días.*

El siglo XIX vio el desarrollo de un nuevo tipo de matemáticas. A diferencia del carácter aplicado y ligado a las ciencias físicas que había mantenido desde el siglo XVII, la matemática de este siglo puso énfasis en el rigor lógico. Se dio un salto cualitativo en el desarrollo de la abstracción matemática. Es el siglo en que se construye la teoría de conjuntos y donde nace lo que sería la matemática pura. La nueva matemática dio lugar a nuevas formas de interpretación. Entre ellas el formalismo y el logicismo. Los aspectos formales, estructurales y axiomáticos, obtuvieron un peso extraordinario tanto en las matemáticas mismas como en las visiones que de estas se desarrollaban.

El siglo XIX dio lugar al éxito gigantesco de la matemática pura. Sin embargo, la nueva matemática que se hacía en los centros de investigación y en las universidades no coincidía con la que se enseñaba en la escuela primaria ni en la secundaria. Se seguía en estas un programa tradicional y clásico de enseñanza de las matemáticas.

La organización clásica del contenido de las matemáticas se dividía en cuatro ramas principales que eran: aritmética, álgebra, geometría y análisis, considerados cada uno de estos campos de forma aislada. De esta manera, los programas de matemáticas escolares reflejaban esta subdivisión. Con el lenguaje de la teoría de conjuntos y con las nuevas matemáticas se trataba de aprehender a las matemáticas como una sola disciplina teórica. Ya no eran las matemáticas sino la matemática.

Durante la década del cincuenta tuvo auge en todo el mundo un movimiento tendiente a introducir la matemática "moderna" en la enseñanza primaria y secundaria, en contraposición a la matemática "clásica" que hasta entonces se había venido impartiendo en estos niveles educativos. La premisa básica de la que se partía era de que estos cambios en la matemática se debían reflejar también en su enseñanza elemental.

Así, una de las conclusiones del Congreso Internacional de matemática Edimburgo, 1958, fue la de afirmar la necesidad de una reformulación de los métodos que se empleaban en las escuelas europeas para la enseñanza de las matemáticas.

La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) congregó a representantes de 20 países con el fin de hacer un estudio a fondo del programa escolar de matemáticas en Francia. La evaluación del programa indicó que este era totalmente tradicional; lo mismo se podía decir de los demás países europeos. Como consecuencia de esta constatación se llevó a cabo el Seminario de Royaumont, noviembre de 1959, cuyas conclusiones marcaron el rumbo que sirvió de base para la creación de un programa de matemáticas escolares totalmente moderno. En las conclusiones de este Seminario se establece la necesidad de elaborar un programa que combine los contenidos de las diferentes ramas de la matemática dándole unidad a esta disciplina, utilizando como conceptos fundamentales los de conjuntos, relaciones, funciones y operaciones, las estructuras fundamentales de grupo, anillo, cuerpo y espacio vectorial; establece también la necesidad de adoptar el simbolismo moderno, dar mayor importancia al empleo de gráficas, la eliminación de gran parte del álgebra tradicional, la modificación de la geometría euclideana tradicional, etc..

A partir de esta fecha se realizaron diferentes conferencias y reuniones en diferentes lugares, con la participación de importantes matemáticos europeos y norteamericanos, en donde se discutió sobre qué tipo de geometría enseñar, qué contenidos y métodos proponer para satisfacer las demandas del seminario de Royaumont, etc.. De esta forma, los diferentes países europeos implantaron la enseñanza de la matemática moderna en sus niveles primario y secundario. Ya sea como producto de congresos, reuniones, conferencias, o la cooperación conjunta como en el caso de Noruega, Suecia, Dinamarca y Finlandia o por el empuje de algunas personas, como el caso de Papy en Bélgica, etc..

En el caso de Estados Unidos el primer grupo que se interesó por poner al día los programas de matemáticas de las escuelas secundarias fue el Comité sobre matemáticas escolares de la Universidad de Illinois (UICSM). Uno de sus principales esfuerzos fue el relativo a la precisión del lenguaje. Posteriormente fue la Comisión sobre Matemáticas del Tribunal de exámenes de ingreso en la Universidad la que publicó un informe, donde destaca por primera vez la importancia de la aplicación de conceptos unificadores de la matemática como conjuntos, funciones, variable, estructura, etc.. Entre 1959 y 1962, el Grupo de estudio de las matemáticas escolares (SMSG) publicó libros de texto nuevos y material educativo dirigidos a profesores de enseñanza media, todo de acuerdo con la organización tradicional pero utilizando lenguaje y símbolos modernos.

Durante la segunda mitad de 1963 se llevó a cabo la conferencia de Cambridge que publicó un informe titulado Goals for School Mathematics. En este se proponía que los alumnos que han terminado el bachillerato deben tener la preparación matemática equivalente a tres años de estudio del nivel universitario de ese momento. Este informe incitó a cambios y reformas de mayor alcance que las producidas por el SMSG. Este informe complementó y puso de relieve los movimientos similares llevados a cabo en Europa.



Como se ve en este rapidísimo vistazo a estos movimientos, los países que estaban a la vanguardia del desarrollo matemático mundial habían detectado que existía un divorcio sustancial entre las matemáticas que se enseñaban en los niveles primario y secundario, con respecto a lo que se hacía en matemática en ese momento, y trataban de remediarlo reformando los programas de estudio, adaptándolo a las nuevas ideas de la matemática, fundamentalmente en lo que se refiere a la unificación de los diferentes campos de esta disciplina a través de ciertos conceptos, lenguaje y notación. Podemos señalar la existencia de dos centros fundamentales de gestión en la reforma de la enseñanza matemática: por un lado alrededor de Marshall Stone en USA, y por el otro alrededor del grupo famoso de matemáticos franceses llamado Nicolás Bourbaki. Se trataba de figuras sumamente importantes en las matemáticas. Su prestigio como matemáticos se convirtió en una base de apoyo extraordinaria para sus ideas sobre las matemáticas y sobre cómo se debía enseñar.

Como es de suponer, los países periféricos fueron influenciados por estos cambios y trataron de adaptarse a ellos. De esta forma, en Latinoamérica el movimiento de reforma se inició en 1960 cuando los libros de texto de la SMSG llegaron a conocimiento de los matemáticos. Pero el paso más importante en estos años para ese movimiento fue la realización de la Primera Conferencia Interamericana sobre Enseñanza Matemática celebrada en Bogotá en 1961.

A esta conferencia asistieron delegados de todos los países americanos y algunos matemáticos europeos como Choquet, Schwartz, Pauli y Bundgaard. Las discusiones y comunicaciones se publicaron en un informe llamado Educación matemática en las Américas, editado por H. F. Fehr (miembro del SMSG), en 1962, en la Universidad de Columbia. Las principales recomendaciones de esta conferencia se refieren a la necesidad de estimular la preparación de profesores de matemática de enseñanza media que pudieran afrontar con posibilidades de éxito los cambios que se avecinaban con la introducción de la matemática moderna en los programas escolares. Se creó también la Comisión Interamericana de Educación Matemática [\[3\]](#) cuyo propósito era dar seguimiento a las ideas discutidas en la conferencia y promover iniciativas tendientes a elevar el nivel de la enseñanza media y universitaria de la matemática. Se establecía finalmente la necesidad de que los delegados promovieran las nuevas ideas acerca de la matemática en sus respectivos países y que mantuvieran contacto con las autoridades educativas con el fin de adoptar las medidas que pusieran en práctica las recomendaciones de la conferencia.

En lo que se refiere a Costa Rica, durante la primera mitad del presente siglo los programas de matemáticas de segunda enseñanza eran, como en el resto del mundo, de tipo tradicional. Con ligeras variantes, los programas de matemática hasta antes de 1960 establecían los contenidos subdivididos en los siguientes temas para los cinco años de enseñanza secundaria: Aritmética, Álgebra, Geometría Euclidiana y Trigonometría. En el programa de 1921 para quinto año se introdujo un poco de geometría analítica y una breve introducción al cálculo con el estudio de derivadas, temas que desaparecen en el programa de 1929.

En 1961 el Prof. Bernardo Alfaro Sagot participa en la Primera Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Matemática. Ahí tiene contacto con las nuevas corrientes sobre la enseñanza de la matemática, especialmente con el programa de la SMSG. A su regreso al país asume la tarea de realizar esta reforma en territorio nacional. Editó en 1964 su Curso moderno de Matemáticas para la enseñanza Media en dos tomos, con el respaldo de la SMSG y con los lineamientos dictados por la conferencia.

Alfaro y los partidarios de la nueva matemática encontraron condiciones especiales en Costa Rica, que beneficiaron una implantación rápida de la misma. Todo coincide con la labor que venía desarrollando el Ministerio de Educación para llevar a cabo una reforma integral que mejorara la educación costarricense. Así es como durante 1962 y 1963 se revisan los planes de estudios de toda la enseñanza media.

De esta forma se facilitó la elaboración de un nuevo programa de matemáticas para la enseñanza media, que fue aprobado por el Consejo Superior de Educación en diciembre de 1963. La comisión redactora estuvo compuesta por José J. Trejos, Bernardo Alfaro, Juan Felix Martínez, Claudio Sánchez y Manuel Castellón.

Una vez puesta en marcha la reforma de los planes de estudio de matemática en la enseñanza media, surgió el problema fundamental de la falta de los conocimientos necesarios por parte de los profesores de las instituciones de segunda enseñanza para llevar a cabo con éxito la mencionada reforma. Así, la Universidad de Costa Rica, totalmente involucrada con este proceso, brindó algunos cursos durante los veranos de 1964 y 1965 a una gran cantidad de profesores en servicio, en los que se les daba información para enseñar los nuevos temas; todo a través de su Departamento de Física y Matemática. Sin embargo, aún en ese momento los resultados no parecían ser satisfactorios.

Al respecto, en un informe presentado en la Segunda Conferencia sobre Educación Matemática, celebrada en Lima, Perú, en diciembre de 1966, la delegación costarricense (compuesta por los profesores Bernardo Montero y Henry McGhie) decía:

*"El principal problema con que se tuvieron que enfrentar los trabajadores en el campo de la matemática fue el de no poseer elemento humano adecuado. La solución a tal problema parece no haber dado muy buenos resultados. Se redactaron textos y se hicieron concentraciones masivas de profesores en los cursos de verano para darles información necesaria para la enseñanza de los tópicos en estudio y una mayor cultura matemática. Los resultados fueron un tanto negativos; se notó que era demasiado el material que se le daba a personas sin la debida formación académica y muy poco tiempo para madurar este material".[4]*

Como habíamos dicho, el impulso fundamental para la puesta en marcha de la reforma en los planes de estudio de matemáticas en la enseñanza secundaria de los países Latinoamericanos, estuvo representado por la Primera Conferencia Interamericana sobre Educación Matemática, celebrada en Bogotá en 1961. La Comisión de Educación Matemática que allí se nombró estaba conformada por representantes de varios países latinoamericanos, entre ellos el Prof. Bernardo Alfaro, como representante por Costa Rica. Esta Comisión estaba presidida directamente por Marshall Stone. El objetivo fundamental de esta comisión era velar porque se hicieran los esfuerzos necesarios en los distintos países latinoamericanos para que se implantara la enseñanza de la matemática moderna a nivel medio y en los cursos básicos de las universidades.

Poco tiempo después se convocó a la Segunda Conferencia Interamericana sobre Educación Matemática, que se celebró en Lima, Perú, en diciembre de 1966, con la participación de delegaciones de una gran cantidad de países latinoamericanos, Estados Unidos y Canadá. También con la presencia de varios matemáticos europeos, entre los que se encontraban George Papy (Bélgica) y André Revus (Francia).

Los objetivos fundamentales de esta Segunda Conferencia fueron:

- 1) Examinar la problemática presentada, especialmente en Latinoamérica, en el progreso de la enseñanza de la matemática.
- 2) Examinar los programas a implantar en la secundaria y en los cursos básicos de las universidades.
- 3) Examen de los problemas de la preparación en cuanto a cantidad y calidad de profesores de matemática para la secundaria y universidad.

Las diferentes delegaciones presentaron su informe sobre lo que se había hecho a partir de la Primera Conferencia y relataron la problemática vivida. Al respecto, la delegación costarricense informó:

*"En el año 1964 se inició una reforma de la enseñanza secundaria. Dentro de ella naturalmente iba involucrada la enseñanza de la matemática. Fue posible que al mismo tiempo que se reformaba toda la enseñanza secundaria, se reformará también la enseñanza de la matemática en su contenido y en su forma, inspirándose estos cambios en movimientos educacionales en el mismo sentido llevados a cabo en otros países" [5].*

De la celebración de esta Segunda Conferencia, se deduce que los interesados en implantar la enseñanza de la matemática moderna en los Estados Unidos también estaban sumamente interesados en que se hiciera lo mismo en los países latinoamericanos y así, no conformes con dar los lineamientos a seguir en la primera conferencia, convocaron muy rápidamente a una segunda con el objetivo de cerciorarse que las cosas estaban caminando y darle un seguimiento a los movimientos de implantación de la reforma, movimientos que se estaban llevando a cabo en varios países latinoamericanos, Costa Rica incluida.

Entre las recomendaciones de esta Conferencia, se presentó un programa "ideal" de matemáticas, separado en dos etapas, una para enseñar a muchachos entre 12 y 15 años y la otra para muchachos entre 15 y 18 años. Los contenidos de la primera etapa que se recomiendan son los que en términos generales ya presenta el programa de enseñanza media en Costa Rica de 1964. Otras recomendaciones son tendientes a que las Universidades de los diferentes países hagan esfuerzos por formar docentes y perfeccionar a los docentes ya en servicio. También se recomienda hacer un esfuerzo por producir textos y otros materiales acordes con los nuevos temas y metodología a utilizar en la enseñanza de las matemáticas.

Ya en el año de la celebración de esta Segunda Conferencia, el Departamento de Física y Matemática de la Universidad de Costa Rica, consciente de la necesidad de formar de manera "más adecuada" a las personas que enseñarían matemática en la secundaria de este país, puso en marcha un plan de estudios que culminaría con un título de profesorado en matemáticas. Este plan de estudios se realizaba en tres años y los cursos propiamente de matemáticas incluían algunos cursos de cálculo y geometría analítica, álgebra moderna, álgebra lineal, geometría, series, ecuaciones diferenciales, análisis y probabilidad y estadística.

En 1969, el plan de profesorado sufrió algunas variantes. La principal de ellas es que se le agrega un año más, dedicado a práctica docente. Aunque es de suponer que estos programas estaban imbuidos de las ideas de la enseñanza de la matemática moderna, es bastante difícil precisarlo puesto que en los archivos consultados aparecen los planes de estudio sin los objetivos que lo

definen ni comentarios esclarecedores.

Lo que si queda claro de todo lo anterior es que la Universidad de Costa Rica, a través de su Departamento de Física y Matemática, tuvo un papel activo en la implantación de la matemática moderna en la enseñanza media costarricense. Algunos hechos indicativos de esta situación que podemos enumerar son los siguientes:

1) Al menos tres de los miembros de la comisión redactora del programa de 1964 eran profesores del departamento, dos de ellos incluso (don José J. Trejos y don Bernardo Alfaro) habían sido directores.

2) Cuando don Bernardo Alfaro asistió a la conferencia de Bogotá era el director del departamento y su papel en la introducción de la matemática moderna en la enseñanza media costarricense fue fundamental.

3) Los dos delegados costarricenses a la Conferencia de Lima de 1966 eran profesores del departamento (uno de ellos, el señor McGhie era, en ese momento, su director).

4) La puesta en marcha de planes de profesorado en matemática coinciden precisamente con los años en que esta reforma se inicia en el país.

En resumen los factores que definen la reforma matemática en Costa Rica fueron:

-La propuesta de matemáticos europeos y estadounidenses, que surge de las ideas que estos tenían sobre la naturaleza de las matemáticas, y la enseñanza de las mismas, así como de las condiciones precisas de las matemáticas y su enseñanza que estos países poseían.

-La Conferencia Interamericana de Educación Matemática, que sirve de puente y de influjo para modificar la enseñanza de las matemáticas del continente.

-La existencia de un grupo de profesores costarricenses, especialmente Bernardo Alfaro, que asumen en Costa Rica la reforma.

-El rol del Departamento de Física y Matemática de la UCR es el núcleo básico que impulsa y proyecta esta reforma.

-El contexto de la educación nacional que busca modificaciones y reformas.

Una vez cambiados los programas y escritos los textos con la nueva aproximación, pocos cambios se han dado en las matemáticas y su enseñanza en el país. Desde principios de los años setenta solamente han existido dos posibilidades: la serie de libros (séptimo a undécimo año) de los profesores Aguilar, Castellón y Camacho y la serie de libros (séptimo a undécimo año) de profesores de la Universidad de Costa Rica, complementadas con el libro Álgebra de A. Baldor y muchísimo más recientemente la serie (séptimo a décimo año) de los profesores Pedro Rodríguez y Manuel Barahona y el libro Matemática elemental de los profesores Oviedo, Barahona y Buján, originalmente pensado para un curso de nivelación en la Universidad pero que se ha venido empleando en los últimos años de la secundaria. Estos últimos textos han cambiado su enfoque, pero los anteriores, que son los que se han venido utilizando y son por lo tanto los que han formado a varias generaciones de estudiantes, están cargados de rigor y lenguaje innecesarios. Aparte de una visión que resulta inadecuada tanto para el desarrollo de la matemática como de su enseñanza. [6]

Durante los años 70 en la Escuela de Matemática de la UCR, sobre todo bajo influencia de Bernardo Montero, se dio una segunda etapa en la implantación de las nuevas matemáticas. El grupo de profesionales que se crearon, tanto para la docencia universitaria como para la secundaria, y salvo para algunas personas [7], tuvo una formación cargada del formalismo, el axiomatismo, el estructuralismo, el purismo (contrapuestos a la construcción heurística, intuitiva, ligada a la realidad y a las ciencias naturales, etc.) que estaba presente desde la reforma en la enseñanza de los 60. Este grupo de profesionales constituye el cuerpo humano fundamental que constituye hoy en día la comunidad matemática del país.

En 1983 y 1985 se realizaron el primer y segundo congreso nacionales de matemáticas. [8] Una de las principales constataciones que estos realizaron fue la existencia de una profunda crisis en la enseñanza de las matemáticas. Ligada esta en gran medida a las condiciones que creó la reforma de los 60, el tipo de contenidos, métodos y filosofía de las matemáticas que el Departamento de Física y Matemática y luego la Escuela de Matemática de la UCR ayudaron a mantener hasta nuestros días.

En conclusión, creemos que la implantación de la matemática "moderna" en la enseñanza media costarricense, se hizo sin un análisis profundo de las implicaciones de la reforma, más bien llevados por la moda y el influjo implantados en los países más avanzados. Tampoco se han hecho esfuerzos por realizar una evaluación real de los resultados. Los cambios en los programas posteriores al de 1963 solamente reflejan algunas diferencias en la forma, la introducción de más contenidos o la eliminación de otros, pero no un cambio sustancial y radical para mejorar la enseñanza de la matemática, fundamento esencial para cualquier proyecto de progreso basado en el desarrollo científico y tecnológico del país.

## NOTAS

[1] Escuela de Matemática. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

[2] Escuela de Matemática. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

[3] Esta comisión ha seguido funcionando hasta nuestros días. Desde 1987 Ángel Ruiz es el Secretario de la Comisión.

[4] Informe de la delegación de Costa Rica en Educación Matemática en las Américas II. "Informe de la Segunda Conferencia Interamericana sobre Educación Matemática". pág. 229-230.

[5] Idem. pág. 229.

[6] Para un extenso análisis de estas colecciones se puede consultar el libro de Ángel Ruiz: La Filosofía de las Matemáticas. Análisis de textos de secundaria. Editorial UCR, San José, Costa Rica. Set. 1988.

[7] Aún las personas que estudiaron computación estaban influidas por el paradigma "purista" de las matemáticas.

