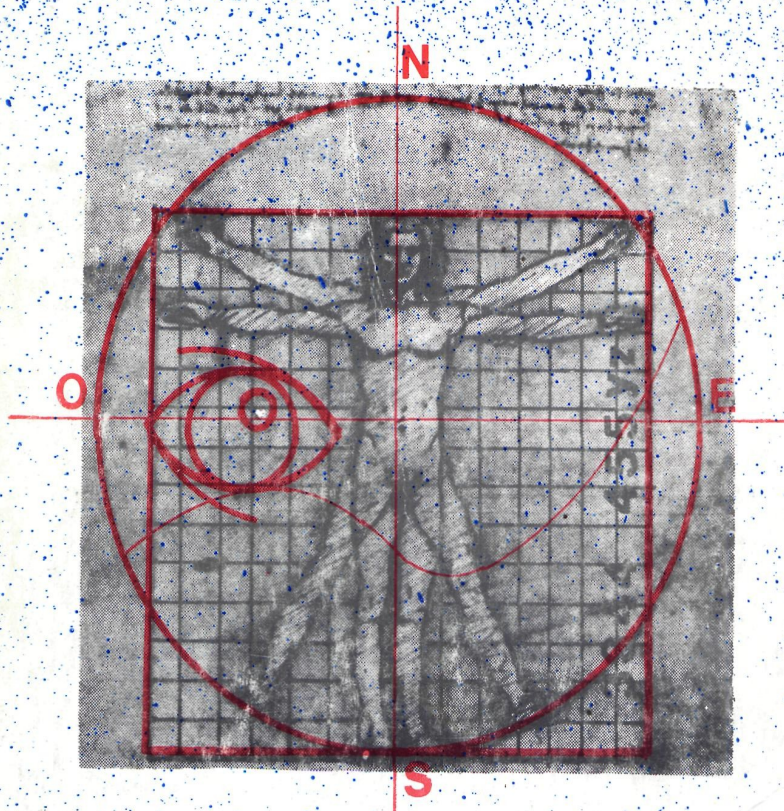


# CIENCIA Y TECNOLOGIA en la construcción del futuro

Angel Ruiz Zúñiga  
(Editor)



# Índice

COLABORADORES.....	5
AGRADECIMIENTOS.....	6
PRESENTACIÓN.....	8
1. HUMANIDADES, CIENCIAS SOCIALES Y UNIVERSIDAD.....	14
1.1 LA UNIVERSIDAD HACIA EL FUTURO.....	14
ASPECTOS CONTEXTUALES.....	16
LA UNIVERSIDAD EN EUROPA.....	21
LA EDUCACIÓN SUPERIOR HACIA EL AÑO 2000.....	22
1.2 LA EDUCACIÓN COMO EJE PARA EL DESARROLLO EN EL CONTEXTO DE LOS CAMBIOS POLÍTICOS NEOLIBERALES.....	29
1.3 PAPEL DE LAS HUMANIDADES Y DE LAS CIENCIAS SOCIALES EN PLANES DE DESARROLLO.....	33
1.4 EPISTEMOLOGÍA Y ÉTICA EN LAS CIENCIAS SOCIALES; A PROPÓSITO DE GRAMSCI .....	40
2. HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA.....	51
2.1 TECNOLOGÍA: UN MARCO TEÓRICO.....	51
PRÁCTICA TECNOLÓGICA.....	56
TECNOLOGÍA.....	58
PRÁCTICAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS.....	59
SISTEMAS TECNOLÓGICOS CONCRETOS .....	61
TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD.....	64
2.2 GALILEO Y EL DESCUBRIMIENTO DE LAS MANCHAS SOLARES: UN EPISODIO DE LA REVOLUCIÓN ASTRONÓMICA DEL SIGLO XVII.....	68
2.3 ¿QUÉ ES UNA TEORÍA CIENTÍFICA Y QUÉ ENSEÑAR DE ELLAS? (UNA PROPUESTA Y ANÁLISIS DE UN CASO).....	74
I .....	74
II .....	75
III.....	75
IV UNA PROPUESTA PARA (A) Y (B).....	76
V SOBRE LOS ÍTEMS (C) Y (D).....	79
VI LA ESTRUCTURA CONCEPTUAL DE LA GENÉTICA CLÁSICA.....	80
VII QUÉ ENSEÑAR DE UNA TEORÍA.....	81
2.4 CIENCIA Y TECNOLOGÍA: ¿BENEFICIO O PERJUICIO?.....	83
LA EVOLUCIÓN HUMANÍSTICA .....	84

HUMANISMO: SU CONCEPTUALIZACION Y SU CONCRECIÓN .....	84
LOS RECURSOS DEL HUMANISMO .....	85
EL NEOHUMANISMO.....	86
<b>3. EDUCACIÓN Y CIENCIA.....</b>	<b>88</b>
3.1 ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTUDIANTES DE PRIMER AÑO DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS, MEDICINA Y FARMACIA EN LOS CURSOS GENERALES DE BIOLOGÍA.....	88
BASES TEÓRICAS DEL ESTUDIO .....	89
EL PROBLEMA .....	90
MÉTODO .....	90
RESULTADOS .....	91
DISCUSIÓN.....	92
RECOMENDACIONES.....	93
3.2 HACIA UNA NUEVA METODOLOGÍA EN LA ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA .....	100
PEDAGOGÍA TRADICIONAL.....	101
PEDAGOGÍAS CONSTRUCTIVAS.....	103
LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN LA ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA.....	103
IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	106
3.3 LOS COLEGIOS CIENTÍFICOS COSTARRICENSES EN LA ESTRATEGIA EDUCATIVA NACIONAL.....	113
RESEÑA HISTÓRICA. CONCEPCIÓN E IDEAS INICIALES.....	113
PRINCIPIOS FILOSÓFICOS, CONCRECIÓN Y PUESTA EN MARCHA .....	116
ANEXO .....	126
<b>4. HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LAS MATEMÁTICAS.....</b>	<b>129</b>
4.1 AQUILES Y LA TORTUGA, UN PROBLEMA FILOSÓFICO.....	129
ANÁLISIS DE LA PARADOJA DE LA DICOTOMÍA.....	130
ANÁLISIS DE LA PARADOJA DE AQUILES - TORTUGA.....	131
AQUILES Y LA TORTUGA, UN PROBLEMA FILOSÓFICO.....	133
ANEXO 1 .....	134
ANEXO 2.....	135
4.2 GEOMETRÍA Y LA TECNOLOGÍA.....	137
SUMINISTRANDO AGUA A UNA GRAN CIUDAD.....	137
MIDIENDO EL RADIO Y LA CIRCUNFERENCIA DE LA TIERRA.....	139
EL SOL, LA LUNA Y ARISTARCO DE SAMOS.....	141
DIOCLES Y LOS ESPEJOS INCENDIARIOS.....	143
4.3 LA HISTORIA DE LA COMPOSICIÓN DE FORMAS CUADRÁTICAS BINARIAS ..	146
ANTES DE GAUSS.....	146
La Composición de Formas, según Legendre.....	147
La Composición de Formas, según Gauss.....	148
La Composición de Formas después de Gauss.....	150

5. HISTORIA DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LAS TÉCNICAS EN COSTA RICA...	152
5.1 HISTORIA DEL INSTITUTO CLODO MIRO PICADO.....	152
ORÍGENES .....	152
PRIMERA ETAPA (1970-1980).....	154
SEGUNDA ETAPA (1980-1988).....	156
TERCERA ETAPA (DE 1988 A LA ACTUALIDAD).....	159
5.2 LA EDUCACIÓN EN LA COSTA RICA COLONIAL.....	164
PRIMEROS SUJETOS DE LA EDUCACIÓN.....	165
LA EVANGELIZACIÓN: PRIMERA ESTRUCTURA PARA LA EDUCACIÓN.....	166
FACTORES EXÓGENOS QUE DETERMINARON LA EDUCACIÓN EN LA ÉPOCA COLONIAL COSTARRICENSE.....	168
LAS ESCUELAS DE PRIMERAS LETRAS.....	171
5.3 SEMBLANZA DE UN PROFESOR DE CIENCIAS: DON ELLIOTT COEN PARÍS.....	180
ASPECTOS BIOGRÁFICOS DEL ING. ELLIOTT CO EN PARÍS.....	184
PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS Y SEMINARIOS.....	187
PUBLICACIONES.....	188
5.4 EL ACERVO PRECOLOMBINO: EL TRABAJO EN BARRO (CERÁMICA) .....	190
PARTE PRIMERA.....	191
PARTE SEGUNDA .....	194
ANEXO.....	198

## **COLABORADORES**



Ana Cecilia Arias  
Francisco Arroyo  
Rodrigo Aymerich  
Deyanira Barnett  
V́ctor Buján  
Fernando Cajas  
Luis Camacho  
Edison Campos  
Mario Casanueva  
Janina Del Vecchio  
Rodolfo Herrera

Jorge Jiménez  
Michael Josephy  
Zayra Méndez  
Sergio López  
Jenny Oviedo  
Jorge Páez  
Pedro Rodríguez  
Angel Ruiz  
Mario Segnini  
Mario Segura

## **AGRADECIMIENTOS**



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

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

La edición de este libro de Memorias contó con la valiosa colaboración de parte del Comité Científico que organizó el Cuarto Congreso Centroamericano y de El Caribe de Historia de la Ciencia y la Tecnología, el Primer Simposio Costarricense de Matemáticas, Ciencia y Sociedad y el Primer Curso de metodología en la prospectiva y la política en Ciencia y Tecnología, integrado por los siguientes académicos: Licda. Norma Adolio, Lie. Hugo Barrantes, Dr. Víctor Buján, Dr. Luis Camacho, M.Sc. Edison de Faria Campos, Licda. Carmen González, Dra. María de los Angeles Jiménez, Lie. Mario Murillo, Licda. Jenny Oviedo, Licda. Florisabel Ramírez, Lie. Pedro Rodríguez, Dra. Gilda Sancho, Licda. Teodora Tsijli.

Especial apoyo recibimos en la edición 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, del Ing. Eduardo Sibaja, la Licda. Emilce Salas y el CONICIT, y del Dr. Orlando Morales (Ministro de Ciencia y Tecnología).

A todos 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 el congreso y la edición de este libro: Thelma Ayala, Alejandra Brenes, Marcela Guerrero, Daisy Mora, Ana Sibaja, y Regina Valerio.

Mi agradecimiento más fraterno para los autores, quienes hicieron realmente posible este volumen de importantes estudios sobre la ciencia, la tecnología, la educación, y la cultura, que esperamos pueda contribuir al esfuerzo por un futuro mejor.

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

## **PRESENTACIÓN**



En ciertos momentos todo se decide para una nación. Es entonces cuando el presente determina el futuro. Las equivocaciones o las ausencias resultan fatales. Es esto lo que tal vez define mejor las circunstancias que hoy atraviesan muchos países como Costa Rica. La historia nos ha dado la responsabilidad generacional de asumir decisiones que definirán la configuración del futuro. Se trata de la reflexión y la acción que pueden edificar el progreso colectivo o el atraso nacional; no se trata de una disquisición meramente intelectual al margen de la práctica social. Este es el carácter principal de nuestro contexto histórico, en la frontera del siglo XXI, en el que se debe colocar la discusión sobre el papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo.

De manera general, nadie duda de que la ciencia y la tecnología han constituido vectores decisivos en la evolución del mundo moderno, y, más aún, que su impacto determinará buena parte de las características de la sociedad mundial del futuro. Pero hay muchas dimensiones en esto que no están perfectamente claras; y, en algunos casos, más bien están bastante oscuras.

Muchas veces se pensó que había total certeza en cuanto a la evolución de la ciencia y la tecnología y su relación con la sociedad; pero, más tarde, en un acto de reflexión más profunda y crítica, se descubría que los parámetros con los que definíamos la ciencia y la tecnología no eran suficientes y dejaban escapar muchas "diferencias" a la larga esenciales; se descubría que se había hipostasiado un modelo de ciencia [1] -extraído de uno particular pero dominante en la comunidad científica- y aplicado sin más a la comprensión de las demás; se descubría que la vinculación de las ciencias con la sociedad era más compleja, y que las variables a considerar no permitían tanta generalización; que ya no solo el papel de las variables no estaba tan claro en la ecuación del desarrollo sino que tampoco lo estaba el de la misma idea de desarrollo [2] . No es que antes no supiéramos nada, sino que pensábamos que sabíamos más de lo que realmente sabíamos [3] .



Pero si el asunto de la relación ciencia, tecnología y desarrollo social, encierra tantos interrogantes de importancia para el planeta en su conjunto, plantea con un sentido de extrema urgencia muchos y tal vez más complejos dilemas para la parte del mundo que busca encontrar medios para salir del atraso y acceder a mejores niveles de satisfacción humana.

No basta decir aquí que la ciencia proporciona o puede proporcionar progreso colectivo, o afirmar que debe estar guiada por el fin del fortalecimiento de los valores humanos; no es suficiente tampoco hacerse abanderado de la ciencia y la tecnología sin más; el problema del cómo ocupa todo el espacio. Lo fundamental es apuntar los múltiples y complejos mecanismos intelectuales y sociales que pueden permitir resultantes edificantes de esa naturaleza, así como definir las acciones políticas que las pueden materializar, en las diferentes condiciones en las que de manera combinada se encuentran los países. Esta no es una tarea sencilla.

Determinar si la ciencia y la tecnología pueden fecundar el progreso de un pueblo, y, especialmente, hacer que esta acción sea posible, supone comprometer el esfuerzo de una nación en muchos sentidos. Exige el concurso de la inteligencia y la voluntad, la astucia y la decisión.

El diálogo nacional es central en este territorio, precisamente porque existen diferentes visiones de fondo sobre esto. Todos sostienen la importancia de la ciencia y la tecnología en el progreso social, pero en la realidad las cosas se vuelven más complejas.

Una de las visiones que ha estado presente en la política de los últimos tiempos es la que sugiere que el problema de la ciencia y la tecnología en el mundo subdesarrollado se reduce a la recepción mecánica de lo que se produce en el exterior en ese terreno; es decir, solo se puede aspirar a importar o adquirir lo que está en el mercado internacional de ciencia y tecnología de acuerdo a nuestra capacidad de compra; la instalación y uso de artificios tecnológicos de cierta importancia quedaría en manos de los profesionales del exterior contratados especialmente para eso; la inversión en ciencia y tecnología se debería hacer con miras simplemente a obtener la información de lo que existe en el exterior; la formación académica universitaria brindaría cuadros técnicos medios sin requerimientos muy profundos en ciencia básica; la formación de cuadros de alto nivel con doctorados científicos o tecnológicos sería innecesaria. Si se requiriera una especialización adicional, esta se debería hacer en el exterior; la investigación de alto nivel no sería necesaria. Con esta óptica, la formación nacional de profesionales podría realizarse entonces en instituciones privadas, sin una demanda excesiva sobre los recursos financieros del Estado [4]. Esta visión sobre el desarrollo implica un condicionamiento específico del carácter y la forma de la vida nacionales. En los últimos tiempos, formulada de diferentes maneras y en distintos grados, esta visión ha calado en ciertos grupos que abogan por la reducción drástica del gasto público y de las instituciones estatales de una manera indiscriminada.

Otros, sin embargo, piensan que es necesario desarrollar una ciencia y una tecnología endógenas, "apropiadas" a las condiciones nacionales, y desaparecer la dependencia con relación a los países altamente desarrollados, alejándose de la ciencia "colonialista" de los grandes naciones en sus usos, sus métodos y su estructura. Se trataría aquí de usar y explotar recursos técnicos locales e invertir sustancialmente en la ciencia y tecnología, recuperando tradiciones antiguas, incluso indígenas y artesanales, buscando el desarrollo de tecnologías populares, etc. El objetivo sería una tecnología autóctona y nacionalista al servicio del país y del pueblo. Esta otra visión ha estado asociada muchas veces a los intelectuales que hacen de la "teoría de la dependencia" y del síndrome "imperialista" su punto central de definición en la consideración de los problemas del mundo subdesarrollado, una aproximación con mayor adhesión antes del colapso del mundo comunista.

Ambas visiones como un todo son equivocadas y conducen a un callejón sin salida. Es necesario reconocer el carácter internacional del conocimiento científico y tecnológico, no caer en pseudociencias nacionales o autarquías tecnológicas o en los sueños abstractos que pasan por encima de la realidad mundial de desarrollos desiguales y combinados, en donde el papel dominante lo tienen los países desarrollados (lo que difícilmente cambiará); asumir la realidad moderna con total cabalidad no quiere decir -sin embargo- someterse a la inexorabilidad de "sus leyes" ni a un destino predeterminado que nos define un lugar rezagado en el concierto de las naciones. Es necesario una política enérgica de "importación" de ciencia y tecnología, pero esta -para empezar- no sería siquiera posible si no se tiene -aparte de los recursos financieros- una base científica endógena capaz de discriminar, tomar decisiones y aprovechar creativa y adecuadamente lo que se dispone en el mercado internacional de ciencia y tecnología. El solo objetivo de crear esta base, preparada para aprovechar lo mejor de una realidad compleja y dinámica, que cambia permanentemente, requiere capacidades en diferentes campos científicos y tecnológicos y un sistema nacional de ciencia y tecnología altamente competente.

Pero, para ir más lejos, es erróneo suponer que un país del Tercer Mundo esté condenado apriori a la función de mero receptor en ciencia y tecnología y no poder ser un generador, desarrollar ciencia y tecnología de gran nivel y hacerlas agentes de su progreso económico y social. En algunos casos puede que así sea, en otros no. Todo depende de las estrategias de desarrollo, el uso de las ventajas comparativas, y la priorización inteligente de campos, la voluntad y la mística nacionales, las decisiones en el tiempo y en la forma convenientes. La historia es elocuente en esto.

Es este un asunto sumamente delicado, pues la inversión en ciencia y en educación -que van de la mano- muestra su "rentabilidad" en el largo plazo; se trata de un tiempo y un tempo diferentes, generacionales. En momentos de crisis económica, la preocupación y la presión por la solución de los problemas inmediatos a veces se vuelve amenazadora sobre el futuro; se vuelve difícil en esas situaciones mantener la lucidez y la perspectiva histórica. Hemos escuchado discursos políticos que ponen en una balanza el gasto público en educación superior e investigación, contrapuesto con el que se demanda en vivienda para indigentes; buscando justificar la voluntad de no invertir en ciencia y educación. Algo así como que la inversión en ciencia y educación superior constituye un lujo oneroso mientras la población desespera con la falta de techo y comida. La confusión de

planos y de escalas nacionales y sociales constituye en este tipo de posiciones, además de una ofensa a la inteligencia, una amenaza para el progreso de una nación. Se requiere visión y decisión para discriminar el apoyo estatal con base en la perspectiva de largo plazo.

El debate nacional es entonces fundamental para definir los términos de lo que es posible. El punto de fondo es que la búsqueda consciente de un lugar edificante para la ciencia y la tecnología en el decurso nacional para países atrasados, solo puede decidirse en el marco de una estrategia general de desarrollo del país, es decir de la definición de un comprensivo proyecto colectivo con el respaldo de la ciudadanía. No es posible pensar en planes aislados; todo se debe involucrar: la cultura, la educación, la economía, el ordenamiento jurídico y constitucional, la seguridad social, la política exterior, etc. Cuando un país requiere dar saltos históricos cualitativos en su desarrollo, todas las dimensiones sociales deben ponerse en tensión, e integrarse en un plan general que brinde las pautas principales de los objetivos ciudadanos. Todo depende entonces de la capacidad nacional para abordar con disciplina y voluntad las metas trazadas. Se trata de plantear un proyecto total e integrador realizado con el mayor sentido de la urgencia. En el caso de Costa Rica este debate no se ha dado con toda la profundidad que se requiere, y si se llega a dar tal vez no se logre -de cualquier forma- un consenso nacional; pero por lo menos la discusión y la reflexión permitirán un mayor esclarecimiento sobre las implicaciones de cada acción o estrategia que se siga.

En otro orden de cosas, creo conveniente en esta ocasión señalar también un asunto de método: no es posible embarcarse en la realización de una tarea de esta magnitud con una actitud dogmática o armado de alguna de las múltiples variantes del sectarismo intelectual o social. Se requiere tomar en consideración la más amplia gama de puntos de vista así como las diferentes disciplinas. Es decir, la valoración respetuosa de las diferentes aproximaciones y el esfuerzo multidisciplinario son decisivos. Digo esto porque a veces hay quienes asumen unas cuantas premisas sobre la realidad y a partir de ellas edifican un marco conceptual inexpugnable, que se niega a priori a la crítica y a la discusión constructivas; hay quienes, ya sea por prepotencia o por temor intelectual, se refugian en fortalezas de dogmatismo y arrogancia. No entienden que sobre la realidad social el asunto de qué es verdadero y correcto no es tan sencillo, que no existen leyes sociales a la manera de las de la ciencia natural, y que el papel de la máxima concurrencia de opiniones y teorías es aquí más que esencial [5]. En la decisión de las alternativas del desarrollo no es posible afirmar la intransigencia y el sectarismo ideológicos.

Pero, además, cuántas veces no se pierde de vista en el seno de la misma comunidad académica y científica que un objetivo tan edificante y complejo como este no puede ser el producto de la acción independiente del científico o del ingeniero, ni de acciones económicas o políticas en sí, ni el resultado de la decisión de los administradores, ni la materialización de una filosofía particular de la ciencia. Todavía encontramos en ciertos gremios profesionales o académicos la "barbarización" -como decía Ortega y Gasset- del especialista, e incluso en un sentido aún peor: no es difícil encontrar el matemático que desacredita el valor del químico o del filólogo; o el físico que desprecia a su colega que decidió dedicarse fundamentalmente a los estudios históricos de la ciencia; o, por otro lado, encontrar el filósofo que condena al geólogo y al microbiólogo por su

supuesta estrechez de horizontes; o el cientista social que no admite juicios lúcidos sobre la realidad social de quien no es de su gremio; etc. El "chauvinismo gremialista", que muchas veces solo busca ocultar la debilidad y el analfabetismo culturales, riñe con los fundamentos mismos de la ciencia y la cultura. Cuántas veces los que nos dedicamos a este "híbrido" de la historia y la filosofía de la ciencia no nos hemos topado con la actitud hostil del científico "básico" que niega valor intelectual a lo que juzgado con su miopía intelectual "no es ciencia"; o la del filósofo o historiador que se siente amenazado por la incursión de otros profesionales en "su territorio". En el orden del día sigue presente la creación de esos verdaderos intelectuales, con gran formación en la especialidad científica y académica, y al mismo tiempo armados con una vigorosa cultura capaz de proporcionar la visión holística e integral de la realidad, esencial para orientar con lucidez el decurso histórico.

En la aventura del progreso nacional, donde puede ocupar un gran papel la ciencia y la tecnología, y en donde la intelligenzia, apléyade de profesionales y académicos que tiene la nación, está llamada a ocupar un rol central, se requiere una extraordinaria colaboración multidisciplinaria e interdisciplinaria, que solo puede empezar por el mayor respeto intelectual.

Por otro lado, y de manera complementaria, la ausencia de dogmatismo también debe aplicarse a la dimensión social que tratamos de fecundar y fortalecer. El momento histórico exige enderezar el árbol nacional apuntalando la ciencia y la tecnología en todos los niveles de la sociedad, pero nunca debe olvidarse que estas siempre serán uno solo de los vectores que pueden dar la resultante del progreso. Resultaría perjudicial, incluso para el desarrollo mismo de estas, eregirlas como la panacea suprema del progreso y crearles un nuevo santuario cargado de fanatismo e incienso.

Vivimos en una nueva fase histórica, definida por cambios profundos en el ordenamiento internacional y en la realidad política y tecnológica del planeta. El cambio se ha vuelto lo cotidiano. En esta nueva etapa, que incluye dimensiones distintas y contradictorias, positivas y negativas, los países atrasados tienen la posibilidad de abordar un nuevo proyecto de desarrollo en un mundo menos angustiado por la incertidumbre que fueron características de la Guerra Fría y la polarización ideológica. Tal vez, la dura competencia económica que se vislumbra no llegue a ser tan destructiva como la que dividió al mundo en dos bloques estratégicos, condicionando casi todo y deformando la realidad mundial. Tal vez el apuntalamiento de los esfuerzos internacionales por un mundo más pacífico y estable abra vías al progreso sostenido de la especie humana como un todo. Como sea el futuro, la realidad es que el progreso no llegará a nuestras naciones mientras esperamos en nuestras sillas, sin emprender acciones decididas ni asumir con energía nuestros proyectos nacionales. Nadie ni nada podrá asegurar el éxito de estos intentos; nadie tampoco posee la receta de cómo hacerlos triunfar. Es una realidad compleja y nueva. En nuestras manos está la construcción del futuro.

Nuestro objetivo con la publicación de este libro, que condensa la mayoría de los trabajos presentados en el Cuarto Congreso Centroamericano y de El Caribe de Historia de la Ciencia y la Tecnología, diciembre de 1991, ha sido precisamente el de fomentar reflexiones y discusiones en la búsqueda de un diálogo más profundo en torno a las estrategias de desarrollo nacional y el papel de la ciencia y la tecnología en ellas. Esta problemática siempre ha estado presente en el trabajo de la Asociación Costarricense de Historia y Filosofía de la Ciencia desde su fundación en 1983, y en todos sus congresos realizados en 1985, 1987 y 1989. En esta ocasión, los trabajos que publicamos, elaborados con gran dedicación, calidad y perspectiva histórica, constituyen una codificación de la investigación realizada y permiten la apertura de nuevos derroteros para el pensamiento.

Ángel Ruiz Zúñiga

Presidente

Asociación Costarricense de

Historia y Filosofía de la Ciencia

Diciembre de 1991

San José, Costa Rica

#### NOTAS

[1] Estoy de acuerdo con Paul Feyerabend cuando hace un penetrante cuestionamiento de las nociones fundamentales de Razón, Objetividad y Método Científico. Véase, por ejemplo, su libro: *Farewell to Reason*, London: Verso, 1988 (primera edición de 1987)

[2] Véase sobre esto último el artículo del Dr. Luis Camacho que se incluye en este libro.

[3] Una interesante reflexión sobre estos temas se puede encontrar en algunos trabajos del Premio Nobel de Química de 1977 Ilya Prigogine y de Isabelle Stengers: *Order out of chaos*. E.U.A.: Bantam Book, 1984. Existe una versión castellana por Alianza Editorial: *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*, Madrid, 1983 (la versión francesa original es de 1979).

[4] El artículo del Lic. Francisco Arroyo que incluimos aquí se dedica precisamente a la reflexión sobre el papel de la universidad en el siglo XXI.

[5] Puede verse sobre este asunto mi artículo contenido en este libro; puede consultarse también el magnífico libro de Peter Mancas: *A History and Philosophy of the Social Sciences*, Oxford: Basil Blackwell, 1987.

# **1. HUMANIDADES, CIENCIAS SOCIALES Y UNIVERSIDAD**



## **1.1 LA UNIVERSIDAD HACIA EL FUTURO**

Francisco Arroyo. [1]

### RESUMEN

Se busca hacer un análisis comprensivo de la situación de la universidad en el contexto histórico actual, buscando definir las líneas de su evolución frente al siglo XXI.

### INTRODUCCIÓN

Si pudiésemos actuar, con lucidez y clarividencia, sobre los factores que determinan los acontecimientos, estaríamos actuando sobre el futuro y así, probablemente tendríamos algún nivel de previsión.

El mundo vive una profunda revisión de las ciencias humanas y viejas verdades, rápidamente, se diluyen y se queman en la hoguera en que se queman las ideologías, el pensamiento político, el pensamiento económico y el filosófico.

La humanidad parece estar siendo llamada a ser menos dogmática, más abierta y más generosa.

Las transformaciones que en escala mundial se suceden cada vez más aceleradas a medida que se avecina el nuevo milenio, nos obliga a tratar de vislumbrar el futuro de la universidad desde esa perspectiva .

Todos sabemos hacia donde conducía Ortega y Gasset sus reflexiones cuando hablaba de la universidad en su "circunstancia". Todos percibimos también, cuales son las "circunstancias" que en un futuro próximo enmarcarán a la universidad y conformarán el escenario en que deberá actuar.

La Universidad debe entender que en el momento actual de la historia, se vive la víspera de un nuevo futuro que no será una simple reproducción del pasado, con exigencias diferentes para cada institución social; especialmente para aquella cuya función es entender al mundo y su proceso y formular propuestas para ayudar a la construcción del futuro.

Estamos viviendo uno de los momentos más críticos en la historia universitaria nacional y ello nos obliga a comenzar una lucha por la creación de soluciones alternativas capaces de multiplicar, por la creatividad, los recursos disponibles para transformar la situación de vida de nuestro pueblo. Para esto es necesario que la universidad se redefina política y académicamente frente a las fuerzas que la amenazan y la constriñen; frente a un nuevo mundo que la rodea con un dinamismo que ella no ha sabido o conseguido acompañar por su tradicional inmovilismo y su característica lentitud.