[8] Los autores de este trabajo fueron los principales organizadores de esos congresos de matemáticas.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1. Arias, Rosario y otros.** La Matemática moderna. Tesis de grado. UCR. San José, Costa Rica. 1979.
- 2. Castelnuovo, Emma.** Didáctica de la Matemática moderna. México: Trillas, 1973.
- 3. Concejo Nacional de maestros de matemáticas de los USA.** La revolución de las matemáticas escolares. Washington: OEA, 1963.
- 4. Fallas, Marlene y otros.** Modernismo de la Matemática en Costa Rica. Tesis de grado UCR., San José, Costa Rica.
- 5. González, Fernando.** Educación costarricense. San José: EUNED, 1984.
- 6. Fehr, Camp y Kellog.** La revolución de las Matemáticas escolares (segunda parte). Washington: OEA, 1971.
- 7. Fehr, Howard (editor).** Educación Matemática en las Américas. Informe de la Segunda Conferencia Interamericana sobre Educación Matemática, Lima, Perú, 12-15 diciembre 1966. Buenos Aires: OEA, 1968.
- 8. Kuntzmann, Jean.** ¿Adónde va la Matemática? Problemas de la enseñanza y la investigación. México: Edit. Siglo XXI, 1978.
- 9. Jones, Henry & Rodríguez, Analive.** Historia crítica de los distintos programas de enseñanza secundaria que ha habido en Matemáticas en el siglo XX. Tesis de grado. UCR., San José, Costa Rica. 1982.
- 10. Piaget, J. y otros.** La enseñanza de las Matemáticas modernas. Madrid: Alianza, 1980.
- 11. Ruiz, Ángel.** "Implicaciones teórico-filosóficas del Teorema de Gödel en el paradigma racionalista sobre las Matemáticas". Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica. Vol XXIII, N.58, Diciembre 1985, San José, Costa Rica.
- 12. Ruiz, Ángel.** "El factor paradojas y el factor Gödel en los Fundamentos de las Matemáticas". Revista de Ciencia y Tecnología de la UCR, Vol. IX(1-2), 1985, San José, Costa Rica.
- 13. Ruiz, A.** "Fundamentos para una nueva actitud en la enseñanza moderna de las Matemáticas Elementales", Boletín de la Sociedade Paranaense Matemática, Vol. VIII(1), Junio 1987, Curitiba, Brasil.
- 14. Ruiz, A.** "Epistemological Constituents of Mathematics Construction. Implications in its teaching", Proceedings of the "XI International Conference on the Psychology of Mathematics Education", Julio 1987, Montreal, Canadá.



#### **5.4 EMPLEO DEL MÉTODO CLÍNICO DE PIAGET, CON NIÑOS DE I Y II CICLO DE LA EGB [1], EL DESARROLLO DE TEMAS DE FÍSICA. UN ESTUDIO DE CASOS.**

Carlos Alberto Calvo Zúñiga. [2]

### **RESUMEN**

*Se busca describir una experiencia en el uso del método clínico de Piaget con niños del I y II ciclos de la Educación General Básica.*

### **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El problema se plantea del siguiente modo: determinar cómo aprenden ciencias los niños de I y II ciclo de la Educación General Básica, en cuanto a su pensamiento operatorio, al estudiar contenidos del área de la física.

Se hizo revisión de la literatura, con el fin de identificar una modalidad del método clínico de Piaget, que permitiera resolver el problema, fuera de las pruebas que se emplean de modo convencional. Se localizó la modalidad del trabajo de Robbie Case, quien lo publicó en la Revista de Tecnología Educativa (1981).

Se emplea el área de la física, por cuanto se parte de la posibilidad de plantear que los niños manejen de modo operacional las causas y efectos de los hechos físicos, antes que las causas y efectos de los hechos químicos o biológicos. La comparación de los resultados al trabajar los niños con física, biología o química, será objeto de investigación posterior, por lo cual no se reporta en el presente informe. La literatura apoya el trabajo, los resultados y las conclusiones que se comunican.

## **OBJETIVOS**

1. Indagar, mediante el método clínico según Robbie Case, cómo aprenden ciencias los niños de I y II ciclo de la EGB en cuanto a pensamiento operatorio, con temas de física.

## **METODOLOGÍA Y MATERIALES**

Se seleccionaron dos grupos de 42 estudiantes del curso Enseñanza de Ciencias en la Educación Primaria, perteneciente a la carrera de Bachillerato en Ciencias de la Educación con énfasis en Educación Primaria, que ofrece la Escuela de Formación Docente de la Universidad de Costa Rica, en las Sedes Central y del Atlántico, I y II ciclo de 1986. Los grupos recolectaron la información, empleando el método clínico de Piaget según la modalidad de Robbie Case. Son estudiantes que laborarán como maestros en I y II ciclos de la Educación General Básica (EGB), en el año de 1987.

La instrucción se dio a 42 estudiantes (a quienes se llamará observadores) del siguiente modo: se indicó que seleccionaran un tema de los que se estudian en el campo de la física. Luego deberían ubicar a un niño de edad escolar, de I o II ciclo de EGB, por comodidad o conveniencia, del cual anotarían: edad, nombre de la escuela a la que pertenece el niño, año que cursa (grado), sexo, nombre del niño y que deseara colaborar con ellos en una actividad de ciencias (negociación de entrada). Preparar un objetivo y el material que fuera necesario, en función del niño y del tema. Se indicó el tiempo probable para las sesiones, según el año: cinco minutos para I año, seis o siete minutos para el II año, y aumentar dos minutos por cada año. Este tiempo es arbitrario porque no se conoce cuál es el tiempo real, que emplea el niño para ejecutar la actividad que se planea. Realizar un máximo de seis sesiones para la actividad, y determinar si el niño cumplía con el objetivo que se propone. El número de sesiones fue arbitrario por no contar con información, en cuanto al número de sesiones real que un niño necesita para cumplir con un objetivo. Las condiciones para realizar el trabajo son las siguientes: fuera de las horas lectivas, las sesiones se ejecuten en días diferentes, en un máximo de dos semanas, siempre con el mismo material (para todas las sesiones), en sitio tranquilo, una mesa y dos sillas: una para el niño y otra para el observador.

Colocar sobre la mesa, enfrente del niño los materiales por separado, y hacer la siguiente pregunta: ¿Qué puede hacer con esto? La labor del observador es escribir en una libreta de apuntes con detalle, todo lo que hace y dice el niño. Importante es no dar ninguna explicación al niño acerca de nociones de lo que puede ejecutar. Lo que el observador puede solicitar es explicación de lo que el niño ejecuta para aclarar sus notas, pero que no sea una ayuda para el logro del objetivo planteado.

Se dio instrucciones acerca de la presentación del informe escrito.

El análisis inicial fue realizado por el profesor del curso y los estudiantes (investigador y observadores). El análisis final de los resultados y de los hallazgos fue responsabilidad del investigador. Se hace una análisis cuantitativo descriptivo y un análisis cualitativo.



## RESULTADOS

Los resultados se obtienen de los informes presentados por los observadores: de los 42 observadores, 21 presentaron los informes.

El tema que se seleccionó es la noción de equilibrio físico. El objetivo que se planteó es el siguiente:

Indagar en cuántas sesiones y con qué duración, los niños logran descubrir el principio del equilibrio, al entregarles materiales de bajo costo.

Las escuelas a las que pertenecen los niños, según los datos de los observadores y la clasificación del Ministerio de Educación Pública, son del tipo rural, rural-urbana y del tipo urbano.

Se presenta un cuadro con las condiciones generales de los niños, de acuerdo a sexo, edades, promedios de las sesiones y tiempo, pertenecientes a las Regiones de Enseñanza en las cuales se encuentran localizadas las sedes de la Universidad de Costa Rica: San José y Turrialba.

### Cuadro No. 1

Condiciones generales de los niños (casos), de las Regiones de Enseñanza de San José y de Turrialba,

en cuanto a nivel, sexo, edad, y promedios de sesiones y tiempo.

NIVEL	[f]	SEXO		EIDADES		No. Sesiones Promedio	TIEMPO(minutos)promedio	
		M	F	M	F		M	F
I	3	2	1	7	7	4,67	15	15
II	3	1	2	7	8	6	15	15
III	2	0	2	8	9	5	14	14
IV	6	1	5	9	9	5	16	18
V	3	2	1	10-11	12	6	12	20
VI	4	2	2	12	13	4,5	20	19
<b>Totales</b>	21	8	13	<b>Promedios Totales</b>		5	16	17

De acuerdo a los datos del cuadro No. 1, interesa destacar lo siguiente: el promedio de sesiones es de 5, el promedio del tiempo por sexo es de 16 minutos para los niños y de 17 minutos para las niñas.

En el orden de las respuestas a la pregunta ¿Qué puede hacer con esto?, se presenta a continuación el análisis cualitativo de las respuestas que dan los niños (casos), en cuanto a pensamiento operatorio.

1. Los niños tocan el material, antes de hacer la actividad, lo ven, le dan vuelta, lo huelen, tratan de escuchar si produce algún ruido.

2. Los niños de I y II año, inician la actividad conformando una figura geométrica: el triángulo, luego pasan a la línea que se balancea (el sube y baja), y con esta línea de relación que logra, establece la noción de equilibrio como el principio de la balanza.

3. Realizan actividades que involucran la memoria activa, con estrategias operatorias sobresimplificadas, en algunos casos incorrectas, pero lógicas, en cuanto al contenido de física.

4. Los niños de I y II año realizan operaciones, tales como: aplicaciones previas del conocimiento (operaciones de la vida cotidiana), clasificación, la realización de experimentos (control de variables), formulación de modelos mentales, hacen inducciones e inferencias, manipulación de materiales, aún cuando están afectados por la memoria activa y la sobresimplificada.

5. Los niños de III, IV, V y VI año, realizan operaciones, que involucran menos la memoria activa y menos sobresimplificación, tales como: análisis, aplicación del conocimiento previo, clasificación, conducción de experimentos, hacen deducción, inducción e inferencias, describen, formulación mental de modelos, interpretación al observar, hacen hallazgos (descubren), hacen comparaciones, manipulación de materiales, organización de un plan de trabajo, razonamiento, reconocimiento de relaciones espacio temporales.

## CONCLUSIONES

Como contribución al empleo del método clínico de Piaget según Robbie Case, en cuanto al estudio evolutivo operatorio del niño costarricense, se presentan las siguientes conclusiones.

1. Hay una aparente no diferencia entre los resultados de las ejecuciones de los niños de los casos estudiados, en cuanto a si pertenecen a escuela rural, rural-urbana o urbana.

2. El número de sesiones durante las cuales los niños pueden trabajar en el tema de física del equilibrio es de cinco, con un tiempo promedio de 16,50 minutos.

3. El diseño de la instrucción evolutiva para el currículo de ciencias, debe tomar en cuenta el medio cultural en que vive el niño, por cuanto la manifestación de la memoria activa y las operaciones sobresimplificadas se hace con base en la vida cotidiana.

4. Es necesario planificar el trabajo del aula con metodologías operatorias, para disminuir la sobresimplificación de las estrategias que emplean los niños, así como también para evitar la memoria activa, de modo que sean estrategias correctas.

5. Los niños en cuanto a metodología operatoria pueden por sí solos llegar a descubrir principios de la física.

6. La noción de equilibrio la inician los niños con el plano inclinado, luego el sube y baja como noción siguiente para obtener la noción de otras modalidades de equilibrio, como en el caso de la balanza.
7. Una niña del grupo de I año, con edad de 7 años, de una escuela rural de la Región de Turrialba, aparentemente fue la única que manifestó la noción de equilibrio por distribución de fuerzas.
8. Los niños inician su trabajo científico con la operación del pensamiento de observar, y progresivamente avanzan hacia operaciones más complejas, en períodos de 16,5 minutos, en cinco sesiones, hasta la operación más compleja: experimentar, que implica el establecimiento de hipótesis y control de variables.
9. Los niños emplean la memoria activa y la sobresimplificación, como instrumento para explicar los hechos físicos, que según la literatura consultada y los resultados del trabajo, debe evitarse desde el I año de la EGB, para que haya asociación y se estructure el conocimiento.
10. Al realizarse la transferencia con los observadores, estudiantes del curso Ciencias en la Educación Primaria, se manifestó resistencia en un 90%; el 10% de los estudiantes elaboraron planes de lección con base en los resultados obtenidos.
11. El trabajo se continuará en los años 1987, 1988 y 1989, con otros temas de física, química y biología.

## **NOTAS**

[1] Educación General Básica

[2] Escuela de Formación Docente. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. CASE, Robbie, 1981. "Una teoría y tecnología evolutiva para el desarrollo curricular" en Revista de Tecnología Educativa Venezuela: OEA. Vol. 7, No. 1, pp. 9-38.



## 5.5 LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

Fernando A. Leal.[\[1\]](#)

### RESUMEN

*La matemática ha sido tradicionalmente una de las materias más temidas por los niños de la escuela media; pero no por los de la primaria, que la reciben como uno de tantos deberes escolares. Esto nos permite reflexionar acerca de la versatilidad y capacidad de la infancia para asimilar cuestiones tan difíciles como el aprendizaje del lenguaje, prácticamente desde los primeros días de su vida. Se ha constatado (o corroborado) el vasto y complejo proceso cerebral que se realiza desde el nacimiento -y posiblemente antes-. Tal proceso continúa desarrollándose y aumenta en calidad y profundidad si las condiciones del ambiente social y las características individuales permiten el crecimiento de la cultura personal y colectiva. Esto, si el flujo creciente de materiales teóricos y prácticos necesarios para sostener suficientemente el trabajo cerebral y muscular concomitantes no se interrumpe. De lo contrario, se producen estancamientos y retrocesos que incapacitan rápidamente el desarrollo. Por estas razones, es posible notar una diferencia -positiva o negativa- en el rendimiento escolar de la escuela primaria y secundaria. Esta diferencia surge porque los materiales de trabajo cerebral y muscular de estas etapas, varían en complejidad y costo, lo cual encarece los estudios progresivamente. Estos materiales pueden adquirirse con iniciativa y tesón, pero sólo hasta el punto en que no se vuelven imprescindibles instrumentos teóricos y prácticos muy avanzados, por lo general inalcanzables individualmente para la mayoría de los jóvenes. Utilizando un método sistemático dialéctico, el presente trabajo tiene por objeto la consideración de estas cuestiones y la sugerencia de soluciones posibles.*

Los problemas de la educación, múltiples y difíciles, no se pueden aliviar si no se desarrolla una política sistemática y abarcadora; por esto, cuando se trata de elevar la calidad académica sin una suficiente atención a los materiales de trabajo, pronto se nota que la preparación de los maestros no se basta con tiza y pizarra: cuando los niños ofrecen cuadros de mala nutrición y ambientes

adversos económica y socialmente, el trabajo del aula se complica respecto a la recepción y asimilación de conocimientos; cuando la postración económica afecta a los maestros, rápidamente se agotan las energías que supone el trabajo cotidiano en aulas y laboratorios; si no hay suficientes incentivos económicos y sociales que signifiquen un mejoramiento constante de la calidad de vida de maestros y discípulos, no habrá manera de mejorar sustancialmente el rendimiento escolar. Pero tampoco los núcleos problemáticos sustanciales son tantos como para que el esfuerzo de superación de tales problemas tenga, necesariamente, que perderse en una maraña de improvisación y remedios parciales.

Un Estado cuyo gobierno colocara en el frente prioritario también a la educación en todos sus planos, generaría la dinámica apropiada a la resolución de problemas políticos, económicos y sociales en otros tantos renglones de primera importancia, pues pronto se vería por dónde flaquea el sistema social, cuyos elementos se encuentran interrelacionados fuertemente. Pero la solución parcial perjudica no sólo porque los límites de su beneficio son muy estrechos, sino además porque genera la creencia de que los problemas realmente van superándose, cuando si acaso se abre una brecha más honda entre quien absorbe el beneficio parcial y la gran masa de los demás. En mi criterio, habría una gran limitación en la apertura de colegios para superdotados, si la esperanza que se pone en la creación de estos colegios aplasta la consideración realista, constante y sistemática de los demás problemas de la educación.

Desde un principio, debe tenerse el cuidado de que los recursos disponibles no se agoten en la sola consideración de los problemas, sino que, por el contrario, se les coloque en la perspectiva sistemática adecuada. Los problemas medulares afectan desde muchos ángulos todo el sistema y todo el proceso, pero hay que advertir que no todo lo que se espera del desarrollo científico y tecnológico se dispone para la enseñanza de la ciencia y la tecnología, aunque ella se beneficia directamente de este desarrollo y se encuentre sustancialmente implicada en él. Se necesita desarrollar la ciencia y la tecnología para resolver múltiples problemas económicos, sociales y políticos: escasez, hambre, enfermedad; crimen, incultura, postración; guerra, injusticia, inhumanidad. Mas por el hecho mismo de que el problema de la educación no es todo el problema, se debe recordar que es esencial y medular porque, como problema económico, social y político, afecta todos los problemas de la sociedad, así como él mismo se afecta de todos los demás problemas. Esta consideración es propia de una perspectiva sistemática dialéctica: nunca se puede resolver un problema unilateralmente; al contrario, su resolución necesariamente implica la del resto de los asuntos.

A la réplica de que tampoco puede resolverse todo a la vez, hay que contestar que no todo se resuelve directamente cuando se realiza el trabajo de resolución de una parte, pero, al emprenderse la resolución de esta parte, -considerando siempre el modo en que las otras partes constantemente afectan el proceso-, se ayuda a la resolución general advirtiendo la especificidad que adquieren los otros problemas en nuestro problema parcial. Por ejemplo: cómo inciden sobre los niños la desnutrición, el ambiente familiar adverso y la indiferencia pública; de qué modo influye la preparación y la calidad de vida del maestro en la actitud de los niños; en qué medida la situación familiar repercute en la escuela y, por su parte, cómo influye la educación desde los primeros años escolares en el ambiente familiar y social. Así, el interés que los padres ponen en los niños que van por primera vez a la escuela, puede representar una actitud nueva y favorable en la vida familiar y social, que ha de ser sostenida, alimentada y reforzada por la escuela; esto repercute

en la interacción de los padres con la escuela, fortifica la relación del medio con el esfuerzo magisterial público e integra a las comunidades en el proceso del desarrollo social general. Pero esto debe ser observado y sostenido constante y sistemáticamente.

El crecimiento de un nuevo sistema educativo tendría que comenzar por lo elemental en todas las etapas de la vida escolar. También el método sistemático dialéctico requiere ajustarse a esta situación concreta y empezar por lo más simple y fundamental, y elevarse mediante análisis y síntesis progresivamente a lo más complejo y diverso. Tal método demanda una comprensión exacta y amplia de sus conceptos y procedimientos, de modo que, por ejemplo, la investigación se refiera a un aspecto medular de los problemas de la educación sin perder de vista los demás aspectos interrelacionados, aspectos que han de tenerse presentes, para que en el momento preciso ayuden a la integración de las explicaciones.

Siguiendo estas indicaciones metodológicas, comenzaré por los elementos fundamentales de la relación esbozada anteriormente: los jóvenes escolares y el material teórico y práctico que se requiere para su adecuada educación científica y tecnológica. (Debemos tener presentes al maestro, la familia, la comunidad, como aspectos esenciales que dejamos entre paréntesis). Así pues, empezando por lo más sencillo y fundamental, observemos la relación de los procesos mentales y musculares con los materiales que les corresponden: Es probable que no exista diferencia, durante los primeros días de la vida, en la temprana experiencia de lo que ocurre en el cerebro infantil y el ambiente en que se halla. La transparencia de la interacción es tal que una percepción y la respuesta muscular son casi indiscernibles. El niño es en-sí uno con el mundo y no es para-sí en la precariedad de su condición biológico-social. Mas para los padres es el centro de una atención continua, que en sociedades en que el niño es prioritario, se extiende considerablemente a través de cuidados médicos y educativos colectivos. En sociedades desorganizadas, frecuentemente y en gran medida, pesa sobre madres solas y pobres, una atención que ha de ser sostenida continuamente, si el niño no ha de perderse en un destino de miseria y cárcel. O resulta que la pobreza de la familia es tanta que la presencia de los padres también es insuficiente. Además del pan, el suministro de materiales que permiten la coordinación y el desarrollo muscular y cerebral es indispensable, porque en esta etapa el sustento biológico, físico y mental se asimilan con mucha celeridad y eficacia. Una sociedad bien organizada requiere de suficiente preparación para ofrecer al niño en esta edad temprana, aquello que ha menester en este sentido; este requerimiento forma parte de la complejidad de los problemas de la educación, los cuales se ramifican por los principales núcleos de la vida social y no pueden atenderse unilateralmente, porque una atención parcial se afecta inmediatamente de las complicaciones que se derivan de la desatención de otras partes.

Por tanto, la atención no ha de limitarse únicamente a los materiales didácticos ni sólo a los educandos. Es necesario cuidar unitariamente los elementos de la "totalidad parcial" que componen este primer núcleo de interés, de modo que los escolares cuenten con los materiales adecuados al desarrollo de un proceso educacional progresivo. La época de la niñez y la juventud es el mejor tiempo de sembrar y crecer, física y espiritualmente, y el tiempo del otro es el que mejor debemos cuidar. En el aspecto de la formación, la dignidad, el saber y el bienestar del maestro redundan en los del estudiante. Al maestro nada de lo humano ha de serle ajeno para entender al ser humano que se encuentra bajo su cuidado. Por esto, la interacción de las ciencias permite a los maestros resolver en conjunto lo que no alcancen en los límites de sus personales conocimientos. Si la escuela reúne la sociedad de maestros y discípulos, se multiplica el efecto multidisciplinario y nada de lo humano

puede ser ajeno a quien aprende de sus compañeros en el proyecto común de la enseñanza.

El criterio para la producción y obtención de los materiales didácticos ha de fundarse en el requerimiento del objeto material de los estudios y el grado de desarrollo mental del niño, cuidando de que no intervengan elementos extraños a esta relación. Situar en lo esencial, despejar el camino, no multiplicar los entes ni las dificultades, aplicar la "navaja de Occam" de modo que no se produzcan obstáculos ni problemas surgidos de circunstancias accidentales. En esto -como en otras cuestiones-, las exigencias materiales objetivas son una buena guía de lo primordial; por ellas, el espíritu cobra fuerza y desarrollo cuando se supera en la lucha por comprender y transformar su mundo natural-social, individual y colectivamente, buscando el bien de todo. Así, es de alta necesidad definir un campo objetivo sobre el cual trabajar unida y concentradamente, empleando los recursos imprescindibles, ajustándose estrictamente a la disciplina que se desprende de la naturaleza del objeto material de los estudios. El objeto material indica, por lo demás, el carácter de los hábitos que deben desarrollar maestros discípulos en pos del conocimiento y la formación. En este apego estricto a lo sustancial ha de frenarse la dificultad de las vanidades jerárquicas y el obstáculo añadido por la inercia y tontería burocráticas, impidiéndoles que perturben el trabajo que se despliega en el aula, los laboratorios y la biblioteca. Las tareas circunstanciales con que se agobia al maestro y las disciplinas innecesarias que recargan al estudiante producen una pérdida de tiempo y esfuerzos, además de constituir un incentivo a la formación de malas relaciones interpersonales. Al respecto, la sabiduría del maestro consiste en dirigir constantemente el esfuerzo del estudiante hacia el dominio de la materia, por más difícil que sea, en la proporción debida. El buen estudiante percibe la justicia del trato que se le da, y aprende a lidiar con la disciplina y el rigor de la materia. El aprecio a los maestros procede del hecho de que trabajan conforme a la dificultad que procede del objeto material de los estudios, y no de rigores burocráticos agregados. Frente a una política educativa disgregante y unilateral, se debe favorecer la disciplina cotidiana del estudio, la cultura mental y corporal del niño y del adolescente ofreciéndoles el tiempo, el espacio y los materiales adecuados al mejor aprovechamiento de ese tiempo, ese espacio y esos materiales, que tienen que ser los mejores posibles. En este sentido, una buena orientación consiste en fundar una adecuada perspectiva de los estudiantes: saber qué necesitan, qué puede esperarse de ellos; luchar por que mejoren sus condiciones personales y sociales, biológicas e intelectuales, de modo que los obstáculos cedan ante la voluntad de la razón que dice que hay que hacer lo que es posible, de la mejor manera, y esto es lo que se debe hacer. Por ejemplo, los cambios que se han dado en la Universidad de Costa Rica respecto a la estructura de los ciclos básicos por áreas de estudios, -sobre todo en ciencias naturales, ingenierías y salud- cumplen consecuentemente con la meta de la Universidad y han constituido, por esto, un cambio sustancial, que ha mejorado la preparación de los jóvenes y la capacidad del sistema universitario. La meta de la formación de hábitos y la obtención de recursos y habilidades apropiados al dominio del conocimiento y la práctica científico-tecnológicos, adecuados a una óptima formación e información contemporánea respecto a los conocimientos y su aplicación, requiere de una atención sostenida y sistemática de las posibilidades artísticas, científicas y gimnásticas de todos los niños. Esta es una meta democrática o no habrá manera de que ingresen a los estudios superiores los hijos talentosos del pueblo en conjunto.

Y para traer a consideración, en este momento, un aspecto esencial puesto entre paréntesis, hay que reflexionar en que de nada servirá planear un desarrollo sostenido del conocimiento científico y tecnológico si, a la vez, no se procura una dignificación de todas las formas de trabajo, desde las que hoy se consideran las más difíciles y calificadas a las más sencillas. Esto -en otras palabras- representa la dignificación de todos los ciudadanos de la República, el cuidado sostenido, sistemático y pleno de la calidad de vida que corresponde a seres humanos que han sabido civilizarse hasta el punto de convivir sin ejército. Y mientras los dineros -que en otras partes se emplean en el desarrollo científico y tecnológico de la guerra y la destrucción- no se encaminen realmente al bienestar de todos, a la disolución de la oligarquía, la ventaja de la abolición del ejército y la construcción de una vida fortalecida por la paz, no alcanzará las metas supremas de la justicia y la libertad. Cabe terminar, pues con la inquietud de que el planeamiento de una enseñanza enfilada al conocimiento y la práctica de la ciencia y la tecnología superiores, fortalecida por el arte, la filosofía y la gimnasia, necesita de toda necesidad, la constitución de una República cada vez más libre y democrática: este es el elemento social, político y económico en que real y verdaderamente pueden fructificar nuestras aspiraciones.

## **NOTAS**

[1] Escuela de Filosofía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.



## 6. INVESTIGACIÓN Y PROSPECTIVA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



### **6.1 LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LA TECNOLOGÍA EN LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA: ALGUNAS IDEAS PARA EL DESARROLLO**

Primo L. Chavarría.[\[1\]](#)

Roberto Hidalgo.[\[2\]](#)

Guillermo Monge.[\[3\]](#)

#### **RESUMEN**

Esta exposición se divide en dos partes. En la primera, se presenta una visión histórica sobre el quehacer científico-tecnológico de la Universidad de Costa Rica, con la intención de comprender mejor la situación específica que en ese ámbito vive la Universidad en el momento actual. En la segunda parte, se relevan algunas ideas sobre las tareas necesarias para emprender nuevas etapas.

#### **I. ASPECTOS HISTÓRICOS**

El desarrollo nacional de las últimas cuatro décadas ha estado íntimamente ligado a la evolución de la Universidad de Costa Rica. Su nacimiento, en 1940, es una de las decisiones estatales de mayor repercusión sobre lo que hoy se puede denominar la capacidad científico-tecnológica nacional. Además, tal hecho fue una de las primeras manifestaciones del proceso de transformación profunda experimentado por esta sociedad.

Según el ex Rector Rodrigo Facio, fue en el decenio de los años 50 cuando la Universidad de Costa Rica comenzó a comportarse de manera unitaria, orgánica y funcional. Entonces, su desempeño empezó a estar enmarcado por una visión comprensiva de los problemas nacionales y por la necesidad de contribuir a sus soluciones desde una perspectiva científica. En estos afanes, se coincidió, muy definidamente, con los propósitos de desarrollo nacional surgidos a partir de la guerra civil de 1948.

La contribución de la Universidad de Costa Rica a la comunidad nacional a lo largo de casi cincuenta años se puede dividir, por su énfasis, en tres momentos claramente distinguibles que se describen a continuación.

### **1. La formación de recursos humanos, aporte principal a la sociedad**

Este primer momento cubre aproximadamente tres decenios de la vida de la Universidad de Costa Rica. En él, el aporte de la Universidad se concentró en la formación de profesionales. La magnitud de lo realizado en este campo queda claramente expresado en el hecho de que en los 28 años que transcurrieron entre la creación de la universidad y el final de los años 60, la población estudiantil creció más de 15 veces y su proporción respecto de la población nacional aumentó de 1.1 por mil a 6.8 por mil.

Si bien en esa época el énfasis estuvo puesto en la formación de profesionales, la investigación ya era parte del quehacer universitario, aunque fue insignificante hasta principios de los años 50. Pero, a mediados de esa década, se dio un paso muy importante con el establecimiento de tres centros de investigación: el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), la Estación Experimental "Fabio Baudrit" y el Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas (IICE).

En los años 60, el interés por el desarrollo de la investigación se fue diseminando por la Universidad. En 1963 se produjo el primer documento generado por profesores en el que se planteaba estimular y organizar la totalidad de la investigación científica de la Universidad de Costa Rica. En los siguientes años fue común encontrar esta idea en los informes de los rectores: se hablaba de la necesidad de hacer funcionar la Comisión Universitaria de Investigación (CUNI), que había sido formalmente creada en 1964.

Es importante agregar que en el primer quinquenio de los años 60, la Universidad de Costa Rica comenzó a nombrar a los profesores por tiempo completo y medio tiempo. Esta nueva situación laboral permitió una elevación del compromiso de los docentes con las actividades universitarias, incluida la investigación.

Se puede asegurar que la modernización del Estado costarricense, la tecnificación del agro, y los avances excepcionales en los campos de la educación, la salud, la electrificación y las telecomunicaciones, han tenido un soporte fundamental en el trabajo realizado por la Universidad de Costa Rica.

La magnitud del aporte universitario excede en muchos sentidos el ámbito de lo estrictamente científico-tecnológico. Ejemplo de ello es que el sistema político costarricense se ha nutrido profusamente de profesionales formados en la Universidad de Costa Rica: el 36% de los ministros que han ejercido entre 1948 y 1974 y el 45% de los diputados del mismo período estudiaron en esta institución.

### **2. La investigación eleva su importancia social**

El segundo momento corresponde aproximadamente al decenio de los años 70. La investigación en la Universidad de Costa Rica elevó su importancia social y dejó de ser una tarea marginal, a la que sólo se dedicaban pocas personas y aun menos grupos organizados. En esa etapa, en sólo 9 años -de 1971 a 1979- se formaron 11 centros de investigación en áreas directamente ligadas a la producción

o los servicios.

Ese fue un lapso en el que la actividad de los profesores universitarios experimentó una transformación: se comenzó a pasar de un quehacer dirigido de forma exclusiva a los requerimientos docentes, hacia una labor que incorporaba paulatinamente las actividades de investigación. El auge de la investigación se manifestó no sólo en los centros dedicados a esa actividad, sino también en las unidades académicas que antes sólo se ocupaban de la docencia. A finales de la década de los 70, entre un 60% y un 70% de la investigación del país se hacía en la Universidad de Costa Rica, y la gran mayoría de dicha investigación se ocupaba de problemas estrictamente nacionales.

Es necesario precisar algunos factores contextuales que hicieron posible tal florecimiento de la investigación en la Universidad de Costa Rica. Los hay de origen endógeno y exógeno.

Entre los factores endógenos, se debe considerar el desarrollo natural de la institución que permitió la cristalización de los esfuerzos acumulados en varios sentidos:

- (i) más de quince años de experiencia en investigación;
- (ii) el establecimiento de nuevos programas docentes;
- (iii) el conocimiento adquirido por los profesores que regresaban después de efectuar estudios de postgrado en el extranjero, becados por la propia universidad, mediante un extenso programa ejecutado como mecanismo central del proceso de mejoramiento académico; y,
- (iv) los efectos innovadores en cuanto al ligamen universidad-sociedad emanados del Tercer Congreso Universitario de la Universidad de Costa Rica.

Y entre los factores de origen exógeno, se deben citar los siguientes:

- (i) el apoyo estatal desde varias décadas atrás al desarrollo universitario;
- (ii) el efecto retributivo sobre la Universidad de Costa Rica de profesionales formados en ella que se incorporaban al quehacer técnico o político del Estado;
- (iii) el aporte específico del CONICIT en cuanto al financiamiento de becas de posgrado e investigación; y,
- (iv) el auge de la cooperación técnica internacional en el mundo, de la que la Universidad de Costa Rica empezó a recibir ayuda notoriamente en el decenio de los 60.

La evolución universitaria de la década de los años 70, se dio en el contexto de una intensa discusión política nacional, sobre el papel de las universidades en las tareas del desarrollo. Además, en este lapso el tema de la ciencia y la tecnología cobró el significado que antes no tuvo. Esto se manifestó tanto en la creación de nuevas universidades -una de ellas dedicada exclusivamente a lo tecnológico-, como en el fortalecimiento de la infraestructura institucional orientada a lo científico tecnológico, ejemplo de lo cual fue la fundación del CONICIT.

### **3. Transición hacia nuevas formas de vinculación universitaria con la sociedad**

Este tercer momento comprende los años 80. En él la vida universitaria se ve profundamente marcada por la crisis estructural que ha experimentado Costa Rica, crisis que evidencia el agotamiento del estilo de desarrollo vigente durante los últimos decenios.

Así, la educación superior estatal costarricense ha experimentado las repercusiones de la situación económica prevaleciente. El presupuesto universitario cada vez ha venido siendo más escaso en términos reales, en relación con los gastos de operación y, sobre todo, con los requerimientos de inversión que su desarrollo natural demanda. La Universidad de Costa Rica se ha visto compelida a revisar su funcionamiento global, tratando de aumentar la eficiencia del uso de sus ingresos.

El incremento de las labores de investigación que se dio en la década de los años 70 se vio frenado abruptamente por la crisis a partir de 1979. De los 11 centros de investigación en áreas ligadas a la producción y los servicios, que se crearon en este lapso, 7 debieron de enfrentar los efectos de la crisis cuando más a tres años de su fundación. En estas circunstancias, los centros necesariamente han visto restringido su horizonte de desarrollo, justo en el momento en que la mayoría de ellos estaba haciendo los esfuerzos iniciales por consolidar un espacio de acción básico.

La crisis no solamente ha traído nuevas limitaciones para el crecimiento de la Universidad de Costa Rica. Del fuerte proceso de reacomodo y transformación al que, como producto de ella, la sociedad se está viendo forzada, están surgiendo también posibilidades antes desconocidas para el desarrollo universitario en general y para el de la investigación en particular.

Estas posibilidades son manifestación de una peculiar conjunción de factores, que se da en la actualidad, y que conviene mencionar:

i) El crecimiento natural de los centros de investigación aumentó su capacidad de oferta de bienes y servicios tecnológicos.

ii) Los esfuerzos por modernizar y diversificar la estructura productiva, y por elevar la eficiencia del aparato estatal, que se han dado en el marco de la crisis económica nacional, han conducido a un aumento de la demanda tecnológica.

iii) El agravamiento de la situación financiera universitaria, provocado por la crisis, ha incrementado la valoración, en la Universidad de Costa Rica, de la venta de servicios y bienes de alto contenido tecnológico, como una sana fuente de ingresos.

iv) El efecto positivo que la crisis ha tenido sobre la conciencia universitaria, al estimular en ella una mayor valoración de la necesidad social, de cara al desarrollo futuro, de la transferencia tecnológica en general, y de la venta de bienes y servicios en particular.

v) Ha crecido en el pensamiento de los investigadores y de las autoridades de la Universidad de Costa Rica, la convicción de que el desarrollo de los centros se logra mejor mediante el fortalecimiento de una vinculación con la estructura productiva a través de la transferencia tecnológica.

Todos estos factores han traído como consecuencia que, a lo largo de los años 80 y en la actualidad, la investigación universitaria ha tendido a estar más que nunca antes, ligada a los problemas nacionales, al acontecer productivo, y por ende, a la transferencia remunerada o no de tecnología

hacia todos los sectores de la sociedad.

En esta etapa, independientemente de si han existido las condiciones institucionales más adecuadas para tal apertura universitaria, ésta ha sido una realidad que crece día con día. Así se tiene que la mayoría de los centros de investigación prestan servicios tecnológicos al país y muchos están por ampliar sus instalaciones para incrementar estos aportes. Véanse algunos datos que permiten ilustrar esta tendencia de la Universidad de Costa Rica.

En una investigación realizada en 1987 por el IICE, que consideró 14 centros de investigación, se estableció que 10 de ellos atendían una demanda tecnológica valorada como "regular" y "alta" localizada en las instituciones estatales y que 12 de los 14 respondían a demandas con intensidades valoradas en las categorías citadas, que procedían de la empresa privada. Por otra parte, el estudio constató que los proyectos de investigación de la Universidad estaban predominantemente motivados por el deseo de resolver problemas tecnológicos de diversos sectores sociales o empresariales. En 10 de los 14 centros esta motivación era calificada como "muy frecuente".

Además, desde el punto de vista institucional, la Universidad de Costa Rica ha dado pasos aislados pero valiosos que han ido definiendo cada vez mejor esta nueva línea de aporte y vinculación de la Universidad con la sociedad. Ejemplo de ello son las empresas auxiliares y las fundaciones creadas en los últimos años, y la recién establecida Unidad de Transferencia Tecnológica.

Hay que reconocer que en la evolución del último quinquenio de la Universidad de Costa Rica, en lo que se refiere a las nuevas formas de relación de ella con la comunidad nacional, se puede atribuir lo sucedido más a la evolución particular de los centros de investigación y a los efectos de la crisis, y con ello al inevitable proceso de recomposición social e institucional que ha vivido el país, que a una prefiguración y orientación conscientes del quehacer universitario. Lo que la Universidad de Costa Rica ha efectuado en este período de transición ha sido posible, en lo fundamental, por su histórico y creciente ligamen con la realidad costarricense.

Los tiempos actuales son para Costa Rica especialmente difíciles. La crisis de los años 80 ha evidenciado que no es factible que el país continúe la vieja etapa de crecimiento con bienestar, iniciada en la década de los 50, ya que los factores que incidieron en dicho proceso han desaparecido del escenario nacional.

Abrir una nueva etapa de crecimiento con bienestar es un imperativo social, y es una empresa en la que la Universidad de Costa Rica tiene un papel sin precedentes que jugar. Es necesario remozar el "rol" protagónico y lúcido que ha jugado ésta en la vida del país. Para ello, primero es esencial reafirmar los aportes de siempre a la sociedad: la formación de recursos humanos profesionales y el análisis riguroso y los planteamientos resolutivos de los grandes temas de la realidad. Y segundo, se le debe asignar a la investigación científica y tecnológica un rango institucional que nunca antes ha tenido, sin el cual parece en extremo difícil que la capacidad tecnológica que se concentra en los centros de investigación de la Universidad de Costa Rica se pueda traducir en un factor primario de desarrollo económico, y en un medio de mejoramiento de la calidad de vida de los costarricenses.

En momentos de incertidumbre nacional acerca de cómo será el futuro del país, la Universidad de Costa Rica debe retomar lo mejor de su pensamiento para iluminar su camino. En palabras del ex Rector Carlos Monge Alfaro, "no se puede concebir una universidad fuera del tiempo histórico, está ubicada en el epicentro de los acontecimientos...".

En este afán por responder a la realidad, la Universidad de Costa Rica se aboca a la realización del V Congreso Universitario, en el que se espera debatir sobre sus tareas futuras. En esa oportunidad se buscará dar los pasos necesarios para aproximarnos a lo que debe ser un modelo de desarrollo de la investigación en la Universidad de Costa Rica.

No obstante, ahora conviene presentar algunos de los asuntos centrales que hay que discutir y enfrentar para caminar en esta nueva dirección.

## **II. ALGUNAS IDEAS PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN EN EL FUTURO DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

Las ideas que se explicarán seguidamente se apoyan en una premisa: el dilema surgido en los círculos intelectuales latinoamericanos y que desde la década pasada encuentran arraigo en algunos núcleos universitarios costarricenses, en el sentido de que el incremento de la vinculación universidad-producción mediante la investigación y desarrollo experimental (IDE), y por ende la transferencia remunerada de tecnología, supone romper estructuralmente con el "rol" histórico de la universidad, es para el caso de la Universidad de Costa Rica un dilema falso. La relación que, desde su origen, ha mantenido la Universidad de Costa Rica con la comunidad nacional le ha permitido a ésta evolucionar gradualmente sin poner en entredicho su naturaleza esencial. Por el contrario, este proceso ha permitido que el surgimiento de nuevas formas de vinculación con la sociedad no pasen por el problema de enfrentar la disyuntiva entre una universidad "torre de marfil" y una universidad "fábrica", y menos por resquebrajar su autonomía.

Teniendo por contexto lo antes dicho, pasamos a exponer seis ideas que consideramos muy importantes:

1: El fortalecimiento de la IDE como vehículo para elevar la transferencia tecnológica hacia la sociedad es una línea de acción que posibilita enriquecer las otras actividades tradicionales de la Universidad de Costa Rica: la investigación básica, la acción social y la docencia.

2: La profundización de la participación de la comunidad universitaria en el desarrollo tecnológico nacional requiere la introducción intensa y equilibrada de la gestión tecnológica. Dos campos donde se necesita hacer avances son: la administración de la tecnología en los mismos centros de investigación; y la enseñanza de la gestión tecnológica en las carreras técnicas directamente ligadas a la producción.

3: Las nuevas incursiones de la Universidad de Costa Rica en lo científico-tecnológico precisan de una transformación del régimen de carrera académica, con el fin de ampliar la cobertura de los incentivos a tareas hasta ahora no consideradas por éste, como son el desarrollo de tecnología, la transferencia tecnológica y los trabajos intelectuales que generan aportes al desarrollo nacional pero que no consisten en investigaciones, si se consideran en sentido estricto.

4: El éxito de las contribuciones científico-tecnológicas de la Universidad de Costa Rica al país depende, en una medida significativa, de su capacidad para ligar las ciencias naturales con las ciencias sociales en proyectos específicos. Por ejemplo, tal vínculo es crucial para la transferencia tecnológica a la producción.