En el momento actual, a la universidad le corresponde el papel más importante de pensar en la crisis que atravesamos y de formular alternativas para la construcción de la nación, en su conceptualización global y en cada una de las áreas del conocimiento necesario para la búsqueda de la eficiencia, la justicia, la soberanía; al lado de la producción de la belleza y la búsqueda de la verdad.

A través de su función específica, como lo es la producción del conocimiento, la universidad debe verse como participante privilegiada en la gran aventura de construir el país.

Manteniendo su compromiso absoluto con la calidad y la excelencia, la universidad debe buscar su futuro.

## **ASPECTOS CONTEXTUALES**

Nuevas fuerzas modifican la configuración de la geopolítica mundial

En las últimas décadas del siglo XX, la Historia Mundial está presenciando una nueva caída de dos imperios o el desmoronamiento de dos superpoderes económico-militares, que polarizaron la vida mundial desde la II Guerra Mundial: los Estados Unidos y la Unión Soviética.

Al mismo tiempo, dos nuevos y poderosos centros económicos se están consolidando; uno en Europa y otro en el Pacífico, para contrarrestar la bipolarización ruso-americana.

Como si fuera una gran película, presenciada por todos gracias a la alta tecnología en la información y en la comunicación, esa nueva configuración geopolítica del Mundo es puesta al alcance de cualquier ciudadano sentado en cualquier plaza o frente al televisor en cualquier lugar de nuestro planeta.

La hegemonía norteamericana de los años 50 era incuestionable, basada en un 52% P.I.B. mundial, en las 2/3 partes de las reservas mundiales de oro y en prácticamente un monopolio de las armas nucleares. En la década de los 80 los Estados Unidos aún tenían reservas financieras en el exterior por un valor \$170 billones, pero en junio 1985 ya estaban en cero. En 1987 los Estados Unidos se convirtieron en un país deudor, con una deuda externa equivalente a la de Brasil, Argentina y México juntos (superior a los \$370 billones).

El otro extremo, la Unión Soviética también fue perdiendo su fuerza en los años 70 y 80. Además de los fracasos económicos del sector agrícola, fue perdiendo su carrera tecnológica. En 1987 la Unión Soviética gastaba la mayor parte del P.I.B en defensa y acciones militares, mientras dedicaba sólo el 14% al bienestar social y un 6.6% a la Educación.

La corriente renovadora de la Perestroika refleja la aceptación de esa realidad y la necesidad de cambiar la posición bélica para enfrentar la batalla en el campo económico.

La polarización ya no está asegurada por la fuerza de las ojivas nucleares sino por la capacidad económico-tecnológica. Ahora son los números los que escriben la Historia.



En 1985 los Estados Unidos y la Unión Soviética acaparaban juntos el 34% del P.I.B. mundial, mientras que Asia Oriental sólo contribuía con 25%. Se estima que a comienzos del próximo milenio (en 20 años quizás!) el P.I.B. de esa región llegará al 50% mientras que el de las dos superpotencias caerá hasta un 25%. La visión optimista de los orientales es de que el siglo XXI marcará la era del pacífico, liderando la economía mundial como un nuevo centro económico en todo los campos de la actividad humana.

Por otro lado, "EUROPA 1992" surge como una poderosa conjugación de fuerzas económicas, políticas, culturales y científicas que le permitirán asumir un destacado papel en el escenario político y económico mundial. El 1 de Enero de 1993 Europa se transformará en un mercado de más de 300 millones de consumidores de elevado poder adquisitivo y exigente de la calidad de los productos.

Al unirse la capacidad industrial, financiera y de servicios sin barreras de nacionalidad, Europa podrá desafiar la dominación de la Economía del Dólar y la creciente y poderosa economía asiática.

Científica y Tecnológicamente tienen bases sólidas en las universidades que a lo largo de las últimas décadas han abandonado su aislamiento individualista para enfrascarse en una colaboración para Europa y en la realización de proyectos de investigación de gran envergadura y en estrecha colaboración interinstitucional.

La fuerza de la unión le permitirá a Europa proyectar una acción internacional más "INDEPENDIENTE", más cercana a su tradición política, económica y cultural. Esa será la marca de sus relaciones con el Este y con los países del Tercer Mundo.

Superando rivalidades seculares, diferencias culturales e idiomáticas y todo un pasado de antagonismos, 12 países Europeos se lanzarán a un plano ambicioso de construir una "Comunidad Económica Europea" a partir de 1992. Surge de la dinámica interna de las fuerzas que componen la sociedad de las naciones pero surge también como respuesta a fuerzas y desafíos externos provocados por la Economía Americana y Japonesa.

El "viejo mundo" muestra una capacidad y vitalidad que sorprende al adoptar medidas revolucionarias para establecer un mercado único, derrumbando las fronteras, facilitando la libre circulación de los ciudadanos, el comercio, la empresa, las inversiones.

El mercado común será el resultado de una paciente articulación, un amplio planeamiento revolucionario, una estrategia montada a largo plazo e implementada con inteligentes y sistemáticas negociaciones para vencer las resistencias y construir las bases y Los mecanismos jurídicos de la "nueva Europa".

Esa nueva Europa representará una unión de fuerzas financieras, científicas, tecnológicas y de recursos humanos que le permitirá realizar un salto tecnológico cualitativo que la pondrá en posición ventajosa para competir con los Estados Unidos, Japón y otros.

Además, con su experiencia milenaria de vida internacional y su bagaje cultural, podrá regresar al escenario de la política mundial con nueva fuerza y nuevos mensajes que inducirán nuevos patrones en las relaciones internacionales.

De todo esa estrategia y visión participan las universidades europeas, contribuyendo para la formación del pensamiento, dando su respaldo intelectual, científico y cultural. Constituyen parte activa desarrollando proyectos de investigación "Europeos" y desarrollando su propia conceptualización del papel de las universidades y de su propia estructura.

El surgimiento de un bloque poderoso, dispuesto a competir en el escenario político y económico mundial, provoca una recomposición de fuerzas y alianzas, obligando a los otros bloques a revisar sus posiciones. Los Estados Unidos ya firmaron un tratado económico con Canadá y pasaron a establecer relaciones políticas más amistosas con la Unión Soviética. Esta, a su vez, sintiendo su desventaja en la carrera económico-tecnológica, busca nuevas relaciones con Europa, supera las tensiones con China Popular y busca ayuda tecnológica en Asia.

También el bloque asiático liderado por Japón busca su presencia en China y con otros países asiáticos; procuran instalar el "MERCADO COMÚN DEL PACIFICO" para enfrentar a "Europa 92" y al bloque USA-CAN ADA.

En esa nueva configuración geopolítica, los países de América Latina, África y buena parte de Asia, profundamente divididos y a la vez empeñados en su desarrollo económico-social y en disfrutar de los avances tecnológicos, se verán obligados a redefinir sus estrategias y alianzas para tratar de huir de la marginalidad mundial y de la condición colonial moderna.

Sin embargo, existen otros elementos que forman parte de las "Circunstancias" y que constituyen desafíos directos para la Universidad del futuro.

Uno de ellos es la creciente y despiadada competencia económica entre los países ricos en sustitución de la carrera armamentista.

La Humanidad respira aliviada ante el progresivo abandono de las amenazas recíprocas de destrucción nuclear, pero se siente arrastrada hacia la desenfrenada preocupación de hegemonía económica mediante el dominio del capital y la tecnología.

En esa nueva guerra, vence quien llega primero al mercado con su producto mejor y más barato.

De ahí, que el concepto de "tiempo" y "productividad" en la guerra económica requieren competencia, ciencia y tecnología cada vez más avanzada y eficiente, lo que significa un llamado directo a la Universidad para que forme a su gente cada vez mejor y más rápidamente. Gana quien tiene mayor base científica y parques tecnológicos más ágiles. En cuanto no lo obtengan, las empresas establecen sus propios centros de investigación.

Manifestaciones de ello son los numerosos institutos y laboratorios que las grandes empresas mantienen junto a sus conglomerados y hacia donde van los mayores recursos financieros del mundo científico.

Una consecuencia nociva de esa carrera que afecta negativamente a la Universidad es la tendencia de las grandes fuerzas económicas de apoderarse de la Ciencia y convertirla en propiedad privada, como ya hicieron con la tecnología.

Y, mientras algunas naciones se involucran en la carrera por la supremacía económica y el dominio de los mercados mundiales, grandes masas humanas en regiones enteras sufren y viven en condiciones infrahumanas y se encuentran incapacitadas para disfrutar de los beneficios del desarrollo científico y tecnológico, Estas son situaciones que perduran desde hace muchos años y no existen estrategias para resolverlas.

En esas "circunstancias" la universidad, con su caudal de saber y de tecnología, está debiendo su contribución al mundo moderno.

Desde otro ángulo, la Universidad debe considerar, también, la dinámica de las ideas, del pensamiento filosófico, de las doctrinas político-sociales, de las corrientes étnico-culturales y religiosas que resurgen, con nuevo vigor, como reacción a las ideologías y vanalización de la cultura de masas impuestas por los medios de comunicación. Dentro de esas corrientes, se sitúan los movimientos de los países árabes, las revisiones profundas que ocurren en China, en la Unión Soviética y en otros países del mundo socialista, las transformaciones de las iglesias occidentales en busca de una nueva base humanística para la civilización tecnológica.

La universidad del futuro se verá profundamente comprometida en la elaboración de esa nueva base humanística.

Ante esa transformación ¿cómo responde la Universidad?

La Universidad también se transforma y reestructura para adaptarse a la nueva configuración geopolítica, veamos algunos ejemplos.

El sistema de educación superior japonés sirve de base de sustentación al avance tecnológico de dicho país. Para garantizarse su liderazgo económico, Japón necesita asegurar su liderazgo tecnológico en dos campos:

1- El de la Ingeniería Industrial para aumentar la eficiencia y productividad de su sistema productivo.

2- El del conocimiento científico y tecnológico para inventar nuevos productos y nuevos avances en los sistemas de producción existentes.

Ambos requieren una estrecha colaboración entre los parques científicos y las industrias, entre los consorcios de investigación y las universidades.

El objetivo de las "Tecnopolis" no es otro que el de crear espacios para que la investigación y el desarrollo, puedan darse con economía de escala y siempre al frente de la tecnología existente.

De ahí que la concepción de la "Tecnopolis" es la de crear las estructuras capaces de albergar e interrelacionar la universidad, la industria y el gobierno. Se pretende así crear centros regionales de desarrollo industrial concentrados en alta tecnología.

La primera experiencia japonesa es la de Tsukuba que constituye una ciudad planeada para ser un complejo residencial y de investigación en torno a la Universidad de Tsukuba. La constituyen los institutos y laboratorios de dicha Universidad y otros muchos transferidos desde Tokio. A eso se suman numerosos institutos privados de docencia e investigación.

Actualmente, el 40% de los investigadores de los institutos gubernamentales están en Tsukuba y el 50% de las inversiones del Gobierno en investigación, están ahí también.

La idea japonesa es replicar Tsukuba en varias regiones del país, pero cada una con una especialidad tecnológica diferente .

Nuevas "Tecnopolis" están surgiendo en las vecindades de Kioto, Nara y Osaka.

La "Ciudad Científica de Kansai" deberá estar concluida para comienzos del siglo XXI y cubrirá un amplio aspecto de estudios culturales y científicos. Es un proyecto integramente privado.

En Korea del Sur se construyen "Ciudades de la Ciencia" semejantes a las "Tecnopolis" japoneses. En ellas se instalan los institutos de investigación del gobierno y privados, así como las universidades también se trasladan hacia ellas.

## **LA UNIVERSIDAD EN EUROPA**

Al grito de los "Estados Unidos Europeos" lanzado por Churchill en 1949, se pusieron en movimiento iniciativas de políticos, empresarios, profesores y rectores universitarios.

En 1952 con el pacto de Bruselas se inició el establecimiento de las relaciones interuniversitarias y en 1959 se crea oficialmente la "conferencia de Rectores Europeos", foro de discusiones, cambio de información, de experiencias universitarias y de investigación de políticas nacionales, de enseñanza superior y de reformas universitarias.

Evoluciona rápidamente para convertirse en el órgano coordinador de las universidades europeas en el diálogo con las fuerzas e instituciones al servicio de la construcción de la unión europea.

Este organismo pasa a jugar un papel importante en la articulación del esfuerzo para renovar la universidad, para garantizar su libertad y autonomía en relación con las autoridades gubernamentales nacionales o europeas.

Cuando en 1969 se establecieron las bases para la construcción del mercado común europeo, la cooperación de las universidades fue considerada como un factor esencial para la cohesión continental.

Las universidades europeas encuentran en el cuadro de la integración un campo nuevo y una estimulante invitación a pensar en su futuro, renovar el modo europeo de pensar y crear, sentando así las bases para discutir sobre la futura sociedad europea y cuestionar la función de la universidad en esa nueva sociedad.

La función de la universidad en ese contexto es la de crear actitudes que favorezcan la unión. Eso requiere de algunas medidas muy prácticas, tales como la nivelación de los currícula y de los diplomas, los procedimientos académicos y principalmente la apertura hacia la investigación conjunta.

Actualmente está en estudio la integración de la vida universitaria europea en una gran comunidad académica, que permita la circulación de profesores y alumnos, proyectos conjuntos de investigación, intercomunicación de los bancos de información, bibliotecas y servicios de computación.

## **LA EDUCACIÓN SUPERIOR HACIA EL AÑO 2000**

Inmersa, como agente de cambio o como ente de reflexión en esa avalancha de cambios y transformaciones que experimenta el mundo de cara al nuevo milenio; la universidad está obligada a revisar y a rehacer la malla de relaciones que mantiene con la comunidad nacional de que forma parte.

En estos momentos, la universidad se enfrenta a un conjunto de demandas y exigencias, estímulos y desafíos, a los cuales debe responder con visión y capacidad de entendimiento de las "circunstancias" antes expuestas y frente a un horizonte estrecho del tiempo y del lugar en donde se desarrolla.

Eso le impone un proceso de autocrítica y autoafirmación de sus funciones tradicionales: Docencia, Investigación y Extensión y de sus responsabilidades para con el estado, la sociedad y consigo misma.

El diálogo de la Universidad con el Estado, el poder ejecutivo y legislativo en la vida moderna, no puede ser producto de la espontaneidad o del esfuerzo ocasional. Es preciso involucrarse más estrechamente y comprometerse en mayor grado en la elaboración de un proyecto político nacional y posteriormente en su implementación.

La misma universidad que proclama su autonomía y su libertad de investigación, está profundamente involucrada en proyectos tales como la consolidación de la hegemonía tecnológica del Japón y está dando todo su aporte a la consolidación europea.

A la vuelta del siglo, la integración de la universidad en un proyecto nacional aparece más que nunca como una cuestión vital para poder asegurarnos la participación de la nación en el escenario internacional.

Dada la importancia de la investigación científica y tecnológica en el desenvolvimiento económico y social de la nación, la universidad debe ser vista como la línea maestra de cualquier "proyecto político nacional". Los países económicamente competitivos confían a sus universidades, no la formación de los cuadros profesionales sino además y, como punto principal, la capacidad científica del país. La investigación adquiere así una importancia singular.

Esto, podría llevar a la lucha de siempre, referente a la autonomía y podría provocar un choque entre las expectativas del Estado y la posición de la universidad en su lucha por asegurar su autonomía para ser ella misma, pensando ser así más útil al estado. Sin embargo, cuando la universidad con suficiente visión y competencia participa en la elaboración de un "Proyecto Político Nacional" será ágil para responder a las demandas sin comprometer su independencia y las relaciones se armonizan.

La realidad actual demuestra que la universidad no puede ser una isla de fantasía completamente desligada de un proyecto nacional. Es iluso también esperar recursos ilimitados sin que haya un retomo palpable a la sociedad que los proporciona, sobre todo en países con problemas en las finanzas públicas.

Como ampliación de esas relaciones con el estado, deben considerarse también las relaciones con las empresas y con el público en general. Será necesario evitar que la investigación se realice sólo en función de su utilidad impulsada por las exigencias de la economía. De ahí que la universidad en su autocrítica debe examinar cuidadosamente esta cuestión y establecer condiciones de diálogo con el estado y la empresa y mediante esa vía:

- a) resaltar su papel en el avance de la ciencia y como matriz generadora de científicos;
- b) ejercer una crítica ética sobre los usos y límites de la ciencia y la tecnología.

La otra función de la universidad, la docencia, la coloca frente a la sociedad del futuro, obligándola a revisar su posición de formadora de los cuadros profesionales.

La formación profesional básica en la preparación de las carreras permanecerá en el centro de la función docente de la universidad del mañana, los continuos cambios en la vida profesional moderna le obligan a revisar los currícula, los métodos de enseñanza y el propio ciclo de formación. El concepto de que la universidad ya cumplió su función en el momento de colocar al profesional en el mercado, está ampliamente superado, y si realmente pretende ser relevante para la sociedad, debe prepararse para enseñar continuamente a los graduados que desean actualizarse en sus carreras, convirtiendo la educación superior en proceso continuo.

La revisión del quehacer universitario de cara al futuro debe tocar también lo relativo a la extensión. De cara a la explosión de conocimientos en una sociedad cada vez más informada e informatizada.

Se espera que la universidad pueda organizar, sistematizar y criticar la información disponible.

Además de los métodos tradicionales, se espera también que la universidad pueda hacer uso muy amplio de los medios electrónicos para la información y la formación abierta de la población.

Cada vez más, los medios de comunicación se convierten en competidores de la universidad en cuanto se refiere a la difusión del conocimiento y ello la obliga a revisar sus métodos de enseñanza en sus currícula y en toda su función social.

Al revisar sus relaciones con la sociedad, con el estado y con el sector externo, readaptando su quehacer a las "circunstancias" del mundo moderno, la universidad deberá también repensar sus propias relaciones internas y la organización de la comunidad académica y administrativa.

La organización de la ciencia es dinámica. El avance del conocimiento implica la aparición de nuevas disciplinas y la desaparición de otras y todo ello requiere una reorganización de la estructura de los currícula. Ese avance representa en algunos casos el estrechamiento del campo de acción o de los intereses de algunos científicos; pero, es que las nuevas disciplinas rápidamente ganan cuerpo y autonomía, ocupando el lugar de otras en los currícula.

Es natural que eso ocurra en el seno de la universidad y debe además ser transferido a la sociedad.

Por otro lado, la progresiva especialización del conocimiento requiere nuevas formas de integrar el saber, con el fin de explicar la realidad que se da a nuestro alrededor. Esto obliga a la Universidad a realizar, cada vez más, el trabajo en forma interdisciplinaria, con el fin de lograr una visión de conjunto.



Este será, posiblemente uno de los mayores desafíos que enfrentara la Universidad hacia el nuevo siglo, si desea mantener una visión más humanística de la ciencia y un equilibrio de la cultura sobre el predominio de la tecnología.

En la búsqueda de su futuro, la universidad debe procurar el reencuentro con la sociedad de que forma parte, el reencuentro de su función social. Para ese reencuentro la universidad buscará en su pasado, buscará en su historia sus raíces y razón de ser, su propia identidad, sus propias experiencias en circunstancias de desafío y de ajustes similares; sólo así hallará con claridad la naturaleza y esencia de su identidad como institución social y de como los nuevos tiempos le obligan a renovarse para contribuir, eficazmente, como una de las partes más importantes de la comunidad nacional.

La Universidad no sólo debe ser parte importante en la formulación de un "proyecto político nacional" sino que es un factor decisivo en su realización.

Esta interacción con el mundo externo le permitirá aprender a asimilar la experiencia de otras instituciones y renovar la estructura organizacional para garantizarse la consecución efectiva de sus fines.

En su encuentro con la sociedad en la formulación de un proyecto político nacional, la universidad encontrará con rapidez nuevos socios con quienes deberá dialogar, diálogo cuyo términos de referencia no pueden ser dictados unilateralmente por la universidad.

La universidad ha de encontrar el camino de colaboración con su pares, esto es, con las otras universidades estatales y del exterior. A nivel de país la tendencia es hacia la especialización, concentración y diferenciación.

Mirando hacia el futuro, las distancias no deben ser razón para justificar que una universidad tenga todos los cursos del espectro cultural y científico de un país. La universidad con dimensiones universales tiende a desaparecer.

Una comunidad académica no será solamente aquella que está físicamente próxima, pues, gracias a la intercomunicación electrónica, el intercambio científico y la interacción transdisciplinaria podrá realizarse a pesar de las distancias geográficas.

Esto hará posible concentrar y repartir las tareas entre las instituciones universitarias del país sin perder la universalidad del campo, la integración de la ciencia, el convivio académico, la integración de la docencia y la investigación.

Además de posible, parece conveniente financiera y estratégicamente esa concentración para garantizar una "masa crítica", evitando una pulverización de esfuerzos que perjudica la capacidad colectiva del sector académico.

Pareciera a todas luces conveniente pensar en una redistribución del trabajo entre las universidades para servir mejor a un "proyecto nacional".

Los recursos financieros son pocos, pero, la capacidad humana en muchos campos es de vanguardia. Una mejor articulación de los mismos podría constituir un punto de partida, un avance en la búsqueda del salto científico-tecnológico que el país busca y necesita.

El "proyecto nacional" debe ser un proyecto consistente, que se coloque por encima de las doctrinas partidaristas, de las personalidades de ocasión y de los intereses parroquianos.

Eso requiere entrar en sintonía profunda con toda la nación, con sus raíces históricas, sus rasgos culturales y sus aspiraciones hacia el futuro. Entrar también en sintonía con las fuerzas que dinamizan la sociedad desde el ángulo económico, la vida pública, el ángulo político (en su mejor acepción) e institucional, las corrientes del pensamiento y la capacidad científica y tecnológica de que disponemos.

Corresponde a la Universidad conducir y liderar la elaboración de ese proyecto político nacional. Deberá participar, colaborar en la ordenación del debate, y su elaboración, contribuir con su conocimiento y visión para establecer los parámetros, la Dirección, y el soporte intelectual requerido.

Deberá hacerlo en forma consciente, sistemática y con una clara noción de su papel.

La elaboración de ese proyecto no puede hacerse en forma aislada, dentro de los muros universitarios para luego promulgarlo al resto de la sociedad. Es más bien un trabajo de grupo con la participación de todas la fuerzas vivas de la sociedad.

En el contexto del proyecto nacional surgirá un cuadro de referencia y de ambiente para un proyecto universitario, y una universidad formando parte integral de la sociedad, y no isla o torre de marfil ajena a los problemas de una sociedad en que está inmersa.

Para todo ello es imprescindible liberarse de algunos prejuicios y tabúes que entran el debate o conducen a callejones sin salida.

Algunas de ellas son: la creencia de que las reformas se hacen por vía de la legislación; que las mismas se sobreponen a la experimentación y a la innovación, que la centralización y uniformidad aseguran calidad. Son, en fin, todas aquellas que tienden a la prevalencia de los formalismos sobre la innovación y la creatividad.

En tanto, el proyecto nacional pueda tomar forma, la universidad hallará espacio para su propia autocrítica en busca de sus pautas neurológicas donde los cambios tengan la menor resistencia y el mayor efecto renovador.

La falta de recursos es el reflejo de un problema más agudo y sin remedio a la vista, es apenas la punta del "iceberg". Por ello, deberá estar al final de las discusiones, pues otros asuntos son más relevantes porque pueden llevar a cambios más profundos en la vida universitaria, inclusive a una solución para su falta de recursos.

Si la universidad busca un lugar en la sociedad debe procurar nuevos convenios, nuevo diálogo con las fuerzas vivas de la sociedad, interesadas en un esfuerzo colectivo. Una política de ciencia y tecnología, cuestiones sectoriales de ingeniería, derecho, economía, etc. deberían encontrar en la universidad una fuente de información, análisis y de apoyo en la búsqueda de las soluciones más apropiadas.

Otro elemento a considerar en el proyecto es una estrategia que conduzca a una suma de los esfuerzos, a la asociación en los grandes proyectos científicos tecnológicos-culturales por encima de las fronteras institucionales.

Existen cuestiones vitales para la vida nacional que ninguna universidad por sí sola podrá abarcar y resolver completamente, por ejemplo, el problema del medio ambiente, la energía, la Biotecnología, para mencionar solo tres. Qida uno de ellos es de suficiente importancia para el país como para motivar la reunión de toda la competencia científica y tecnológica disponible para enfrentar el desafío.

La universidad, la verdadera universidad que merece llevar ese nombre, debe convertirse en un foro avanzado que repiense nuestra sociedad y que se abra a la comunidad para crear juntos un proyecto de nación, un proyecto capaz de atraer el interés y la participación de todas las fuerzas creativas del país para formar una fuerza tal que no habrá resistencia capaz de impedir que camine en dirección a lo nuevo, a lo justo y a lo bello.

No existe, para las universidades del Tercer Mundo, otra salida que no sea su compromiso cada vez más intenso con los problemas de la sociedad.

A lo largo de varias décadas, ninguna otra institución ha contribuido tanto a la construcción del país como lo ha hecho la universidad y es nuestra obligación continuar esa tarea cada vez con mayor eficiencia y nuevas metas.

Manteniéndose en la búsqueda permanente de ampliar el horizonte de la libertad se hace necesario retomar patrones de libertad donde las características naturales y culturales del país sean respetadas, donde los patrones nacionales sean sustituidos por un nuevo concepto que retome como banderas permanentes el saber, la belleza, la verdad, la eficiencia con justicia, la paz y el respeto por el equilibrio ecológico.

Todo lo expuesto quizás pueda servir de base para un debate constructivo sobre un proyecto universitario nacional de cara al futuro.

#### NOTAS

[1] Consejo Universitario. Universidad de Costa Rica.

## **1.2 LA EDUCACIÓN COMO EJE PARA EL DESARROLLO EN EL CONTEXTO DE LOS CAMBIOS POLÍTICOS NEOLIBERALES**

Janina Del Vecchio. [1]



### RESUMEN

En este trabajo se busca estudiar las condiciones y las perspectivas de la universidad y la educación en el contexto histórico-político actual.

La rica experiencia de transición política en los países de Europa del Este y en muchos de Latinoamérica nos pone en la tesitura de la reflexión acerca de las transformaciones de las organizaciones sociales y lo que ello puede representar en las distintas respuestas educativas que los países adoptan de acuerdo con su propias ideologías, estructuras e idiosincrasia, en lo general, y lo que ello puede representar en la educación costarricense, en particular.

En Latinoamérica donde las dictaduras duras y puras, por fortuna están en proceso de extinción, aparece ahora una preocupación de los sectores progresistas por la emergencia de una "nueva derecha" que cada vez ocupa un espacio político creciente y que usa formas de penetración sentidas amparadas al marco tolerante que brinda la democracia. Creo, sin juzgar de previo si este fenómeno de transformación social es bueno o malo, que es importante visualizarlo y desarrollarlo, pues así será más fácil entender lo que ello afecta a la definición de Universidad estatal, democrática y con excelencia académica que nos hemos dado muchos universitarios costarricenses.

La historia de Occidente es en gran medida la historia del intento de realización práctica del ideal de democracia. Desde el mismo acunamiento de este concepto en el seno de la civilización griega, hasta el desarrollo de los principios del derecho en la Roma clásica, pasando por el establecimiento de los supuestos de la democracia representativa en la Revolución Francesa y las ulteriores

conmociones suscitadas por las revoluciones sociales, se puede decir que existe una línea común que ha venido haciendo avanzar nuestras sociedades en un proyecto humanista basado en el binomio libertad-igualdad.

La Universidad estatal ha mostrado a lo largo de la historia su condición de institución medular en la configuración de la estructura democrática. Quizás porque a lo largo de más de quinientos años las sociedades se han encontrado en la imposibilidad de encargar a instituciones de otro tipo las funciones que son características de la Universidad, afirmamos que ésta es una institución imprescindible. Pero de ahí no podemos pasar a creer que, entonces las funciones de la Universidad son permanentes e inmutables y que, en consecuencia, la sociedad, al crear una determinada universidad, sabe a ciencia cierta y para siempre lo que puede esperar y lo que va a lograr de ella. Por el contrario, la Universidad pública nace en el seno de una paradoja que es el origen de la mayor parte de todas sus tensiones: está llamada a servirle a la sociedad, pero generalmente discrepa de lo que los sectores más poderosos -normalmente minoritarios-consideran que es lo más conveniente para la sociedad como un todo. Es así como la Universidad termina siempre por realizar acciones que, en alguna medida, contradicen los intereses de quienes controlan y dirigen el sistema. Esta discrepancia la obliga a ser, simultáneamente protagonista y observadora autónoma de los fenómenos sociales circundantes.

Este empeño democratizador de la universidad pública enuncia por sí solo el principio según el cual la educación accesible y excelente, constituye para un pueblo la mejor garantía del disfrute de sus derechos, del logro del desarrollo económico y de la prevalencia de las libertades públicas.

Con este marco referencial, en las sociedades democráticas surge un movimiento político y económico que calificaré como la "nueva derecha" el cual tiene su propio comportamiento y características. Trataré de demarcar los rasgos básicos del comportamiento de esta nueva derecha y lo que ello aféela a la educación pública, con metas de excelencia en todas las respuestas que como producto le brinda ésta a la sociedad que la sustenta.