5: Las crónicas restricciones financieras del Estado costarricense imponen serias limitaciones para el desarrollo del quehacer científico--tecnológico de la Universidad de Costa Rica. Por esta razón, resulta indispensable para los centros de investigación el fortalecimiento de la base financiera de esas actividades mediante la consecución de recursos sanos adicionales, sean de procedencia nacional o extranjera. Nos referimos principalmente a los ingresos por venta de bienes y servicios tecnológicos y a la cooperación técnica internacional.

6: El futuro del país se vería muy beneficiado si la Universidad de Costa Rica logra constituirse en un reservorio científico-tecnológico en las áreas del conocimiento que actualmente están determinando la transformación de la estructura socio-económica mundial. En las vigentes circunstancias financieras, el cumplimiento de tal propósito sólo es imaginable si la Universidad de Costa Rica se aboca al establecimiento de prioridades en el uso de sus recursos.

## **NOTAS**

[1] Vicerrector de Investigación; Universidad de Costa Rica. San José, C.R.

[2] Investigador del Programa sobre Tecnología y Desarrollo del Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas. San José, C.R.

[3] Investigador del Programa sobre Tecnología y Desarrollo del Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas. San José, C.R.



## **6.2 "LA PIRÁMIDE INVERTIDA DEL PODER POLÍTICO" Y LAS POLÍTICAS IMPLÍCITAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Eduardo Doryan Garrón.[\[1\]](#)

### **RESUMEN**

*En este trabajo se resaltan los pecados originales presentes en las políticas de ciencia y tecnología en la América Latina de las últimas décadas, que fueron reafirmados en el principal evento internacional en la materia: la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, celebrada en Viena en 1979. El núcleo innovador del trabajo es el rescate del llamado "Triángulo de Sábado" de relaciones entre el gobierno, el sector productivo y la infraestructura científico-tecnológica y, para ello, se introduce el concepto de "La Pirámide Invertida del Poder Político", cuyo propósito conceptual es resaltar la necesidad de insertar a la ciencia y a la tecnología en la política económico-social.*

Hace una década, en agosto de 1979 los representantes de una abrumadora mayoría de los países del planeta se reunieron en Viena para celebrar la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CNUCTD) de la cual salió el Programa de Acción Viena (P.A.V.). Diez años después las expectativas que dieron origen a ese cónclave no fueron satisfechas y los problemas que pretendió superar siguen presentes. Este trabajo analiza las concepciones erróneas presentes en aquella oportunidad, los problemas recurrentes en la concepción sobre la política científico-tecnológica que priva aún en la América Latina y propone un enfoque (la Pirámide Invertida) para insertar la política científico-tecnológica en las políticas económico-sociales.



## **I. - LOS PECADOS ORIGINALES DE LA CONFERENCIA DE VIENA Y DEL PROGRAMA DE ACCIÓN VIENA**

"La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CNUCTD) se celebra en un momento crítico en la evolución de la situación económica mundial y las relaciones económicas internacionales, caracterizado por una serie de crisis de la economía mundial que provocan, en particular, un nuevo deterioro de la situación de los países en desarrollo". (ONU, 1980; pp1). Estas son las primeras frases con que se inicia el Programa de Acción Viena (P.A.V.) y que marcan el telón de fondo de esa memorable Conferencia. La preparación de la Conferencia se da entre dos contrastantes elementos: por un lado, el optimismo que durante los setenta prevalecía aún acerca de la viabilidad de un Nuevo Orden Económico Internacional (NOEI) y, por otro lado, el pesimismo prevaleciente ante los cambios -aún no claramente caracterizados- que se estaban produciendo en la estructura de la producción, el comercio y la economía internacional. Así como en el corto plazo el NOEI sucumbe ante el período de recesión mundial de principios de los ochentas, el pesimismo se profundiza con las segundas alzas del petróleo, las altas tasas de interés en los mercados financieros y el peso de la deuda externa sobre las economías en desarrollo. Además, aunque el panorama del NOEI era la suma de medidas de largo plazo, el P.A.V. se centró en medidas de corto y mediano plazo divorciándose desde un inicio una reivindicación de la otra. La Conferencia de Viena tuvo, por estar inmersa en ese contexto, algunos rasgos primigenios muy particulares que le marcaron unos límites muy precisos y estrechos.

1) Aunque el P.A.V. sintetizó el pensamiento elaborado en los sesentas y setentas acerca del desarrollo científico y tecnológico endógeno, el fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica y los mecanismos de cooperación internacional, sus sugerencias están circunscritas a una política de la ciencia y la tecnología con pocas vinculaciones con la política económica prevaleciente en los países en desarrollo y con la economía política internacional.

2) El P.A.V., es un excelente resumen de las políticas y acciones necesarias para las condiciones heredadas de las dos décadas anteriores, pero no tomó en cuenta el impacto de largo plazo y de persistente duración de las transformaciones que empezaban a aflorar al final de los setentas y con plena fuerza en la década presente.

Estos puntos son quizás el hilo conductor para entender las limitaciones originales del P.A.V. Como lo sintetiza Sagasti:

"Esto fue el resultado de la preocupación con los pasos y acciones inmediatas concretas para movilizar la ciencia y la tecnología al servicio de los objetivos del desarrollo; de las dificultades inherentes y las incertidumbres asociadas con el tratamiento de las cuestiones de largo plazo en ciencia y tecnología; y con la ausencia relativa de conocimientos acerca de las interacciones complejas y de largo plazo entre los avances de la ciencia y la tecnología y la situación socio-económica y política de los países desarrollados y en desarrollo" (Sagasti, 1985:2).

Los dos rasgos primigenios mostrados van a ser caracterizados con mayor cuidado.

1.- Desvinculación de la política de la ciencia y la tecnología con respecto a las políticas de desarrollo:

Ya sea que se hablara de la política para la ciencia, que se discutió en la región al final de los cincuentas y que veía la ciencia como panacea para el desarrollo, o de política de la ciencia, que se planteó al final de los sesentas y que se centró en la aplicación y utilización de la ciencia, lo cierto del caso es que la ciencia y la tecnología han andado muy lejos de las políticas de desarrollo económico y social.

Ya desde principios de la década de los setentas Jorge Sábato recordaba un trabajo de Osvaldo Sunkel (Sábato, 1975:53) donde éste afirmaba que el problema del desarrollo científico-tecnológico es bastante más complicado que la simple creación de la carrera de investigador y de condiciones salariales adecuadas, del establecimiento de algunos laboratorios en las universidades o fuera de ellas, de la dotación de recursos para la investigación, etc.. Esta concepción de la política de ciencia y tecnología, centrada en la ciencia y la tecnología, es resultado de causas históricas de las cuales la realidad científico-técnica de la América Latina es consecuencia.

El legado ibérico fuertemente orientado a desvincular al mundo de las ideas, incluyendo a la ciencia, del mundo de la producción, es quizás la raíz primaria de la concepción simplista, aún hoy prevaleciente acerca de la ciencia y la tecnología, Helio Jaguaribe resume esta tradición histórica de la siguiente manera:

"La América Latina, en su período colonial, no marchó al compás de la ciencia y la tecnología de la Edad Moderna, porque a ello se oponían las características de la cultura ibérica, enclaustrada en una ortodoxia tradicionalista y medievalizante. Además, las sociedades latinoamericanas de los siglos XVI a XVII tenían muy pocas demandas habituales de suministros científico-tecnológicos.

El impacto de la ilustración en la cultura ibérica, tanto metropolitana como colonial, superó los principales obstáculos culturales previos para la incorporación de la ciencia moderna, pero las necesidades tecnológicas habituales de América Latina en el siglo XIX y el primer tercio del siglo XX, se mantendrán en un nivel modesto, en relación con la época. Después de la crisis de 1930, y como resultado del proceso de industrialización por substitución de importaciones, los países latinoamericanos comenzaron a requerir suministros científico-tecnológicos, cada vez más semejantes a los de los países desarrollados del mundo. Para satisfacer precisamente esa demanda, tuvieron que importar la totalidad de esos suministros, porque la inesperada aparición de esa demanda no les había dado previamente condiciones socioeconómicas para la producción científico-tecnológica propia. En la oportunidad, sin embargo, en que aparecen estas condiciones, la transferencia de control de las principales industrias de los países latinoamericanos a las superempresas extranjeras, especialmente de los Estado Unidos, vuelve nuevamente a transferir hacia el exterior -y ahora en términos que podrán llegar a ser irreversibles- las facilidades y los estímulos necesarios para la producción por la América Latina misma, de los suministros científico tecnológicos destinados a atender a su demanda habitual"(Jaguaribe, 1971).

Esta tradición histórica y su reforzamiento con un estilo de desarrollo económico que no requería de ciencia y tecnología endógena, explica también por qué en América Latina a diferencia de los países de nueva industrialización, los organismos nacionales de ciencia y tecnología (ONCYT) surgen como islas aparte de los entes públicos y privados vinculados al sector económico. En el

Japón de la postguerra y en Corea de finales de los sesentas, los ONCYT son elementos centrales, en un caso de la estructura del MITI Japonés y en el otro de la planificación y política económica e industrial de Corea.

Por eso la tendencia al desarrollo de una política de la ciencia y tecnología enclaustrada en sí misma y la estructura institucional correspondiente que se creó para ello tal como los CONICIT, es uno de los pecados originales de la ciencia y tecnología latinoamericana que el propio P.A.V. vino a reforzar y no a desmitificar, al poner un énfasis extremo en incrementar la infraestructura científico-tecnológica sin la correspondiente preocupación por su función dentro de la política económica y social en cada país. Esta concepción puso énfasis sólo en la oferta de ciencia y tecnología pero no en la demanda de ésta por parte de la sociedad. Asumía esta política ofertista una automaticidad consistente en que la formación de recursos humanos y el fortalecimiento de la infraestructura científica conduciría al desarrollo tecnológico y finalmente a su vinculación con la producción. La realidad mostró que ese automatismo no se dio nunca.

2.- La década que el P.A.V. no vio llegar: Desvinculación de los cambios en la economía mundial.

Llamémosla o no la Tercera Revolución Industrial o el V Ciclo de Kondratieff, lo cierto es que la Conferencia de Viena planteó sus propuestas muy alejadas de esos cambios centrales de la economía y producción mundiales.

El cambio técnico es un elemento central del sistema económico. Los estudios de los últimos años sistematizados en 1956 y 1957 por Robert Solow, Premio Nobel de Economía en 1987, precisamente por sus aportes acerca de los factores del desarrollo, han concluido en que el progreso técnico es el factor preponderante del crecimiento económico de los países industrializados y muy superior a los factores clásicos del capital y del trabajo.

En períodos de crecimiento normal de la producción, los cambios incrementales son constantemente introducidos en productos y procesos; además, también se dan cambios radicales que pueden sustituir un producto por otro o crear nuevas industrias. En las décadas previas a la Conferencia de Viena, se encuentran innumerables ejemplos de cambios incrementales y radicales que afectaron la forma de vida, las estructuras de producción y las prácticas de trabajo en la fábrica. Sin embargo el fenómeno que se acrisola durante la década de los setentas muestra una realidad más compleja.

Son por ello de interés los aportes que varios investigadores latinoamericanos, como Carlota Pérez (1985) están haciendo en un esfuerzo por unificar el estudio de lo que los economistas han llamado las ondas o ciclos de Kondratieff (períodos de sesenta años de auge económico seguidos de estancamiento), con las grandes revoluciones tecnológicas. En esta perspectiva, durante el primer ciclo de Kondratieff al inicio de la Revolución Industrial Inglesa, el factor clave recayó sobre la mano de obra barata. A principios del siglo XIX, el segundo ciclo fue posible por el carbón y el transporte a vapor baratos. En el tercer ciclo, que forma el final del siglo XIX y principios del XX, es el acero barato el factor clave y, finalmente, en los últimos sesenta años son el petróleo, la industria petroquímica y los materiales intensivos en energía lo que le da su carácter al cuarto ciclo de Kondratieff.

En su momento, la oferta de cada factor clave era percibida como prácticamente ilimitada, con una aplicación en infinidad de áreas (potencial de ubicuidad), y con una capacidad de desarrollar un conjunto de innovaciones interrelacionadas para reducir los costos del capital, el trabajo y los productos, De ahí su papel central, con el cual para usar un término acuñado por Thomas S. Kuhn, se convertían en el paradigma técnico-económico y político de su respectiva época.

Ahora se está en la transición de ese cuarto ciclo a un nuevo ciclo asociado a tecnologías de gran dinamismo como la microelectrónica y la biotecnología. Sin embargo, la característica central de la transición es que existe una falta de armonía entre el marco socio-institucional y los requerimientos de la onda de cambios técnicos que está conformando la esfera económica. Las décadas de alto crecimiento previas a la Conferencia de Viena mostraron una alta coherencia entre las dos esferas, la década presente por el contrario muestran el rezago entre el marco institucional arrastrado del ciclo anterior y el alto potencial de las nuevas tecnologías que apuntan al nuevo ciclo (Pérez y Vivas, 1988).

El potencial de este cambio tecno-económico que está transformando el aparato productivo consta de dos grandes componentes (Pérez, 1988).

1.- Las tecnologías de la información basadas en la microelectrónica (computación, telecomunicación digital y control electrónico de equipos y procesos industriales), desarrollados inicialmente en Estados Unidos y;

2.- Un nuevo modelo gerencial y organizativo basado en conceptos de máxima flexibilidad y agilidad de respuesta, mínimo inventario y cero defectos, desarrollado originalmente en Japón.

El elemento básico de esta transformación es el cambio organizativo. Sin embargo, este cambio que podríamos llamar en las tecnologías suaves (de organización) así como en las tecnologías duras (microelectrónica) requiere una modificación institucional a nivel mundial como lo fueron para el ciclo anterior el GATT, Bretton Woods, el Banco Mundial, el Fondo Monetario y la Conferencia de Viena y a nivel nacional tal como los CONICIT, y las Academias de Ciencias lo fueron antes.

La ciencia y la tecnología del IV Ciclo es distinta de la ciencia y tecnología durante la transición al V Ciclo. Durante el IV Ciclo, la competitividad se ligaba directamente a las llamadas ventajas comparativas. Esto equivalía a promover aquellas actividades en cualquier país en que sus costos y precios relativos fueran más baratos que en el resto del mundo. En las actuales circunstancias los determinantes de las tradicionales ventajas comparativas, y por lo tanto, de la división internacional del trabajo están siendo modificados tanto por las nuevas tecnologías como por el cambio organizativo de la producción. Esto está creando todo un nuevo juego de procesos y encadenamientos y por ello ahora el nuevo concepto se ha llamado competitividad estructural (OECD, 1986).

En el contexto de esta competitividad estructural, para las empresas (y para los países como un todo), los resultados dependen de la calidad de la administración, la capacidad de la estructura económica determinada por procesos acumulados, y el eslabonamiento entre nuevos y viejos sectores económicos. La acumulación de tecnología y lo organizacional son dimensiones claves del proceso productivo. Inversiones y tecnologías organizacionales son las dos caras de una misma moneda.

Así, la competitividad en los mercados internacionales no se limita únicamente a precios, lo relevante será la calidad, tiempo de entrega, servicio al cliente y especialmente el adaptarse a las necesidades del usuario. La industria, la manufactura, se asemeja cada vez más a los servicios.

El segundo pecado original del P.A.V. fue entonces que no se vislumbró que se estaba llegando al final del ciclo tecno-económico anterior y así sus recomendaciones correspondieron más a los requerimientos de ese período que a la transición presente. En ciencia y tecnología el P.A.V. vió pasar una década cuyas recomendaciones se quedaron ancladas en los años setentas y reprodujeron los problemas centrales de la política científico-tecnológica en la América Latina.

## II.- LOS PROBLEMAS CENTRALES EN LA CONCEPCION DE LA POLITICA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE.

La política científica y tecnológica ha contribuido a ampliar la brecha entre dos concepciones erróneas. Por un lado, los científicos e incluso los ONCYT más tradicionales consideran que lo central es desarrollar la infraestructura científica y tecnológica y minimizan los aspectos de innovación tecnológica. Por el otro lado, los economistas y los empresarios tienen como su preocupación central en este campo el aumentar los insumos técnicos en la producción. Se da entonces un énfasis en la importación de la tecnología, en la compra de la tecnología que necesitan hoy y desde su propia perspectiva, sin una preocupación por el desarrollo tecnológico nacional de largo plazo. Máximo Halty (1971) era tajante al afirmar que esas no son alternativas excluyentes, sino más bien enfoques complementarios que deben ser llevados a la práctica en forma paralela para reforzarse mutuamente. Esta sugerencia de Halty sigue siendo correcta hoy día.

Otra característica del estilo de hacer política de ciencia y tecnología en América Latina fue puesto en la discusión por Jorge Sábato, el eminente físico nuclear argentino (1972), y es que en la América Latina no se entiende que no es lo mismo producir conocimiento científico e incluso técnico que manufacturar tecnología. Así como la producción de mercancías se realiza en fábricas o talleres asimismo ocurre con la tecnología. Estas fábricas o talleres de tecnologías son los centros de desarrollo. Para Sábato son verdaderas fábricas y así deberían llamarse para evitar confusiones porque su objetivo es producir una mercancía: tecnología.

Al no entender esto, los encargados de la política de ciencia y tecnología han aislado el esfuerzo de la política científica y tecnológica de influir, estimular y participar activamente en la creación y fortalecimiento de por lo menos los talleres (ojalá fábricas) de tecnología.

Un aspecto más relacionado con el anterior es la errónea concepción de que el atraso científico de los países de la América Latina es simplemente resultado de una carencia de científicos y no una consecuencia necesaria de la estructura económica y social. Esta concepción errónea trata de suplir esas carencias sobre el supuesto tácito de que la ciencia es una especie de insumo externo al sistema de producción que, impulsado en forma adecuada puede contribuir a vencer la inercia del atraso del subdesarrollo. Se coloca así a la política de ciencia y tecnología en la periferia de las políticas de producción.

Un corolario de lo anterior es que la mayor parte de la investigación científica guarda entonces muy poca relación con los problemas básicos de la región. La ciencia no se ha abierto espacio para ser necesitada por la sociedad excepto como un elemento accesorio y poco comprendido de la cultura o como un elemento educacional al interior de las universidades. Esto obviamente es necesario pero no suficiente.

Por lo anterior es necesario volver a rescatar un concepto central de Amílcar Herrera (1973), otro pensador latinoamericano que ha visitado Costa Rica en varias ocasiones, acerca de la política científico-tecnológica explícita y la política científica-tecnológica implícita. La primera es la política que podríamos llamar oficial expresada en planes, declaraciones y reglamentos. La segunda es la que realmente determina el papel de la ciencia en la sociedad y expresa la demanda científica y tecnológica de la estructura económica-social del país o si se quiere del proyecto nacional vigente en cada país. El estilo de la política de ciencia y tecnología es tal que el énfasis puesto en la política científico-tecnológica explícita ha impedido lograr influir y consolidar una política implícita orgánica y coherente. Así la ciencia y la tecnología en América Latina sigue estando en la periferia de la periferia.

Estos aspectos del estilo de la política de ciencia y tecnología en América Latina conducen al problema central de esa política. Este problema central está relacionado con el llamado Triángulo de Sábato. Este concepto fue originalmente presentado en una reunión internacional en Bellaggio, Italia, en Julio de 1968 por Jorge Sábato y Natalio Botana. El problema central consiste en que no existe un triángulo en la mayor parte de los países de la América Latina que establezca un sistema global de relaciones entre el gobierno, la infraestructura de ciencia y tecnología y la estructura productiva. (Figura 1)

El rescatar la argumentación de Sábato es hoy más urgente que nunca. No basta con construir una vigorosa infraestructura científico-tecnológica para asegurar que un país será capaz de incorporar la ciencia y la tecnología a su proceso de desarrollo. Es necesario transferir a la realidad los resultados de la investigación, acoplar si se quiere esa infraestructura a la estructura productiva de la sociedad. Es aquí donde surge como central el concepto de innovación tecnológica como la incorporación del conocimiento -propio o ajeno- con el objeto de generar o modificar un proceso productivo. En la innovación intervienen factores de la estructura económico-financiera, de tradición, del sistema de valores de la sociedad, los mecanismos de comercialización, etc..

En resumen la innovación tecnológica es el proceso de conjugar oportunidades técnicas con necesidades de producción o de mercado, mediante la integración y aplicación de un paquete tecnológico, que introduce o modifica actividades de valor, productos, servicios y procesos de manufactura en el sector productivo, con su consecuente comercialización. La innovación integra los procesos de asimilación y adaptación de tecnología y se realiza por lo tanto con conocimientos propios, ajenos o ambos.