-Observo en el contexto nacional y mundial una tendencia política económica neoliberal a ultranza, revestida de un lenguaje de eficiencia, de pragmatismo y de racionalidad que lleva al convencimiento a muchos sectores de la sociedad, aún a los mayoritarios quienes no serán, necesariamente, los beneficiarios directos de dicha política.

Este pragmatismo puede llevar a posiciones simplistas, tanto en cuanto los conductores de la política económica de una nación entienden por ahorro y eficiencia, pues pueden tratar de medir la productividad educativa solamente con los parámetros correspondientes al número de profesionales que se gradúan cada año o al número de estudiantes inscritos en cada carrera, sin tener en cuenta que el bien en educación abarca muchísimo más factores y que su beneficio no puede evaluarse únicamente en términos numéricos simples.

-En lo político, percibo un intento de debilitamiento de los partidos y sindicatos, así como la negación de las diferencias ideológicas y partidarias en pro de un realismo que oculta prioridades corporativas netamente conservadoras. Se potencia nuevamente la acción directa y no mediatizada por organizaciones representativas entre el ciudadano y la administración.

La fuerza de organización de los diferentes sectores, partidos políticos, sindicatos, cooperativas, federaciones de estudiantes, colegios profesionales, y su capacidad de acción nutren y afianzan las bases democráticas de toda sociedad. En el momento en que se da un desequilibrio entre estos y la Administración se puede correr el riesgo de la absorción por un sector poderoso aunque minoritario, de los grupos más representativos de la sociedad. La educación estatal naturalmente se ve seriamente afectada con este desbalance.

-Producto de lo anterior se obtiene que, cultural y educativamente se potencia una imagen elitista e individualista en lo social lo que propicia que, ante las grandes desigualdades de todo tipo se impulsen soluciones de carácter benéfico -paternalistas, todo ello en detrimento de los derechos sociales.

En realidad esta línea de argumentación que puede encontrar cierto eco en períodos de grandes cambios sociales y tecnológicos viene a intentar consagrar en la práctica una especie de "fin gris de la historia", apoyada en la parálisis moral y política que puede generar el miedo a las incertidumbres y los riesgos de las apuestas innovadoras ante el futuro.

Estas posiciones benéfico paternalistas permiten dar la impresión de que se atienden las necesidades básicas para los sectores mayoritarios de la sociedad cuando en la realidad lo que se está es atendiendo la capacidad de crecimiento económico de los sectores económicamente dominantes.

-Por último no puedo dejar de tocar a un sector el cual siempre recibe una resultante como producto de los cambios sociales. Con respecto a la mujer, las manifestaciones son profundamente conservadoras en todo lo que atañe a sus derechos y costumbres. Se acepta fielmente la teoría darwinista, que algunos sobresalgan individualmente, pero rechazan los planteamientos que hacen de la igualdad de la mujer una cuestión estructural y política.

En este uso y abuso de un lenguaje más o menos progresista, se utiliza el populismo sentimental, explotando situaciones de necesidad, incultura, insuficiencias y vacíos propios de las democracias muy jóvenes o muy desprotegidas económicamente.

Desde una perspectiva global parece evidente que no hayan concluido aún los riesgos de desajuste social, que distamos mucho de haber logrado hacer frente con éxito al problema de las carencias y de la incultura de buena parte de los habitantes del planeta, y que no hemos llegado, ni mucho menos, a consolidar una civilización sin riesgos personales ni colectivos. Quedan, pues, muchas batallas que ganar en todos los rincones de este planeta para superar las condiciones de miseria, de incultura y de infelicidad personal en que viven millones de seres humanos, para lograr mejores niveles de calidad de vida (personal y colectiva), para alcanzar sistemas políticos abiertos, participativos y estables y, sobre todo, para garantizar equilibrios ecológicos y medioambientales.

En consecuencia, me parece fundamental que lleguemos a ciertos cuestionamientos acerca de cuál deberá ser el papel de la educación costarricense para enfrentarse a los cambios que las fuerzas externas a ella parecen impulsar de manera inminente. ¿Esperaremos los académicos de manera pasiva los cambios que necesariamente se producirán en la educación pública costarricense?. Creo que la respuesta debe ser negativa, nuestra lucha está en la academia pero también en nuestra vida personal y en la participación que cada uno de nosotros tenga en los medios políticos.

La democracia costarricense es por excelencia fuerte y sólida, sin embargo, ella por su propia amplitud y si no estamos todos claros y conscientes del rumbo que le queremos dar a nuestras bases sociales y económicas, también podría llegar a ser vulnerable y, por consiguiente, caeríamos en contemplar pasivamente como se introducen cambios en la educación los cuales necesariamente nos llevarían a variar nuestro concepto de sociedad y de desarrollo. Esta tarea solo podrá ser enfrentada con éxito a partir de una adecuada renovación y actualización de planteamientos teóricos y de enfoques y proyectos políticos.

## NOTAS

[1] IIMEC, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 Mijail Gorbachov et al. El Socialismo del Futuro. Voll, No.1 Fundación Sistema. 1990.
- 2 Janina Del Vecchio. La Academia: presente y futuro. Primera edición. Ediciones Guayacán. 1988.
- 3 Vida Académica. Grupo de Estudio Rodrigo Fació. No.1. Abril de 1991.
- 4 José Félix Tezanos. Socialismo y Progreso Social. Vol. 1 Fundación sistema No.1 . 1990.



### 1.3 PAPEL DE LAS HUMANIDADES Y DE LAS CIENCIAS SOCIALES EN PLANES DE DESARROLLO

Luis Camacho. [1]



#### RESUMEN

*En este artículo se hace un análisis de algunas posiciones sobre las nociones de "humanidades" y "ciencia social", en diálogo con la evolución de los planteamientos acerca del desarrollo social y nacional.*

1. Desde que Walt Uostow publicó en 1960 su obra *The Stages of Economic Growth* (Las etapas del crecimiento económico) [2] la discusión sobre la conexión entre ciencia y desarrollo - ya señalada antes por algunos autores como Robert Solovv- se intensificó tanto en las discusiones teóricas como en los planes con que los gobiernos del Tercer Mundo han intentado superar la condición llamada subdesarrollo, y también en los programas de ayuda internacional de gobiernos y organismos. La primera etapa analizada por Rostov/ es la de la sociedad tradicional, donde la productividad es muy baja y la proporción de la población que trabaja en faenas agrícolas en el campo es muy alta. La diferencia entre la sociedad tradicional y la moderna se puede resumir en una frase: " la aceptación de los frutos de la ciencia post- newtoniana" [3]. Para Rostow, el comienzo del proceso es la apertura de las mentes a la ciencia moderna que empieza en el siglo XVII. lis justamente la aplicación de la ciencia lo que permite el incremento de la productividad, aunque más parece que Roslow está hablando de la tecnología. Este elemento, junto con la introducción del interés compuesto en la economía, es condición necesaria que a veces parece suficiente para iniciar el proceso que pasará luego por la etapa de despegue, la de diversificación de la economía, y la de consumo masivo. Rostow consideró que sus etapas no son solamente la descripción del proceso que tuvo lugar históricamente en Inglaterra en forma endógena durante la Revolución Industrial, sino que tienen también carácter normativo: si una nación va a desarrollarse

necesariamente debe seguir ese proceso con esas etapas y no otras.

2. Enseguida nos damos cuenta de que el esquema de Rostow tiene varias consecuencias lógicas interesantes:

(a) La seguridad social viene al final del proceso, no al comienzo. Los gobiernos sólo pueden gastar en salud, educación, pensiones, seguro de desempleo, etc., cuando ya hay prosperidad económica, a la que se llega después de un largo proceso durante el cual la población está desprotegida. Rostow explícitamente afirma lo anterior [4]. y refuerza su argumentación aludiendo a la historia, a lo ocurrido en las naciones que en 1960 podían considerarse desarrolladas.

(b) Una segunda consecuencia -implícita- nos interesa aquí. Si lo que aumenta la productividad en la visión de Rostow es la aplicación de la ciencia mediante la tecnología, las ciencias sociales no parecen jugar ningún papel en el proceso, con la única posible excepción de la economía, cuya función en todo caso sería la de describir el proceso y dictar las normas a seguir. Más aún: en la medida en que algunas disciplinas consumen escasos recursos y no contribuyen al aumento en la productividad, pueden ser más bien un obstáculo para el crecimiento económico. Esto último Rostow no lo dice, pero podría desprenderse de sus posiciones. Las ciencias sociales no engendran tecnologías aplicables al aparato productivo y, por tanto, no forman parte del esquema conceptual invocado por los planes de desarrollo nacionales inspirados en la obra de Rostow. En cuanto a las humanidades, su posición respecto al crecimiento económico parece tan remota que ni siquiera se plantea el problema en esa discusión.

3. Hoy sabemos que el esquema de Rostow no funcionó, aunque también sabemos que en los últimos años se ha vuelto a la concepción del desarrollo como mero crecimiento económico, al modelo llamado "de colador" por postular que el crecimiento se cuele de arriba hacia abajo y beneficia en último término a todos. Justamente la obra de Rostow se considera la mejor exposición de dicho modelo. Nos encontramos, pues, ante una situación paradójica: sabemos que las ideas sencillas de los años sesentas no tuvieron éxito, pero al mismo tiempo nos damos cuenta de que la principal de ellas, a saber, la idea misma de desarrollo como crecimiento, está de vuelta. Al tratar de explicar esta situación encontramos de hecho cuál puede ser el papel de las ciencias sociales en el desarrollo, por lo menos en la medida en que es fácil encontrar posiciones que las rechazan, y que al analizarlas nos orientan en cuanto a lo que sería su presencia. Pero antes debemos preguntarnos acerca del papel de las humanidades, y tratar de definir lo que entendemos por ciencias sociales. Lo primero nos llevará a un análisis apasionado de concepciones que considero criticables; lo segundo -menos controversial- nos permitirá introducir una opinión personal.

4. "Humanidades" puede entenderse de varias maneras, algunas peores que otras. Quizá la peor interpretación es la que identifica o relaciona íntimamente "humanidades" con "humanismo" y considera que hay varios humanismos, a saber el cristiano, el marxista, el existencialista, etc. En la dispersión se pierde la esencia, y además se olvida así convenientemente -por pereza mental o por ignorancia- que el humanismo nació justamente en autores como Vives o Erasmo como una reacción contra personajes muy poco tolerantes y que no dudaron en justificar la violencia en nombre de la caridad, al estilo de Lutero o Loyola. Los humanistas fueron perseguidos por las distintas ortodoxias, como lo serán más tarde otros autores anti-totalitarios por los regímenes que se llamaron y quizá aun se llaman a sí mismos marxistas. Proclamar que el cristianismo y el marxismo son formas de humanismo es simplemente ignorar la historia tanto del humanismo entendido

históricamente como del cristianismo y el marxismo institucionalizados. Sin duda dentro del cristianismo y del marxismo ha habido elementos de humanismo, gracias a que previamente se dio ese movimiento en sentido estricto. Pero aplicar dicho término a ambos movimientos tal como éstos se han dado en la historia es una manera conveniente de olvidar las víctimas de la Inquisición y de la colectivización forzada, entre otras muchas. Víctimas cuyo único delito fue no haber cabido dentro de un dogma. Un concepto debe ayudarnos a pensar, no a ocultar la realidad. Bautizar de humanismo a corrientes enteras indiferenciada-mente, y que engloban dentro de esa indiferenciación aspectos institucionales que han sido muy opresivos, equivale a renunciar al análisis de la realidad. Justamente este abuso del término lo ha hecho perder significado preciso en nuestros días, con lo cual de nada sirve utilizarlo para clarificar la noción de humanidades. Así pues, cualquier intento de definir "humanidades" por referencia a "humanismo" debe ser visto de antemano como sospechoso si no hay de por medio un análisis muy cuidadoso de este último.

A veces "humanidades" se entiende en un sentido puramente administrativo, como el área de artes y letras. Una formación en humanidades es entonces aquella que se supone desarrolla la capacidad estética de los individuos. Si dentro de las "letras" incluimos la filosofía -algo que no siempre es bien visto, y que en todo caso no corresponde a la clasificación de la UNESCO, donde la filosofía se convierte en ciencia social- entonces la formación en humanidades desarrolla asimismo la capacidad ética y lógica de las personas, y proporciona una habilidad crítica que se manifiesta en filosofía social y política.

Pero también hay una tercera manera de entender el término, y es la que nos interesa aquí. Se refiere entonces a la concepción según la cual no existe universidad allí donde no se analizan los aspectos éticos, lógicos, epistemológicos, históricos y políticos de cualquier disciplina, y donde no se lucha por la creación de belleza y la defensa de la justicia. Sin esos aspectos la institución de enseñanza superior puede ser un excelente instituto vocacional o profesional, pero no una universidad. Así vista, una institución sin humanidades no sería una universidad. Por otra parte, si se concibe el estudio de dichos aspectos como una parte integral de la docencia e investigación en cada disciplina -química, biología, ingeniería, etc.-entonces se pueden hacer humanidades en cualquier facultad, y tanto mejor si se hace en todas. Más allá del sentido puramente administrativo, este otro sentido de "humanidades" es mucho más rico y apunta hacia la esencia misma de la universidad, y hacia un estilo de formación para el ejercicio de un oficio o profesión. En vez de formar "recursos humanos" -frase denigrante si las hay- se formarían personas.

Y puesto que hemos relacionado tanto las humanidades como las ciencias sociales con el quehacer universitario, conviene entonces distinguir dos aspectos de dicho quehacer que con frecuencia se encuentran en tensión y que no pueden reducirse el uno al otro: la administración de carreras y el fomento del conocimiento. El primer aspecto introduce limitaciones al trabajo universitario: hablamos de cupos y cuotas, demanda y oferta, etc. Si vemos la universidad, por otra parte, como la institución dedicada a conservar y fomentar el conocimiento y la belleza, y promover la justicia, entonces no hay límites: cuanto mayor sea el número de personas beneficiadas, tanto mejor. La relación entre ambos aspectos la podemos ver en la siguiente consideración: si bien no todos pueden ganarse la vida como historiadores, todos se benefician con un conocimiento de la historia para el cual no hay límites. Y lo mismo dígame de cualquier otra disciplina cultivada en la

universidad.

5. Por "ciencias sociales" entendemos aquellas ciencias en las que el conocimiento del objeto puede afectar la conducta de éste, de manera que la verificación o falsación de sus proposiciones se vuelve compleja y por niveles" [5]. Esta particular interrelación entre el conocedor y lo conocido se da ciertamente en psicología y antropología, en economía y sociología, en historia y quizá en lingüística. Debido a esta característica, en estas ciencias se da lo que se suele conocer como la predicción que se auto-realiza o se auto-anula, es decir, el tipo de proposición cuyo valor veritativo cambia por el hecho de ser enunciada y convertirse en objeto de creencia por parte del sujeto. El objeto de las ciencias sociales es el sujeto humano que se caracteriza por conocer, de modo que el conocimiento se encuentra en los dos aspectos de estas ciencias: conocimiento del que estudia y del estudiado. Esto plantea problemas especiales de verificación y refutación, en los que no entraremos aquí.

Hay una tendencia a eliminar el aspecto social de las ciencias sociales y convertirlas en ciencias naturales cuyo objeto es la sociedad, entendida ésta en un mismo plano que cualquier otra entidad. Así, la psicología se convierte en instrumento de manipulación; la economía llega a ser la justificación de un orden dado que se supone esencial ("natural"; cualquier otro se califica de antinatural), y la combinación de las diversas ciencias sociales adquiere la forma concreta de la ingeniería social, como mecanismo para diseñar una sociedad que funcione según parámetros de racionalidad instrumental. Así concebidas, las ciencias sociales tienen ciertamente un papel que cumplir en proyectos de desarrollo, a saber, el papel subordinado e instrumental de justificar lo que se hace en nombre de otras disciplinas, y que no se somete a análisis. Dado un plan de desarrollo previo, se prevé un papel instrumental para las humanidades y ciencias sociales cuando se vuelven justificaciones de lo dado. Pero si la única función es apologética, entonces poca es la diferencia entre la existencia o no existencia de las ciencias sociales y las humanidades dentro de un proyecto de desarrollo. Sólo si se trata de contrarrestar a quien se opone tendría algún sentido hacer apologías: en ausencia de oposición a los proyectos de crecimiento económico la función de las ciencias sociales y de las humanidades se vuelve vacía. A propósito, preciso es señalar que la misma suerte parecen correr otras ciencias cuya aplicación al incremento de la productividad no es clara: buena parte de las matemáticas, mucho de las ciencias básicas, prácticamente toda la astronomía, etc.

6. Para argumentar a contrario sensu, empecemos por suponer un orden social en el que no se prevea ningún papel para las humanidades y las ciencias sociales en los planes de desarrollo. Habría más de una manera en que esto pueda darse, pero quizá sea el tecnocratismo una de las formas más acabadas de plantearse esta exclusión. Así, la noción vulgar de desarrollo como simple crecimiento económico tiene un poderoso aliado en una manera de concebir la tecnología que llamaremos, a falta de un nombre, tecnocratismo. Autores de lengua inglesa como Manfred Stanley lo llaman "technicism" [6]. El tecnocratismo empieza por encontrar en la tecnología su propia justificación, sin atender criterios de otra índole. De ahí que los objetos tecnológicos se conciben entonces como dotados de autonomía respecto del individuo y de la sociedad, y se les atribuye un modo de ser irreducible a otros modos de ser. Estos objetos se suceden unos a otros de modo que los objetos tecnológicos más complejos sustituyen a los anteriores en un proceso automático tal que lo último es por definición lo mejor: una máquina más avanzada es mejor que otra menos avanzada

repecto de la función que desempeña, cualquiera que sea el contexto social en que opera. La posibilidad tecnológica de hacer algo se convierte en la mejor justificación para hacerlo: la posibilidad de construir una bomba más destructiva que la anterior basta para justificar su construcción, y una vez hecha su simple existencia justifica el usarla (de otro modo, ¿cómo justificar la inversión?). La fetichización de la mercancía, analizada por Marx, adquiere en nuestros días características grotescas: se habla de las computadoras como seres inteligentes mientras el obrero con frecuencia se convierte en pieza no pensante de un proceso automático y se supone que debemos acostumbrarnos a la idea de que estamos rodeados por seres artificiales inteligentes en el mismo sentido en que nosotros lo somos, justamente cuando ni siquiera se ha encontrado una explicación satisfactoria a la diferencia entre el actuar consciente y el inconsciente -dos tipos de actuación distinguibles en el ser humano, pero no identificables en las máquinas. En vez de personas, se habla ahora de "recursos humanos" cuantificables dentro de la administración, y no se ve más allá de esa función.

El tecnócrata se convierte en juez de cualquier asunto relacionado con la tecnología puesto que la posibilidad o imposibilidad tecnológica de una acción, a juicio del experto, se convierte en el factor que decide. Incluso se ha llegado a justificar las atrocidades de un régimen político determinado, y a evadir la responsabilidad individual, a partir de supuestas leyes internas del desarrollo tecnológico. En lo que Popper llama "historicismo" [7], es decir, la creencia de que hay leyes inexorables en la historia cuyo conocimiento hemos alcanzado de manera que podemos planificar el futuro, encontramos otra variante de lo anterior: la responsabilidad individual se evade aludiendo a leyes objetivas. Stalin pudo invocar el carácter científico del marxismo mientras condenaba a muerte por hambre a los campesinos que se oponían a la colectivización.

Combatir el tecnocratismo es una de las tareas de las humanidades y de las ciencias sociales, pero ciertamente no es la única.

7. Señalamos, pues, otras tareas de las humanidades y de las ciencias sociales en el desarrollo:

(1) Se debe analizar la noción misma de desarrollo : mientras se habla de desarrollo en innumerables documentos de todo tipo, muy rara vez se han hecho análisis satisfactorios de esta noción. Lo que se entiende por desarrollo no siempre está explícito, y hacerlo patente es muy importante. Lo que se debe entender por desarrollo, y lo que es preciso rechazar como pseudo-desarrollo o antidesarrollo no siempre se señala, entre otras cosas por la carencia de nociones éticas.

(2) Es preciso criticar las nociones equivocadas de desarrollo, en particular la idea de desarrollo como crecimiento económico ahora de nuevo en boga posiblemente por la presión de pagar la deuda externa. ¿Puede llamarse desarrollo un cambio social que beneficia a unos pocos y deja a los pobres más pobres que antes? Es muy conveniente para los poderosos llamar "desarrollo" a lo que les beneficia, pues así "venden" la idea a las víctimas del proceso.

(3) Se debe promover la creación de cultura como dignidad nacional e insistir en regresar a las diferencias culturales como marco de toma de decisiones y como ambiente de la vida cotidiana, con la consiguiente concepción de la tecnología como algo que debe adaptarse a la cultura y volverse apropiada. En cuanto a lo primero, resulta muy lógico que una de las tareas prioritarias en procesos revolucionarios haya sido la recuperación de la dignidad nacional mediante la valoración positiva de lo propio y el rechazo de modas ajenas alienantes. En este proceso "cultura" se convierte en sinónimo de dignidad frente a la humillación y desprecio anteriores, lo que lleva a que la historia

misma del país se vea de otra manera. Que las humanidades y ciencias sociales puedan contribuir poderosamente a este proceso es algo que no discutiremos, pues nos parece obvio. Si bien los artistas y científicos sociales podrían dedicarse a justificar la opresión -y a veces así ha ocurrido- sería muy difícil recuperar el patrimonio artístico y forjar una nueva sociedad sin la colaboración de esos mismos actores transformados en agentes de cambio social. En cuanto al segundo aspecto de la reacción mencionada, la vuelta al énfasis en las diferencias culturales es un retorno a las condiciones diferenciadas que exigen tecnologías también diferenciadas, es decir apropiadas para sus usuarios en sus circunstancias. Aquí podemos volver a Rostow: las humanidades y las ciencias sociales no parecen engendrar de forma inmediata tecnologías que, al aumentar la productividad, hagan que un país o región pase de la primera a la segunda etapa. Sin embargo, hay algo muy importante que pueden hacer: detectar las tecnologías inapropiadas, las que ciertamente aumentarán la productividad pero a costa del equilibrio ecológico y social. Esta posibilidad no fue contemplada por Rostow, tal vez porque en 1960 la superpoblación y el consiguiente deterioro ecológico aun no eran un problema.

8. El papel de las humanidades y de las ciencias sociales según la Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico de Costa Rica.

El 1 de agosto de 1990 el Presidente de Costa Rica promulgó la Ley No. 7169, cuyo objetivo es

"facilitar la investigación científica y la innovación tecnológica que conduzcan a un mayor avance económico y social en el marco de una estrategia de desarrollo sostenido integral, con el propósito de conservar para las futuras generaciones, los recursos naturales del país y garantizarle al costarricense una mejor calidad de vida y bienestar, así como un mejor conocimiento de sí mismo y de la sociedad" (Art.1)

Esta redacción, mucho mejor que en las versiones previas, no excluye las ciencias sociales ni las humanidades; la noción de "calidad de vida" permite introducir las últimas mientras la referencia a un mejor conocimiento de la sociedad da cabida a las primeras. Explícitamente el inciso i) del artículo 3 establece entre los objetivos específicos para el desarrollo científico y tecnológico:

i) "Fomentar y apoyar las investigaciones éticas, jurídicas, económicas y científico-sociales, en general, que tiendan a mejorar la comprensión de las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, así como del régimen jurídico aplicable en este campo. Todo esto con el fin de hacer más dinámico el papel de la ciencia y la tecnología en la cultura y en el bienestar social." Ahora bien ¿cómo lograr lo anterior? La respuesta la podemos dar indirectamente, señalando más bien algunas opiniones que excluirían el papel indicado en la Ley. Por contraste, una posible función de las humanidades y ciencias sociales se empezarían a perfilar vagamente:

(a) Algunos dicen que bastarían unos pocos graduados en humanidades y ciencias sociales, y que tanto la docencia e investigación en esos campos debe ser muy limitada para no restar recursos a otras tareas. Esta manera de pensar olvida la distinción hecha entre administrar carreras y fomentar el conocimiento. Sin lo segundo la enseñanza superior no es universitaria, y la sociedad no sería auto-consciente.

(b) No faltarán quienes arguyan que el desarrollo se empezó a dar en Inglaterra cuando no había ciencias sociales en los planes de estudio de las universidades. Ciertamente, pero en esta objeción desarrollo se hace idéntico con industrialización -una identificación muy cuestionable. Quien objeta de esta manera olvida que la industrialización fue endógena en Inglaterra pero exógena en el resto

de las naciones, como señala Rostow. Entender esta diferencia es importante para la supervivencia de la especie humana, y es tarea de las ciencias sociales.

## CONCLUSIÓN

La comprensión misma del fenómeno llamado subdesarrollo exige el cultivo de las ciencias sociales, y no hay auténtico desarrollo sin humanidades. No podemos establecer una receta de cómo deberían operar unas y otras en la tarea mencionada, pero podemos afirmar que sin unas u otras no alcanzaremos el desarrollo.

## NOTAS

[1] Sistemas de estudios de posgrado. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

[2] Walt Rostow, *The Stages of Economic Growth, A Non-Communist Manifesto* (Cambridge: At The University Press, 1960).

[3] Obra citada, p. 4.

[4] ídem, pp. 12-13.

[5] Este tema se desarrolla en un artículo mío próximo a aparecer en la *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica* titulado "*Problemas lógicos de verificación y refutación en las ciencias del ser humano*".

[6] Véase Manired Stanley, *The Technological Conscience. Survival and Dignity in an Age of Expertise* (Chicago and London: The University of Chicago Press, 1978).

[7] Karl R. Popper, *La Miseria del Historicismo* (Madrid: Taurus, 1961).

## 1.4 EPISTEMOLOGÍA Y ÉTICA EN LAS CIENCIAS SOCIALES; A PROPÓSITO DE GRAMSCI

Ángel Ruiz Zúñiga. [\[1\]](#)



### RESUMEN

*Se busca en este trabajo estudiar las consecuencias teóricas de visiones intelectuales que hacen de la historia un punto de definición absoluto en la consideración de las ideas; así como analizar los límites de una teoría de verdad en las ciencias sociales, principalmente en la historia. Para establecer el análisis se polemiza aquí con ideas pertenecientes al marco teórico marxista, específicamente con Antonio Gramsci.*

El tema de una teoría de verdad para las ciencias sociales incide sobre una de las problemáticas más difíciles en la epistemología; ¿qué se puede saber sobre la sociedad y la historia? y ¿cuáles son los criterios para determinar cuándo una teoría social es verdadera o cuándo es falsa? han sido interrogantes bastantes veces vinculados a tomas de posición filosóficas o ideológicas. Que esto haya sucedido nos debería poner en guardia acerca de la naturaleza especial del conocimiento social.

En esta ocasión hemos querido plantear las condiciones filosóficas y más generales sobre el *estatus* epistemológico de la historia y la ciencia social en general a través del debate con lo que podemos valorar como una variante del "historicismo" marxista [\[2\]](#). Inevitablemente, en la medida que se refiere a un marco teórico con invocaciones prácticas es además necesario realizar el análisis de algunas sus implicaciones éticas y políticas. Aunque se incide en ideas de Gramsci, estas son más bien la "excusa" para una indagación epistemológica más general.

Gramsci representa en el terreno filosófico un intento por rescatar un componente del marxismo original, perdido en la metafísica "naturalista" de Engels y Lenin y en el marxismo típico de la Socialdemocracia europea de fines del siglo pasado y principios del presente [\[3\]](#). En términos muy sintéticos: Gramsci pretendía reducir la totalidad social a la *praxis*. Es entonces en la práctica donde -para él- encuentran sentido la filosofía, la religión, la ciencia, la política, la economía, etc.



Las creaciones intelectuales son vistas por Gramsci como elementos a juzgarse en cuanto a su rol histórico; se trata de definir o encontrar específicamente -aunque de manera general- su papel en la adaptación de la especie para su desarrollo.

El *comunismo* de Gramsci es, entonces, al igual que en Marx, una fusión de presente y futuro simultáneos, que busca la reconciliación de la esencia humana con el ser empírico; esto es así aunque no se pretenda admitir una determinada naturaleza humana. El comunismo es visto como Conciencia de Clase del Proletariado, y esta como síntesis de los objetivos del progreso humano. El comunismo no es concebido como un ideal externo, como una utopía, sino como una realidad viviente. El fin y el medio se unifican en esta visión. Toda esta formulación metafísica tiene, en efecto, sustento en los escritos de Marx. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que Gramsci no podía haber tenido acceso a varios escritos de juventud de Marx, donde este define mejor la "escatología" y la filosofía que sostendrá con diferente intensidad en todas las obras posteriores. Es decir, en buena medida, su interpretación del marxismo como "filosofía de la *praxis*" es producto de *su propia elaboración*, la cual manifiesta una formación filosófica más sólida que la de la mayor parte de marxistas posteriores a Marx, incluyendo por supuesto a Engels y a Lenin.

Gramsci retomó la fusión entre el "ser-conocer- deber ser", que resume el corazón metafísico de las ideas de Marx. Es decir, el absoluto marxista. Este sentido de "*praxis*" lo expresa Gramsci a partir de lo que él llama la "historicidad", así como a través del rol de la política; por eso dice: "Todo es político, incluso la filosofía o las filosofías, y la única "filosofía" es la historia en acción, es decir, la vida misma [4]. Gramsci recreó muchas de las implicaciones que esta formulación marxista representa.