En el subdesarrollo una serie de obstáculos se erigen contra la innovación:

- a) Socio-culturales (actitudes rutinarias, falta de creatividad del empresario, temor al cambio).
- b) Económicas (mecanismos rígidos de comercialización, mercados monopolizados o altamente protegidos, estructuras artificiales de precios y de costos, etc.)
- c) Financieros (escasez de capitales, debilidad de capital de riesgo, etc.)
- d) Políticos (política industrial, fiscal, monetaria)
- e) Científicos (relativa debilidad de la infraestructura científico-tecnológica).

Para poder innovar se requiere entonces de un elemento político, de una acción gubernamental consciente. En palabras de Sábato:

"Enfocada como un proceso político consciente, la acción de insertar la ciencia y la tecnología en la trama misma del desarrollo significa saber dónde y cómo innovar. La experiencia histórica demuestra que este proceso político constituye el resultado de la acción múltiple y coordinada de tres elementos fundamentales en el desarrollo de las sociedades contemporáneas: el gobierno, la estructura productiva y la infraestructura científico-tecnológica" (Sábato y Botana, 1968), (los subrayados son nuestros).

En síntesis, la política científico-tecnológica en la América Latina se olvidó del carácter político del proceso, se concentró en lo científico y lo tecnológico, y se minimizó a la innovación tecnológica. Finalmente, por lo anterior, no se sentaron las bases necesarias para poder construir reales triángulos de relaciones entre los tres actores centrales: gobierno, estructura productiva e infraestructura científico-tecnológica.

Los organismos nacionales de ciencia y tecnología trabajaron fundamentalmente por establecer una expansión del vértice de infraestructura científico-tecnológica y fortalecer las intra-relaciones en ese vértice: fortalecer la oferta de actividades científico-tecnológicas. Tal es en una frase un balance de lo que ha sucedido con la política científico-tecnológica en la América Latina, su énfasis y donde está anclada. (Figura 2). Por ello se hace necesario un nuevo enfoque.

### III.- LA PIRÁMIDE INVERTIDA Y EL TRIÁNGULO DE SABATO: HACIA UNA POLÍTICA CIENTÍFICA-TECNOLÓGICA CON POSIBILIDADES.

Se requiere un cambio de énfasis en la política de ciencia y tecnología: El cambio de énfasis de construir la infraestructura científico-tecnológica a colocar la tecnología dentro del núcleo de las políticas implícitas. La producción debe jalar a la tecnología y ésta a la ciencia. El esquema tradicional inverso no parece operar en nuestro caso: de ciencia básica no se ha pasado a ciencia aplicada, desarrollo experimental, producción, etc.. Pareciera que de ciencia básica nos quedamos en ciencia básica y de desarrollo experimental nos quedamos en eso y no pasó a más.

Por ello cobra pleno sentido la representación mostrada en la Figura 3 y titulada: La "Pirámide Invertida del poder político" y la inserción en la política implícita de la ciencia y la tecnología.

El argumento es claro: sólo incrementando el nivel de ascenso en el eje del poder político (incidencia en las políticas implícitas) sería posible aumentar las intra e interrelaciones del triángulo de Sábato.

Por ello hay varias conclusiones que se pueden extraer:

a) El objetivo de la política científico-tecnológica no es ya sólo fortalecer el vértice infraestructura científico-tecnológica sino lo esencial es el ascenso en las estructuras de toma de decisiones y en la construcción de un dinámico triángulo de Sábato.

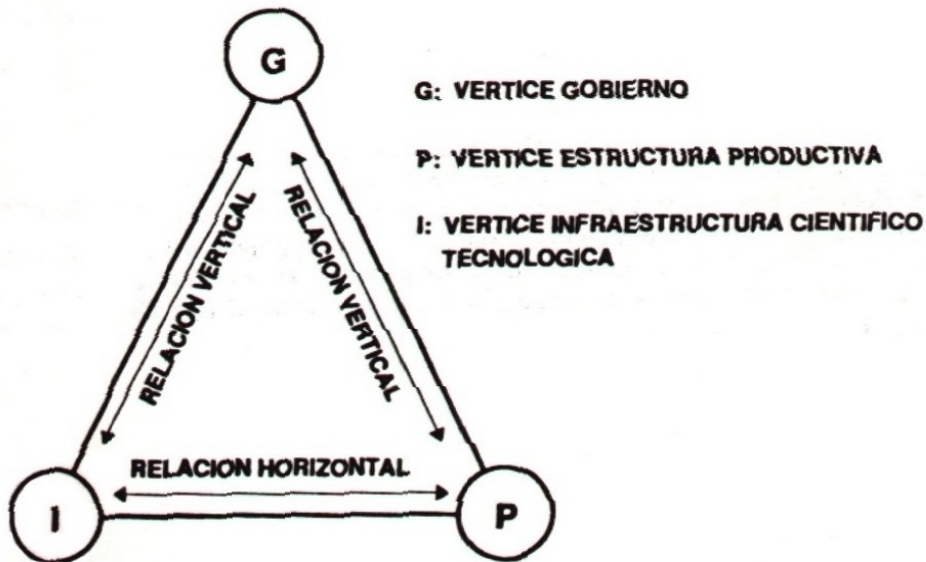
b) La meta es que la ciencia y tecnología se ubiquen y unifiquen en el núcleo de la política implícita en donde se logre un desarrollo nacional sostenido basado en la ciencia y la tecnología.

c) Al ascender en el eje del poder político hay estructuras que facilitan ese proceso y por otra parte existen límites sobre los cuales no es posible avanzar sin un marco institucional apropiado. Los niveles superior 4, 5 y 6 sólo son alcanzables si existen Ministerios de Ciencia y Tecnología o

Ministros rectores con poder de negociación y decisión en ese campo. Los inferiores 2 y 3 son posibles con CONICIT.

d) A corto y mediano plazo el énfasis debe ser mayor en fortalecer las interrelaciones: Gobierno-Sector Productivo y Sector Productivo--Infraestructura de Ciencia y Tecnología; a mediano plazo y largo plazo debe haber énfasis en ir fortaleciendo cada vez más el sector-infraestructura científica. En otras palabras la tecnología debe asegurarse que llegue a las empresas y se facilite su uso (reconversión industrial); a su vez debe incrementarse cada vez más la demanda de tecnología local por parte de las empresas; la tecnología demandará a su vez mayor investigación aplicada y la investigación aplicada mayor investigación básica. Es un proceso inverso que va de tecnología "necesaria" hasta investigación básica (el proceso contrario no ha funcionado). Por eso el verdadero cambio o la "revolución" científico tecnológica en los países de América Latina viene de fuera de los centros que componen la infraestructura científica-tecnológica al incrementarse la demanda interna o interna horizontal.

**FIGURA 1**  
**EL TRIANGULO DE SABATO**





**FIGURA 2**  
**EL TRIANGULO DE SABATO REAL**  
**EN LA AMERICA LATINA**

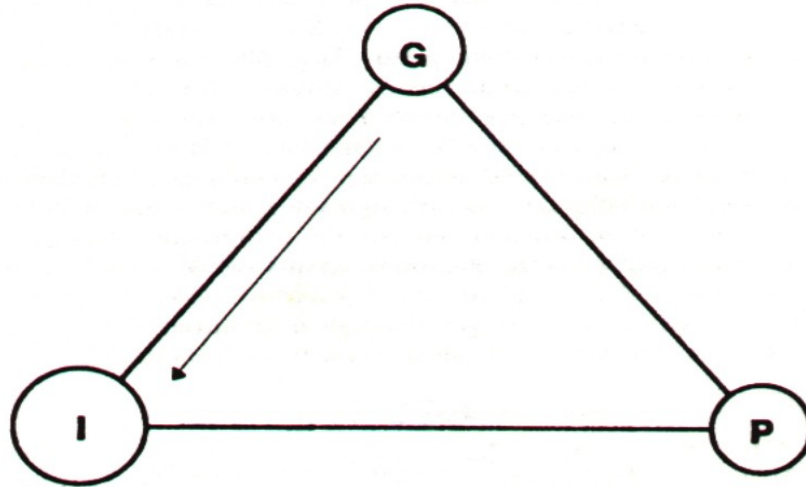
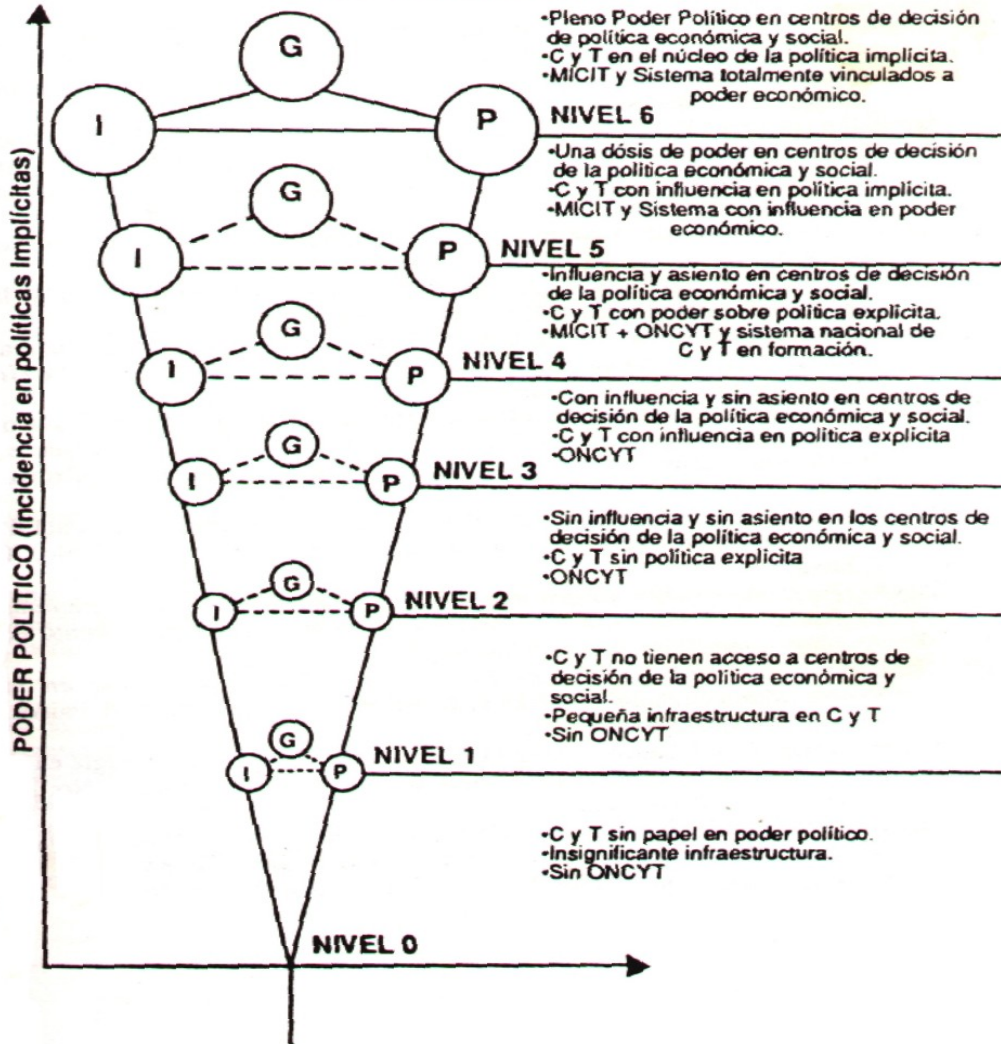


Figura 2

El único vértice cuyas infra-relaciones están más desarrolladas es el de la infraestructura científica. En el vértice-gobierno y el vértice estructura productiva estas intra-relaciones son muy débiles. La única interrelación existente como tal es la relación vertical del vértice-gobierno hacia el vértice Infraestructura C-T a través de la asignación de recursos para becas, laboratorios, proyectos de investigación, etc., típico de los ONCYTS de América Latina.

FIGURA 3

LA PIRAMIDE INVERTIDA DEL PODER POLITICO Y LA INSERCIÓN EN LA POLITICA IMPLICITA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA



## NOTAS

[1] Catedrático; Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Viceministro de Ciencia y Tecnología, 1986 - 1990, Costa Rica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Halty- Carrea, Máximo (1971), Producción, Transferencia y Adaptación de Tecnología Industrial. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Departamento de Asuntos Científicos, OEA, Washington, D.C.
2. Herrera, Amílcar, (1973) "Los determinantes sociales de las políticas científicas en América Latina: Política científica explícita y política científica implícita". Desarrollo Económico, Revista de Ciencias Sociales, No. 49, Vol 13.
3. Jaguaribe, Helio (1971) "¿Por qué no se ha desarrollado la ciencia y América Latina?" en Ciencia y Tecnología en el contexto socio-político de América Latina. (Capítulo II) Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.
4. OECD, 1986, "Science, Technology and Competitiveness", Sti Reviro, No. 1, Otono.
5. ONU (1980), Programa de Acción de Viena sobre la Ciencia y la Tecnología para el Desarrollo. ONU, Nueva York.
6. Pérez, Carlota (1985), "Microelectrónica, Long Waves and World Structural Change: New Perspectives for Developing Countries". World Development . Vol. 13, No. 3.
7. Pérez, Carlota (1988), "The Institutional Implications of the Present Wave of Technical Change for Developing Countries", Trabajo presentado en World Bank Seminar on Technology and Long-Term Economic Growth Prospects
8. Rodríguez, Enio (1988), "El Ajuste Estructural y el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología", Prociencia, Conicit, San José, Año XII, No. 70 (Marzo).
9. Sábato, Jorge A. (1972), Empresas y Fábricas de Tecnología, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Departamento de Asuntos Científicos, OEA, Washington.
10. Sábato, Jorge. (Ed. 1975), El Pensamiento Latinoamericano en la Problemática Ciencia-Tecnología-Desarrollo-Dependencia, Ed. Paidós. Buenos Aires, Argentina.
11. Sábato, Jorge A. y Natalio Botana (1968), "La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina" Revista de la Integración, No. 23, Buenos Aires, (Noviembre).
12. Sagasti, Francisco (1985), Crisis, Knowledge and Development: a Review of Long-Term Perspectives on Science and Technology for Development, Grade, Lima-Perú, Second Printing, November.



### **6.3 NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA UNIVERSITARIA**

Julio F. Mata Segreda.[\[1\]](#)

#### **RESUMEN**

*Los científicos industriales y del sector gubernamental se dedican a una ciencia, de diferente naturaleza a la que practican los científicos académicos; a pesar de que ambos hacen uso de las mismas metodologías.*

*Los primeros persiguen fines de largo y corto plazo que son la respuesta a necesidades de conocimiento básico, que luego se transformará en tecnología o servicios.*

*Los académicos hacen una ciencia, que también puede ser usada para crear tecnología, pero que ante todo es una actividad docente.*

*Se discute el peligro que se deriva de no observar el criterio magisterial de la investigación científica universitaria.*

La palabra griega moderna para universidad es ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ, o sea todo el conocimiento.

Esto concuerda con el hecho de que la institución universitaria es un ambiente, más que un órgano social; en donde se tiene como fines principales la transmisión, difusión y creación del conocimiento en todas las áreas de la actividad intelectual humana.

La investigación científica en la universidad es entonces una actividad que no tiene fronteras. Esta no ofrece respuestas únicamente a preguntas de los intereses específicos a los fines de lucro o servicio de una empresa, sino que incluye por igual tanto al estudio de problemas científicos fundamentales, como también a aquellas propuestas que podrían ser planteadas para la obtención de conocimiento básico, necesario para luego dar lugar al desarrollo de tecnologías. Se hace necesario, entonces, definir el concepto de tecnología como el conocimiento organizado en niveles, para conseguir un fin.

Quiero presentar una proposición que genera, sin duda, una aparente paradoja: la universidad no es el lugar adecuado para desarrollar tecnologías plenamente. ¿Cómo es posible plantear esta proposición, sin contradecir el carácter universal de la institución académica?

Ciertos campos tecnológicos requieren de costosos laboratorios y talleres, en donde se fabricarán los prototipos de los bienes que se quiere desarrollar. El costo de ese equipo y los costos que exigen los sueldos de los obreros especializados escapan generalmente a la capacidad económica, tanto de universidades públicas como privadas.

La solución a este problema está en la existencia de departamentos de investigación y desarrollo en la industria y en instituciones públicas y privadas, que se dedican a llenar la brecha existente entre el conocimiento científico básico y la mesa del ingeniero que diseña, para seguir hacia la fabricación de la invención.

La tecnología exige mucho más que el desarrollo del conocimiento científico básico en un área determinada. Algunas universidades confunden, frecuentemente, el crear tecnología con la vocación para estudiar fenómenos científicos que sean de interés inmediato, para el posterior desarrollo de alguna innovación en el campo de la técnica.

Repito que el conocimiento científico por sí solo no es suficiente. Es necesaria la etapa última de creación del invento. Pero, si esta fase está fuera de las posibilidades económicas de la academia, ¿Carece la universidad de un propósito verdadero, para contribuir al desarrollo nacional?

La respuesta es obviamente negativa. Para entender cuál es la misión de la universidad, se debe definir primero cuáles deberían ser los fines de la investigación científica en el ámbito de la academia.

El primero es contribuir al conocimiento global. Esto permite el continuo análisis del edificio científico establecido, a la luz de los últimos hallazgos, sin importar donde se haya adquirido ese nuevo conocimiento. El continuo desarrollo de la vocación investigativa elimina el peligro del anquilosamiento, que da todo por aceptado sin discusión, e inhibe la creatividad y la plena expresión del potencial intelectual de los individuos.

El segundo aspecto se relaciona con la actividad prioritaria de la universidad: la docencia.

El acto docente ha sido desvirtuado, por motivos de tipo administrativo. Este error se comete también en universidades de países desarrollados. Se concibe a la docencia casi únicamente como la actividad de los profesores frente a un grupo de estudiantes, que escuchan una clase magistral.

Decía al principio que la universidad es un ambiente. Ahí, donde se respira continuamente el afán de ordenar y perfeccionar los esquemas del conocimiento. La docencia es una actividad que incluye el desarrollo del espíritu inquisidor en los estudiantes.

La forma más alta de lograr este objetivo es precisamente cuando el estudiante se incorpora a un proyecto de investigación, y, bajo la guía del tutor, aprende a refinar su visión crítica, que le permitirá como individuo buscar siempre la verdad. Esto convierte a la investigación científica universitaria en una actividad docente.

Los fines de los científicos académicos se diferencian de los que persiguen aquellos que laboran en la industria o en el sector gubernamental. Estos últimos persiguen fines de largo y corto plazo, que brindarán respuestas a necesidades de conocimiento básico, que luego se transformará en tecnología o servicios. Los profesores universitarios hacen ciencia que también puede ser usada para crear tecnología, pero que tiene como fin primario la búsqueda de la verdad y la formación del individuo investigador.

Ambos grupos hacen uso de idénticas metodologías, y ninguna de las dos ciencias es más noble que la otra; simplemente tienen motivos diferentes.

La universidad se ha visto invadida por un lenguaje mágico, supuestamente sustentado en formalismos epistemológicos, que conllevan el peligro de sucumbir al canto de la sirena tecnológica. Estas ideas exigen que la universidad sea el agente de cambio social. Creo que la universidad debe mostrarle a la sociedad los caminos que conducen al desarrollo y a la justicia social, pero no debe dedicar su esfuerzo al proselitismo. Mi modelo de acción universitaria es tal, que ésta debe desarrollar un papel crítico ante los sucesos y procesos sociales. Esto requiere de la universidad, una actitud de reflexión no sólo de la naturaleza de su entorno social, sino también de sus mismas entrañas. La contribución de la ciencia universitaria al desarrollo del país, requiere de una continua evaluación -y sí es necesaria-, una renovación de su labor. Esto es una posición verdaderamente científica, ya que permite la definición clara del valor de su contribución a la sociedad.

La institución académica no debe caer en la trampa de frases como "desarrollo de tecnología apropiada", o "ciencia aplicada a la realidad nacional", ya que no existen tales cosas, sino, más bien, las aplicaciones de la ciencia. Estas trampas conducen a los académicos a dedicar su esfuerzo a áreas burocráticas en "comisiones nacionales" y "asesorías", en donde, en vez de brindar el apoyo de su ciencia, para así cumplir con la misión social de la universidad, se malgasta el individuo en tratar de cumplir dos roles muy diferentes; maestro y burócrata.

Esta situación, además de ser estéril, aparta la atención de los profesores hacia sus estudiantes. Esto hace que la naturaleza magisterial de la investigación científica universitaria sea negada y así, entonces, falla el sistema.

En síntesis, la investigación científica universitaria es un acto docente, y el éxito con que la academia afronte su deber para con la sociedad, depende del grado de aceptación de su naturaleza magisterial por parte de los académicos.