La historia no es vista como una prolongación particular de las leyes generales de la naturaleza, sino como el lugar preciso donde se encuentra sentido a todo lo humano. Al mismo tiempo lo humano encuentra sentido en lo histórico, la naturaleza es vista en esta interpretación en tanto en cuanto su relación con los seres humanos. *La totalidad histórica se convierte en el crisol de lodo*. A diferencia de Marx, Gramsci no asumía el determinismo económico ni la existencia de las leyes históricas. *O por lo menos pensaba que no lo hacía*. La voluntad humana en el escenario histórico era el gran determinante.

Por otra parte, si todos los productos de la mente se deben reducir a su función histórica, entonces no encuentra sentido la división entre ciencia y no ciencia [5]. Para Gramsci, la diferencia entre ciencia y opinión no encuentra realmente sentido; al igual que sí encuentra sentido la unidad -que de esta forma se define- de las ideas. De alguna u otra manera, lodo es ideología [6] para Gramsci.

La teoría de verdad que Gramsci propone afirma -entonces- lo que podríamos llamar un *pragmatismo histórico y social*. Es decir, solo la historia sancionará si un cuerpo teórico determinado correspondía adecuadamente con la realidad. O sea, cuando cierto tipo de ideas desaparecen o no sobreviven históricamente es porque no correspondían con el decurso humano y la realidad. Las ideas son vistas aquí de igual manera que las instituciones sociales [7].

Esa valoración que Gramsci le otorga a la resultante histórica se manifiesta constantemente. Por ejemplo cuando dice:

"En realidad, cada fase histórica deja huellas de sí en las fases sucesivas, huellas que son, en cierto sentido, el mejor documento. El proceso de desarrollo histórico es una unidad en el tiempo, por la cual el presente contiene a todo el pasado y del pasado se realiza en el presente todo lo que es

"esencial", sin residuo de un "incognoscible" que sería la verdadera "esencia". Lo que se ha "perdido", lo que no ha sido transmitido dialécticamente en el proceso histórico, era por sí mismo irrelevante, era "escoria" casual y contingente, crónica y no historia, episodio superficial, digno de ser olvidado, en último análisis" [8]. El mismo asunto se plantea cuando se refiere a la filosofía: "Pensar una afirmación filosófica como verdadera en un determinado período histórico, esto es, como expresión necesaria e inseparable de una determinada acción histórica, de una determinada praxis, pero superada y "verificada" en un período sucesivo, sin caer por ello en el escepticismo y el relativismo moral e ideológico o sea: concebir la filosofía como historicidad, es una operación mental un poco ardua y difícil" [9]. La función histórica y social es decisiva:

"El hecho de que los sistemas filosóficos hayan sido superados no excluye que fueran válidos históricamente y hayan cumplido una función necesaria; su caducidad debe considerarse desde el punto de vista del desenvolvimiento histórico entero y de la dialéctica real; el que fueran dignos de caer no es un juicio moral o de higiene de pensamiento emitido desde un punto de vista "objetivo", sino un juicio dialéctico-histórico" [10].

La previsión histórica que en Engels y la mayoría de marxistas era producto del conocimiento de las leyes históricas, en Gramsci se vuelve un componente de la *praxis*. La previsión no aparece aquí como un acto de conocimiento científico, sino como un acto práctico. Dice Gramsci: "El planteo del problema como de una búsqueda de leyes, líneas constantes, regulares, uniformes, está vinculado a una exigencia, concebida de un modo un poco pueril e ingenua, de resolver perentoriamente el problema práctico de la previsibilidad de los hechos históricos. Puesto que "parece", por una extraña inversión de las perspectivas que las ciencias naturales proporcionan la capacidad de prever la evolución de los procesos naturales, la metodología histórica ha sido "científicamente" concebida sólo si y en cuanto habilita abstractamente para "prever" el porvenir de la sociedad. De donde resulta la búsqueda de las causas esenciales o, mejor, de la "causa primera", de la "causa de las causas". Pero las "Tesis sobre Feuerbach" ya habían criticado anticipadamente esta concepción simplista. En realidad, se puede prever "científicamente" la lucha, pero no sus momentos con cretos, los cuales sólo pueden ser el resultado de fuerzas contrastantes, en continuo movimiento, jamás reductibles a cantidades fijas, puesto que en ellas la cantidad deviene calidad. Realmente se "prevee" en la medida en que se obra, en que se aplica un esfuerzo voluntario y, por tanto, se contribuye concretamente a crear el resultado "previsto". La previsión se revela, por consiguiente, no como un acto científico de conocimiento, sino como la expresión abstracta del esfuerzo que se hace, el modo práctico de crear una voluntad colectiva" [11].

En lo anterior, Gramsci expresa también que no está de acuerdo con la existencia de causas al estilo de las ciencias naturales, que abren la posibilidad de la predicción científica, y la determinación "profética" - aplicada a la historia- de la evolución social.

El marxismo no es, para Gramsci, conocimiento científico, es expresión de la "Conciencia de Clase" del Proletariado [12], y entonces de una práctica. El marxismo *corresponde* a las contradicciones de la sociedad.

La relativización histórica y práctica que hace Gramsci plantea, en primera instancia, una actitud correcta en torno al conocimiento. No se puede, en efecto, hablar de conocimiento al margen de los seres humanos. Y, además, al margen de condiciones sociales concretas. El conocimiento no se puede considerar al margen de las hombres de carne y hueso. Más aún, de lo que se trata en el estudio del conocimiento es de determinar cuáles son las condiciones precisas sociales,

individuales, e históricas en las que se realiza el conocimiento (aparte -por supuesto- de las condiciones internas al discurso de las ideas).

Gramsci simplemente hace referencia a que no existe un punto de partida cósmico, divino, absoluto, o trascendental, a partir del cual determinar la validez o verdad de los asertos humanos. Esto es positivo; lo es más -históricamente- cuando se hace en un contexto intelectual en el que lo dominante es la afirmación y la búsqueda de verdades absolutas e infalibles, o refrendadas por figuras trascendentes y universales. Es decir, estamos de acuerdo con la relativización histórica y humana en el conocimiento de la realidad.

Sin embargo, las cosas son más complejas. Una vez en lo social e histórico, ¿cómo se engarzan los fenómenos sociales e históricos?, ¿cuáles son los factores que intervienen en la constitución del hecho histórico?, ¿son los mismos siempre o siempre son diferentes?, ¿cuáles son los puntos intermedios entre ambos extremos?, ¿existen regularidades, tendencias o leyes históricas?, ¿cuál es el alcance de estas, y cuáles los límites humanos para comprenderlas? No basta entonces la relativización histórica y social si no se dan mecanismos de método, así como valorizaciones epistemológicas. En Gramsci el llamado "proceso histórico básico" a veces se convierte en otra abstracción igualmente metafísica. Pero hay todavía más problemas.

La *absolutización* de la relativización histórica y de la *praxis* encierra por lo menos igual número de problemas teóricos. No es cierto que las ideas y el conocimiento puedan estar determinados por la conducta social, y mucho menos pretender una "unidad" de ambas dimensiones. En el conocimiento intervienen por lo menos tres estratos diferentes: lo individual, lo natural y lo social. El papel de cada una de estas dimensiones y su integración precisa es *diferente* en cada momento. Al igual que las leyes generales de la naturaleza no determinan lo social, tampoco la relación de los hombres entre sí o con la naturaleza determinan el curso de las ideas. Es cierto que existen algunos condicionamientos, y, como hemos dicho, un rol de cada estrato, pero de una forma compleja sin determinismos de ningún tipo. Si queremos afirmar algo más que trivialidades, no se debe entender el conocimiento como mera derivación de la conducta biológica o social de los hombres. Tampoco deben juzgarse las ideas sólo por su adecuación y función históricas. A veces eso capta mejor su significado, a veces no. *A veces*, es la combinación de muchos elementos. Sólo el *análisis concreto* puede dar una mejor respuesta. En este sentido, es altamente inconveniente juzgar las ideas por su sobrevivencia histórica. ¿Qué es lo que determina que sobrevivan unas y no otras? Cuántas veces las ideas que han sobrevivido sólo han correspondido a la superioridad de la fuerza y la capacidad de ejercer mayores niveles de violencia efectiva. ¿Debe la humanidad someterse a la "ley de la selva" en el conocimiento y la acción social?

Ahora bien, si "adecuación" no fuese sobrevivencia, ¿qué sería?, ¿cómo se puede captar la "adecuación" o correspondencia con el proceso histórico?; más aún, ¿quién puede determinar qué es y qué no es esa correspondencia?, ¿cuáles son en ese caso los criterios?

Si la adecuación se mide por la sobrevivencia y dominancia social, se trata de un resultado que sólo puede ser revisado *aposteriori* -como en Hegel-. Si para el pasado podría no ser peligroso, pues todo se reduciría de cualquier manera a la interpretación intelectual, el problema sí se plantea frente al presente y al futuro: ¿existen criterios de conducta social e individual deseables?, ¿existen valores humanos que puedan servir de referencia a la conducta -aunque sean siempre relativos-? De nuevo, si la única sanción posible es *aposteriori*, todo sería válido, porque no existe forma de demostrar lo contrario. Esto encierra también problemas éticos. Pero sigamos con la epistemología.

El relativismo histórico y pragmático encierra un problema adicional. ¿De qué tipo de historia hablamos? o ¿de qué tipo de *praxis* hablamos?. No basta señalar el criterio histórico sin definir los criterios de valoración de la acción histórica o el planteamiento ideológico; es necesario precisar el marco teórico de referencia. No es lo mismo un análisis histórico que enfatiza determinísticamente el rol de las religiones -por ejemplo- o el que hace lo mismo con la economía. Por otra parte, si se hace de la práctica y la acción el "marco" de valoración, entonces el asunto se complica más; pues la valoración de las acciones es de lo más complejo que puede existir. Lo que es bueno para unos no lo es para otros. La valoración de la acción social o el planteamiento ideológico para Gramsci se realiza de una manera "objetiva": la adhesión de las masas. Señala Gramsci:

"La adhesión o no adhesión de masas a una ideología es el modo como se verifica la crítica real de la racionalidad e historicidad de los modos de pensar. Las construcciones arbitrarias son más o menos rápidamente eliminadas de la compelióon histórica, aun cuando a veces, por una combinación de circunstancias inmediatas favorables, alcanzan a gozar de cierta popularidad, mientras que las construcciones que corresponden a las exigencias de un período complejo y orgánico terminan siempre por imponerse y prevalecer, aun cuando atraviesan muchas fases intermedias durante las cuales su afirmación se produce sólo en combinaciones más o menos abigarradas y heteróclitias" [13].

El valor de una acción o de un planteamiento ideológico es medido - entonces- a partir del éxito en las masas y su popularidad. Esto es evidentemente inapropiado.

La "salida" de esta encrucijada -como hemos visto antes- no puede ser la mera "sobrevivencia" histórica, o el criterio de que la *acción* "adecuada" es la que tiene éxito social. Se trata -en efecto- de un asunto complejo. Tal vez -incluso- aquí resida una justificación *psicológica e intelectual* en la *génesis* de las ideas del marxismo para la búsqueda de criterios que sean "más objetivos", como el "avance de las fuerzas productivas". Resulta más simple, más fácil, que los criterios de valoración residan en lo que no engendra -por lo menos aparentemente- tanta posibilidad de polémica y de desacuerdo. En efecto, el criterio de la "sobrevivencia" es bastante "objetivo", pero es éticamente y epistemológicamente insostenible. Como veremos adelante, es posible y necesario definir un marco de criterios cognitivos así como del avance social, asentado en la historia concreta, modificable, pero -en un sentido entendido apropiadamente- "universal".

En el tipo de discusión precedente tenemos un problema fundamental para la comprensión de la ciencia social [14]. No existe la verdad en el hecho histórico o social *de la misma forma* que se puede plantear en las ciencias naturales. Y no quiero decir con esto que las teorías y proposiciones de la ciencia natural puedan ser absolutas, infalibles, o independientes de la valoración, la conciencia y comprensión humanas. La opinión subjetiva también está presente en la ciencia natural [15]. Pero en el conocimiento social, por un lado, la fuerte "participación" humana (que involucra conciencia, valoraciones éticas, etc) y, por otro lado, la imposibilidad -en sentido general- de ciertos niveles de *experimentación*, [16] hacen que las teorías o proposiciones no puedan sancionarse de la misma forma que con aquellas relativas a la naturaleza [17]. La imposibilidad de la experimentación está determinada por la no posibilidad de repetir ni siquiera aproximadamente la experiencia, como por la intervención siempre deformadora de la conciencia, valoraciones éticas y sociales, etc., del sujeto experimentador, sobre temas en los que es más fácil que tenga una opinión o valoración o que se sienta compelido a ello. El sujeto siempre interpreta de acuerdo a la estructura conceptual y. ética que posee. En las ciencias físicas la deformación que

genera el sujeto tiende a ser menor que las sociales por su digamos "no involucramiento". Con esto -insisto- no quiero sugerir una separación abismal entre ciencia social y natural, a pesar de que sus objetos y las metodologías a usar sean diferentes [\[18-19\]](#).

En lo anterior y en lo que sigue me refiero especialmente a la historia y a la ciencia social de una manera general. No quiero decir que en ciencia social no hay estratos de investigación donde la experimentación sea posible o que no existan resultados que no puedan tener un amplio margen de validez empírica; como es el caso proporcionado por los estudios estadísticos (de hecho, sería conveniente señalar las diferencias entre la historia y las otras ciencias sociales en tomo a esto). Mi análisis más bien hace referencia a las dificultades para sostener proposiciones sobre la naturaleza de las relaciones sociales, políticas, más generales. Por otra parte, tal vez sea posible crear experiencias sociales y generar resultados cognitivos con una reducción del impacto deformador del sujeto. Pero es claro que existen limitaciones de entrada para esto. Los "microscopios" y los "telescopios" que requiere la ciencia social son de una naturaleza diferente a los usados en la ciencias físicas -en sentido general-.

Aclarados los límites entre los que se mueven nuestras consideraciones, podemos sugerir lo siguiente: si las teorías y proposiciones más generales sobre la sociedad y el individuo no pueden sancionarse por mecanismos empíricos -de la manera que hemos planteado este asunto-, entonces, en un sentido no despreciable, sólo puede afirmarse que estas teorías llegan a ser interpretaciones, *unas y otras con igual valor veritativo* (en el sentido estricto de este concepto) [\[20\]](#). El conocimiento social en el mejor de los casos sólo podría partir de la existencia de hechos; en el caso de la historia: más bien "datos" históricos. Sin pensar que las interpretaciones no deben ser consideradas importantes -como termina haciendo el positivismo-, considero que sólo la dimensión de los datos históricos o los hechos así definidos resulta la más cercana al territorio de lo que es susceptible de verificación empírica. Y aún en esta dimensión existe lugar para la interpretación [\[21\]](#).

Lo característico del análisis histórico y social sería entonces la posibilidad siempre de varias interpretaciones con igual valor veritativo (más o menos). El avance del conocimiento social, sólo podría verse en relación, por un lado, con los datos históricos y sociales como, por el otro lado, con relación al *conjunto de interpretaciones que existan en un momento*.

Que una interpretación histórica no sea dominante socialmente en un momento, no quiere decir que esta sea "menos cierta"; también sucede la viceversa. Es posible, sin embargo, sostener *pragmáticamente* que algunas interpretaciones sean "más ciertas" que otras, pero nunca podrá probarse esto ni tampoco el carácter de "menos ciertas" de otras. A lo sumo, lo que podríamos decir es que conforme se obtienen más datos históricos y conforme se deshechan algunos métodos que resultan inapropiados (o que comparados con diferentes situaciones muestran inconsistencia, etc.) es posible valorar más ciertas interpretaciones que otras - aunque siempre dejando abierto el portillo abierto para cambiar-.

Sin pretender eliminar la interpretación -porque no es posible- tal vez se podría sugerir simplemente que hay más posibilidad de valoración veritativa cuando mayor respaldo en datos exista. Pero esto también sería no necesariamente correcto, porque una colección de datos con poca articulación (con interpretación de por medio) no resulta necesariamente mejor que otra con pocos datos y excelente articulación. Tal vez cabría buscar una relación entre datos -procurando que haya suficientes- e interpretación. El valor de la interpretación podría estar en la fuerza con que esta

explíci los datos, la coherencia como los datos se integran en la explicación. Sin embargo, el problema vuelve cuando pedimos definición sobre los criterios de "fuerza" y "coherencia", porque estos se plantean con relación a un marco de referencia establecido

A la larga es posible que una valoración de interpretaciones históricas sea posible con relación al "conjunto" del conocimiento. Es decir, los asuntos humanos (en sentido social) son tan complejos de estudiar que el avance de su conocimiento está -de seguro- más en dependencia de la totalidad cultural y del conocimiento en general, que lo que sucede con las ciencias naturales. Con esto no sugiero un holismo estéril e impracticable; más bien sugiero -por ejemplo- la importancia del análisis histórico de manera "multidisciplinaria", "multidimensional", o como se le quiera decir al recurrir al máximo de elementos, aspectos, y dimensiones posibles en la interpretación. Con las ciencias sociales aparte de la historia, el análisis que se podría plantear resulta similar al de los últimos dos párrafos.

Si bien es cierto que no existe una colección de criterios que permitan asegurar con tanta certeza el conocimiento histórico y social, no existe ni la objetividad ni la verdad en historia y sociología como se les suele atribuir, *tampoco* puede reducirse el problema de la verdad en ciencia social a la función histórica. El pragmatismo social o la sanción *aposteriori* de la sobrevivencia o dominancia resultan inadecuados.

El problema, como decíamos antes, se vuelve sumamente peligroso precisamente en la práctica del presente, pues la dominancia de ciertas ideas se puede volver la bandera de una lucha social injusta e inhumana. A través del asesinato y la masacre es posible -y la historia tiene muchos ejemplos- mantener vivas y dominantes muchas ideas. Por más que esta sea una sanción histórica, no parecería muy edificante éticamente.

¿Por qué afirmar un criterio de sanción sobre las ideas como este? Tal vez porque se considera que el "proceso histórico básico" no puede ir -aunque sea a la larga- contra la misma especie. Pensar que el resultado histórico sólo puede ir en beneficio de la especie es parte de los prejuicios e ilusiones progresistas clásicos. Pero, más aún, ¿quién decide qué es beneficioso o no para la especie?, ¿quién puede demostrar que las ideas no han correspondido o no han sido adecuadas con relación a la sociedad y el proceso histórico?. En todo esto, sin embargo, el riesgo en el que se puede incurrir es caer en el escepticismo y en una especie de reduccionismo metodológico que niega procesos acumulativos en el conocimiento. En mi opinión, es posible definir el progreso humano con base en ciertos criterios: satisfacción material y espiritual, mayor control de la naturaleza -aunque de una manera armónica con esta-, aumento de la información, mejoramiento de las condiciones de la medicina y la salud, aumento de posibilidades educativas, aumento del conocimiento sobre la realidad, etc.. Puede que haya discusión sobre la validez de estos criterios, pero representan un buen punto de partida para juzgar, por lo menos en nuestra época, lo que ha sido una resultante acumulativa (incluso, tal vez se debería decir más bien "criterios para definir" si ha habido acumulación o no). No es que el progreso esté asegurado al margen de la voluntad y las decisiones de los hombres, pero es posible establecer criterios con los que analizar cuándo hay progreso y cuándo no. Los resultados históricos no pueden subsumirse simplemente en una totalidad histórica imposible de juzgar más allá del reconocimiento de su realidad.

Con relación a la epistemología, la ausencia de un punto de vista cósmico, absoluto o trascendente, no puede conducirnos a la negación de la acumulación del conocimiento sobre la realidad. Este no es lineal ni inevitable, pero es evidente que ha existido acumulación cognitiva. En las ciencias de la

naturaleza este proceso se manifiesta en la misma tecnología; es decir, la comprensión que se vuelve manejo material. Es evidente que ha habido progreso en el conocimiento de la realidad física. (De igual manera en la definición de criterios de progreso social).

En el conocimiento histórico y social, como ya hemos visto, las cosas son más complejas. Pero es claro que las investigaciones realizadas hasta nuestros días, por más interpretaciones que existan y más flexibilidad metodológica deba tenerse, han permitido la construcción de un marco de comprensión más amplio y rico (uso conscientemente estos adjetivos en un sentido flexible y general) sobre la historia y la sociedad [22]. Tal vez este marco deba verse a la luz de las interpretaciones existentes en su conjunto así como la proliferación de datos históricos y sociales sujetos a los criterios de la verificación empírica posible en estos casos (los archivos, métodos estadísticos, testimonios, documentos, etc.). En cuanto a la comprensión de la vida social y la historia: la búsqueda de la eliminación hasta donde esto sea posible de premisas metafísicas, apodícticas, absolutas, así como la búsqueda de un respaldo mayor en la investigación concreta y empírica, han sido una palanca intelectual importante. No quiere decir esto que la eliminación de premisas no respaldadas por la experiencia (si se quiere, metafísicas), o la pretensión de eliminar el subjetivismo en el conocimiento, sean suficientes o incluso apropiados metodológicamente. Yo creo que no se puede eliminar el condicionamiento subjetivo ni el rol de la opinión no demostrable empíricamente en el desarrollo del conocimiento, pero creo que *como principio general* -flexiblemente entendido- la búsqueda de un mayor respaldo empírico es adecuada.-en el sentido que mencionamos antes para la ciencia de la historia-

Un comentario adicional que se debería hacer es la necesidad de entender la existencia de diferentes tipos de proposiciones, premisas, etc., no demostrables empíricamente (donde entran las metafísicas); no todas se pueden juzgar de la misma forma; tal vez sea posible establecer criterios para distinguir estos tipos de proposiciones.

Lo que nos interesa señalar es que, por una parte, algunas de estas premisas van "cayendo" en tanto la evidencia empírica les niega validez. Por otra parte, es posible que las proposiciones más útiles en el avance cognitivo estén relacionadas con la posibilidad de la falsabilidad popperiana [23]., aunque creo que en general esto no resulta así [24]. En todo caso, a veces opiniones falsables y a veces otras no falsables pueden resultar útiles en el avance cognitivo [25]. Lo importante es entender la existencia de dos aspectos que intervienen en la evolución del conocimiento: la reducción del espacio de las opiniones no sostenibles empíricamente y el mayor respaldo en la evidencia empírica (por más que a veces esto sea difícil de definir sin problemas), y la presencia de opiniones no sostenibles empíricamente que pueden resultar muy importantes (ya sean falsables o no). Es decir, la estructura de la evolución del conocimiento estaría planteada: *globalmente* por la reducción de lo no sostenible empíricamente, pero al mismo tiempo por la característica de no poder eliminar ese tipo de proposiciones y, más aún, de entender que muchas veces *pueden ser el motor* de esa evolución. Es algo así como decir que el conocimiento avanza por la combinación de lo verificable y lo no verificable empíricamente, pero donde la codificación resultante se mide en términos de lo verificable [26].

Los problemas en el terreno de la ética que engendra este tipo de interpretaciones filosóficas que absolutizan el proceso histórico -como sucede en Gramsci- son muchos. Sin pensar que existe una teleología humana, o que el progreso ha sido o es algo inevitable, los hombres han ido acuñando valores y reglas de conducta, que podríamos llamar "civilizadas" y en relación con las mejores

condiciones de la especie. La condena del asesinato impune, el respeto de las ideas por más contrarias que estas puedan aparecer, el respeto a la integridad física y espiritual de los individuos, etc., a lo mejor dejan de ser consideradas valores humanos de manera dominante en otra época. Pero difícilmente si eso sucede podríamos decir que nuestra especie habrá avanzado. Estos son valores acuñados histórica y socialmente, que incluso hoy en día no son dominantes en todas las sociedades, pero que podemos afirmar son valores positivos "universalmente". Es adecuado juzgar la historia de acuerdo al avance de estas reglas y conquistas, en un sentido amplio, culturales. Los momentos históricos, las resultantes históricas, pueden entonces juzgarse más allá del reconocimiento de su sobrecogedora totalidad. *Sin caer en visiones cósmicas, transcendentales, podemos afirmarr criterios universales en el devenir de nuestra especie.* La relativización histórica absoluta hace desaparecer estos valores universales, con las consecuencias éticas del caso.

En otro orden de cosas, y para concluir, Gramsci hace de *la praxis* un absoluto epistemológico, ontológico y ético, tal y como Marx planteaba. En *Va praxis*, el "ser" toma conciencia y al mismo tiempo hace el "deber ser". La absorción metafísica de la conciencia por la práctica encierra serios problemas epistemológicos; y, por el otro lado, la absorción del "deber ser" por la práctica es la fuente misma de los problemas éticos que es típica en el mará) intelectual del marxismo. Lo primero conduce a la determinación del pensamiento en general por la conducta *social*; lo segundo a una justificación -de hecho- de la acción práctica *sea cual sea*. [27].

## NOTAS

[1] Escuela de Matemática, Programa de Investigaciones Meta-Matemática. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

[2] Utilizo el término más o menos en el sentido que este toma en Popper en el libro *La Miseria del Historicismo*, Madrid: Taurus, 1961.

[3] Siempre se considera a Gramsci, junto con Lukács y Korsch, uno de los fundadores del llamado marxismo "occidental". Puede estudiarse esto en el libro ya clásico de Perry Anderson: *Consideraciones sobre el marxismo occidental*. Madrid: Siglo XXI, 1979 (la primera edición inglesa es de 1976 por la *NewLeft Review*), especialmente las páginas 35 hasta 63. Véase también el interesante (y reciente) estudio de Joseph Femia, *Gramsci's Political Thought*, Oxford: Clarendon Press, 1987.

[4] Gramsci, A. *El materialismo histórico y filosófico de Benedetto Croce*. Buenos Aires: Ed. Nueva Visión, 1984. P.38.

[5] Sobre la noción de ciencia en Gramsci, se puede consultar el libro de Joseph Femia, *Gramsci 's Political Thought*, Oxford: Clarendon Press, 1987, pp. 104 y sgtes, 263 y sgtes. Se enfatiza sobre todo la relativización de la noción de ciencia natural.

[6] Puede verse el concepto de "ideología" que usa Gramsci en varios textos, uno de ellos se recoge en el libro editado y traducido por Manuel Sacristán: *Antonio Gramsci, Antología*, Madrid, Siglo XXI, 1984 (séptima edición); p. 262 y sigtes.

[7] Se puede consultar el excelente trabajo de Ixszek Kolakowski: *Las principales corrientes del marxismo*, Madrid: Alianza, 1985; tercer tomo p. 226 y sgtes. (La primera versión es de 1978).

[8] Gramsci, *Ibid.*, P.106.



[9] Ibid.,P141.

[10] Ibid.,P154.

[11] Ibid.,P143.

[12] Véase Kolakowski, Op. cit., p. 233.

[13] Véase Gramsci, Ibid. P.23.

[14] Podría incluso dudarse del carácter científico de la "ciencia social"; Gellner piensa sin embargo que se equivocan los que así piensan, y que la inclusión de estas dentro de los límites de la ciencia es meramente un asunto terminológico; véase su libro: *Relativism and the Social Sciences*, Cambridge: Cambridge University Press, p.120.

[15] Sobre el papel de la opinión en la ciencia, o acerca de las limitaciones del empirismo "absolutista" dominante para comprender la naturaleza de la ciencia (natural o social), véase el interesante libro de Peter Manicas: *History and Philosophy of the Social Sciences*. Oxford: Basil Blackwell, 1987; pp. 241-265.

[16] Debe reconocerse, además, que las ciencias naturales no son iguales en sus métodos, y que la experimentación no es posible de realizar en todas o el sentido de esta noción es muy diverso (por ejemplo, con la astronomía). El problema se plantea con claridad en la capacidad predictiva de la ciencia; la predicción en astronomía es posible gracias a que esta se fundamenta en leyes físicas susceptibles de ser conocidas; con las ciencias sociales este fundamento no es posible.

[17] Un análisis interesante sobre el papel del sujeto en la ciencia social se puede ver en un artículo de Piaget: "La situación de las ciencias del hombre dentro del sistema de las ciencias", recogido en el libro *Tendencias de la investigación en las ciencias sociales*. Madrid: Alianza, 1982 (quinta edición); p. 90 y sgtes.

[18] Deseo insistir sobre este punto: ha sido típico considerar a las ciencias naturales definidas por un método científico elevado a una categoría casi absoluta; algo es ciencia si cumple con las definiciones basadas en ese método, y si no es así no es ciencia. El método ha sido normalmente una extrapolación inadecuada de la física; pasando por encima de importantes diferencias entre todas ellas. No es posible identificar la geología y la química, o la astronomía y la biología. Las diferencias de método no son intrascendentes, ni están en el terreno de la "aplicación" de un método general; estas diferencias están en el nivel de su definición más profunda como ciencia. Es preferible pensar en una colección de ciencias con diferencias y cosas comunes. Lo mismo se aplica en la ciencia social; deberíamos hablar mejor de ciencias sociales con métodos diferentes.