## **NOTAS**

[1] Escuela de Química. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

## 7. HISTORIA DE LAS INSTITUCIONES CIENTÍFICAS



### **7.1 ALGUMAS QUESTÍES METODOLÓGICAS RELATIVAS A HISTÓRIA DE INTITUIÇÕES CIENTÍFICAS**

Silvia Fernanda de Mendonça Figueiroa.[\[1\]](#)

#### **RESUMEN**

*En los últimos 10 a 15 años se puede notar un aumento en el número de estudios relacionados a instituciones científicas (Academias, Museos, Institutos de Investigación, Universidades, etc.)*

*Las categorías analíticas usualmente empleadas en el análisis de la historia de las instituciones científicas involucran aspectos tales como "sucesos" o "fracasos", "cantidad de publicaciones", "capacidad administrativa del científico", etc.*

*Las categorías analíticas usualmente empleadas en el análisis de la historia de las instituciones científicas involucran aspectos tales como "sucesos" o "fracasos", "cantidad de publicaciones", "capacidad administrativa del científico", etc. El objetivo de este trabajo es el de discutir algunos problemas relacionados con las categorías señaladas cuando se las confronta con la realidad concreta de las instituciones y de la Historia de las ciencias. Nuevas categorías fueran desarrolladas y se verifica su aplicación en un estudio de caso (la Comisión Geográfica y Geológica del Estado de São Paulo-CGG).*

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho se propõe a discutir a metodologia geralmente adotada nas investigações sobre a história de instituições apresentando, através do estudo de caso de uma instituição de pesquisa (a Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo-CGG), a alternativa metodológica que se procurou por em prática.

De início, cabe esclarecer que a referida metodologia não pretendeu inovar em relação às fontes utilizadas, mas sim ao nível do tratamento analítico dado a elas, no intuito de contribuir ao aprimoramento da avaliação institucional.

## 2. A QUESTÃO INSTITUCIONAL

As chamadas instituições científicas podem existir sob várias formas: Academias, Sociedades Científicas, Museus, Escolas e Instituições de Pesquisa propriamente ditas. Nos últimos dez a quinze anos tem-se notado um crescimento no número de estudos sobre os locais onde a Ciência é praticada.<sup>[2]</sup> Tentando realizar mais do que meras crônicas de descobertas, estes trabalhos têm reconhecido tais instituições enquanto locais privilegiados para a atividade científica, nos quais são formuladas normas que procuram harmonizar as instituições ao contexto social. No dizer de HAHN:

"a instituição científica é a bigorna onde os valores da Ciência e da Sociedade são moldados numa forma viável".<sup>[3]</sup>

Em seu trabalho, ao fazer a história da Academia de Ciências de Paris, Hahn consegue concretamente ilustrar esta afirmação, pois estuda seu objeto em 3 contextos diferentes (a saber, os períodos de Luiz XIV, da Revolução Francesa e de Napoleão).

Em que pesem as profundas diferenças de contexto histórico entre o estudo de Hahn e os estudos recentes de casos brasileiros - tais como os de DANTES <sup>[4]</sup>, STEPAN <sup>[5]</sup> e CAMARGO <sup>[6]</sup>, por exemplo - verificamos a confirmação do papel de canal mediador entre Ciência e Sociedade para as instituições científicas (no caso destes estudos, especialmente para as instituições de pesquisa). A nós nos interessa verificar de que maneira se dá esta mediação e, principalmente, como avaliá-la.

As usuais categorias de análise empregadas nas histórias de instituições envolvem, dentre outros, aspectos como "sucesso" ou "fracasso", integração à Ciência internacional", "capacidade de gerar novos conhecimentos e contribuir para o progresso da Ciência", "habilidade em aumentar os suportes para a atividade científica", "capacidade administrativa dos cientistas", "quantidade de publicações", etc.

Contudo, se cotejarmos estas categorias com as discussões que têm sido realizadas pela historiografia da Ciência que tem se preocupado com a relação que, genericamente, se poderia enunciar como "Ciência e Sociedade", constatamos a fragilidade das mesmas à medida em que testamos sua aplicabilidade à realidade concreta das instituições científicas. Se considerarmos que a Ciência não é uma variável independente, autônoma, mas sim condicionada por contextos sociais, políticos, econômicos e culturais específicos que definem suas condições de produção/reprodução e utilização, então as instituições de pesquisa aparecem para a História da Ciência enquanto objetos de estudo de extremo interesse e o conhecimento científico deve ser visto como produto social, e



não como uma verdade trans-cultural revelada pela Natureza.[7]

Assim sendo, como avaliar o que seria "sucesso" ou "fracasso" de uma dada pesquisa quando consideramos a interferência de fatores extra-científicos na própria formulação, no conteúdo e na aceitação dos novos conhecimentos? O que vem a ser "habilidade do cientista em aumentar os suportes para a Ciência", ou ainda "ser bom administrador", senão talvez ligar-se a grupos de poder que tenham, porventura, interesse em algum tipo de conhecimento científico? Na História da Ciência podemos recolher uma série de exemplos que mostram a rejeição total de certas teorias pelos contemporâneos e o seu ressurgimento, sem reformulações, algum tempo depois o que relativiza as noções de Erro e Verdade. No caso particular da Geologia, é célebre a refutação da teoria de Wegener sobre a Deriva Continental, no começo deste século, e sua plena aceitação hoje em dia.

Isto posto, neste artigo enfocaremos a Comissão Geográfica e Geológica sem nos valermos de "a priori" metodológicos que já tragam embutidos juízos de valor. Outrossim, buscaremos referenciais analíticos dentro da trajetória da própria instituição de pesquisa, estabelecendo-os a partir de seu papel social - ou seja, da relação dinâmica entre a instituição e a Sociedade. Neste sentido, parecem-nos bastante til o trabalho de DAVIES [8], que considera que as instituições científicas exercem, em diferentes níveis, 4 funções básicas, decorrentes da interação entre a natureza da atividade científica e o meio social: a saber, funções inquisitiva, aquisitiva, disseminativa e educativa.

Desenvolvendo as idéias de Davies para fins deste trabalho, entendemos que as funções inquisitiva e aquisitiva estão na própria razão de ser da instituição: formular questões ainda não resolvidas (pelo menos não satisfatoriamente resolvidas), investigar possíveis soluções, acrescentar conhecimentos adquiridos aos pré-existentes. Ou seja, resolver os quebra-cabeças da "Ciência normal", no entender de Kuhn.[9] A função disseminativa realiza-se tanto através da publicação de resultados (artigos, mapas, relatórios técnicos, etc) quanto da prestação de serviços à Sociedade. E quando se dá o uso direto da produção científica. A nosso ver, é a função que mais fortemente determina o papel social da instituição: se os produtos oriundos das funções inquisitiva e aquisitiva não forem, de algum modo, utilizáveis por ao menos uma parcela do corpo social, a instituição será certamente reorientada e readequada às demandas. A função educativa é mais claramente vislumbrada nas Escolas e Universidades. Entretanto, a capacitação profissional dos cientistas, bem como o oferecimento de estágios e cursos de treinamento para o público externo, podem ser encarados desta maneira nas instituições de pesquisa.

A partir destas considerações, formulamos nossas categorias para análise de história da Comissão Geográfica e Geológica:

- o discurso institucional: isto é, como a instituição pensava a si mesma e se colocava face ao contexto que a cercava. Lido através das publicações editadas, dos Relatórios Anuais de Atividades elaborados pelo Chefe da CGG, de documentação de arquivos e jornais. Esta categoria cobre parte das funções inquisitiva, aquisitiva e disseminativa;

- o discurso do poder público: isto é, como a instituição foi encarada pelos sucessivos governos e qual(is) projeto(s) institucional(is) lhe reservaram. Lido através dos Relatórios da Secretaria de Agricultura (à qual a CGG esteve subordinada desde o advento da República), das Mensagens Presidenciais à Assembléia Legislativa e da legislação sobre a CGG. Esta categoria cobre parte das funções inquisitiva, aquisitiva e disseminativa;

- o papel social exercido: isto é, qual(is) função(ões) coube(ram) à instituição ao longo do tempo, a quais grupos sociais atendeu e de que forma. Esta categoria é percebida através da prestação de serviços, das linhas de pesquisa (e suas alterações) e dos mecanismos de difusão/utilização do conhecimento produzido. Cobre especialmente as funções disseminativa e inquisitiva;

- a função educativa: isto é, como e quanto a instituição contribuiu para a formação de profissionais em Ciência, seja internamente (seu próprio corpo técnico), seja externamente (oferecimento de cursos, estágios, etc). Esta categoria cobre a função educativa em si mesma e foi investigada a partir de documentação de arquivos e dos Relatórios Oficiais (do Chefe da CGG, da Secretaria da Agricultura e das Mensagens dos Presidentes paulistas).

A aplicação destas categorias à leitura e análise da história da CGG foi realizada através do emprego de elementos-fontes a que chamamos "indicadores". Ou seja, são estes elementos que nos fornecem as pistas e dados concretos da história institucional, permitindo a passagem de um plano factual para um plano explicativo.

Nossos indicadores, apresentados com mais detalhes a seguir, são:

- produção técnico-científica;
- relatórios oficiais;
- prestação de serviços;
- legislação e orçamento.

#### a) Produção Técnico-científica.

Entendemos por produção técnico-científica o conjunto de mapas, boletins e relatórios técnicos publicados pela CGG. Neste trabalho, interessa-nos caracterizar esta produção em 2 níveis. O primeiro, quantitativo, visa não a quantificação em si mesma, que tem significado restrito, mas sim a elaboração de um perfil da distribuição - e da eventual concentração - dos trabalhos ao longo do tempo. Neste sentido, foram elaboradas 3 tabelas (com gráficos anexos) mostrando a relação "Total da produção" X "Ano", "Boletins/Relatórios" X "Ano" e "Mapas/Cartas" X "Ano" (Tabelas I a III). Ao mesmo tempo, foi também relacionada a "Quantidade de Boletins/Relatórios" X "assunto", no intuito de perceber possível predominância de determinados temas na pesquisa da CGG (TabelaIV).

O segundo nível de caracterização envolve uma análise qualitativa da produção institucional. Evitando julgá-la "boa" ou "má", pretende-se focar a produção em sua materialidade. Ou seja, a partir de informações quanto ao tipo de publicação, sua estrutura interna, organização do temário, existência de ilustrações, etc, extrair dados relativos às linhas e tendências da pesquisa, prioridades da instituição, concepções de Ciência, etc. A nosso ver, a produção técnico-científica é componente essencial do discurso da instituição, e juntamente com os Relatórios de Atividades (que veremos à frente), propicia a compreensão do processo histórico do ponto de vista do objeto estudado.

#### b) Relatórios oficiais.

Consideramos como tal todos os Relatórios que pretendem dar conta do corpo de atividades desenvolvidas pelo órgão, tendo sido oficialmente elaborados e/ou apresentados. Assim, incluem-se neste tópico os Relatórios Anuais de Atividades da CGG, os Relatórios Anuais da Secretaria da

Agricultura (à qual a instituição esteve subordinada durante toda a sua vida) e ainda as Mensagens Anuais dos Presidentes de São Paulo à Assembléia Legislativa.

O emprego destes Relatórios como fonte imprescindível à leitura dos discursos institucional e do poder pblico baseia-se no pressuposto de que:

"todo relatório oficial zela por 2 objetivos: uma linguagem atualizada e uma coerência, tanto a coerência em relação a si mesmo quanto a coerência em face das "razões de Estado" ao qual se vincula o buracrata ou o tecnocrata que o produziu". [10]

Julgamos, assim, que a análise dos diferentes discursos oficiais poderá revelar aspectos fundamentais da relação da CGG com o aparelho de Estado, explicitando mesmo pontos de conflito entre ela e as instâncias hierarquicamente superiores. Cabe lembrar, em tempo, que o que será considerado "discurso" compreende tanto aquilo que foi explicitamente citado quanto o que foi omitido ou parcialmente referido.

#### c) Prestação de Serviços.

Ao longo do tempo em que permaneceu ativa, a Comissão Geográfica e Geológica sempre atendeu com seus serviços a uma grande e variada clientela. De particulares a órgãos pblicos, de entidades estrangeiras a organizações de benemerência, mltiplas foram as solicitações. Em nossa opinião, entendemos que é através deste atendimento que uma instituição age mais diretamente como canal mediador entre Ciência & Sociedade, exercendo de modo claro sua função disseminativa. Assim sendo, a "prestação de serviços" será aqui empregada enquanto o indicador mais evidente da função disseminativa. E para analisá-la elaboramos um gráfico onde estão relacionados "tipo de serviço" X "entidade solicitante" X "quantidade" X "ano" (gráfico I).

#### d) Legislação e orçamento.

Estamos considerando neste ítem o conjunto de dispositivos legais - leis, decretos e resoluções - que direta ou indiretamente afetaram o funcionamento da Comissão Geográfica e Geológica. Sendo o mecanismo mais imediato de intervenção e normatização de que dispõe o poder pblico na gestão de seus interesses, a legislação é elemento fundamental para avaliação das relações entre a CGG e o Estado, sobretudo no que toca à categoria "discurso do poder pblico".

A Tabela V apresenta a distribuição das leis, decretos e resoluções em função do assunto sobre o qual dispõem.

O Gráfico II apresenta o aspecto "orçamento" destacado em relação aos demais mecanismos legais. Isto foi feito no intuito de evidenciar reflexos de uma política (ou de políticas) pblica(s) em relação à exploração do meio físico e à pesquisa científica.

As dotações orçamentárias estão apresentadas em valores procentuais de modo a desprezar efeitos inflacionários ou eventuais flutuações monetárias.

### 3. UM ESTUDO DE CASO: A COMISSÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA.

#### 3.1. - DADOS HISTÓRICOS

No século XIX, sobretudo no período relativo à sua segunda metade, o Brasil assistiu a uma série de transformações econômicas, políticas e sociais que implicaram uma profunda remodelação da face do país. Fatores diversos, de ordem conjuntural, propiciaram o franco desenvolvimento do ciclo econômico do café, principal responsável pela autêntica modernização que se verificou. Nas palavras de Caio PRADO JR: "o café deu origem, cronologicamente, à ltimas das três grandes aristocracias do país; depois dos senhores de engenho e dos grandes mineradores, os fazendeiros de café se tornam a elite social brasileira. E em conseqÜência (uma vez que o país já era livre e soberano) na política também. O grande papel que São Paulo foi conquistando no cenário político do Brasil, até chegar à sua liderança efetiva, se fez à custa do café; e na vanguarda deste movimento de ascensão, e impulsionando-o, marcham os fazendeiros e seus interesses". [11]

A cafeicultura, como se estruturava, estava baseada em tres pontos fortemente relacionados: disponibilidade de mão-de-obra, eficiência no transporte e escoamento da produção, e disponibilidade de terras. A elite cafeicultora solucionou cada um destes pontos. A questão da mão-de-obra foi resolvida com o incentivo à imigração e à colonização. A relativa ao escoamento da produção cafeeira, com a construção e expansão das ferrovias e com o reaparelhamento do porto de Santos. No entanto, é a solução dada à questão de terras que interessa mais de perto a nosso exame, na qual se refletiu a visão de uma Sociedade já transformada pelo processo de modernização. A saída para os problemas relativos à terra para o café, em seus mltiplos aspectos (isto é, qualidade, extensão, clima, quantidade de terras devolutas, demarcação das propriedades, etc) foi pensada nos moldes de uma instituição científica. Lembrando que "o imediatismo norteou a criação das instituições científicas e tecnológicas no Brasil, em geral visando a resolução de problemas prementes"[12] e ainda que, do período relativo ao final do século XIX, "restou a característica básica do processo de desenvolvimento da Ciência & Tecnologia em nosso país - a intervenção do Estado como sua força motora única" [13], entendemos que a criação da Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo encaixa-se perfeitamente neste quadro.

A criação da CGG foi consubstanciada a 27 de março de 1886 quando, após tramitação de apenas 5 dias, o projeto número 89, de autoria do liberal Antônio Carlos de Arruda Botelho (então Visconde do Pinhal), foi transformado na Lei nmero 9. Na justificativa de seu projeto, o Visconde expôs de maneira cristalina a já referida ligação da CGG com os interesse cafeeiros, como bem ilustra o trecho que segue:

"Sabem todos a extensão da Província de São Paulo, e quanto ainda há coberto e por assim dizer desconhecido. Devem também saber que é justamente nessa parte mais desconhecida da Província onde a qualidade das terras se ostenta na sua maior urberdade; é justamente nessa parte onde se acham conciliados a uberdade da terra com o clima temperado, primeira condição da nossa principal lavoura, que é a do café"[14]. As "Instruções" baixadas a 7 de abril do mesmo ano contemplaram estas preocupações com certo nível de detalhe, prevendo a "organização de cartas, na escala de um centímetro por quilômetro, que serão ao mesmo tempo geográficas, topográficas, itinerárias, geológicas e agrícolas, e em que se representarão todos os centros de população e os estabelecimentos industriais e agrícolas de certa importância, os acidentes da superfície; as estradas

de ferro e de rodagem; os cursos d'água; as minas, etc; a configuração e a elevação da superfície e a distribuição dos diversos terrenos geológicos e das terras de cultura e criação, bem como das improdutivas"[\[15\]](#).

Na realidade, este plano de exploração da Província já havia sido discutido pelo poder público (antes mesmo da apresentação formal do projeto à Assembleia Legislativa Provincial) com o geólogo-naturalista norte-americano Orville Adelbert Derby, autor da proposta. E bom que se diga que a mesma não foi praticamente alterada quando da sua transformação em lei. Derby foi o primeiro Chefe da Comissão, tendo se cercado de uma pequena mas eficiente equipe, composta por Theodoro Fernandes Sampaio, Alberto Lšfgren, Luiz Felipe Gonzaga de Campos, Francisco de Paula Oliveira e Eugen Hussak, entre outros. Em virtude das características da proposta e da própria visão particular de Derby, a atuação da CGG se pautou por uma linha que poderíamos classificar de naturalista. Os trabalhos foram direcionados para diversos campos: Geologia, Botânica, Geografia, Topografia, Meteorologia, Zoologia, Arqueologia, etc, na tentativa de produzir um perfil multifacetado do meio físico de São Paulo.

Entretanto, a visão naturalista de Derby acabou por confrontar-se com os interesses mais imediatistas das elites e do poder público. Após quase 20 anos de trabalho, lutando contra dificuldades diversas, a Comissão ainda não havia cumprido a principal tarefa, que estava explícita em sua criação: em 1905, o "sertão do Estado" - como era conhecida a região oeste além da cidade de Bauru - não se encontrava mapeado com o suficiente detalhe que viabilizasse sua ocupação e exploração. Discordando da orientação essencialmente pragmática que o então governo de Jorge Tibiriçá pretendia impor os trabalhos da Comissão, Derby demitiu-se (e com ele alguns de seus auxiliares), sendo substituído pelo engenheiro João Pedro Cardoso, cujo perfil se encaixava bem no novo enfoque a ser adotado. Imediatamente, João Pedro organizou 4 expedições que, ao mesmo tempo, exploraram os rios Peixe, Feio, Paraná e Tietê. Estas expedições se realizaram até 1915: rios Juqueriquerê, Ribeira de Iguape, Grande e Litoral Norte e Sul. A partir de então, os trabalhos entraram no ritmo de levantamentos sistemáticos, abandonando os rios e partindo para o levantamento de extensas áreas. Este foi o caso da região centro-sul do estado (Sorocaba, Itapeva, Capão Bonito, Buri, etc.) e do Vale do Paraíba.

Esta rotina somente foi quebrada em 1927, quando da transformação da antiga Secretaria da Agricultura, Comércio e Obras Públicas em Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio. Refletindo as mudanças econômicas do período pós-guerra e da década de 20, a máquina administrativa do Estado procurou modernizar-se, atendendo às duas áreas-sustentáculo da economia paulista: a agricultura e a indústria. Em ambas pode-se notar a tendência ao incremento da racionalização das atividades, que de fato se implantou em diferentes níveis. Nesse esforço, a Comissão também foi chamada a contribuir, através da criação dos "Serviços de Exploração do Subsolo". Dispondo de uma verba suplementar 6 vezes maior do que o orçamento da CGG para o ano de 1927, estes Serviços iniciaram o trabalho quase que imediatamente após terem sido criados, atacando em duas frentes. Um deles, o Serviço da Apatita, pesquisou e explorou as jazidas de apatita de Ipanema, lançando as bases de uma tecnologia de aproveitamento mineral para o fabrico de fertilizantes (super-fosfatos e adubos preparados). Este material foi fornecido para diversas instituições e para particulares, que incluíam desde sítios a Prefeituras Municipais. O segundo, Serviço de Petróleo, visava atender à demanda energética da indústria paulista, um problema crescente. Este Serviço realizou, pela primeira vez, uma pesquisa sistemática de petróleo em

território paulista, tendo chegado a resultados posteriormente confirmados pelos trabalhos da Petrobrás (nos anos 60) e da Paulipetro (nos anos 80).