[19] Si nuestra óptica metodológica enfatiza la diferencia, podemos reevaluar el estatus de ciertas ciencias de una nueva manera; por ejemplo, no me parece incorrecta la opinión de Manicas en el sentido de considerar la psicología como una ciencia autónoma que no es biología (i.e. ciencia natural) ni tampoco ciencia social; véase Manicas, Op. cit. p. 294 y sgtes.

[20] Una forma de ver este asunto es a través de la noción de "objetividad"; puede consultarse para esto el capítulo "Objectivity in History" del libro de Helge Kragh *An Introduction to the History of Science*, Cambridge: Cambridge University Press, 1989 (primera edición de 1987).

[21] El criterio de la falsabilidad no resultaría, entonces, en las ciencias sociales un instrumento

central, como podría plantearse en las naturales -si es que aceptamos la sugerencia metodológica de Popper-. Es decir, que una proposición o una teoría no sea falsable no quiere decir mucho. Pues un grueso de estas teorías y proposiciones son así. Que se pueda o no se pueda encontrar un mecanismo para demostrar empíricamente lo contrario de una proposición o teoría, no es lo sustancial.

[22] Aunque en lo que se refiere a las ciencias sociales existen muchas dudas acerca de ese progreso. Véase por ejemplo la posición de Ernest Gellner en su libro *Relativism and the Social Sciences*, Cambridge: Cambridge University Press, p. 127.

[23] Aunque esto se plantee con mucho cuidado. Una crítica lúcida de Popper se puede ver en el libro de B. T. Wilkins: *¿Tiene la historia algún sentido?* México: Fondo de Cultura Económica, 1983 (primera versión en inglés de 1978).

[24] Creo que no se puede absolutizar el criterio de Popper, en *La sociedad abierta y sus enemigos*, que afirma como válido en la ciencia social solo lo que está dado en términos de los objetivos y las creencias de individuos, y prohíbe la invocación de entidades sociales holísticas. Yo estoy de acuerdo de manera general con ese sentido metodológico, pero entendiendo la incapacidad ontológica que existe para que eso sea posible; así como el peligro de la absolutización de la misma, que puede inhibir la comprensión apropiada de la naturaleza de la ciencia.

[25] Aunque pienso que la falsación popperiana es insuficiente e inadecuada cuando subvalora el rol de factores "no falsables" en la ciencia, creo que su sentido vectorial es correcto al reducir el estatus teórico a teorías basadas simplemente en criterios holísticos no falsables, lo que ha sido típico del marxismo. Véase la defensa marxista que hace DanieLittle en su libro *The Scientific Marx*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1986. Por otro lado, tal vez lo más conveniente es decir -con Putnam- que la demarcación entre ciencia y no ciencia, que pesa tanto en el criterio planteado por Popper, no es tan decisivo, e incluso resulta anticuado.

[26] La ciencia social o natural no es cuantitativa meramente, por más que el estudio social cuantitativo ayude a fundamentar estas, y a darle los límites explicativos: la interpretación debe fundamentarse en la investigación cualitativa y cuantitativa, pero esto es insuficiente para definir la naturaleza de la indagación científica. Véase Manicas, Op.cit. p.267 y sgtes.

[27] ¿Cuáles son los criterios para señalar al proletariado como "mesías" apriori, es decir, con ausencia de la sanción histórica aposteriori!, ¿cuáles son los criterios para juzgar la acción del presente?. Es evidente que -de esta forma- sólo sería una premisa metafísica a priori, o un acto de fé.

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Langlois, P. y De Varigny, H. *Nuevos elementos de fisiología*. Garnier Hermanos, librería 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.

## 2. HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA



### 2.1 TECNOLOGÍA: UN MARCO TEÓRICO

Rodolfo Herrera J. [\[1\]](#)

#### RESUMEN

*En este ensayo se desarrolla un marco teórico conceptual para la Tecnología, el cual incluye la práctica tecnológica, los sistemas conceptuales y los sistemas concretos de ella, una determinación del concepto de Tecnología y del fenómeno tecnológico en la sociedad. Se dan las características básicas de las prácticas tecnológicas no reducidas a las Ingenierías clásicas, introduciendo el concepto de práctica científico tecnológica y tecnológico-científica, lo cual hace evidente algunas diferencias con las prácticas científicas usuales y permite dilucidar algunos aspectos de las prácticas sociales modernas. Se analizan a los sistemas conceptuales de la Tecnología en correspondencia con las clases de producción de las prácticas tecnológicas.*

*Análogamente se estudian a los sistemas tecnológicos concretos y sus sistemas de acción, en el interior de los subsistemas sociales artificiales de la sociedad. Se discute el lugar de la Tecnología en sociedad, su neutralidad o no, el problema del valor y la ética tecnológica.*

#### INTRODUCCIÓN

Sociedad y práctica social

Daremos primero un resumido "marco conceptual" de referencia, que nos permita sustentar las ideas principales que nos proponemos.

Emendemos por ciencia de la sociedad aquella práctica teórica cuyo referente es el nivel ontológico del socio-sistema, estudiando cómo los sistemas históricamente específicos de la producción social se originan, funcionan y cambian, tratando de aprehender la realidad en sus movimientos y tendencias, en la unidad compleja de sus diferentes aspectos y contradicciones. Esto lo hace de la

única manera posible, es decir, representando esquemáticamente la realidad mediante sistemas conceptuales o modelos teóricos, conteniendo hipótesis que pretendan encontrar y explicar lo que está detrás de las apariencias.

Surgió así la categoría social de sociedad humana considerada como un sistema concreto representado éste por una terna de conjuntos denominados: composición, estructura y ambiente del sistema, cuando estos representan objetos y relaciones concretas.

La composición de la sociedad es de una clase particular, pues contiene a los hombres, con sus propiedades científicamente determinadas como ser social. El ambiente contiene a todos los objetos concretos que no son la composición. La estructura representa a las relaciones globales entre los componentes y entre ellos y los objetos del ambiente.

La sociedad como todo sistema, constituye una totalidad social concreta e históricamente determinada o una formación económico-social, conteniendo los subsistemas artificiales económico, cultural y político. Su carácter sistémico denota el hecho de que la formación social es una "individualidad concreta", es decir, que tiene una integridad y alguna identidad a través de sus cambios.

Toda sociedad tiene una forma de producir y distribuir los bienes materiales o no, formas que constituyen respectivamente, el nivel económico o los niveles jurídico-político y cultural-ideológico de las prácticas sociales. El concepto teórico que representa a tales procesos de reproducción continua de sus condiciones de existencia, se denomina modo de producción, o la forma en que las fuerzas y las relaciones de producción constituyen a la totalidad orgánica de las prácticas sociales. Este es un constructo teórico, que representa idealmente a la realidad objetiva social (por ejemplo, al modo capitalista de producción). Es ideal en el sentido de que ninguna formación social (por ej. la "capitalista") puede ser reducida a este modo, ni siquiera la más acabada o avanzada. Los procesos de reproducción social en un modo de producción, están caracterizados por las relaciones de producción (estructura social) que determinan las articulaciones entre los distintos estructuras regionales de los subsistemas sociales componentes y las condiciones de su reproducción.

Explícitamente representaremos a la sociedad de la forma esquemática siguiente (Herrera R., 1989 a):

**Postulado 1.** Sea una sociedad  $\Sigma$  (un sistema social concreto) tal que cualquier subsistema  $\sigma \in \Sigma$  se representa con su modelo mínimo o la triplete ordenada la triplete ordenada  $\sigma = (C, E, A)$ , donde  $C(\sigma)$  es un conjunto de hombres denominada la composición,  $E(\sigma)$  es la estructura o conjunto de relaciones sociales que caracterizan a toda formación social y  $A(\sigma)$  es el ambiente directo del sistema necesario para su sobrevivencia.

$E(\sigma) = SUP$ , donde  $S$  es un conjunto de relaciones de adherencia o no, que incluyen las relaciones biológicas y las derivadas de ellas, las relaciones de apropiación y control de los procesos productivos y del producto social o estructuras económica y jurídico-política, y  $P$  es el conjunto de relaciones que representan a las prácticas sociales  $P$  de transformación biológica, económica, cultural-ideológica y jurídico-política, es decir, las funciones de los componentes del sistema.

La estructura consiste del conjunto de relaciones de producción, categoría que engloba a todo el conjunto de las relaciones de los hombres entre ellos, dentro de la producción social de su existencia, pues no solamente contiene a las "condiciones y formas de apropiación y del control de las fuerzas productivas y del producto social", sino también y ante todo, el conjunto complejo de formas de la división del trabajo, caracterizado por las prácticas sociales, base de la división de clases. Esto evita confundir economía con tecnología. En el modo de producción "capitalista" el capital es la principal relación social entre los hombres, cuya apariencia además se muestra como una relación entre las cosas y entre los hombres y las cosas. Esta relación social crea una división social del trabajo, en la que los propietarios del valor acumulado se enfrentan a los no propietarios.

La estructura económica compleja contiene en interrelación diversas relaciones de producción, una de las cuales puede ser dominante en determinado momento histórico del desarrollo social, pues determina el funcionamiento de las otras (leyes y reglas internas).

La estructura jurídico-política constituye las relaciones de dominación y poder de las clases sociales dominantes, como son por ejemplo el derecho, el estado y todos los sistemas de reglas que controlan los subsistemas sociales.

Cada estructura social está en interrelación con todas las demás y tales conexiones son las que constituyen a la estructura de la sociedad, fundando la causalidad propia de cada una de sus estructuras particulares y su correspondencia recíproca, la cual se da en algunos estados límites en los que se revelan el contenido objetivo e histórico de cada una de ellas.

El ambiente lo representamos con  $A(\sigma) = NUA$ , donde N designa a la naturaleza y A a los sistemas artificiales o cosas hechas por el hombre (por ej. máquinas). N puede ser naturaleza tocada o no por el hombre (recursos naturales, energía, etc.).

Como productos de la actividad creativa de la naturaleza, los seres humanos la transforman por medio de sus acciones orientadas a producir y reproducir su existencia social. Cuando la acción principal es humana, se da la apropiación entre el hombre y las cosas sobre las que actúa. Una de las propiedades fundamentales del hombre es su racionalidad, es decir la mediatez de la praxis humana. Esta implica un pensamiento mediato sobre los procesos de apropiación social, por lo que los procesos productivos se dan en el tiempo, dando las condiciones para el surgimiento del concepto de objetivo o finalidad de estos procesos. El hombre determina fines y medios para todo lo que apropia creando la necesidad de medios para lograr sus fines. En consecuencia la sociedad se apropia de lo apropiado (por ej. medios de producción) siguiendo un proceso productivo de creciente complejidad, como su pensamiento.

Este proceso de apropiación constituye lo que llamamos trabajo o práctica social: sistemas de actividades orientadas, es decir, fundadas en sistemas de objetivos. Es el carácter primordial de tal actividad lo que fundamenta todos los aspectos de la vida humana y determina en última instancia su desarrollo político y cultural.

En una forma muy general podemos sintetizar lo anterior como sigue (Herrera R., 1989 b):

**Definición 1.** Una práctica social es una "actividad orientada" de los hombres organizados en subsistemas sociales, de tal manera que ella cambia un objeto en alguna cosa, artefacto o proceso usando ciertos medios de producción. Es una forma de apropiación biunívoca entre el hombre y el ambiente (apropiación de la naturaleza) y entre el hombre y el hombre (apropiación de la

organización).

En los procesos de intercambio los productos se llaman mercancías, economía que no necesariamente es la "capitalista". En la sociedad cuyo modo de producción es el "capitalista" el capital penetra la esfera de la producción y todos los productos tienden a convertirse en mercancías, ya no se produce sólo para satisfacer necesidades (producción de bienes de uso), sino que se hace para vender (producción de bienes de intercambio) y el trabajo social sirve para producirlas con sólo el objetivo de lograr la acumulación de capital.

En el intercambio las mercancías adquieren un precio determinado expresado a través del dinero y cumplen con ciertas necesidades o tienen un valor de uso o su utilidad, dependiendo de sus propiedades intrínsecas o naturales.

Para explicar los factores que determinan el precio es necesario considerar las relaciones entre los hombres en cada modo de producción y por tanto considerar el gasto de "trabajo socialmente necesario" (medida de su tiempo o valor de intercambio) para la creación de una mercancía o sea el valor trabajo o valor intrínseco, base del precio de cualquier mercancía. Dado que el proceso del trabajo es social, se establecen relaciones de producción o de trabajo de modo que aseguren una distribución de los componentes del trabajo social para la satisfacción de los objetivos del modo de producción. Es el intercambio de las mercancías lo que regulariza espontáneamente tales relaciones por medio del movimiento de los precios, cuando las mercancías se cambian según el valor trabajo. Todas las distintos tipos de trabajo se pueden reducir en el análisis conceptual a un "trabajo general" o trabajo abstracto, a un gasto de energía humana, con independencia de la forma en que se gaste tal energía. Es un trabajo creador de valor, que no es lo mismo que considerar el trabajo desde el punto de vista de la forma en que se gasta la energía, lo cual se denomina el trabajo concreto y que puede producir mercancías con un valor de uso determinado. Resulta:

**Postulado 2.** Toda práctica se puede enfocar como trabajo abstracto o creador de valor intrínseco y trabajo concreto o creador de valor de uso (lo que incluye entonces a las prácticas intelectuales y teóricas).

Analicemos ahora a la estructura propia de las prácticas: Postulado 3. Toda práctica P tiene una "estructura genérica de producción" compuesta por cuatro elementos: fuerza de trabajo humana W medios de producción m (cosas, información), el objeto de la transformación 0 (materia prima, cosa, sistema) y un producto final p (cambio, cosa, sistema).

Explícitamente: sea  $\sigma \in \sum 1$ ;  $0(\sigma) \in C(\sigma) \cup A(\sigma)$  un conjunto de objetos de transformación de la composición y/o del ambiente de  $\sigma$  y  $m(\sigma) \in A(\sigma)$  un conjunto de objetos del ambiente artificial directo. Entonces P(a) es una práctica social si y sólo si:

(1)  $P(\sigma) \in E(\sigma) = \wedge P(\sigma)$ , es un conjunto de relaciones sociales, con  $E = \wedge E(\sigma)$ ; donde  $\wedge$  es un símbolo que significa "representa" o "modela";

(2) el dominio de P es : (i) un subconjunto del producto cartesiano  $C(\sigma)^p \times A(\sigma)^q$  o (ii) la potencia cartesiana de los miembros de  $\sigma : C(\sigma)$ , con  $p, q \geq 1$ ;

(3) el codominio de P es (i): el subconjunto no-vacío de cosas y sistemas  $A \in A(\sigma)$ , y/o (ii): el conjunto de procesos (o actividades)

$\pi \in E(\sigma)$ , cuando  $\pi = \pi' \cup \pi''$ , donde  $\pi' \in A(\sigma)$  o  $\pi'' \in C(\sigma)$ ;

(4) P se puede representar con la aplicación:

$$(i) P(\sigma): C(\sigma) \times A(\sigma) \rightarrow A(\sigma) \\ \pi' \in A(\sigma)$$

$$(ii) P(\sigma): C(\sigma) \xrightarrow{m} \pi'' \in C(\sigma)$$

la cual representa las acciones o el sistema de actividades humanas de las componentes de a sobre los procesos o sistemas de procesos en la composición o en el ambiente, por medio de cosas o sistemas  $m \in A(\sigma)$ ;

(5) el producto A es denominado artefacto o sistema artificial y los procesos  $\pi'$  o actividades  $\pi''$  son cambios de estado del ambiente y de la composición respectivamente (por ej. servicios, un tipo de trabajo asalariado en el sistema capitalista).

Postulado 4. En toda sociedad hay un conjunto de prácticas sociales básicas  $P(\sigma)$  tales que:  $P(\sigma) = P_E \cup P_B \cup P_K \cup P_M$ , donde los componentes de la unión son respectivamente las *prácticas económico-productiva* (E), *biológica* (B), *ideológico-cultural* (K) y *político-administrativa* (M).  $P_E$ : son los procesos de transformación material (por ej. producción de bienes y servicios);  $P_B$  son los procesos de transformación y control de cosas humanas y sistemas (por ej. salud);  $P_K$  son los procesos de transformación conceptual e ideológica que producen ideas para las otras prácticas;  $P_M$  son los procesos de control y cambio de las otras prácticas, incluyendo a las prácticas administrativas y las políticas.

Esta prácticas se producen en el interior de subsistemas sociales, por lo que están interrelacionadas, determinadas y condicionadas por las relaciones de producción globales, influyéndose mutuamente.

La historia de una sociedad es la historia de las transformaciones de estas prácticas o "funciones", con su contenido y forma determinada. El conocimiento científico o racional de una sociedad y de su evolución, resulta fundamentalmente del estudio de la estructura, que representa a las funciones o prácticas, de su forma, importancia y su lugar en cada tipo de formación social, su modo de producción y sus transformaciones.

Postulado 5. Toda sociedad o contiene en su composición tres subsistemas sociales (artificiales) a.: el sistema económico-productivo  $E \sigma$ , el sistema político  $\pi \sigma$ , sistema cultural  $K \sigma$ , tales que su modelo mínimo puede representarse como sigue:  $\sigma_i = [U_J; W_J \cup B(c); N \cup A; S_i \cup L_i \cup K_i \cup M_i]$ ;

con  $i = 1, 2, 3$  para el subsistema económico, político y cultural respectivamente y donde U es el símbolo de unión entre conjuntos.

La composición incluye a la fuerza humana de trabajo  ${}^i U_J W_J = L, K, M$ , dependiendo del tipo de práctica determinado por la división del trabajo y B(c) representa al "dueño" del capital en el modo de producción "capitalista" (una condición histórica relativa).

$N \cup A$  es el ambiente definido por las posibilidades y las condiciones de los recursos naturales, donde A son los artefactos de los medios de producción existentes.

El tercer término de la terna es la estructura del sistema, donde  $S_i \in E(\sigma)$  representa a las relaciones sociales que vinculan a cada subsistema con la totalidad y que determinan el carácter económico-político de cada subsistema, no reduciéndose a las relaciones que representan a la división técnica del trabajo. L,K,M representan a las prácticas sociales P del sistema i que están envueltas en la producción primaria o labor, cultural y política, respectivamente.

El componente básico de todo subsistema social artificial lo constituyen las fuerzas de producción o la fuerza material productiva, el cual definiremos explícitamente como sigue:

Definición 2. La triplete ordenada  $\{ U_j^i W_j, N \cup A, P \}$ , con  $i = L, K, M$  de un sistema social a, se denomina la fuerza material productiva de a. Contiene a la fuerza humana de trabajo, a los medios de producción, con  $A = A_M \cup A_C \cup A^C$ , donde  $A_M$  son artefactos (por ej. máquinas),  $A^C$  bienes de consumo,  $A_C$  sistemas de información o sistemas conceptuales fijadas materialmente (por. ej. software, patentes), materia prima y energía en N y actividades orientadas o prácticas sociales P.

Aquí P contiene a L como elemento básico, pues si no hay labor no hay producción alguna salvo en la ciencia ficción. Además la fuerza material productiva está determinada por las relaciones de producción de o, hecho evidenciado mediante el componente S.de la estructura de los subsistemas sociales básicos artificiales. La sociedad, como totalidad social, constituye una unidad dialéctica entre las fuerzas productivas y las relaciones de producción. Su estadio de desarrollo está determinado por las relaciones de producción y cambian con el desarrollo de los medios materiales de producción y entonces con el desarrollo tecnológico que analizaremos luego.

En el "capitalismo" la penetración del capital en el ámbito de la producción transforma los medios de producción en capital y a los ejecutores de las prácticas (trabajadores) en fuerza de trabajo (ft) (o valor trabajo o costo de la fuerza de trabajo), la cual es también una mercancía. El capitalista compra tal (ft) por su valor de intercambio y se apropia de su valor de uso. Sin embargo la característica especial de tal valor de uso es que la (ft) es la única mercancía que produce mayor valor del que tiene por sí misma. La diferencia entre su propio valor y el que produce o crea, constituye la plusvalía o la forma en que se adquiere el sobreproducido social. Tal condición es lo que determina, mediante los procesos de la producción y la apropiación del plusvalor, la división social en clases (económicas, culturales y políticas) y de su oposición.

Duración e intensidad del trabajo, son dos aspectos del mecanismo para aumentar y mantener la plusvalía absoluta, que utiliza la clase dominante en el "capitalismo". Ambas tienen limitaciones políticas y técnicas respectivamente, las cuales se obvian en cierta manera mediante el aumento de la productividad del trabajo, es decir, mediante la modificación de las fuerzas productivas al incorporar progreso tecnológico, que es en lo que se traduce la acumulación de capital (un mecanismo de plusvalía relativa). Tal proceso aumenta la explotación y la intensidad del trabajo.

## PRÁCTICA TECNOLÓGICA

Un componente de las prácticas básicas anteriormente descritas y que representa un estado elevado de racionalidad en la apropiación, es lo que denominaremos las prácticas tecnológicas, un concepto generalizado que no se reduce sólo a las prácticas de la Ingeniería, como es usual. Las que definimos explícitamente en la forma siguiente:



Definición 3. Una práctica tecnológica (PT) es una práctica social cuyo objetivo inmediato es la transformación y el control de cosas y sistemas (naturales, sociales o formales) mediante acciones racionales basadas en el conocimiento científico existente.

Así cada una de las practicas sociales de transformación o de control pueden alcanzar el carácter de práctica tecnológica, como es el caso por ejemplo de la Ingeniería, la Medicina, la Educación, etc. Todas estas prácticas tienen las mismas características genéricas y tienen también las siguientes propiedades:

Definición 4. Las prácticas tecnológicas (PT) consisten de la unión de (a): una práctica tecnológico-empírica (PTE) y (b): una práctica tecnológico-científica (PTC), cuando PTE es una práctica directora-administradora (dirección, control, decisión) de los procesos productivos (práctica económica-productiva) y PTC es la práctica del diseño previo a todos los procesos de transformación de las PTs. La primera es una práctica de transformación empírica-directa, un componente de la práctica económico-productiva y la segunda es una práctica conceptual-cultural, un componente de la práctica cultural de una sociedad. Entonces: **PT = PTE U PTC**

Más explícitamente:

Definición 5. La PTC es la práctica del diseño, que consiste del proceso conceptual de la producción de los sistemas conceptuales  $A_c$  (por ejemplo, los planos de un canal hidráulico o de una industria y de sus componentes, o los grafos de una organización, o los planos de un ordenador, o un sistema de reglas), que representan a posibles cambios de estado  $\pi \in C U A$  (por ej. canalización de un río o una nueva organización o estructura de un sistema social) o a sistemas concretos  $A$ , naturales o sociales, con  $A \in A$  (por ejemplo, un artefacto como el ordenador).

Es decir, la PTC crea ideas para la transformación del mundo, por medio de un trabajo conceptual. Su producto son sistemas conceptuales fijados materialmente, objetos culturales, como por ej. mediante planos, patentes, títulos, software, reglas, modelos, diagramas, etc.

Postulado 6. La PTC produce a los sistemas tecnológico-científicos (STC) (Herrera R., 1991) cuya composición es la siguiente :  
 $C(STC) = ( STS , STO )$  donde

STS = sistema tecnológico sustantivo, STO = " " operativo, los cuales explícitamente se caracterizan de la forma siguiente:

Definición 6. Se llaman STS los que representan o modelan a un referente concreto o sustantivo: artefacto o sistema artificial, sistemas de procesos o cambios de estado, incluyendo a las propiedades y relaciones entre los componentes no humanos o estructura sustantiva del sistema (fijados materialmente, por ejemplo por medio de los planos de un sistema hidroeléctrico o de un ordenador) y los STO modelan a las relaciones humanas (hombre-hombre, hombre-cosa), es decir, a un subsistema de la estructura social del sistema social (por ej. un PERT para determinado proceso productivo). El referente puede ser real o posible (por ej. un sistema a construir). El STC explica cómo es, cómo funciona y suministra la historia (concepción y construcción) del artefacto. Implícitamente la estructura contiene la función deseada del sistema concreto.

En el caso de la Ingeniería sintetizamos lo siguiente, extendible a otras prácticas:

Postulado 7. La Ingeniería como PTC se ocupa de diseñar a los sistemas artificiales concretos (produce STS) y a los sistemas operativos (produce STO) que norman y controlan las operaciones humanas requeridas para el funcionamiento de los primeros.

componentes, o centrales hidroeléctricas, ordenadores, etc.), los sistemas de transporte y sus componentes (por ej. automóviles o aviones), comunicaciones (por ej. satélites), escuelas o hospitales, ciudades o obras marítimas, etc. También a los sistemas conceptuales correspondientes (como por ej. planos o software).

Postulado 8. La PTE es una práctica tecnológica-administrativa (PTM) que contiene dos tipos de componentes: una práctica tecnológico-controladora y a una práctica tecnológica-directora. La función de la primera es el control de la producción y el diseño (por ej. la inspección de los procesos constructivos para su cumplimiento técnico) y la segunda dirige y determina a los procesos de las correspondientes prácticas transformadoras (por ej. la dirección de la ejecución de una obra). Es decir, ésta práctica participa de la práctica económico-productiva, siendo uno de sus resultados la producción de sistemas concretos artificiales (artefactos o sistemas técnicos) o sistemas de procesos materiales.

## TECNOLOGÍA

Estamos ahora en condiciones de determinar el concepto de Tecnología, lo que haremos con el siguiente (Herrera R., 1990):

Definición 7. Una Tecnología (T) se representa extensionalmente con la terna siguiente:

$$T = (P, A, A^C \cup \pi)$$

P = es la práctica tecnológica,  
 $A^C$  = es un sistema conceptual,  
 A = es un sistema concreto artificial,  
 $\pi$  = es un sistema de procesos materiales.

El segundo y el tercero de los componentes de la terna son producto de P. Cuando P - PTC entonces produce  $A^C$  si P = PTE entonces controla la producción de  $A \cup \pi$ .

$A^C$  fijado materialmente o como propiedad de los componentes del subsistema social que realiza P, sirve de base para el control de las acciones que producirán A o  $\pi$ , tercer componente de la terna, pues representa a éstas y a los objetos o cambios posibles. Así si  $A^C = STO = P \hat{=} P$ , representa a las prácticas sociales (sistemas de actividades humanas) y si  $A^C = STS \hat{=} A \cup \pi$ , representa a los sistemas sustantivos posibles o existentes, o brevemente  $A^C = STS$ .

La definición anterior de la Tecnología evita confundir a ésta con el objeto tecnológico (aquí indicado con A) y contiene toda la extensión del concepto y además permite una clasificación adecuada de las PT, debido a que:

Postulado 9. Toda PT es un componente de alguna Tecnología, diferenciándose o clasificándose por la clase de producto o de acción, o por el tipo de referente.

Por otra parte es evidente ahora que:

Postulado 10. Toda Tecnología es un componente de los subsistemas sociales artificiales de una sociedad: de la fuerzas materiales de producción y de las relaciones de producción.

## PRÁCTICAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS

Las prácticas tecnológicas son el paradigma de las prácticas sociales, pues tienen como fundamento y guía al conocimiento científico.

Pero qué tipo de práctica científica es la que le sirve directamente a las PTC (o diseño) ?. Tal conocimiento es producido por un tipo específico de práctica social, la cual caracterizamos como sigue (Herrera R., 1989 b):

Definición 8. Se llama práctica científico-tecnológica (PCT), a aquella práctica teórica que tiene por objeto la elaboración del conocimiento para su utilización inmediata por la VTC (diseño de los sistemas artificiales por ej.) y la explicación de los sistemas artificiales producidos por las PTs.

La diferencia con las prácticas científicas (PC) o fundamentales consiste especialmente en el carácter de los objetivos, pues si para la PC los objetivos de la transformación son mediatos para la PCT son inmediatos. La diferencia con el pasado es que hoy el plazo entre el descubrimiento científico y los procesos tecnológicos del diseño son cada vez más pequeños, lo que significa una mayor integración de las prácticas correspondientes.

La PCT investiga teorías menos profundas, teorías particulares listas para su utilización como fundamento de los procesos del diseño, desarrollando teorías sustantivas y operativas, datos, reglas y sistemas conceptuales cuyos referentes son los objetos artificiales, es decir que explican a los objetos tecnológicos, la unión de todo lo cual se denomina comúnmente la ciencia aplicada. Por ejemplo en campos como la ciencia social desarrolla "teorías regionales". Entonces:

Postulado 11. Las PCT producen sistemas científico-tecnológicos (SCT), cuya composición es la siguiente:

$$C(\text{STC}) = (\text{TT}, \text{R}, \text{D}),$$

donde:

TT	=	TTS	U	TTO	,	son	teorías	tecnológicas,
TTS	=			teorías		tecnológicas		sustantivas,
TTO	=			"		"		operativas,
R	=			"				reglas,

D = datos, y cuando

Definición 9. Se llama teoría tecnológica (TT) (Herrera R., 1991) a toda teoría científica, adecuada para su aplicación en la resolución de los problemas que surgen en las prácticas tecnológicas, especialmente la PTC. Las TTS tienen por referentes a cosas y sistemas concretos (naturales, sociales o artificiales). Las TTO tienen por referentes a procesos sociales, en el caso de las Ingenierías a sistemas de actividades humanas vinculadas a los procesos de transformación y control de los sistemas económico-productivos.

Postulado 12. Las TTS contienen tres clases de teorías, a saber: teorías tecnológicas básicas (TTSB), teorías tecnológicas empíricas (TTSE) y teorías tecnológicas sistémicas o compuestas (TTSS).

Definición 10. Se llaman TTSB a cierto tipo de teorías particulares de las teorías científicas generales, las cuales contienen modelos específicos simples que restringen el ámbito de aplicación de las últimas y que permite su verificación (por ej. la "teoría de las barras" en Mecánica del Sólido).

Definición 11. Se llama TTSE a los sistemas conceptuales con referentes observables, que contienen leyes empíricas, teniendo usual-mente un objeto modelo de caja negra (por ej. la ley de Ohm).

Definición 12. Se llaman TTSS a los sistemas conceptuales cuyo referente concreto es un sistema artificial (cosa, artefacto, o sistema natural o social, como por ej. la teoría de la turbina, o la organización de un sistema económico-productivo).

Los otros componentes de los SCTson las reglas y los datos, ambos elementos importantes para las TT y para las PTC. Los definimos como sigue:

Definición 13. Un dato consiste de una proposición singular que tiene una referencia objetiva y que expresa el producto de observaciones científicamente organizadas y sistematizables.

En general son obtenidos mediante experimentación sistemática realizada en centros de investigación universitarios u otros.

Definición 14. Una regla consiste de un instructivo procedimental, que indica la secuencia finita de actos que debe cumplir una práctica social específica, para alcanzar un objetivo deseable.

Finalmente conviene definir más explícitamente a las TTO:

Definición 15. Un sistema conceptual es una TTO, sissi su referente consiste de la unión de miembros de la composición y del ambiente de un sistema social. Su objeto-modelo esquematiza idealmente a un posible proceso de interacción entre los componentes del referente. Son "teorías de la acción".

La PCT es una práctica cultural, pues da las ideas para las otras prácticas, en especial para la PTC otro tipo de práctica cultural íntimamente vinculada a ella. La primera se da usualmente o más intensamente en los centros de investigación de las Universidades y la segunda en sistemas tecnológicos concretos (por ej. la ingeniería de diseño).

Explícitamente:

Postulado 13. La unión de las PCT y la PTC constituye una práctica cultural que denominaremos la práctica tecnológica-cultural (PTK) de la sociedad. La Ingeniería es uno de sus componentes principales en el mundo moderno.

Las PTK = PCT U PTC, sintetizan el conocimiento tecnológico por medio de los sistemas conceptuales que producen y utilizan, creando un subsistema en el interior de los sistemas conceptuales de una cultura humana.

Considerando que tales practicas tienen la misma estructura genérica de producción, es posible estudiar, desde el punto de vista epistemológico, su lugar y nivel dentro de su unidad compleja y

sus diferencias específicas y conexión mutua. La Ingeniería aparece como práctica social y como conocimiento práctico y científico, fijado en sistemas tecnológicos conceptuales, relacionados con los otros elementos de la cultura. Esto permite una clasificación de las Tecnologías.

El producto cultural de las PTK se sintetizan en el siguiente concepto (Herrera R., 1991):

Definición 16. Se denomina sistema conceptual de la Tecnología (SCT) a aquel cuya composición es:

$$C(T) = (STC, SCT, CT),$$

donde CT designa a lo que llamaremos Conjuntos Técnicos, componente que contiene los elementos no científicos producidos por la experiencia práctica de los hombres, representando entonces al conocimiento técnico coetáneo para las PT.

Los elementos de la tema anterior son producidos por las PTs., es decir, son los Acde toda T (por ej. de la Ingeniería).

Postulado 14. Los SCT son los medios de producción de las PTC y entonces el fundamento de los STC que ésta práctica produce. Por tanto, considerando sólo el proceso conceptual:

$$PTC = [i \in C(t), m = SCT, 0^p, p = A^C = STC],$$

donde i son los componentes de un subsistema social de acción o sistema tecnológico x, el cual es un tipo de tecnosistema,  $0^C$  es el objeto conceptual de la transformación y p el producto conceptual.

Postulado 15. Los STC son los medios de producción conceptuales de las PTE (o PTM), pues sirven de guía para sus acciones. Por tanto:

$$PTC = [i \in C(t), m = SCT, U m, 0, p = A U \pi]$$

donde i son los componentes de un subsistema social de acción o sistema tecnológico x, m son los medios de producción materiales (por ej. energía) de T, 0 el objeto concreto o material de la transformación y p son los cambios o artefactos producidos por el subsistema económico de a. Cuando se trata de actividades sobre la organización de un sistema, se actúa sobre las funciones de los hombres en él, que se reflejan como cambios de estado de aquél con el objetivo de lograr cambios en A. La acción se fundamenta en STO tales como por ej. un PERT, como guía para la organización de las actividades de un sistema, los cuales son un producto de las PCT (teorías de la acción).

## SISTEMAS TECNOLÓGICOS CONCRETOS

En efecto las PT se dan en el interior de subsistemas sociales y por tanto no en forma aislada de los procesos de la sociedad correspondiente. Usualmente la PTC y la PTE o PTM pertenecen a los sistemas fundamentales de toda sociedad. En ésta, la "cientificación" de la producción implica la combinación racional de las fuerzas productivas, los medios y las relaciones de producción, dando como resultado el surgimiento de cierta clase de subsistemas (por ej. algunos sistemas industriales) que cumplen con la siguiente definición (Herrera R., 1991 b):

Definición 17. Dado un subsistema  $t \in \sigma_C = E\sigma$  (subsistema económico), se dirá que  $t = (C,E,A)$  es un tecnosistema sissi\*: (i) su composición  $C(t) = C(t) \cup A$ ,  $C \in C(\sigma_C)$ ,  $A \in A(\sigma_C)$ , donde  $A$  es un conjunto de artefactos especiales y  $C$  representa a los recursos humanos o fuerza de trabajo del sistema  $\sigma_C$ ; su ambiente  $A(t) \in E(\sigma_C)$ ,  $A(t) = \{C(\sigma_C) \cup C(t)\} \cup (E(\sigma_C) - A)$  y su estructura:  $E(t) \in E(\sigma_C)$ ,  $E(t) = S_L \cup (L_L \cup K_L \cup M_L)$ , donde  $S_L$  representa a un subconjunto de relaciones sociales vinculado al tipo de producción económica y  $L_L$ ,  $K_L$ ,  $M_L$  denotan a las relaciones que representan a las distintas clases de práctica social involucradas en el proceso de producción.  $L_L$  representa al trabajo primario o labor en la producción,  $K_L$ ,  $M_L$ , a las prácticas cultural y administrativa necesarias respectivamente para el sistema económico-productivo. Además la división del trabajo en la composición es tal que  $C(t) = {}^1P_L \cup {}^2P_L \cup {}^3P_L$ , donde el índice superior indica a la clase de fuerza de trabajo del sector y el inferior al sistema económico-productivo. Es decir,  ${}^iP_L$ ,  $i = 1,2,3$  representan al conjunto de trabajadores primarios (labor), secundarios (culturales) y terciarios (administrativos) involucrados en la práctica global del sistema. Por tanto:

Postulado 17. El modelo mínimo de un tecnosistema es el siguiente:

$$T = \{A \cup ({}^1P_L \cup {}^2P_L \cup {}^3P_L), S_L \cup (L_L \cup K_L \cup M_L), A(t)\}$$

Los SCT y STC, o conocimiento documentado (el know-how de los componentes sociales) están incluidos en  $A$ , materializados en sistemas de información respecto a artefactos y los correspondientes procesos productivos (por ej. software). Las propiedades de los elementos de la composición determinan la capacidad y habilidad ( $A$ ) de un sistema para cumplir sus objetivos: por ej. habilidad de ensamblaje (construcción, elaboración), habilidad para las operaciones (manejo, funcionamiento: tecnología suave). Los objetos en  $A$  una vez incorporados dentro de la esfera de las relaciones sociales adquieren una segunda existencia: una existencia social y por tanto tienen un carácter axiológico.

Podemos especificar ahora al sistema industrial, incluyendo a los elementos anteriores:

Postulado 17. Todo sistema industrial tecnológico contiene un paquete tecnológico o tecnología  $T$ , representada y definida por la tripleta ordenada:  $t: (CD,H,S)$ , donde  $CD$  es el conocimiento documentado o STC,  $H$  el hardware (por ej. el prototipo de un artefacto).

El desensamblaje del paquete tecnológico, el cual es algunas veces dado como una "aya negra", es importante cuando se tiene la posibilidad de analizar a una posible "transferencia tecnológica" entre sistemas sociales. La matriz  $(CD_i, H_j, S_k)$  se puede usar en el análisis del "grado de dependencia tecnológica" de un país o sistema social.

Definición 18. Llamamos sistema tecnológico (ST) a un tipo de tecnosistema tal que, su estructura contiene un sistema de objetivos (SO) que fundamenta sus funciones principales de transformación, invención, construcción, producción y control de sistemas naturales, sociales y artificiales y su composición contiene artefactos especiales y componentes sociales con educación especializada en las Pts.

Postulado 18. Los ST contienen dos tipos de sistemas sociales concretos: sistemas tecnológicos de diseño (STD) o  $t_d$ , sistemas tecnológicos de ejecución o administración (STM) o  $t_c$ , es decir:  $t_1 = t_d$  U  $t_c$ ; donde  $t_1$  es un sistema tecnológico. Estos se caracterizan de la manera siguiente:

Definición 19. Un sistema tecnológico de diseño (STD) es tal que su principal práctica es la PTC. Puede ser un subsistema cultural independiente o puede estar incluido en algún subsistema económico-productivo:

$$t_d \in K_a \text{ o } t_d \in K_a \in E_a$$

donde:  $K_a$  es un subsistema cultural y  $E_a$  es un subsistema económico-productivo de una sociedad  $a$ .

Definición 20. Un sistema tecnológico de ejecución o administración (STM) es un subsistema económico-productivo, cuya meta principal es la producción y control de sistemas productivos, específicamente sistemas industriales o medios de producción materiales. Por lo tanto se tiene:

Postulado 19. La práctica tecnológica de Ingeniería se produce dentro de subsistemas de tecnológicos de diseño y ejecución, los cuales usualmente pertenecen a un único tecnosistema  $t_1$ .

Postulado 20. La práctica tecnológica de los tecnosistemas, específicamente la Ingeniería, genera la producción de sistemas artificiales en la siguiente cadena productiva de las prácticas:

$$PC \leftrightarrow PCT \leftrightarrow PTC \leftrightarrow PTM$$

donde la flecha indica interrelación sistémica.

Usualmente las PC y la PCT se dan en centros de investigación académicos, institucionales o empresariales.

La última junto con científicos e ingenieros orientados hacia la investigación aplicada. La PTC es realizada principalmente por ingenieros, cuya meta en unión con la PTM es la de obtener productos y procesos listos para la producción. Así es como se producen los sistemas tecnológicos industriales y su paquete tecnológico o tecnología correspondiente (incluido el de sus artefactos componentes).

La PTM es una actividad de producción y control de los sistemas materiales, incluyendo a veces el mercadeo, la venta y los servicios. Esta práctica es un componente determinado por ella de la práctica política, pues es el medio de las clases dominantes para la apropiación de la organización y del excedente o plusvalor (acumulación del capital), es decir, del dominio sobre las fracciones de la cantidad total disponible del trabajo social.

En la cadena de las prácticas tecnológicas se dan los procesos de Innovación tecnológica mediante los cuales se alcanza el conocimiento de cómo producir productos para un mercado dado, cómo mejorar los existentes reduciendo su costo o cómo venderlo o distribuirlo posteriormente.

Los procesos de éste tipo se visualizan conceptualmente mediante la cadena productiva de las prácticas tecnológicas, específicamente en los procesos de investigación o  $PTK = PCT \text{ U } PTC$ . Debemos recordar que en una "transferencia de tecnología" no basta trasladar el paquete tecnológico pues se requiere lograr  $S$  en los componentes  $W$ , lo cual sólo se alcanza con la

educación de todos los niveles de la división técnica del trabajo y por tanto con un nivel adecuado para la realización de las P correspondientes.

## **TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD**

Es por medio del trabajo concreto sobre A y sobre W que se transforma la materia en cosas para el hombre (medios de producción, bienes de consumo, clases sociales), proceso racional que impulsa el desarrollo de las fuerzas de producción, nuevas formas y medios de economizar trabajo, nuevas necesidades y creación de nuevos sectores de la producción en masa que ayuden a desarrollar potencialmente las posibilidades ilimitadas del hombre, haciendo surgir nuevas Tecnologías. En forma general podemos decir lo siguiente:

Postulado 21. El surgimiento de una Tecnología nueva o cambio tecnológico, implica un cambio en las fuerzas productivas y las relaciones de producción de una sociedad (aumento de la productividad del trabajo) y por tanto en las propiedades de su composición (por ej. valores y comportamiento), en algunos componentes de su estructura y en el ambiente.

Es evidente que al cambiar progresivamente las fuerzas productivas y las relaciones de producción, la capacidad humana para dominar a la naturaleza (aumento de la productividad del trabajo) es favorable en algunos aspectos. Se producen cambios en E, como la división técnica del trabajo, en el papel de los ejecutores en el proceso de producción y el surgimiento de nuevas formas de organización, como es el caso actual con el surgimiento de los ordenadores, la tecnología de las comunicaciones y la robótica. Esta última sustituye el trabajo humano por la máquina como fuerza motora para la acumulación de capital y el crecimiento económico. También pueden cambiar los valores de los componentes (propiedades de C) al alterarse las necesidades. Sin embargo, no necesariamente implica un cambio de las relaciones sociales o las del poder existentes, es decir, que tal fenómeno no significa necesariamente "progreso", en el sentido global económico, político y cultural. El advenimiento de las computadoras por ejemplo, crea condiciones cualitativamente nuevas en la sociedad, pues siendo una especie de extensión del cerebro humano permite un procesamiento de la información no imaginado hace muy poco tiempo, nuevas condiciones para la enseñanza-aprendizaje y por primera vez el hombre crea medios que le permiten simular el pensamiento, produciendo nuevos campos de investigación como el denominado Inteligencia Artificial. Se producen cambios en las metodologías de las prácticas científicas y tecnológicas, creándose procesos culturales que conllevan el surgimiento de un nuevo tipo de cultura. Además y en conjunto con el desarrollo de la electrónica y su efecto en las comunicaciones aumentan la sistematicidad social generando la necesidad de cambios en la estructura social misma, lo cual produce contradicciones en las formas del dominio social y sus formas de organización (por ej. se crean condiciones potenciales nuevas para profundizar la democracia política).

Los sistemas sociales artificiales contienen en su estructura, las leyes y las reglas (leyes artificiales) del modo dominante de producción (es decir, por ej. la acumulación y la división en clases económicas en el sistema capitalista) y por tanto a los objetivos o metas y valores que determinan qué y cómo producir.

La raíz del valor está anclada en relaciones sociales específicas (por ej. las capitalistas), es decir, los valores son propiedades relacionales o disposicionales que los hombres le dan a ciertas cosas, actividades o a ideas en vínculo con determinados desiderata. Los desiderata no son arbitrarios, son



realizados por grupos sociales con determinados fines, condicionados por circunstancias biológicas, culturales e ideológicas.

Los avances científico-tecnológicos alcanzados en determinada etapa social, no son un bien o un mal independientes del contexto social, línea que siguen muchos interpretadores de la Ciencia y la Tecnología, los que al no tener un enfoque dialéctico del desarrollo, sólo dan interpretaciones unilaterales sobre la "utilidad" o "inutilidad" de la Tecnología en el mundo actual. Lo que se puede preguntar es para quién son útiles los cambios tecnológicos, para qué clase social es valiosa o no determinada Tecnología, es decir, para quién se convierte en "valor de uso".

En forma general se puede decir que:

Postulado 22. Una Tecnología es valiosa para alguna sociedad o subsistema social o Go en algún aspecto R, según los desiderata (D), circunstancias (C), cuerpo de conocimiento (K) e ideología (I), si satisface para (o, R) los (D, C, K, I).

El objeto tecnológico produce una necesidad o es producto de ella, de modo que tiene históricamente un valor objetivo o grado de satisfacción potencial de tal necesidad o conjunto de necesidades para algún grupo o clase social. En el "capitalismo" la producción de mercancías se hace posible y se generaliza, mediante una organización social donde el trabajo social está fragmentado en subsistemas productivos independientes, los cuales toman las decisiones vitales. Dificilmente ellas surgen de la totalidad de la sociedad o de sus productores asociados. Por tanto:

Postulado 23. Los procesos de producción jt están determinados por el tipo de dirección representada por ciertas relaciones MdG M, las cuales son funciones de las metas del modo de producción, representado éste por ciertas relaciones políticas M£M (por ej. el nivel jurídico). Estas relaciones son determinadas por el poder político de la clase dominante, económica, cultural o política. Tal carácter dependiente de la T lo sintetizamos con:

Postulado 24. La Tecnología T no es una variable exógena a a o a JT y no tiene completa autonomía.

Los cambios producidos en A (por ej. la generación de Tecnología) crean cambios de estado en (S,P), surgen nuevas formas de producción, consumo e intercambio (economía) y alteran algunas partes de la estructura social, cambios en la división del trabajo y en algunas propiedades de C. Sin embargo los cambios en A no necesariamente cambian el modo de producción económica o la dirección del tipo de explotación de la naturalezaN o del hombre, muy al contrario engendran nueva contradicciones sociales y por tentó nuevos tipos de lucha social. En general ambas formas de apropiación: (i) entre el hombre y la naturaleza y (ii) entre el hombre y el hombre (política), están determinadas por la racionalidad de la ideología dominante.

Dado que la ley del capitalismo es la ley de la producción de mercancías, no de bienes útiles, sino de objetos de intercambio (o sea objetos intercambiables por el equivalente general o dinero), son los valores de intercambio los que interesan al capital y es sólo ocasionalmente que se convierten en "valores de uso", más bien tienden a reducirse y a expansionarse el valor de intercambio. El trabajo o la práctica social en general se Convierten en una actividad productiva expropiada, actividad coaccionada de producción de mercancías, de producción de valor de cambio de la fuerza de trabajo que permite la sobrevivencia.

Es así que hoy la categoría de "trabajo" cubre a toda la actividad productiva del hombre mientras el "trabajo necesario" tiende a disminuir.

El proceso de acumulación en el sistema implica una dirección política y entonces un dominio sobre el trabajo vivo. Los efectos de tales mecanismos constituyen una lógica que no coincide con las necesidades "naturales" y "humanas" (por ej. la pobreza y el deterioro ecológico son evidentes). El desarrollo del sistema, de su organización productiva y social del capital, conlleva la producción de "objetos tecnológicos" que crean la "necesidad de trabajar" y la finalidad primaria del trabajo solo sirve para mejorar las condiciones de vida de sus actores en una forma colateral, como subproducto. En cuanto a la Tecnología podemos afirmar:

Postulado 25. La Tecnología no es un factor independiente, que determina de antemano la orientación del "progreso social", sino que sólo es una condición importante y no única para la transformación del mundo.

En la sociedad capitalista actual, la producción de nuevas tecnologías no causa ninguna ruptura política, pues sus relaciones de producción se ajustan y remodulan según las nuevas condiciones de las fuerzas productivas, manteniendo la estabilidad del sistema. Tal es el caso del "fordismo" que creó la producción masiva, el trabajo en serie o en cadena, el consumo de masas, el estado-benefactor), el cual correspondió a una etapa del desarrollo de las fuerzas productivas, actualmente en crisis debido a la imposibilidad de mantener el ritmo de la productividad del trabajo. En la fase actual las nuevas tecnologías como la robotización, la informática, las comunicaciones (electrónica) y la "revolución científico-tecnológica" (RCT) inherente, obligan a cambios en ciertos aspectos de la estructura del sistema y entonces a nuevas formas de organización y división técnica del trabajo. La crisis del "fordismo" no conlleva transformaciones revolucionarias y si a una recalificación de las jerarquías de los centros de poder, en la cual desaparecen algunos y otros se refuerzan.

Pues en el capitalismo lo que cuenta es la necesidad de mantener el mando sobre el trabajo vivo, de "fabricar trabajo", reproducir la necesidad de acumulación del capital y su correspondiente dominio político, su poder sobre la fuerza de trabajo social, como constricción al trabajo.

Por otra parte, debido al carácter dependiente de la Tecnología, es que también la sociedad puede evitar que su desarrollo se convierta en un factor anárquico en manos de intereses no adecuados para la totalidad del sistema social. La no neutralidad del científico o del tecnólogo en su práctica social, permite la elevación de la conciencia social y la posibilidad de intentar lograr el control y la organización sistémica de los procesos tecnológicos en interés de toda la sociedad.

## CONCLUSIÓN

Del estudio aquí realizado se puede concluir que en la interpretación de la esencia del desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, así como en la estimación de su influencia sobre la sociedad, en especial la cultura y el hombre, se deben considerar los siguientes elementos básicos: (i) no se puede aislar la correlación entre el desarrollo científico-tecnológico y las perspectivas del hombre, de la organización social, de la actividad vital de las personas y de su existencia histórico-concreta; (ii) el desarrollo tecnológico no es un fenómeno neutral, pues está ligado con la estructura socio-económica de la sociedad correspondiente. En consecuencia es necesario determinar la

especificidad de las consecuencias sociales del progreso científico-tecnológico en cada formación social; (iii) debe realizarse un enfoque sistémico de la correlación entre la RCT y las perspectivas del hombre y no absolutizar los distintos aspectos de la influencia que ejercen la Ciencia y la Tecnología sobre la estructura y la naturaleza del hombre; (iv) se requiere revelar la interconexión entre Ciencia y Tecnología y la actividad humana, es decir, la significación social concreta del progreso científico-tecnológico; (v) la Ciencia y la Tecnología no son autónomas ni neutrales respecto a la estructura social, tampoco su desarrollo es anárquico e incontrolable, pues su proceso mismo de autodesarrollo depende de factores económicos y de finalidades sociales en los grupos de poder; (vi) se requiere la renuncia al mito de la neutralidad socio-ética de las prácticas y de sus resultados o productos, lo cual implica la axiologización tanto de los procesos cognoscitivos (PC y PCT) como de los procesos mismos de transformación (PTC y PTE); (vii) es necesario analizar la idea de "progreso-desarrollo" en el corazón de la economía e ideología capitalista.

## NOTAS

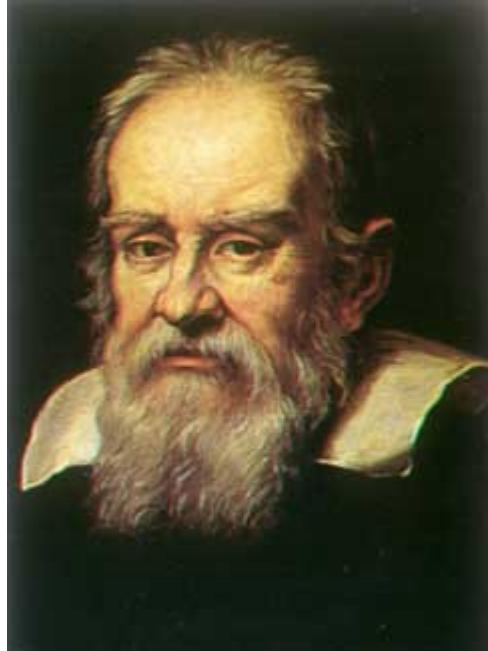
[1] Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Herrera Rodolfo. "Technology and Society". *Proceedings of the ASSE 1989 a*, Annual Conference. Lincoln, Nebraska.
2. ... "La práctica tecnológica". *Revista de Filosofía*. Vol. XXVII (66), Univ. Costa Rica, 1989 b.
3. ... "Tecnología y Sociedad". *Revista de Filosofía*. Vol. XXVIII (67/68), Univ. Costa Rica, 1990.
4. ... "Sistemas Conceptuales de la Tecnología". *Revista Ingeniería*. Vol. 1 (1), Univ. Costa Rica, 1991.
5. ... "Sistemas Tecnológicos Concretos". A publicarse en *Praxis*, Univ. Nac. Heredia, Costa Rica, 1991 b.

## 2.2 GALILEO Y EL DESCUBRIMIENTO DE LAS MANCHAS SOLARES: UN EPISODIO DE LA REVOLUCIÓN ASTRONÓMICA DEL SIGLO XVII

Jorge Jiménez. [\[1\]](#)



### RESUMEN

*En la presente ponencia se exponen algunos aspectos de interés para la historia de la ciencia, relacionados con el descubrimiento de las manchas solares durante la revolución astronómica del siglo XVII. Se expone en detalle la utilización que hace Galileo Galilei, en su Tercera Jornada del "Diálogo Sobre Los Sistemas Máximos", de ese fenómeno a fin de argumentar a favor del sistema copernicano.*

Es bien conocida la disputa que se entabló en 1612 entre Galileo y el jesuita Christopher Scheiner [\[2\]](#) acerca de la naturaleza, posición y significación de las manchas solares. El asunto de la prioridad de la publicación también fue materia de enfrentamiento, resolviéndose posteriormente en favor de Johann Fabricius, ya que su obra *De maculis irt Solé observatis* estaba lechada 13 de junio de 1611, mientras que la primera carta de Scheiner a Welsler, en la cual daba noticia del descubrimiento de las manchas tiene fecha 12 de noviembre de 1611 [\[3\]](#). Se sabe que Galileo, Fabricius, Harríot, Scheiner y Passignani observaron independientemente las manchas [\[4\]](#). Sin embargo, Galileo reclamó obsecadamente la prioridad de su descubrimicnlo. En el Diálogo leemos que " Fue el primer descubridor y observador de las manchas solares y de todas las otras maravillas celestes, nuestro amigo el Académico Linceo (es decir, el mismo Galileo), quien los descubrió en 1610...". [\[5\]](#)

Con seguridad el mérito de Galileo reside en la brillante argumentación que realiza en la Tercera Jornada, empleando los resultados de sus propias observaciones de las manchas solares, para demostrar que la Tierra posee los movimientos de rotación y traslación, en otras palabras, para darle un fundamento empírico al sistema copernicano que, a la sazón, era objeto de grandes controversias.

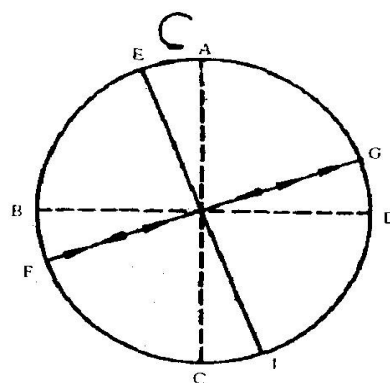
Partiremos del error que cometió Galileo en la Tercera Carta, en la cual consideró que el eje del Sol era paralelo a la eclíptica. Ahí decía " que las líneas rectas trazadas por las manchas eran una prueba necesaria de que el eje del Sol era perpendicular a la eclíptica." [6]. La razón de este error reside -como bien lo ha señalado Shea-, en que Galileo hizo observaciones de las manchas entre mayo y julio, cuando la Tierra cruzaba la línea de intersección entre los planos del ecuador solar y la eclíptica y, por lo tanto, cuando las manchas se movían paralelamente a la eclíptica. Galileo descubrió posteriormente su error -añade Shea-, y utilizó la declinación de las manchas en la Tercera Jornada, como un argumento para sustentar el movimiento de traslación terrestre [7].

Veamos, pues, como emplea este argumento en la obra mencionada. Ahí leemos :

" Si el movimiento anual fuera de la Tierra y hecho por la eclíptica en torno al Sol, y si el Sol estuviera constituido en el centro de esa eclíptica y en él girara sobre sí mismo, no en torno al eje de esa eclíptica, que sena el eje del movimiento anual de la Tierra, sino sobre otro inclinado, por fuerza se nos habrían de representar extrañas mutaciones en los movimientos aparentes de las manchas solares si se supone que tal eje del Sol persiste perpetuamente e inmutablemente en la misma inclinación y en la misma dirección hacia un mismo punto del universo." [8]

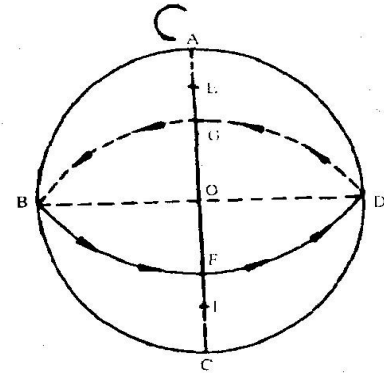
A continuación vamos a exponer el análisis geométrico que realiza Galileo de este fenómeno.

1. Sea la esfera ABCD, su centro O y su eje EOI. El Sol gira sobre el eje EOI, el cual está en un lugar tal de la eclíptica que el hemisferio del Sol aparente para nosotros quede limitado por el círculo ABCD, que al pasar por los polos AC, también pasa por los polos EI. Así siempre que en el punto F esté una mancha, al ser después arrastrada por la rotación solar, señalará sobre la superficie del Sol la circunferencia de ese círculo que se nos aparecerá como una línea recta.