Com a Revolução de 1930, São Paulo perdeu o poder político e a projeção a nível nacional, sofrendo inclusive intervenção federal. Isto se refletiu profundamente na vida do Estado e no setor público. A CGG foi duramente atingida, sendo rebaixada enquanto instituição: foi transformada na Diretoria de Serviços Públicos e da Carta Geral do Estado, o cargo de Diretor foi suprimido e seus objetivos ficaram reduzidos ao "cadastro das quedas d'água e estudo do regime das principais bacias hidrográficas" e aos "estudos sobre o aproveitamento das forças hidráulicas do Estado" (Decreto número 5161 de agosto de 1931).

Apesar disso, a semente da CGG não morreu, sendo recuperada, com modificações, em 1935, na criação do Departamento Geográfico e Geológico, transformado em 1938 no Instituto Geográfico e Geológico.

### **3.2. - A ANÁLISE DOS INDICADORES**

#### **3.2.1. - Produção Técnico-científica.**

Iniciando a análise pela "produção técnico-científica" podemos notar, ao observarmos a Tabela I, que são raros os momentos em que a CGG nada publicou (1892, 1898, 1916-18, e 1921-22). A produção institucional começou a ser publicada 3 anos após a criação do órgão e deu-se inicialmente numa taxa elevada em relação à média anual (8 publicações nos 2 primeiros anos, quando a média ficou em torno de 2,7 publicações/ano). Este impulso inicial decaiu nos anos seguintes, oscilando até atingir um novo e significativo pico em 1906/08, ou seja, 22 publicações em 3 anos. Novo decréscimo e a curva manteve-se quase estável por longo período, com 2 interrupções (1916-18) e 1921-22), alcançando outro momento de pico em 1927/28, o maior de toda a vida da instituição: 19 publicações em 2 anos. Considerando as Tabelas II e III evidencia-se que a produção de mapas e cartas, de modo geral, foi maior que a de Boletins e Relatórios e, ainda, que a primeira foi responsável pelo pico de 1927-28. Entretanto, a publicação dos mapas só se iniciou a partir de 1899.

Portanto, nos 10 anos que antecederam, a curva da Tabela I é dada pelo total de Boletins/Relatórios X ano.

Se nos detivermos no tipo de publicação e nos temas (ou assuntos) mais frequentes, poderemos notar outros aspectos de interesse para este estudo. Temos que a distribuição temporal dos Boletins/Relatórios apresenta um marco divisório: a partir de 1906, o que se publica são Relatórios, ou melhor, Relatórios das Expedições de Exploração. Antes desta data - e até 1897, pois entre ambas há um lapso - o que se publicou foram Boletins, com exceção de 1 Relatório de Exploração (Rios Itapetininga e Paranapanema). Diga-se, por oportuno, que o caráter e a própria estrutura deste Relatório fazem-no totalmente diferente daqueles posteriores a 1906. Enquanto que estes apresentam um inventário exploratório dos rios e regiões que percorreram, o Relatório do Paranapanema visava objetivamente avaliar a navegabilidade do rio, propondo mesmo obras corretivas. Ao mesmo tempo, os Relatórios, posteriores a 1906 são fartamente ilustrados por fotografias que apresentam um discurso próprio, embora complementar ao discurso verbal.

Passando à Tabela IV, verificaremos um leque temático diversificado, que contempla tanto a Geologia quanto a Arqueologia. No entanto, salientam-se 3 concentrações: Botânica e Relatórios de Exploração. Isto significa que os temas que fogem à área de concentração Geologia-Geografia (a qual dava nome à Comissão) acabaram por predominar a nível de textos publicados, tal fato pode ser explicado, a nosso ver, pela orientação naturalista impressa quando da criação da Comissão. Após 1906 esta variedade temática desapareceu, em virtude dos desmembramentos de que a CGG foi objeto.

Do exposto, interessa reter que:

- a produção total da instituição sofreu poucas interrupções;
- a publicação do primeiro mapa deu-se 13 anos após a criação do órgão;
- os mapas e cartas representam a maior porcentagem do total da produção técnico-científica;
- a publicação dos Boletins e Relatórios pode ser subdividida temporalmente, adotando-se como marco o ano de 1906: antes desta data publicam-se Boletins e após, Relatórios de Exploração.

### **3.2.2. - Prestação de serviços**

Enfocando a "prestação de serviços" (Gráfico I) observamos que esta atividade ocorreu predominantemente sob as formas de "fornecimento de mapas e publicações" e "análises geológicas" [16] e, secundariamente, como "fornecimento de informações". Em ambos os casos majoritários constata-se que a demanda por serviços da CGG aumentou à medida em que se aproxima o final de sua atuação. Apesar de certa concentração em 1905/07 ou 1911/12, foi a partir de 1916 que a demanda cresceu efetivamente, crescimento que se prolongou pela década de 20. Note-se ainda o declínio das curvas nos últimos anos, já próximos da extinção do órgão, quando a prestação de serviços ocorreu quase que exclusivamente através do fornecimento de adubos fosfatados produzidos pelo Serviço de Apatita.

Do ponto de vista dos solicitantes percebe-se uma nítida diferença entre ambas as curvas majoritárias, não observável de modo significativo no "fornecimento de informações". Enquanto que no "fornecimento de mapas e publicações", mais da metade dos pedidos veio de órgãos ou entidades públicas, nas "análises geológicas" deu-se exatamente o inverso, isto é, mais de 90% das solicitações provieram de particulares (entidades ou pessoas físicas). Isto evidencia que a CGG cumpriu a função de prestação de serviços através de 2 ramos: um público e outro particular.

A quantidade de serviços prestados e o perfil multivariado dos solicitantes, somados ao atendimento de 2 clientela - uma pública e outra particular - em nossa opinião atestam a credibilidade da instituição, bem como o cumprimento satisfatório de sua função disseminativa.

### **3.2.3. - Legislação e orçamento**

Neste ítem, temos que a mais alta concentração de dispositivos legais ocorre nos temas "orçamento" e "suplementação de verbas", que poderíamos englobar sob o título genérico de "verbas".

No que se refere à "organização de pessoal", apenas 6 decretos e 1 resolução a tiveram por objeto e, mesmo assim, realizaram modificações pouco significativas, no máximo criando ou extinguindo alguns cargos.

Já os dispositivos que trataram da "organização administrativa" introduziram mudanças mais profundas. As 6 leis e os 6 decretos englobados neste ítem foram responsáveis por todos os desmembramentos institucionais que a CGG sofreu (criação do Museu Paulista em 1894, da Diretoria de Botânica e do Serviço Meteorológico em 1906) bem como pelas ampliações (criação dos Serviços de Exploração do Subsolo (do Petróleo e da Apatita) em 1928). Algumas destas modificações da organização administrativa delimitaram, inclusive, períodos na atividade institucional.

Juntamente com os dispositivos que trataram da "organização administrativa", aqueles ligados à questão de verbas são esclarecedores das políticas governamentais em relação ao órgão.

A observação do Gráfico II revela o comportamento da curva do total orçamentário da CGG enquanto uma imagem especular invertida e de menor amplitude do orçamento da Secretaria da Agricultura. Isto é, os momentos de "pico" da Secretaria equivalem a momentos de "baixa" da Comissão, e vice-versa. Este aspecto é ainda reforçado ao considerarmos as suplementações de verba que a CGG recebeu. Concentradas em três momentos - 1982/93, 1905/08 e 1928 - estas suplementações visaram, respectivamente, organizar e manter o Museu Paulista antes de sua autonomia institucional, ocorrida em 1894; garantir a realização das Explorações do Sertão, do Vale do Ribeira e do Rio Juqueriquerê; e colocar em funcionamento os Serviços de Exploração do Subsolo.

Interpretando estas curvas, acreditamos que seu comportamento demonstra a existência de políticas públicas claras em relação ao desempenho da instituição, que mesmo dificuldades orçamentárias da Secretaria ou do governo central não impediram, ao contrário. Um bom exemplo foram as Expedições do Sertão: a crise de superprodução cafeeira, apesar de haver sangrado os cofres públicos, praticamente impôs que a ocupação definitiva do território se efetivasse. Desta forma, através da Secretaria da Agricultura o governo Jorge Tibiriçá injetou polpudas verbas especificamente para a CGG, a fim de viabilizar o levantamento da grande área no oeste paulista que ainda não estava colonizada.

### **3.2.4 - Relatórios Oficiais.**

A análise dos "relatórios oficiais" vem confirmar afirmações anteriores. Os Relatórios Anuais de Atividades da CGG foram sempre bastante técnicos, com poucas observações pessoais do Chefe. Mesmo assim, deixam entrever momentos de dificuldades ou de grande atividade. Os Relatórios referentes a 1886 e 1887 mostram intensa atividade, com a instituição trabalhando nos diversos campos de conhecimento previstos nas "Instruções".



A publicação destes Relatórios cessou de 1889 até 1892, segundo o Chefe Orville Derby, "devido a várias causas bem conhecidas" [17]. Ou seja, a República e seus desdobramentos. Ao reaparecer, em 1892, o Relatório dava conta dos trabalhos desenvolvidos nos 3 anos anteriores, queixando-se da perda de pessoal e da quase paralização dos trabalhos topográficos. Em contrapartida, a Botânica e a Meteorologia haviam se expandido.

O próximo Relatório só apareceu em 1895, confirmando o crescimento da Meteorologia e da Botânica e a permanência de dificuldades para os serviços de campo de Topografia e Geologia. Este perfil da situação prolongou-se até 1904, com agravamento da precariedade financeira e a paralela ampliação da Botânica e da Meteorologia, tendo mesmo sido criado um Horto Botânico em 1896.

O Relatório de 1905 já possui forma inteiramente diversa. A Comissão tem então novo Chefe, com o engenheiro João Pedro Cardoso substituindo Orville Derby - que se afastara por discordar da reorientação pretendida pelo Secretário da Agricultura, Carlos Botelho. Os Relatórios que se seguiram, até o de 1914, apresentam a instituição trabalhando intensamente no levantamento de várias regiões do Estado sob a forma das Expedições de Exploração, além do desligamento das Seções de Botânica e Meteorologia o que reduziu a Comissão Geográfica e Geológica essencialmente às atribuições expressas em seu nome.

A partir de 1914 o ritmo das atividades arrefeceu - sendo a I Guerra Mundial apontada como causa pelo Chefe - e os Relatórios, rotineiros, passaram a traduzir o aspecto também rotineiro dos trabalhos, que não apresentavam inovações metodológicas.

Apesar de manter a mesma estruturação interna, o Relatório de 1928 indicou nova mudança na CGG. Por decisões do Presidente do Estado foram criados os Serviços de Exploração do Subsolo (Serviço da Apatita e Serviço de Petróleo). A Comissão entrou em nova fase, concentrando esforços em sondagens petrolíferas e no detalhamento das jazidas de apatita de Ipanema. Este ritmo de trabalho prosseguiu até o último ano de existência do órgão.

Analisando os Relatórios Anuais da Secretaria da Agricultura e as Mensagens Presidenciais para todo o período de 1886 a 1931, observamos que a CGG apareceu sob as mais variadas formas. No Relatório da Secretaria da Agricultura de 1893 a instituição é referida como "Comissão Geográfica e Geológica". O relato é bastante breve, tratando quase que exclusivamente do pessoal técnico, em anexo, encontra-se na íntegra o Relatório oficial de Derby.

Até o Relatório de 1906 a CGG não mais foi citada enquanto instituição, mas sim desmembrada, com seus Serviços e/ou Seções em destaque: "Serviço Florestal", "Horto Botânico", "Serviço Geográfico e Geológico" e "Carta do Estado". Frequentemente foram transcritas as partes dos Relatórios do Chefe da CGG. Além disso, cabe notar que os itens "Horto Botânico", "Serviço Meteorológico" ou "Serviço Florestal" foram sempre tão ou mais detalhados e extensos do que "Serviço Geográfico e Geológico" ou "Carta do Estado" - finalidades estas que se encontravam na própria justificativa para a criação do órgão. A medida em que as atividades botânicas e meteorológicas se ampliavam, os Secretários da Agricultura passaram a preconizar o desligamento de ambas da CGG, por entenderem que não mais existia relação com o órgão.

Deste período (1886-1906) vale destacar dois Relatórios. O primeiro, de 1900, onde o Secretário Antônio Cândido Rodrigues elaborou extenso e detalhado histórico da instituição - da qual foi um dos criadores - a fim de responder ao opusculo do Sr. Francisco Bhering"[\[18\]](#) que tecia fortes críticas aos trabalhos da Comissão. Na verdade, estas críticas se sucederam, com respostas de Derby, até 1902, numa acirrada polêmica que envolveu a CGG, as Escolas Politécnicas de São Paulo e do Rio de Janeiro, além de jornais paulistas e cariocas. O segundo Relatório é o de 1904, quando Carlos Botelho, então Secretário, cita a conveniência de se parar os levantamentos da zona povoada e partir-se para a exploração do Sertão. Esta redefinição significou a saída de Derby e a reorientação dos trabalhos da CGG, que no Relatório do ano seguinte foi citada sob o título de "Exploração do Extremo Sertão" A partir de 1907, após a reforma sofrida pela Secretaria na qual desmembraram-se da Comissão a Botânica e a Meteorologia, a instituição passou a ser citada enquanto "Comissão Geográfica e Geológica" e os textos transcreviam quase literalmente os Relatórios do Chefe João Pedro. Mas em 1928, com a criação dos Serviços de Exploração do Subsolo, o órgão voltou a ser referenciado a partir de suas partes.

As Mensagens dos Presidentes de São Paulo à Assembléia Legislativa, por sua vez, apresentaram as mesmas características que os Relatórios da Secretaria da Agricultura, de forma até mais acentuada. Na maioria das vezes a Comissão foi citada pelos serviços que desenvolvia e não como instituição. Assim é que ela aparece sob os títulos "Exploração Geográfica e Geológica", "Carta Geral do Estado", "Exploração do Extremo Sertão", "Pesquisas de Petróleo", "Pesquisas de Apatita" e "Limites estaduais". Ainda, em 15 Mensagens simplesmente não houve qualquer referência, nem ao órgão nem a seus trabalhos e isto foi mais freqüente no período que vai desde a criação até 1903. A extensão dos relatos também variou sobremaneira, de 4 linhas até algumas páginas.

Considerando globalmente os 3 tipos de Relatórios oficiais podemos notar que, embora tratada enquanto instituição para fins orçamentários ou administrativos, a Comissão Geográfica e Geológica raramente foi encarada enquanto instituição científica pelo poder pblico. Melhor dizendo, a discrepância entre o trabalho da CGG (contido nos Relatórios do respectivo Chefe) e o modo como ele foi visto pelo poder pblico (Relatórios da Secretaria da Agricultura e Mensagens Presidenciais) evidencia que este ltimo interessou-se mais pelos serviços e pelo atendimento de necessidades e interesses determinados do que pela pesquisa básica e sistemática.

A nosso ver, o quadro configurado pelos Relatórios oficiais confirma e esclarece o que já foi delineado pelos outros indicadores, especialmente "legislação e orçamento". Ou seja, desde a criação até sua extinção, a CGG teve sua orientação geral (i.é., suas funções inquisitiva e aquisitiva) fortemente norteadas pelas diretrizes imediatas do governo de São Paulo, as quais refletiam, em ltima análise, políticas de sustentação da economia cafeeira.

#### **4. CONCLUSÕES**

A investigação desenvolvida sobre a história da Comissão Geográfica e Geológica nos permitiu considerar a CGG enquanto uma instituição da Primeira República. Mais do que mero acaso, a coincidência quase exata dos cortes temporais inicial e final da República Velha (1889-1930) e da existência da Comissão reflete a articulação entre os interesses da oligarquia cafeeira (que contribuiu na deflagração do processo republicano e controlou o poder político no período em questão) e o papel desempenhado por essa instituição de pesquisa.

Recuperando as categorias de análise formuladas no início deste artigo temos que, sob a ótica do poder público, a CGG raramente foi encarada como uma instituição de pesquisa "strictu sensu". Ou seja, um órgão que tivesse suas funções inquisitiva e aquisitiva norteadas por políticas/planos de médio e longo prazos, sem caráter imediatista. Isto significaria investimento em Ciência básica, sem contudo descartar se a pesquisa de aplicação mais imediata. O que verificamos a partir da investigação das fontes é que os sucessivos governos privilegiaram as políticas/planos de curto prazo, voltados à solução de demandas específicas da economia cafeeira, favorecendo, dessa forma, essencialmente os grupos a ela ligados. Esta característica foi detectada tanto nos Relatórios Anuais da Secretaria da Agricultura quanto nas Mensagens Presidenciais à Assembléia Legislativa, onde a CGG quase sempre apareceu de maneira fragmentária: o conjunto de seus trabalhos, ao invés de organicamente agrupado enquanto um programa institucional, foi esparsamente distribuído por diversas páginas, sendo identificado pelo tipo de serviço realizado (p. ex., "Horto Botânico", "Carta Geral", "Exploração do Extremo Sertão", "Exploração do subsolo", etc.) A distribuição orçamentária e, sobretudo, das suplementações de verba (concentradas em momentos bem determinados) confirmam a prática, pelo poder público paulista, de uma política de ações localizadas e de retorno imediato. A implementação deste tipo de política, a nosso ver, encontrava seus alicerces numa visão utilitarista da atividade científica.

Do ponto de vista da instituição em si, seu próprio discurso pode ser subdividido em duas fases bastante distintas. A primeira, que vai da criação à saída de Orville Derby em janeiro de 1905, caracterizou-se por uma atuação que qualificamos de "naturalista". Isto é, os levantamentos executados contemplaram igualmente as áreas de Geologia, Geografia, Topografia, Botânica, Meteorologia e Zoologia (e Etnografia secundariamente). Além de se coadunar com as necessidades da Província de São Paulo naquele momento - quando o processo de modernização que se iniciara demandava um inventário do meio físico - entendemos que esta fase "naturalista" também deve parte de suas características à visão particular de Orville Derby. Antes de tudo um "cientista", Derby concebia a atividade científica enquanto uma busca de conhecimento, tendo mesmo incentivado e realizado pesquisas que eram consideradas sem "utilidade prática" (tais como as de cunho paleontológico e petrogenético).

O choque entre as diferentes visões de instituição de pesquisa compartilhadas por Derby e pelo governo Jorge Tibiriçá, aliado à perda de sua sustentação política e ao desgaste da imagem "científica" de Derby após a controvérsia com a escola Politécnica de São Paulo, foi responsável, a nosso ver, por sua substituição pelo engenheiro João Pedro Cardoso e pela reorientação da CGG. A atuação de João Pedro à frente da Comissão caracterizou a segunda fase do órgão, que qualificamos de "pragmática", durante a qual a CGG trabalhou de modo a implementar a exploração dos recursos naturais do Estado. A reciclagem compulsória de parte do corpo técnico - pois alguns se demitiram juntamente com Derby - facilitou a substituição dos antigos naturalistas pelos novos engenheiros que, qual "modernos bandeirantes", tiveram o "desbravamento do sertão" paulista como primeira tarefa. Durante esta segunda fase, que se estendeu até a extinção em 1931, as pesquisas de aplicação (quase) imediata determinaram os rumos das funções inquisitiva e aquisitiva da instituição.

No que toca à função disseminativa, consideramos que o desempenho verificado foi eficaz. Em termos quantitativos, as solicitações de mapas, publicações, informações e análises geológicas em geral foram freqüentes, crescendo em termos absolutos ao longo do tempo. Inclusive, vários mapas e principalmente alguns "Relatórios de Exploração" tiveram sua tiragem esgotada e foram lançados em segunda edição. Este comportamento a nível quantitativo atesta a confiabilidade que o órgão adquiriu ao longo do tempo, ao mesmo tempo em que ilustra uma orientação institucional no sentido de ampliar a prestação de serviços. Em termos qualitativos, o público atendido foi diversificado: do próprio poder público paulista até particulares, incluindo-se, neste caso, também entidades e pesquisadores estrangeiros.

Em relação à função educativa (que acreditamos fosse possível com limitações), a leitura dos Relatórios Oficiais e da documentação do Arquivo Histórico do Instituto Geológico mostrou que a mesma não existiu. Ou seja, nem os técnicos da instituição foram submetidos a processos de aperfeiçoamento, especialização ou reciclagem, nem a Comissão forneceu cursos avulsos de treinamento ou mesmo estágios para profissionais externos a seu quadro funcional - ao contrário, por exemplo, do Instituto Oswaldo Cruz (Manguinhos) onde ambas as coisas ocorreram. Este constante distanciamento de uma atuação de caráter educativo e a orientação fortemente aplicada das pesquisas explicaria, em parte, a completa marginalização da instituição (já transformada em Instituto Astronômico e Geográfico) quando da criação da Universidade de São Paulo em 1934.