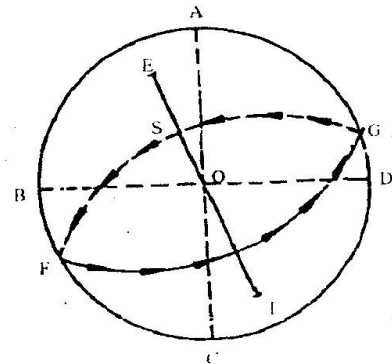


Seis meses después sucederá lo mismo, pero al encontrarse en la posición opuesta, las manchas circularán a la inversa, es decir, de G hacia F.

2. La Tierra se ha movido un cuadrante, ahora el eje del Sol EOI nos queda alineado sobre el eje AC, pero con el polo I oculto. El círculo máximo descrito por la revolución del Sol es BFDG, cuya mitad B1D se nos aparecerá nos aparecerá como un semicírculo dirigido hacia la parte inferior. Las manchas en este período harán su aparición en el punto B, pasará por F y desaparecerán en D. Seis meses después se dará la situación opuesta: las manchas solares aparecerán por D, seguirán por G que eslá dirigido hacia el polo superior y finalizarán en B.



3. Al moverse la Tierra otro cuadrante el eje EOI no está ni sobre el círculo ABCD, ni sobre el eje AC, sino que E cae dentro del arco del confín AB y la sección del meridiano AC. En esta posición el observador terrestre verá las manchas girar sobre I-UIUKAN 3 el semicírculo FNG. la cual es una trayectoria semicircular cuyo punto de inicio Fes inferior al punto terminal G. Seis meses después la situación será la inversa, de tal modo que las manchas girarán desde el punto G, bajando por S y desapareciendo en F [9].



Esta es la ingeniosa demostración que realiza Galileo para argumentar a favor de la traslación terrestre en el plano de la eclíptica y en torno al Sol. Como podemos observar, requiere tanto del dominio de la geometría esférica y de la perspectiva, como de largos períodos de observación del curso de las manchas solares. Y como tal es una prueba indirecta que sólo puede convencer a los entendidos en la materia. Pero creemos que no puede ser de otra forma. No es posible dar una prueba directa de un fenómeno tan complejo como lo es el movimiento anual de nuestro planeta. Consideramos que la demostración es consistente, especialmente para aquellos con la capacidad de entender los rudimentos del lenguaje geométrico que emplea nuestro autor.

Con el afán de polemizar contra el modelo ptolemaico y tychoniano, Galileo plantea las dificultades de explicar el mismo fenómeno suponiendo a la Tierra inmóvil y al Sol girando a su alrededor, en cuyo caso,

"... sería necesario que las causas de todas las diversidades que se observan en esos movimientos (el de las manchas) residan en los movimientos existentes en el cuerpo solar (exclusivamente)." [10]

Para satisfacer tal posibilidad propone tres supuestos:

1. que el Sol gire sobre sí mismo,
2. que el eje de la revolución solar no sea paralelo al eje de la eclíptica,
3. " en tercer lugar, habría que decir que la inclinación de este eje no es fija, ni está siempre orientada hacia el mismo punto del universo, sino que poco a poco iba cambiando de dirección:

pues si la inclinación mirase siempre hacia el mismo punto, los pasajes de las manchas no cambiarían ya nunca de apariencia, sino que rectas o curvas, ascendentes o descendentes, inclinados hacia arriba o hacia abajo, tal y como aparecieran una vez, así habrían de aparecer ya siempre." [11]

Planteados estos supuestos, concluye Galileo:

" De modo que para mantener a la Tierra estable en el centro, habría que atribuir por necesidad dos movimientos al Sol en torno al propio centro, sobre dos diferentes ejes, uno de los cuales concluiría su revolución en un año y el otro la suya en menos de un mes, lo cual, para mi capacidad se me presenta como algo muy difícil y casi imposible,... además de otros dos movimientos en torno a la Tierra sobre diversos ejes, describiendo con una la eclíptica en un año, y con el otro, formando espiras o círculos paralelos a la equinoccial, a razón de uno por día... ahora bien; si estos cuatro movimientos tan incompatibles entre sí... se pueden reducir a uno solo y muy sencillo, asignado al Sol sobre un eje nunca alterado, y que sin cambiar cosa alguna en los movimientos, por tantas otras cosas asignadas al globo terrestre, se pueden tan fácilmente salvar tan extravagantes apariencias en los movimientos de las manchas solares, parece que verdaderamente la elección no es dudosa." [12]

Como bien podemos observar, Galileo recurre aquí, como es usual a lo largo de su obra, al criterio de simplicidad y economía para evaluar la superioridad de un modelo explicativo sobre otro. En este sentido su argumentación es más sólida y, desde el punto de vista metodológico, aporta una demostración eficaz, aunque indirecta como señalábamos anteriormente, para fundamentar el movimiento de traslación terrestre en torno al Sol. Es oportuno recordar aquí que Galileo está interesado en discutir tanto contra modelo ptolemaico como contra el sistema tychoniano. Ambos sistemas postulan el geocentrismo y el geostatismo. Las modificaciones que introdujo Tycho no dotan a su sistema de una explicación diferente de la que puede dar el ptolemaísmo al fenómeno de la rotación de las manchas solares. De hecho Tycho no conoció este fenómeno y no tuvo, por tanto, la preocupación de explicarlo. Así las cosas, tanto el ptolemaísmo como el tychonismo abordarían el fenómeno en cuestión, recurriendo a la argumentación que Galileo critica, especialmente desde el punto de vista de la economía y simplicidad del modelo.

Es muy posible que los peripatéticos y tychonianos argumentaran que tal criterio de simplicidad y economía se había ya transgredido al asignarle tres movimientos a la Tierra, lo cual no sólo era una complicación gratuita, sino, más aún, se contradecía con las apariencias. También podían haber recurrido a plantear, los peripatéticos en este caso, que el susodicho fenómeno de las manchas solares no era un hecho evidente de los cielos, sino que se debía a las "falacias de los cristales del telescopio", y no a su presencia real en la superficie del Sol, etc. Sin embargo, si nos situamos en este terreno, de hecho nos enfrentamos al límite en el cual se decantan dos concepciones de la naturaleza y dos enfoques de la ciencia radicalmente distintos, y por lo tanto a un diálogo de sordos en donde el dogma y el autoritarismo sustituyen a la vocación empírica, el uso creativo de las matemáticas y el libre espíritu de investigación científica. Galileo es, en este sentido, el portador de un nuevo método de hacer ciencia: a diferencia del aristotelismo tradicional, cuyo empirismo ingenuo se limitaba al dato bruto de los sentidos, nuestro autor privilegia el uso de la razón y en especial del pensamiento matemático, para reinterpretar los datos fácticos, discriminar lo aparente y recabar lo real que se esconde tras los fenómenos naturales, cuyo lenguaje "está escrito en signos matemáticos". [13]

Esta creencia en una constitución matemática de la realidad natural es, como bien lo han señalado los más destacados especialistas, la característica esencial del pensamiento científico galileano. En su época, la concepción peripatética de las ciencias rechazaba la posibilidad de que las matemáticas jugaran algún papel en el conocimiento de los fenómenos físicos. Se tenía la idea de que las ciencias estaban rígidamente separadas y en especial que la física era una materia de jurisdicción puramente filosófica. Las matemáticas se entendían como una actividad eminentemente intelectual, ajenas a la realidad y sin posibilidades de concertarse con la física. Galileo, formado desde temprana edad en el pensamiento geométrico-matemático de Arquímedes, concebía, por el contrario, que la matemática, y particularmente la geometría, era el instrumento capaz de develar la constitución básica de la realidad física. En este sentido nuestro autor debe ser considerado como el precursor de la nueva ciencia físico-matemática, que alcanzaría su consolidación definitiva con Newton.

En el tema que nos ocupa, a saber, el análisis de la trayectoria de las manchas solares como demostración del movimiento de traslación terrestre alrededor del Sol, nos encontramos con una aplicación concreta de la señalada metodología galileana. Galileo se enfrenta a este fenómeno físico e indaga la posibilidad de que le brinde alguna prueba a favor del sistema copernicano. Somete este fenómeno a un estudio de carácter geométrico, y concluye, como hemos expuesto aquí, que el suceso en cuestión permite derivar argumentos a favor del heliocentrismo y del movimiento de traslación terrestre, basado en los criterios de economía y simplicidad del modelo explicativo.

El contraste con la actitud peripatética es muy claro. En primer lugar, la tradición aristotélica rechazaba por principio cosmológico la posibilidad de que un astro presentase manchas, debido a su idea de la perfección e inmutabilidad de los cielos. Tanto pesaba esta concepción que la polémica de Galileo con Scheiner en 1612 estuvo orientada, en buena parte, a demostrar que las manchas pertenecían a la superficie del Sol, y no eran el producto del tránsito de Venus y Mercurio o de otras estrellas entre el Sol y la Tierra. En segundo lugar, la metodología aristotélica estaba orientada a valorar las propiedades cualitativas de los fenómenos naturales en general. Por lo que un estudio geométrico-matemático, interesado por las leyes de la perspectiva o por la paralaje de un fenómeno astronómico, se encontraba al margen del procedimiento científico peripatético. Se consideraba que la matemática no tenía el rango epistemológico que le permitiera decidir sobre la realidad ontológica de los fenómenos físicos. De tal modo, el interés recaía sobre las cualidades que conformaban el fenómeno físico; y los recursos a conceptos teleológicos y antropocéntricos, en la metodología peripatética, eran de uso común y obligado [14].

La metodología galileana - tal y como hemos expuesto en este breve ensayo- ocupada por las relaciones cuantitativas de los fenómenos físicos, permite un avance significativo en el conocimiento de la realidad, y especialmente, reviste a la ciencia de un carácter no teleológico y desantropomorfizador, lo que constituye una importante base para la transformación paradigmática de la ciencia moderna.



## NOTAS

[1] Universidad de Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. San José, Costa Rica.

[2] Scheiner utilizó el seudónimo de "Apelles laiensposi itibulam" para publicar las cartas que inicialmente enviara a su amigo Mark Welser. Ofreció una versión ampliada de sus cartas en un texto que tituló *Accuratio Disquisitio*. El príncipe Federico Cesi, de la Academia de los Lincci, se encargó de publicar la réplica de Galileo con el título de "Gittas sobre las manchas solares". Véase Shea, William R. *Op.Cit.* p.67 ss

[3] Galilei, Galileo. *Dialogue on the great world systems*. Trad. de Thomas Salusbury, revisado y anotado por Giorgio de Santularia, ed. University of Chicago Press, Chicago, 1953.p.355-356 nota 41.

[4] Shea, William R. *La revolución intelectual de Galileo*. Ariel. Barcelona, 1983.p.70

[5] Galilei, Galileo. *Diálogo sobre los sistemas máximos*. Jornada Tercera. Vol. III. Aguilar. Buenos aires, 1977.p.124

[6] Shea, *Op. Cit.*, p.87

[7] *Ibid.*, p.88 nota

[8] Galilei, *Op. Cit.*,p. 127

[9] *Ibid.*, p.129ss

[10] *Ibid.*,p.136

[11] *Ibid.*, p.137

[12] *Ibid.*, p.138-139

[13] Para efectos de ilustrar esta aserción, con uno de los tantos pasajes en que se afinca esta metodología, retomemos un pasaje de la II Jornada en donde Salvíati expresa: " ... no he visto nunca, ni me ha parecido ver, que esa piedra cayera perpendicularmente, y así creo que, a los ojos de todos los demás, se les presentará de la misma manera. Mejor será, pues, que deponiendo la apariencia en la que todos convenimos, hagamos un esfuerzo de razón, bien para confir mar la realidad de esta opinión, o bien para descubrir su falacia."(264) El subrayado es mío.

[14] En torno a esta discusión se puede consultar: Crombic, A.C. *Historia de la ciencia: San Agustín a Galileo*. Alianza Universidad. Madrid, 1974. Vol.I p.130 ss.p.151 Fisher, Klaus. *Galileo Galilei*. Editorial Herder. Barcelona, 1986. p.ss Shea, William R. *Op. Cit.* p.7Sss

## 2.3 ¿QUÉ ES UNA TEORÍA CIENTÍFICA Y QUÉ ENSEÑAR DE ELLAS? (UNA PROPUESTA Y ANÁLISIS DE UN CASO)

Mario Casanueva. [\[1\]](#)



### RESUMEN

*(1) Se presenta suscintamente una nueva propuesta de criterios de identificación y análisis de teorías que incluyen sus partes conceptual, metodológica y social. Tal propuesta está basada en una visión ecléctica que deriva de la Epistemología Evolutiva (Toulmín, Campell, Hull) y de la Concepción Estructural. (2) Partiendo de la reconstrucción conjuntista de la Genérica Mendeliana y de su análisis metodológico se presenta un diagrama conjuntista del que se derivan ideas para su enseñanza.*

### I

El tema que ahora nos ocupa constituye un pequeño aspecto de la gran invasión del pensamiento biológico en los terrenos de la epistemología y la filosofía de la ciencia. Esta avanzada biologista incluye al menos dos grandes frentes. Es confundiente el que ambos, evidentemente Ínterrelacionados pero distintos, aparezain en la literatura con el mismo rubro: "epistemología evolutiva".

El primero de ellos, claramente epistemológico, trata de explicar las caracteristiais, fundamentos y capacidades cognitivas del humano en términos de mecanismos causales propios de la Biología y por ende evolutivos. Pretende, en su versión fuerte, reducir la epistemología tradicional a una extensión de las teorías biológicas acerca de la fisiología, origen, e interrelación de nuestros sistemas neurológicos, sensoriales y motores (vg. nuestra tendencia a la aceptación del modus ponens estaría regulada por leyes epigenéricas similares a las que "prohiben" el incesto). En su versión débil constituye una guía, demarcación o complemento necesario para la epistemología tradicional (no es posible soslayar que la selección natural afecta rasgos característicos de la cultura humana, vg. las restricciones epigenéticas de la percepción del color se reflejan en las clasificaciones verbales del mismo en una serie de lenguajes distribuidos a lo largo del mundo). [\[2\]](#).

El segundo de ellos es una idea vieja, el siglo pasado la encuentra en las sobras de T. H. Huxley, K. Marx, Lloyd Morgan o H. Spencer. En esta ha sido considerada por E. Mach [\[3\]](#) , D. T. Campbell [\[4\]](#) - [\[8\]](#), K. Popper [\[9\]](#), S. Toulmin [\[10\]](#), [\[11\]](#), D. Hull [\[12\]](#) [\[13\]](#), y M. Ruse [\[14\]](#), entre otros filósofos, y por T. Dobshansky [\[15\]](#). E. O. Wilson [\[14\]](#), [\[16\]](#), L. L. Cavalli-Sforza [\[17\]](#), R. awkins [\[18\]](#) y J. M. Cullen [\[19\]](#), entre otros biólogos. Se resume en pensar que el cambio cultural e intelectual puede expresarse en términos similares a los dados por las diferentes visiones evolucionistas en Biología, o al menos, que las últimas pueden ser fuente de analogías para la construcción de adecuados modelos del desarrollo científico y/o tecnológico.

Nuestro trabajo se enmarca dentro del segundo frente: el planteamiento de modelos del desarrollo científico con base en una analogía con la evolución orgánica.

## II

Presumiblemente, las diferentes presentaciones de esta analogía contemplan cuatro aspectos básicos, incluidos en las teorías evolucionistas modernas:

(a) la existencia de una unidad ontológica sobre la cual aplicar nuestras leyes de selección: un análogo de los organismos en la visión ortodoxa de la Teoría Sintética [\[20\]](#).

(b) la existencia de la variación (y en algunos casos sus mecanismos generadores (análogos de la mutación)).

(c) la existencia de criterios sobre los cuales fundamentar un mecanismo selectivo consistente con (b) lo que se relaciona con

(d) la existencia de un contexto variable [\[21\]](#).

## III

Vayamos por partes, (a) y (b) han sido tratados de diferentes maneras. Dejando de lado la posición de E.O. Wilson [\[2\]](#), en la que la unidad de variación, los culturgenes, poseen un fuerte y reduccionista sustrato biológico, las posiciones existentes pueden agruparse básicamente en dos bloques.

En el primero estarían quienes consideran a los conceptos o las ideas individuales como las unidades de variación. G. Holton (quien incluye a los descubrimientos como mecanismo de variación ([\[22\]](#), pp.392-393)), Cavalli-Sforza y Feldman ([\[23\]](#), pp.351 y ss.), Bechtel (para quien la recombinación conceptual constituye la fuente de variación ([\[24\]](#), pp.312 y ss.), R. Dawkins (con su concepto de entidades capaces de ser transmitidas de un cerebro a otro por imitación más o menos fiel) y un primer Toulmin (para quien el mecanismo de variación es la conjetura libre ([\[10\]](#), p.471)) serían los autores más representativos.

Dentro del segundo, encontramos a quienes consideran a las visiones alternativas de una teoría o estructura conceptual como las unidades de variación, entre otros, se encuentran: un segundo Toulmin (para quien la variación surge como novedades intelectuales que se tornan posibilidades genuinas sólo cuando "el contexto de discusión muestra implícitamente a que problemas específicos están dirigidas estas sugerencias y como la innovación propuesta puede ayudar a

tratarlos" ([11], p.207), Ackerman ([25], p.64), Schrader (que se preocupa por analizar las posibles fuentes de variación: probabilidad, intuición y error ([26], p.290)), Campbell (quien considera a las disciplinas organizadas en subdisciplinas que se traslapan y compiten como sistemas conceptuales -lo que incluye sistemas teóricos, prescripciones metodológicas y valores de juicio- (7, pp. 9-12), Richards (para quien la variación se da por medio de recombinaciones de ideas generadas en el contexto de campos conceptuales de científicos individuales y de las comunidades en las que estos trabajan ([26], pp.59-71) y Hull (que enfatiza el papel de las restricciones cambiantes fijadas por la comunidad científica en sus diferentes subgrupos ([13], cap. 11-13).

Estas diferentes posiciones acerca de la naturaleza de las unidades de variación reflejan un conflicto acerca de niveles jerárquicos en la forma en como organizamos nuestros conceptos. Su clarificación requiere una precisa conceptualización de las formas en como se relacionan los distintos niveles. Corresponde a la Concepción Estructural de Teorías el mérito de la resolución de este problema para a la tracción conceptual de las teorías.

#### **IV UNA PROPUESTA PARA (A) Y (B)**

Así como Biología distinguimos forma y función en nuestros individuos teóricos debemos diferenciar conceptos y métodos.

Estructura de la parte conceptual.

La parte conceptual puede visualizarse como integrada por un conjunto de estructuras modelo-teóricas y determinadas relaciones entre ellas, que pueden ser definidas mediante la introducción de un predicado conjuntista [27]. En este se nos indican las condiciones que debe de satisfacer una estructura conceptual para que sea considerada perteneciente a la teoría en cuestión (i.e. un modelo en el sentido lógico del término).

Los modelos se presentan en forma de n-adas ordenadas de conjuntos, elementos distinguidos (según el caso) y relaciones entre tales conjuntos y elementos. A continuación se enuncia una serie de axiomas con diferente nivel de teoriedad. Los primeros caracterizan conjuntísticamente a cada uno de los miembros de la n-ada (indican, por ejemplo, la cardinalidad de los conjuntos, la pertenencia a alguno de ellos, el dominio y codominio de las relaciones, etc.). Los segundos definen ciertas subestructuras y sus relaciones. Finalmente, todas las subestructuras así construidas se interrelacionan por medio de un axioma que se conoce como: "ley fundamental de la teoría".

Por otra parte, debemos diferenciar la forma en que funcionan los distintos conceptos de una teoría. Por un lado, existen aquellos que nos permiten fijar su ámbito de aplicación y cuya utilización no presupone la validez de la ley fundamental; se encargan de demarcar las estructuras de nuestra percepción categorizada sobre las cuales tiene sentido preguntarse si la teoría es aplicable o no. Por otro lado, se encuentran aquellos conceptos encargados de conceptualizar el mundo de la "realidad tras las apariencias", y cuya utilización presupone la validez de la teoría en cuestión.

Al hablar de dos niveles dentro de cada teoría (el no-teórico y el teórico) interconectados por medio de la ley fundamental, es posible visualizar a las teorías como un conjunto de conceptos que conforman circuitos. Partimos del nivel no-teórico y sobre este construimos uno teórico, posteriormente, conectamos ciertos procesos del segundo con otros del primero, cerrando así el

circuito. Por ejemplo, partiendo de un estructura conceptualizada en términos de la Cinemática Galileana, adscribimos masas a nuestras partículas y fuerzas actuando sobre ellas y, por medio de la ley fundamental ( $F=ma$ ), explicamos las aceleraciones en términos de las masas y fuerzas en cuestión.

En estos circuitos no es posible cambiar los conceptos o sus interconexiones sin alterar la naturaleza de la ley fundamental (aunque la forma lógica de esta sea mantenida, habría cambios en los dominios y codominios de las leyes implicadas, lo que nos hablaría de dos teorías distintas), aunque la interrelación considerada en la ley fundamental posee una mucho menor velocidad de cambio (dentro de una familia o programa de teorías) que el resto de los conceptos o interrelaciones.

Por otra parte, aunque no podamos definir que tanto puede cambiar un objeto para que dejemos de reconocerlo como semejante a otro o que partes deben compartir, es legítimo hablar de familias de teorías, donde, si bien cada teoría es distinta, poseen una cierta estructura semejante, pero no definible a priori.

Pensemos, por ejemplo en el nexo entre los conceptos de gene y gameto en la Genética Mendeliana y en la Teoría Cromosómica de la Herencia. En la primera se concibe a los gametos como n-adas de genes y en la segunda como n-adas de cromosomas, que a su vez son n-adas de genes. Es decir la relación entre genes y gametos ya no es "directa" sino que ahora está "mediada" por un nuevo concepto. Podemos ver a ambas teorías como instanciaciones de un mismo esquema conceptual generalizado.

Permítasenos ahora introducir el concepto de "ser parte conceptual del mismo tipo" relativo a pares de teorías": dos partes cualesquiera de un par de teorías son del mismo tipo si dentro del esquema generalizado que las incluye conectan los mismos conceptos. Las partes conceptuales de un mismo tipo constituirían nuestras unidades de variación conceptual.

La afirmación de Lakatos: "las más importantes series de teorías están conectadas por una cierta continuidad que liga sus elementos" puede explicarse si consideramos los cambios consecutivos de las teorías como cambios en partes del mismo tipo. Evidentemente una serie de cambios paulatinos puede desembocar en un proceso en el cual los extremos de la cadena sean objetos muy disímiles (esto es lo que los lakatosianos han llamado desplazamiento del núcleo de un programa).

### Estructura de la parte metodológica

Las teorías científicas no únicamente nos dicen cómo es el mundo (modelan mecanismos causales), sino que también nos dicen cómo podemos darnos cuenta de que el mundo es así. Es decir, no solamente describen la forma de acción de los mecanismos causales, sino que también nos indican cómo debemos de operar con los objetos del mundo para que la tendencia natural de los mecanismos se nos manifiesta. Esto lo llevan a cabo mediante un conjunto de: (a) técnicas de procedimiento empírico, (b) estrategias de análisis y (c) instrumentos y herramientas. La función de todos ellos es conectar los diferentes conceptos de la teoría con una cierta "base empírica" (a la Popper) expresable en un lenguaje natural (histórica y culturalmente variable). Para los conceptos de nivel no-teórico esta conexión es directa, para los del nivel teórico está mediada por la conexión con los del no-teórico. Así toda teoría tendrá asociados mínimamente dos conjuntos de métodos de

análisis y procedimiento: uno que "justifica" nuestra visión de la parte no-teórica y otro que montado sobre el anterior "justifica" el de la parte teórica. Me detengo a ejemplificar esto.

En ningún texto clásico de genética elemental (hasta donde yo conozco: vg. Mendel, de ríes, Morgan, Dobzhanky, Ayala, Goudenov, ele) se define qué es una característica, pero si obligásemos a cualquiera de los autores a hacerlo, nos dirían algo así como: "una característica es aquello que se conserva en una cepa pura". Se relaciona el concepto con una forma de operar con los objetos de la Naturaleza y la observación de estas operaciones. Esto, junto con una definición similar de descendencia (alguien señalando individuos a los que llama padres e identificando a sus hijos como producto de la unión gamética de los primeros -sea natural o controlada), nos permite "justificar" la parte no-teórica de la Genética Mendeliana como fue esquematizada anteriormente. Es decir, estos procedimientos nos permiten pasar de un lenguaje natural a uno no-teórico, pero si conceptualizado de diferente manera a como lo hace el lego, con la certeza de que tal conceptualización es posible. Nos legitiman visualizar a los organismos como n-adas de características y al problema de la herencia como un problema acerca de la transmisión de características con igual valor a lo largo de las generaciones.

A su vez, la parte teórica de la Genética Mendeliana (aquella que nos habla de genes, dominancia-recesividad, gametos genotipos y sus interrelaciones) está fincada en los siguientes métodos de análisis y operación de objetos (cuya inteligibilidad presupone el conocimiento de la parte no-teórica): (a) la fertilización controlada (recordemos que fue Mendel el primero en descubrir que bastaba un grano de polen para lograr la fecundación: no se piense que la fertilización controlada es simplemente sacudir una flor sobre otra, lo que si valdría para el método de las cepas puras) y (b) el análisis de las frecuencias relativas de características claramente diferenciables a lo largo de las generaciones (también fue Mendel el primero en conceptualizar el problema de la herencia de esta manera, posiblemente influenciado por la visión fisicalista de Doppler y Unger). Estas formas de manejo de nuestros objetos de estudio nos permiten "justificar" las afirmaciones que se hacen en términos de los conceptos teóricos.

El argumento sería, más o menos, como sigue: dado que en la cruce controlada de dos líneas puras la frecuencia relativa de las características analizadas a lo largo de las generaciones es de tal o cual manera, entonces (por principio de sencillez), debo suponer que (a) aquello que causa las características (los genes) es transmitido por medio de los gametos, (b) que estos son n-adas de características, (c) que la parte genética de un organismo (el genotipo) puede ser representada como un par de gametos, (d) que durante la gametogénesis la segregación de genes es independiente, (e) que en la fecundación cualquier secuencia de genes presente en un gameto puede unirse con cualquier otra y (f) que en presencia de otros alelos un gen se comporta como dominante, recesivo o codominante.

Son estos conjuntos de formas de análisis y procedimientos los que constituyen las unidades de variación de la parte metodológica. Su función radial en que permiten a la Genética Mendeliana apropiarse de determinadas aplicaciones: construir conceptualizaciones de los objetos de su dominio de aplicación, de tal manera que sean modelos de la parte conceptual. Por supuesto los chícharos (esos objetos que se compran en el mercado y sirven para hacer sopa) tienen mucho que ver con el "pisum de Mendel" (esa planta que el abad manipulaba y conceptualizaba de determinada manera). Pero en tanto que el primero es un objeto del mundo que existiría independientemente de nosotros, el segundo se ha convertido en un objeto de experimentación que

nos permite darnos cuenta de la tendencia natural de acción de los mecanismos causales operantes en el primero. Y el paso que va de los chícharos al "pisum de Mendel" como aplicación paradigmática de la Genética Mendeliana, está "fundamentado" en la existencia de las formas de análisis y procedimientos empíricos de las que hemos estado hablando.

Por otra parte, junto con algunos autores anteriores, considero a la probabilidad, la intuición y la conjetura libre como los principales mecanismos de variación. Pero, junto a Toulmin y Hull, debemos señalar que las variedades se tornan en posibilidades genuinas sólo cuando el contexto de discusión (que depende de las restricciones cambiantes de la comunidad científica pertinente), indica a qué problemas están dirigidas las nuevas sugerencias y en qué sentido se constituyen en mejoría.

## V SOBRE LOS ÍTEMS (C) Y (D)

Al igual que para (a) y (b) la literatura es pródiga en cuanto a sus presentaciones, pero casi todos los autores coinciden en visualizar a la selección conceptual como un asunto de comparación entre las respuestas dadas por las diferentes entidades a problemas de índole teórico-práctica que dependen del dominio de aplicación de la teoría en cuestión, pero que se encuentran jerarquizados en función de una distribución variable de intereses y recursos científicos (d).

La selección natural puede ser entendida como la función que relaciona, la tasa de reproducción diferencial de individuos genéticamente distintos, con su posición relativa dentro de una escala comparativa de adaptación. Por su parte, la selección intelectual puede ser entendida como una función que relaciona, la tasa de reproducción diferencial (en cerebros, textos o congresos) de las distintas combinaciones de partes conceptual y metodológica de una teoría, con su posición relativa dentro de una escala comparativa de solución de problemas jerarquizados.