Quando às linhas de pesquisa da instituição (funções inquisitiva e aquisitiva), a análise dos Relatórios Anuais do Chefe da CGG bem como dos relatórios individuais de cada técnico mostrou a convivência, lado a lado, de orientações gerais ditadas pelos interesses dos diversos governos paulistas com investigações ditadas por preferências puramente pessoais, que pereciam assim que o interessado se desligava do órgão. Por exemplo, as pesquisas mineralógicas de Eugen Hussak sempre foram desenvolvidas exclusivamente por ele. Desta forma, uma parte da produção técnico-científica da Comissão Geográfica e Geológica é constituída, essencialmente, pela somatória das preocupações e pesquisas individuais de cada técnico e não por um trabalho de cunho coletivo. Reflete a inexistência, na prática, de equipes ou grupos de pesquisa internos à instituição que pudessem, inclusive, caracterizar uma "escola". Constatamos esta praxe ao longo dos 45 anos e acreditamos tenha sido fator responsável por uma fraca coesão interna, que em parte facilitou a extinção do órgão.

## NOTAS

- [1] Instituto de Geociências - UNICAMP C.P. 6152 13081 Campinas-SP Brasil.
- [2] RUSSO, FRANÇOIS, Nature et méthode de l'histoire des Sciences. Paris, Librairie Scientifique et Technique, 2a. ed. 1984. 503 pp. 62.
- [3] HAHN, Roger. The anatomy of a scientific institution. The Paris Academy of sciences, (1666-1803). Berkeley, Un. of California Press, 1971. p. X.
- [4] DANTES, M. Amélia M. Institutos de pesquisa científica no Brasil. in: FERRI, Mário G. & MOTOYAMA, Shozo. História das ciências no Brasil, São Paulo, EPU; EDUSPO, 1980. v. 2, p. 341-380.
- [5] STEPAN, Nancy. Beginnings of Brazilian science, New York, Science History Public., 1981, 225 p.
- [6] CAMARGO, Ana M. Faccioli de. Os Impasses da pesquisa microbiológica e as políticas de saúde pública em São Paulo (1892 a 1934). UNICAMP-Fac. Educação (mestrado), 1984. 226 p.
- [7] Remetemos o leitor aos trabalhos de Thomas Khun, David Bloor, Steven Shapin, Barry Barnes, Michael Mulkay, Kareen Knorr-Cetina, etc.
- [8] DAVIES, Gordon L.H. "The natural history of geological institutions". "4 th Meeting of European Geological Societies", Edimburgh, April 1985 (Abstracts). p. 22.
- [9] KUHN, Thomas S. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo, Ed. Perspectiva, 1975, pp. 29 e 43-55.
- [10] FALCON, Francisco J.C. Política econômica e monarquia ilustrada - a época pombalina (1750-1777). ICHF-UFF, livre-docência, 1976. apud VALLA, Victor V.; SILVA, Luiz W da. Ciência & Tecnologia no Brasil: história e ideologia. Brasília, CNPq, 1981, 98 p. (Estudos de Política Científica e Tecnológica, 4) p. 33.
- [11] PRADO JR. Caio. História econômica do Brasil. 18 ed. rev. e aum. São Paulo, Brasiliense. 1976, 364 p.
- [12] SANTI'ANNA. Vânia M. Ciência e sociedade no Brasil. São Paulo, ed. Símbolo, 1978, 148 p.
- [13] DANTES, M. Amélia M. Institutos de pesquisa científica no Brasil in: FERRI, Mário G. & MOTOYAMA, Shozo. História das ciências no Brasil. São Paulo; EDUSP, 1980, v. 2.
- [14] Transcrito da Revista O IGG, XVIII (1): 19-30, jan-mar 1966.
- [15] Transcrito da Revista O IGG, XVIII (1): 30-31, jan-mar 1966.
- [16] Englobamos sobre este título as análises geológicas pro priamente ditas bem como as mineralógicas, paleontológicas e geoeconômicas.
- [17] Relatório da Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo. São Paulo, Typ. de Vanorden & Cia., 1892.
- [18] Relatório da Secretaria da Agricultura, Comércio e Obras Públicas de São Paulo, 1900. São Paulo, tip. do Diário Oficial, pp. 185 a 200.

## 8. HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA



### 8.1 LASER: THE ANATOMY OF A "HOT" TOPIC [\[1\]](#)

Joan Lisa Bromberg. [\[2\]](#)

#### RESUMEN

*El objetivo de este trabajo es realizar una descripción introductoria a la historia del uso del láser en los Estados Unidos de América. Se analiza el papel de las sociedades de científicos y profesionales que intervinieron, as' como se hace referencia a la estructura norteamericana de ciencia y tecnología con relación a la integración de este recurso tecnológico. El artículo describe como el láser adquirió un status de "tema caliente" en la historia de la tecnología norteamericana.*

The notion of a hot topic in physics and physics-based technology has itself been hot in the past two years, with the emergence into prominence of the field of high-temperature superconductivity. We may recall, as one high point, the special meeting that the American Physical Society called at the New York Hilton on March 18, 1987. More than 2.000 scientists jammed into a room designed to hold 1.200 and the meeting did not break up until 3:15 in the early morning.

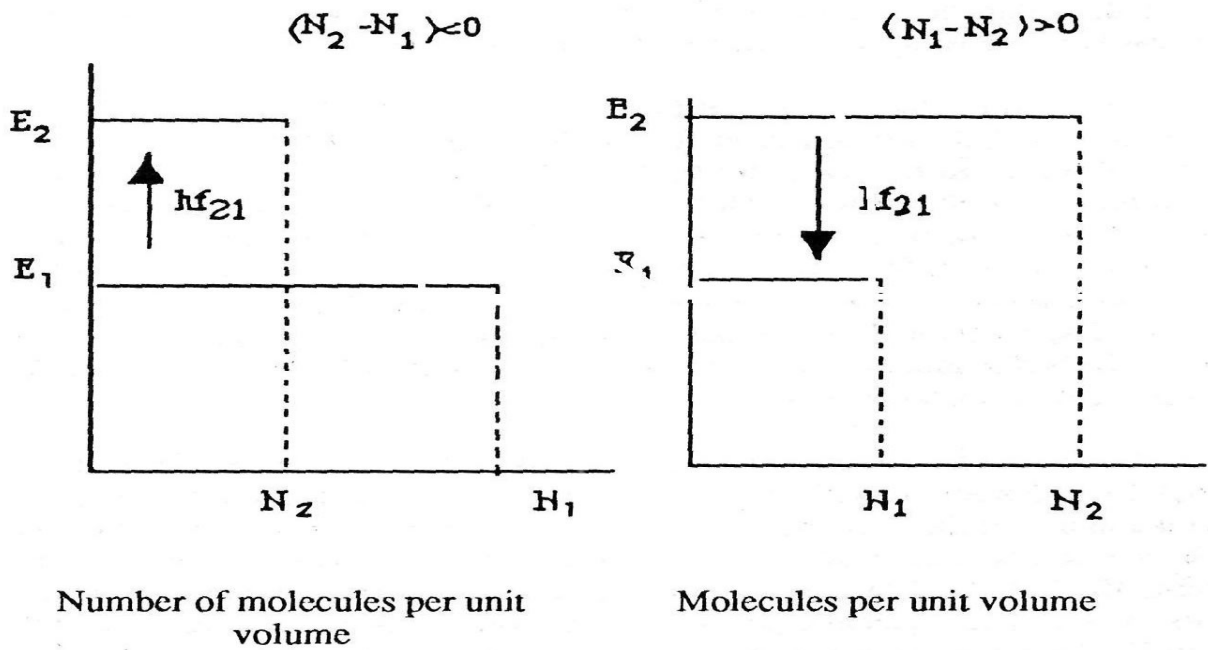
A quarter century before, in the early 1960s, lasers were a hot topic within the United States scientific community. Following a period of theory and experiment that stretched from mid-1957 to spring 1960, Theodore H. Maiman of Hughes Aircraft Company announced the first operating laser of pink ruby, in July 1960. By December 1960, four other U.S. teams had made crystals or gases laser. The mood of excitement these breakthroughs engendered is exemplified in the meetings of the Optical Society of America, in Pittsburgh in March 1961. Four symposia on lasers were scheduled, with 18 papers; in addition, one of the meeting's keynote speeches was on lasers. One participant at the meetings recalled: "Normally if you had a paper at the Optical Society, you might draw a hundred people. There might be two or three... cameras taking pictures of the slides. These halls were packed. The ballroom [where the keynote addresses were given] was packed... I remember... Art Schawlow getting up to give a talk. Every slide he projected, there was a veritable staccato machine gun fire of Minoltas going off. It was unbelievable!"

Still another indication of the "hotness" of lasers can be found from the rise in the number of papers. Physics Abstracts lists 14 U.S. laser papers in its 1961 volume, 81 in 1962, and 171 in 1963. (Non-U.S. papers grew from 3 to 41 to 98) By 1963, at least 18 North American firms were marketing lasers. The number of active research groups went from the range of 25-50 in both the United States and Europe in 1960 to more than 500 in the U.S. alone by 1962. Time magazine wrote in early 1961, "the [laser and] maser [in 1960] replaced the transistor as the hottest of all items."

Let us disaggregate the total rise in interest by the kinds of groups that became engaged in some kind of laser activity. This is tantamount to using lasers to identify some of the sectors that made up what I shall call the U.S. High Technology Establishment in the early 1960s. We find that academic scientists, industrial scientists, government laboratories, government research agencies [and especially agencies within the U.S. Department of Defence] high-technology firms, scientific societies, and magazines serving the high-technology industry, all became involved. Indeed, we might say that part of the laser's "hotness" consisted precisely in the fact that such a large number of sectors participated in the boom. Moreover, each sector took up lasers because the intrinsic properties of the laser, as a scientific problem, a product, or a scientific or technological instrument, fitted the structure of rewards within that sector.

This explains why the "hotness" of the laser should interest the historian. To begin with, the phenomenon allows us to identify the sectors of the research community. But more than that, it enables us to probe both the intrinsic character of the laser as science and technology, and the reward structure of the High-Technology Establishment. Each of the many research groups which embarked on laser work provides a separate case study. The historian's method is then to examine these case studies, and generalize from them. [3] In this short talk, I shall sketch a handful of the hundreds of cases.

First, however, it will be useful to say a few words about how lasers work. We observe that normally a system composed of atoms or molecules will have more of its molecules in a lower energy level than in a higher one. Thus, in the figure, where energy  $E_2 > E_1$ ,  $N_2 < N_1$ . In this situation, if radiation of a frequency  $f_{21} \sim E_2 - E_1$  is sent into the system, on balance, the radiation will be absorbed. To make a laser, it is necessary to add energy so as to secure an inverted population. Then radiation will be added to the incoming beam by transitions from level  $E_2$  to level  $E_1$  and the incoming radiation will be amplified.



Number of molecules per unit volume

Molecules per unit volume

**NORMAL POPULATION**

**INVERTED POPULATION**

$$\frac{d(\text{light intensity})}{dt} \sim (N_2 - N_1) I$$

for stimulated absorption, emission

To use the laser not merely as an amplifier, but as a generator of light, the population inversion has to exceed a threshold that depends both on the properties of the lasing medium and on the structural components of the laser and their propensity for wasting energy. We are now in a position to restate the accomplishments of the pioneers of 1960: they showed that population inversions exceeding threshold could be established in two kinds of ruby, in doped calcium fluoride, and in a mixture of helium and neon gases. They further showed that population inversions could be created by "optical pumping" (irradiating the working substance with light) or in the gas laser, by a radio-frequency discharge. The light beam that emerged from their lasers had a purity of frequency, and a coherence, that were unprecedented. The power it could deliver to a small area of surface was similarly without parallel, and the beam could travel miles with little spreading.

Now to examine some case studies. I shall take the first two from the organizations of optical science. This field was in an anomalous position in the United States in the late 1950s. On the one hand, optical applications were booming. Military demand for systems like infrared sensors was one factor; new technologies like fiber optics and thin film technology was another. Yet, on the other hand, within the universities optics was perceived as a backwater, and optics courses were being squeezed out of the physics curricula.



At this time, the Institute of Optics at the University of Rochester was the pre-eminent U.S. organization for the training of optical scientists. The Institute's director, Robert E. Hopkins, was taking steps to increase the amount of basic physics at the Institute. One move he had made was to negotiate with Emil Wolf, a young British scientist of Czech extraction, to join his faculty. Wolf was an expert in the classical optical theory of diffraction, and also in the theory of coherence. Coherence was a lively topic in the physics community at that time. Discussion had been touched off by the attempt of a pair of British scientists, Robert Hanbury Brown and Richard Twiss, to apply radio methods to an experiment in optical astronomy.

But, as we have seen, coherence was also relevant to lasers. At the time of Hopkins' negotiations with Wolf, 1958 or 1959, the first lasers had not yet been operated. But the U.S. Air Force Office of Scientific Research (AFOSR) which was supporting laser research at Columbia University, wished to stimulate the field by bringing together optical scientists studying coherence, with the atomic and molecular physicists, who were working on lasers. AFOSR went to Hopkins and offered money to the Institute to run a conference for this purpose. Hopkins gave Wolf the task of organizing the scientific program, as Wolf's first chore at Rochester.

Here we see something of the confluence of interests that was to drive the laser boom. The conference was held in June 1960, on the eve of Maiman's announcement of the first, ruby, laser. It succeeded admirably in linking the name of the University of Rochester with coherence, a topic on the forefront of science. It fulfilled AFOSR's goal of stimulating laser studies. Indeed, it induced Wolf himself to turn his attention to a study of lasers. The AFOSR, in turn, became one of the agencies that financed Wolf's work, bringing financial resources for research both to Wolf and the Institute of Optics.

The second organization I wish to mention is the Optical Society of America (OSA) itself. In these same years, 1958 and 1959, OSA was solidifying its organization. Its membership was about 3,000, a five-fold rise from 1940. It had just established its first executive office, in Washington DC, and appointed its first executive secretary, Professor Mary Warga. It had launched a journal of translation of the Soviet journal *Optics and Spectroscopy* and was thinking of launching one, or even two, journals of applied optics to supplement its venerable *Journal of the Optical Society of America*. And it was deeply immersed in the problem of getting optics back into the academic curriculum.

We have seen that the OSA sponsored 4 sessions and a keynote address on lasers at its March 1961 meeting. Why? We can speculate that OSA thereby fulfilled at least three purposes. First, it informed its membership of an optical discovery of first magnitude. Second, lasers were not invented by optical scientists, but by atomic and molecular scientists. They were also of immediate interest to engineers because they promised to extend to visible light the technological applications of coherent radiation at lower frequencies. Thus by incorporating lasers into its fields of interest, OSA opened up a pool of potential recruits, for membership and for publication in its journals, in physics and engineering. Finally, it was able to take advantage of the position of lasers as a subject on the forefront of physics to increase the academic legitimacy of optics.

For the case of an academic scientist, I turn to Peter A. Franken, an atomic physicist who attended the March 1961 OSA meeting. As he listened to the lectures, he later recalled he was impressed by the fact that, despite all the excitement, optical communications and eye-surgery were practically the only laser applications being mentioned. Surely the laser could do other things too. In the midst of the meeting, Franken sat down and carried out a calculation.

"I calculated the strength of the electric field in an optical laser beam, and I realized...this was getting to within  $10^{-4}$ ,  $10^{-3}$  of an atomic electric field. So I did a rough estimate, using very simple perturbation theory, and dimensional arguments,...and I realized, my God, you've got a second harmonic."

That is, were he to send in light at a wavelength of, say, 6,943 Angstroms, the wavelength of the ruby laser, a small fraction of the light would be re-radiated at half the wavelength, or 3,472 Angstrom.

Franken was excited enough to leave the meetings abruptly and return to the University of Michigan. There, he had a piece of luck. A group of student-technicians at the university had just started a small firm, Trion Instruments, to manufacture ruby lasers.

With the use of a Trion laser, Franken and three colleagues were able to submit experimental evidence for a laser-created second harmonic in July 1961. And other physicists quickly moved into this fertile field. (This happened, despite the fact that, in one of science's comic moments, a zealous lithographer airbrushed their data out of their paper on the mistaken impression that it was a blemish.)

Within a year of the date of publication of the Univ. of Michigan paper, 10 more U.S. papers were in print, representing 4 U.S. laboratories. As an example of an industrial scientist, I shall use C. Kumar N. Patel. At the time that Franken was attending the OSA Pittsburgh meeting, Patel was just finishing his doctorate at Stanford University in electrical engineering, and looking for a job. Patel interviewed at Bell Telephone Laboratories. At this time, the Bell Laboratories was expanding its laser research, and was seeking to hire new scientists willing to go into laser work. The Laboratories was actively engaged in development work on communications satellites, but some of its leaders were at the same time viewing optical communications links as the probable next step in communications technology. Patel, for his part, was decidedly interested in taking up laser research. He saw it as an interesting subject in itself, and a promising path to profession recognition. He recently stated: "I thought that that was a marvelous opportunity for me because if this effort was going to get started at least everybody else would be just as...ignorant as I was then, and the probability of being able to make meaningful contributions was very high."

The operation of the lasers in 1960 posed a number of well-defined scientific problems. Among them were these: were there other substances which were capable of lasing? Were there other, possibly more useful, methods of creating population inversions? Patel worked on these two problems; in particular, on the problem of new gas media. And this line was extraordinarily productive. He has stated: "If a day went by when either my self or [my collaborators] didn't find 10 new lines...there was something basically wrong with us...It was just a question of looking. It was there for you to find." Indeed, the very pace of discovery created a euphoria at Bell and other laboratories that was one of the ingredients sustaining the boom.

For IBM's Thomas J. Watson Research Center, one motivating factor was an interest in optical logic. Transistors had just replaced vacuum tubes in commercial computers. The technical situation, however, appeared fluid at the time, and it appeared possible that transistors might themselves be replaced, even for central processing units, by newer technologies. For defense firms like Hughes Aircraft Company, the interest of the Department of Defense in laser devices like laser radar, laser military communications, and laser anti-missile weapons, was a powerful incentive to research. Yet a sketch such as this is inevitably over-simple. It is worth remarking that Hughes was simultaneously trying to shake its dangerous dependence upon the U.S. Air Force as its single customer, and was also interested in the laser because of its potential in civilian markets, like welding equipment.

These cases suggest that lasers offered scientists a group of rewards, including intellectual excitement, the possibilities for recognition and publication inherent in a virgin field, and resources for doing science from industrial management and from the U.S. military. They offered to invigorate scientific societies. They offered useful technologies to industrial and military research managers. From a larger congeries of cases, we might ascend to a general scheme like the provisional one in the chart below, which uses the laser to define the sectors of the research establishment, the reward structure for each sector, and the way the laser fit into that reward structure.

And this chart brings me back to the subject of high temperature superconductors. Even a superficial look at this subject suggests that the structure of the U.S. High-Technology Establishment has changed between 1961-1962 and 1986-1987. If we were to use high-temperature superconductors to probe North American research in the late 1980s, we could then have two snapshots, 25 years apart. And that would provide us with an additional way of measuring the changes that our system of science and technology has experienced over the past 25 years.

<b>SECTOR</b>	<b>REWARD STRUCTURE</b>	<b>THE LASER'S PROSPECTS</b>
<b>PROFESSIONAL SOCIETIES</b>	growth of membership legitimacy within scientific community financial resources growth of field it serves vigor of publications and meetings	linkage of optics & engineering to frontiers access to new pools of potential members government support for conference large pool of research papers for meetings etc.
<b>ACADEMIC SCIENTISTS</b>	professional and public recognition the joy of interesting and "important" science resources for science and for training students	intellectual challenges publishable results that commanded attention government contracts & consultants jobs for student new instruments for doing science

<b>INDUSTRIAL SCIENTISTS</b>	the joy of interesting and important science recognition within their disciplines recognition and advance within company resources for doing science	intellectually challenging projects publishable results that commanded attention contributions to company technology company and government resources for science
<b>INDUSTRIAL R&amp;D MANAGERS</b>	advance of company technology enhanced reputation for laboratory strong patent positions	civilian technologies government contracts enhancement of laboratory prestige
<b>LASER FIRMS</b>	profitable markets contract money availability of capital interesting technology	low barriers to entry demand for experimental lasers from academic and industrial scientists frontier technology
<b>FEDERAL R&amp;D AGENCIES</b>	advance of military technology advance of scientific disciplines	antiballistic missile technology battlefields aids (radar, smart bombs, communications)

THE U.S. RESEARCH ESTABLISHMENT AND THE LASER 1961

**NOTAS**

[1] This talk was based upon my book, *The Laser in America*. The MIT Press, Cambridge, Mass., 1990. (Citations to the sources on which the talk draws can be found in that book).

[2] Directora , "The Laser History Project". Cambridge, Estados Unidos.

[3] It will be clear that other generalizations can be drawn. One such is that of the linkages that bound various sectors together.