Diagrama de la Estructura Conceptual de la Genética Clásica

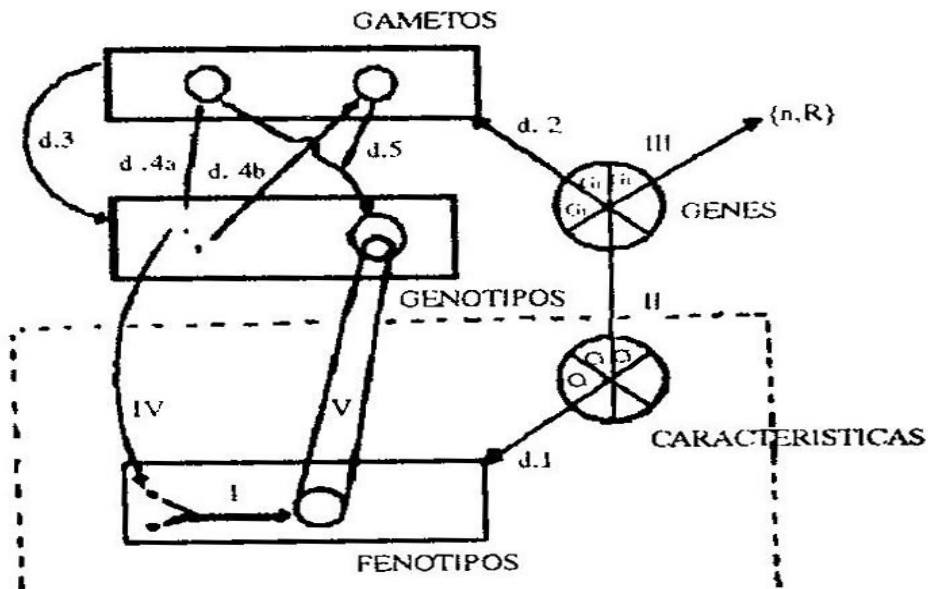


Figura 1

## VI LA ESTRUCTURA CONCEPTUAL DE LA GENÉTICA CLÁSICA

La estructura conceptual se presenta mediante un esquema obtenido vía su reconstrucción conjuntista, ésta no se presenta aquí.

Explicación del diagrama

Los rectángulos y círculos indican conjuntos (con mayúsculas): los puntos, elementos de los conjuntos en que están incluidos y las fechas, funciones (con romanos) o definiciones (con la "d" seguida de un dígito).

El recuadro punteado divide los conceptos teóricos de los no teóricos.

Parte no teórica.

(a) "C<sub>1</sub>", ... "C<sub>n</sub>" representan conjuntos de características de un mismo tipo de una especie (vg. el conjunto de los colores del iris, o el de las formas del lóbulo de la oreja, en los humanos). Cada "C<sub>j</sub>" es no vacío y la intersección de cualquier par de ellos es vacía. La unión de los distintos "C<sub>j</sub>" representa el conjunto de todas las características de una especie.

(b) "d.1" nos indica que los fenotipos (conjunto F) deben de considerarse como n-adas de características donde cada posición de la n-ada es ocupada por una característica de diferente tipo: se trata del producto cartesiano de los "C<sub>j</sub>".

(c) "I" simboliza la relación de descendencia y asocia padres con hijos; establecer el mecanismo de esta relación constituye el problema de la Genética Mendeliana.

Parte Teórica.

(d) "II" representa la relación entre el conjunto de las características ("C" y el de los genes ("G") (este último es la unión de los distintos "G<sub>1</sub>" "G<sub>n</sub>" -conceptos teóricos que representan los distintos tipos de genes). Formalmente "C" y "G" son conjuntos isomorfos.

(e) "III" representa las relaciones de dominancia y recesividad entre pares de genes de un mismo tipo. (1) "d.2" nos indica como construir el conjunto de gametos (GAM) a partir de "G" (se trata del producto cartesiano "G<sub>1</sub>"X...X"G<sub>n</sub>").

(g) "d.3" simboliza la manera de construir el conjunto de genotipos (GT) a partir de GAM.  $GT = GAM \times GAM$ .

(h) "d.4a" y "d.4b" representan la forma de obtener todos los gametos que puede producir un genotipo dado (las posibles combinaciones de los genes de sus gametos constitutivos). Esto se conoce como ley de la segregación independiente.

(i) "d.5" simboliza la manera de obtener el conjunto de los genotipos posibles que resultan de la cruce de dos dados (el producto cartesiano de sus gametos asociados). Esto se conoce como ley de la recombinación independiente,

(j) "IV" es una función que asocia genotipos con fenotipos. Se compara, vía "III" y posición por posición, cada par de genes de un mismo tipo que posee el genotipo en cuestión, se elige el dominante y se le asocia, vía el inverso de "II" su característica respectiva; este proceso se repite para todas las posiciones obteniendo así el fenotipo correspondiente,



(k) "V" es una función que asocia el conjunto de fenotipos descendientes de dos dados con un subconjunto del conjunto indicado en "d5". Intuitivamente expresa que los genotipos de los hijos reales deben buscarse dentro del conjunto de los descendientes genotípicos posibles."IV" y "V" constituyen lo que en lenguaje de la concepción estructural se denomina ley fundamental.

## VII QUÉ ENSEÑAR DE UNA TEORÍA

Nuestra recela pedagógica es muy sencilla: enseñe las relaciones conceptuales que muestran los diagramas de las reconstrucciones, por las rutas que los mismos sugieren (parte de los conceptos no teóricos), asociando los conceptos a sus métodos y mostrando qué problemas resuelven.

### NOTAS

[1] Depto de Filosofía UAM-T. México.

[2] C. Lumsden & F. O. Wilson 1981 Genes, Mind and Culture, Harvard University Press p.45.

[3] E. Mach, "My Scientific Theory of knowledge and its Reception by my Contemporaries" en Physical Reality, ed. por S. Toulmin (N.Y.,1970)..

[4] D.T. Campbell, 1959 "Blind Variation and Selective Retention in Creative Thought as in Other Knowledge Processes" Inquiry, 2, pp.152-182.

[5] .....1974a "Evolutionary Epistemology" en The Philosophy of Karl Popper ed. por P.A. Schilpp. La Salle, Ill. Open Court pp.413-463.

[6] .....1974b "Unjustified Variation and Selective Retention in Scientific Discovery" en Studies in the Philosophy of Biology. ed. por F.I. Ayala & T. Dobzhansky. MacMillan Londres pp.139-161.

[7] .....1977a "Discussion Comment on "The Natural Selection Model of Conceptual Evolution". Philosophy of Science, 44, pp.502-507.

[8] .....1977b "Descriptive Epistemology: Psychological, Sociological and Evolutionary". William James Lectures, Harvard University Press.

[9] K. Popper 1972 Objective Knowledge: An Evolutionary Approach. Oxford University Press, especialmente el capítulo "Evolution and the tree of Knowledge".

[10] S. Toulmin 1967 "The Evolutionary Development of Natural Science" American Scientist 55.

[11] .....1972 Human Understanding: The Collective Use and Evolution of Concepts. Princeton University Press.

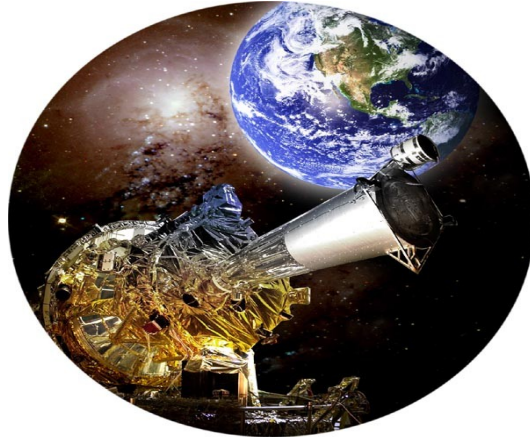
[12] D. Hull 1988a, "A Mechanism and Its Metaphysics: An Evolutionary Account of the Social and Conceptual Development of 'Science'" Biology & Philosophy 3, pp.123-155.

[13] .....1988b Science as a Process The University of Chicago Press.

- [14] M. Ruse 1986 1986 Taking Darwin Seriously: A Naturalistic Approach to Philosophy Blackwell, Oxford.
- [15] T. Dobzhansky, 1973 "Ethics and Values in Biological and Cultural Evolution" Zygon 8, pp.261-281.
- [16] E. O. Wilson. 1980, Sociobiology: The New Synthesis Harvard University Press.
- [17] L. L. Cavalli-Sforza 1971, "Similarities and Dissimilarities of Sociocultural and Biological Evolution" en *Cultural Change in the Archaeological and Historical Sciences* ed. por F.R. Linton, University Press, Edinburgo.
- [18] R. Dawkins, 1976. *The Selfish Gene*, Oxford University Press, cap.XI.
- [19] J. M. Cullen 1972 "Some principles of animal communication." en *Nonverbal Communication* ed. por R. A. Hinde Cambridge University Press pp. 101-122.
- [20] Conviene señalar que, si bien la ortodoxia darwiniana plantea un reduccionismo a nivel de individuos respecto a procesos ecológicos o macroevolutivos, existe actualmente una gran discusión en torno a la multiplicidad de las unidades de selección que incluye genes, organismos, demes, especies y ciados. Cfr. vg. .1. Maynard-Smith 1988 "Evolutionary Progress and Levels of Selection" en .1. H. Nitecki (ed) *Evolutionary Progress*, Yale University of Chicago Press y también D. Hull, 1980 *Animal Review Ecol. Syst.*, 11, p.11.
- [21] Conviene señalar que no todas las teorías evolucionistas han considerado el papel del contexto (medio ambiente) relevante para una explicación del mecanismo evolutivo. Tal es el caso de las teorías ortogénicas en las décadas en torno a 1970 Cfr. Bowler, P. *El eclipse del darwinismo*, lid. Labor & Mayr, E., *The Growth of Biological Thought*, Harvard University Press.
- [22] G. Holton 1973, *Thematic Origins of Modern Science: Kepler to Einstein*. Harvard University Press.
- [23] L. L. Cavalli-Sforza & M. W. Feldman, 1981. *Cultural Transmission and Evolution Quantitative Approach*, Princeton University Press.
- [24] W. Bechtel, 1984, *The Evolution of Our Understanding of the Cell: A Study in the Dynamics of Scientific Progress*, *Studies in History and Philosophy of Science* 15, pp. 309-356.
- [25] R. Ackerman 1970 *The Philosophy of Science* Pegasus New York.
- [26] R. Richards 1981 "Natural Selection and Other Models in Historiography of Science" en M. Brewer & B. Collins (ed) *Scientific Inquiry and The Social Sciences*, Jossey-Bass Publishers.
- [27] Una presentación no técnica de las tesis de la Concepción Estructural, en la que me he basado para la presentación de esta parte, puede leerse en Moulines, C., 1986 *Exploraciones metacientíficas*. Alianza Universidad.

## 2.4 CIENCIA Y TECNOLOGÍA: ¿BENEFICIO O PERJUICIO?

Mario Segnini. [\[1\]](#)



### RESUMEN

*En este ensayo se discute el concepto de humanismo y su relación con la Ciencia y la Tecnología. Mediante el análisis del concepto abstracto y de su concreción real, a través de los derechos humanos y los recursos provistos por la Ciencia y la Tecnología, se concluye que estas últimas disciplinas son tan , "humanas " como otras cualesquiera generadas por el hombre.*

### INTRODUCCIÓN

En el momento en que nuestros antepasados comenzaron a desarrollar su inteligencia y a utilizar instrumentos, comenzó también la larga trayectoria que finalmente desembocaría en lo que hoy conocemos como Ciencia y Tecnología. [\[2\]](#)

Sin duda, vivimos hoy en un mundo donde la Ciencia y la Tecnología, día a día, ganan mayor influencia sobre nuestra forma de vida. Su complejidad se dispara exponencialmente, a diario, impidiendo al ser humano común y corriente -y no por ello, menos humano- aspirar a entender los principios básicos de la técnica y la ciencia que utiliza. Y, sin embargo, irónicamente, tanto más complejas, tanto más útiles se tornan. [\[3\]](#)

El hombre de hoy está condicionado y utiliza la ciencia y la tecnología de manera consciente o inconsciente, en forma directa o indirecta, con o sin proponérselo. ¿Es eso beneficioso o pernicioso? O quizás más ampliamente deberíamos preguntarnos si la Ciencia y la Tecnología son beneficiosas o perniciosas. Intentaremos, en este ensayo, arrojar alguna luz sobre este importante cuestionamiento.

## **LA EVOLUCIÓN HUMANÍSTICA**

Desde que el hombre es hombre, ha venido utilizando su ingenio para sobrevivir, primeramente; para evitar el esfuerzo físico y el sufrimiento, en segundo término; y, para disfrutar y encontrarle significado a su vida, más recientemente. A través de los siglos se ha consolidado una actitud colectiva que hoy llamamos Neohumanismo, en el contexto del cual debemos entender el hombre actual.

Las primeras sociedades humanistas fueron aquellas que reconocieron la importancia del hombre y su vida. Los sacrificios humanos -inspirados en el aplacamiento de las furias de los dioses y otras creencias- comenzaron a perder adeptos; pronto, el pensamiento humano evolucionó y las sociedades otorgaron derechos a sus miembros. Los hombres obtuvimos derecho a la alimentación, al abrigo y a la salud. Posteriormente vinieron los derechos a la justicia y a la educación. Más tarde, adquirimos el derecho al disfrute de la belleza y de la vida en general.

Paralelamente a este desarrollo, el Hombre también logra agudizar su rapacidad de observación, su método inquisitivo (empírico y teórico) y su capacidad de razonar (inducción y conclusión). Llegamos así a dos fenómenos de la historia reciente del hombre, que se conjugan para presentar un inquietante paradigma a los ojos de los pensadores del inicio de Siglo XIX: la Revolución Industrial y el aumento de conocimientos.

Mediante la primera, se gesta la producción en masa que obliga al obrero a trabajar realizando unos pocos movimientos repetitivos, a ritmo (más o menos) forzado. La inteligencia del hombre y, quizás más específicamente, su innata divagación mental, rivalizan con la producción, y el hombre -según creían los pensadores de ese tiempo- comienza a convertirse en un apéndice de la máquina.

El aumento del conocimiento, por otra parte, hace imposible que una sola persona pueda -como ocurría en el pasado- reunir todo el conocimiento de la época. El Hombre se ve forzado a la especialización. El ingeniero, en su claro afán de buscar la eficiencia y la rentabilidad, pasa a ser el prototipo del "bárbaro especializado": individuo insensible a las necesidades espirituales del hombre y comprometido únicamente con la producción y el desarrollo económico. Las disciplinas "Humanízales", o sea, las llamadas "Humanidades", se proponen entonces como preceptos salvadores de la dignidad del hombre y en claro desafío al poder "deshumanizante" de la Ciencia y la Tecnología[4]. Así surge el "humanismo" en las Universidades, que se convierten en abanderadas de un movimiento que aspira a preservar los valores del ser humano y a inspirar en los profesionales -sobre todo en los "desalmados" de las ramas técnicas- una actitud de compromiso con esos valores.

## **HUMANISMO: SU CONCEPTUALIZACIÓN Y SU CONCRECIÓN**

Es así como surge el concepto de humanismo. Vale la pena describir este concepto más exhaustivamente, antes de abordar otros temas. Estrictamente hablando, no existe una única definición del término, pero en un primer intento, daremos por aceptable la siguiente: Humanismo es una actitud colectiva mediante la cual, los individuos que componen esa colectividad, asignan importancia primaria al hombre.

Esa definición o caracterización del concepto es un tanto abstracta y, como todo concepto

abstracto, requiere, para llegar a ser práctica, de alguna instrumentalización. En el caso del Humanismo, el concepto se pragmatiza por medio de dos instrumentos: en primer lugar, mediante los derechos humanos, que no son sino normativas que toda sociedad moderna acepta para garantizarle a sus miembros la vida y su disfrute; en segundo lugar, y más recientemente, mediante las obligaciones humanas, que aspiran a convertirse en normas que garanticen, no solamente la sobrevivencia de las especies, sino también la calidad de la vida.

Los derechos humanos son de dos tipos: los que podríamos llamar de sustento material (como son la alimentación, el abrigo y la salud) y los de sustento espiritual (como son la igualdad, la justicia, y la paz)[5]. Ninguno de los dos grupos es, para la sociedad moderna, más importante que el otro. Tan inalienable se considera el derecho a la alimentación, como el derecho a profesar la religión que queramos, el derecho a la salud, como el derecho a la educación. Ambos grupos están, pues, al mismo nivel y conforman una de las maneras de dar contenido práctico al concepto abstracto.

Por mucho tiempo, el humanismo, o más bien, las sociedades humanistas, se desarrollaron concediendo al hombre derechos y más derechos, sin tomar en cuenta la intensa interrelación del hombre con su ambiente. En efecto, la poca consideración que otrora recibiera el medio ambiente, fue consecuente con que el Hombre se otorgara, a sí mismo, el cuestionable derecho de dominar el planeta y de disponer a su antojo de todo cuanto existiera en él. El ambiente en general y los demás seres vivos, comenzaron a sufrir del expansionismo desmedido del hombre y todos sus "derechos". El deterioro no tardó en llegar y los riesgos para su propia vida comenzaron a hacerse notorios. Las sociedades humanistas comenzaron a forjar nuevos mecanismos para complementar el concepto del humanismo y a la par de los derechos humanos, comenzaron a surgir las obligaciones o las responsabilidades humanas.

Las obligaciones humanas aún no han llegado a adquirir el carácter estricto de los derechos; es decir, aún no se ha dado un documento de consenso internacional sobre los derechos de las otras especies (similar a la declaración de los derechos del hombre). Es cierto, sin embargo, que en el nuevo ser humano, día a día se entroniza con más ahínco lo que podríamos llamar la Ética Ecológica. Tarde o temprano, el Hombre contará con normativas de acato obligatorio y, probablemente, voluntario que garanticen la vida silvestre y la calidad de vida de las otras especies. Escritas o no, las obligaciones humanas son otra de las maneras de dar contenido práctico al concepto de humanismo.

## **LOS RECURSOS DEL HUMANISMO**

La capacidad innata de cada uno de nosotros para identificarse, solidarizarse y compartir las alegrías, las tristezas y las obras de otros hombres es, en efecto, una de las características del ser humano.

El hombre tiene recursos endógenos que le permiten acoger como propios los eventos que afectan a ajenos; pero -difícilmente- podría el individuo responder "humanamente" ante un evento, si no se diera el estímulo, es decir, si no se hacen palpables ante sí los eventos. Los seres humanos utilizamos la comunicación para estimularnos.

Los sistemas educativos, la lectura, la música, los medios de información (personal y colectiva) son algunos de los medios que la sociedad utiliza para establecer la comunicación entre sus miembros y lograr, consciente o inconscientemente, el estímulo necesario para la "sensibilización" del ser

humano. Todas las facilidades de que el hombre dispone para informarse y a través de ello, solidarizarse, organizarse y participar en la formación de la "conciencia colectiva", constituyen el gran conjunto de recursos exógenos que, en su gran mayoría, son provistos por la Ciencia y la Tecnología. Para sustentar esta afirmación bastarán un par de ejemplos: con haberse dedicado enteramente a la música, Beethoven no pudo sino escuchar 30 ó 40 conciertos en toda su vida. En los tiempos de este gran maestro, para poder escuchar un concierto, no había más remedio que conseguir los músicos, organizarlos en una orquesta y ponerlos a ejecutar. Hoy, un hombre culto, no necesariamente dedicado a la música, puede, fácilmente, aspirar a escuchar 30 ó 40 conciertos en el corto lapso de dos años; haciendo uso de los medios que la Ciencia y la Tecnología ponen a su disposición en las grabaciones y en las transmisiones.

Otro ejemplo: quienes hayan tenido la oportunidad de leer a Umberto Eco, saben que la vida útil de un escribano en la Edad Media no pasaba de los 40 años. La razón es sencilla: alrededor de esta edad, las deformaciones de los ojos impiden el buen enfoque y, sin corrección óptica, la lectura y la escritura se tornan imposibles. Igualmente, en esos tiempos, las horas dedicadas a sus trabajos, no pasaban de ser seis diarias. Los requisitos arquitectónicos para el aislamiento de las inclemencias, obligaban a construir edificios cerrados y de poca iluminación[6].

Hoy, nuestra capacidad de trabajo diario solamente está limitada por nuestras propias insuficiencias o limitaciones fisiológicas; nuestra vida útil sobrepasa los 65 años y nuestra eficiencia supera, con creces, la de nuestros antepasados más recientes.

Muchos otros ejemplos podrían darse para reforzar una verdad incuestionable: la Ciencia y la Tecnología al servicio del hombre le ahorran esfuerzo y desgaste físico, le conceden tiempo para la meditación y el abstracto, le permiten ser más creativo, le facilitan el disfrute de la obra de otros hombres, lo identifican con los problemas de los otros y, en fin, lo potencializan como hombre. Hoy en día, entendemos que Ciencia y Tecnología no son, por sí mismas, antítesis de Humanismo.

## **EL NEOHUMANISMO**

Hemos visto como la idea sobre una supuesta confrontación entre la Ciencia y la Tecnología, por un lado, y las "Humanidades Tradicionales", por otro, pierde sentido. Por el contrario, es ahora claro que ambas son parte de una estructura más amplia en las cuales todas participan cumpliendo objetivos complementarios. Es decir, tan humanizante es la Historia y la Filosofía como la Agricultura y la técnica medicinal. Tan humanista es el científico que busca la cura del SIDA o la vacuna contra el cólera, como el sociólogo que indaga las causas por las cuales ciertos sectores de la población son más susceptibles a la farmacodependencia.

Las Humanidades ya no se restringen a la Historia, la Filosofía, el Lenguaje y el Arte. El Nuevo Humanismo, es decir, la nueva conceptualización del hombre, no puede ignorar los avances tecnológicos, ni la interdependencia económica, ni los deberes, ni las responsabilidades que, como miembros solidarios de ese planeta, tenemos todos los hombres, con nuestra propia especie y con las ajenas.

En suma, el nuevo Humanismo concibe al hombre en su contexto global, es decir, total y absolutamente, ligado a su arquitectura, su interdependencia económica, sus telecomunicaciones, su arte, su ciencia, su pensamiento, sus credos religiosos, su SIDA, su farmacodependencia, sus derechos (materiales y espirituales), sus obligaciones, y, finalmente, sus recursos.

## CONCLUSIÓN

La pregunta que nos planteamos al principio ya puede ser contestada: La Ciencia y la Tecnología son tan beneficiosas o perniciosas como el hombre mismo. Estas disciplinas no han tenido origen exógeno y posteriormente se han impuesto sobre el hombre; por el contrario, han emergido de su interior y son tan humanas como cualquier otra que haya generado él. Desde el momento en que el hombre desarrolló su inteligencia, quedó condenado a desarrollar la Ciencia y la Tecnología.

Las Humanidades, pues, deben ahora incluirá las ciencias naturales y las tecnologías, al lado de la historia, la filosofía, el arte, los credos religiosos, las normas morales, etc. Es necesario hacer esta sentencia porque, como dijimos al principio, en el pasado, la Ciencia y la Tecnología se percibieron como antagonicos, a la esencia del hombre.

Es importante recalcar que el concepto de Flumanismo sigue siendo el mismo: el Hombre es primero. Pero ahora encontramos que su concreción, por medio de los Derechos Humanos, debe ser complementada con las obligaciones humanas y que, dentro de los recursos exogenos más importantes, deben considerarse los provistos por la Ciencia y la Tecnología. Entender el concepto de Humanismo requiere de una consideración global que tome en cuenta los instrumentos concretizadores y los Recursos. Sólo así, puede comprenderse el hombre moderno.

## NOTAS

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

[2] "Science, Technology and the Western Miracle". 5c/. Am. N. Rosen-berg, L.E. Birdzell, Jr., Vol 263, No.5, pp 18-25.

[3] Ver por ejemplo:

a."Materials for Medicine", 5c/. Am., R.A. Fuller, J.H-Rosen, Vol.255, pp 118-125, 1986.

b."Optical Activity and Ferroelectricity in Liquid Crystals", Science J.W. Goodby, Vol231, pp 350-355, 1986.

c."Materials for Information and Comunication". 5c/. Am., J.S. Mayo, Vol 255, pp 58-65, 1986.

d."Opportunities in Chemistry", G.C. Pimentel, J.A. Caonrod, NatlAcad. Press, Washington, 1987.

e."The language of Fractals", SciAm., Jürgens, H-O. Peitgen, D. Saupe, August, 1990.

f. The Essential Tensión. T.S. Kuhn, Univ. of Chicago Press, 1977.

[4] a. La rebelión de las masas, Ortega y Gasset, J. Esta misma concepción de antagonismo puede encontrarse en escritos tan recientes como: b."The advancement of Science, and its Burdens", Daedalus, G. Holton, Vol 115(3), 1986 o en libro del mismo nombre de la Cambridge Univ. Press, 1986.

[5] Otras clasificaciones pueden verse en "Are there any Human Rights?", Daedalus M. Cranston, Vol 117, 1988.

[6] El nombre de la rosa.

### 3. EDUCACIÓN Y CIENCIA



#### **3.1 ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTUDIANTES DE PRIMER AÑO DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS, MEDICINA Y FARMACIA EN LOS CURSOS GENERALES DE BIOLOGÍA**

Deyanira Barnett. [\[1\]](#)

##### RESUMEN

*Las respuestas de estudiantes de laño de varias facultades sirvieron para analizar la percepción que tienen de la naturaleza de la ciencia y de la teoría de la evolución. El análisis de sus respuestas revelan que la mayoría aceptan la evolución pero evidencian diferencias en cuanto a la percepción de la naturaleza de la ciencia.*

*Este estudio responde a la preocupación de si las clases de ciencias presentan la realidad "como en realidad es".*

##### INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una continuación del interés que siento por conocer la percepción que de la naturaleza de la ciencia tienen los estudiantes que estudian disciplinas científicas. Comencé hace unos dos años, como es natural, con mis propios estudiantes y otros en los cursos básicos para biólogos. Luego, esta curiosidad se extendió a toda la Facultad de Ciencias en un estudio que presenté, por invitación, ante la Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia, APANAC. Hoy les presento los resultados del estudio hecho con estudiantes de las Facultades de Ciencias, Farmacia y Medicina.

Panamá, al igual que la mayoría de los países del Tercer Mundo, mira a la ciencia como un estímulo necesario para el tan urgentemente necesitado y buscado desarrollo económico. Es natural que los profesores de ciencia participen en alto grado en esta visión.



Según Robinson (1969), se asume que la concepción de la ciencia que tiene un profesor, es un factor de gran influencia en su comportamiento al enseñar. La enseñanza de la ciencia como indagación, que se le ha dado un gran énfasis como un desiderátum deseable en la enseñanza de la ciencia, en primaria y en secundaria, pareciera requerir para su logro una concepción de la naturaleza de la ciencia consistente con la "ciencia como indagación". El estudio de esta relación hipotética entre la concepción que tienen los profesores de la naturaleza de la ciencia y sus prácticas de enseñanza, requiere de medios para evaluar la concepción de la ciencia que poseen los profesores (Cotham y Smith, 1983). Como existen numerosos instrumentos que podrían usarse para este propósito (Welch, 1969; Kimball, 1968; Hillis, 1975, etc.), he ahí nuestro próximo estudio.

## **BASES TEÓRICAS DEL ESTUDIO**

### Naturaleza de la Ciencia

En 1951, James B. Conant escribió que no es suficiente que uno esté informado acerca de la ciencia sino que también uno debería entender la ciencia. Según Cobern (1989), lo que debía entenderse era la naturaleza de la ciencia, es decir, sus supuestos, métodos, estructura y limitaciones. Últimamente han surgido nuevas posiciones en la filosofía de la ciencia acerca de la naturaleza de la ciencia y el papel que desempeñan las teorías en el desarrollo del conocimiento científico (Suppe, 1977; Lakatos, 1970; Kuhn, 1970).

Según Duschl (1989), existe gran interés por estudiar el efecto que tendría la aplicación de la historia y la filosofía de la ciencia en las prácticas educativas.

Para Johnson y Pceples (1987), se confronta un problema con la concepción errada que tiene el público y los estudiantes acerca de la naturaleza de la ciencia que se manifiesta en la concepción errada que evidencian los estudiantes, entre otras cosas, acerca de la naturaleza de las teorías científicas.

Para la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (1984). los científicos buscan comprender los fenómenos naturales por la observación directa y la experimentación. \MS interpretaciones científicas de los hechos son siempre provisionales y deben ser verificables.

Resumiendo sus planteamientos sobre la naturaleza de la ciencia, la Academia señala (1984) que en ciencias los hechos son determinados por la observación o medición de los fenómenos naturales o experimentales. Una hipótesis es una explicación propuesta de esos hechos. Una teoría es una hipótesis que ha ganado amplia aceptación porque ha sobrevivido la investigación rigurosa de sus predicciones.

La teoría de la evolución ha sido un tema educativo de controversia desde su conceplualización por la mitad del siglo pasado. Científicos y teólogos por igual, criticaron a Lamarck y a Darwin, llamando blasfemas y no científicas sus teorías. Aún después que la teoría evolutiva moderna fue formulada por Dobzhansky y otros en las décadas del 20 y del 30, en muchos textos de secundaria de los Estados Unidos la habían eliminado. No es sino hasta la década de los 60 que la Comisión del BSCS publica sus libros e incluye a la evolución como un tema central. Esta situación no se da en Panamá en donde el tema de la evolución se ha tratado siempre en su dimensión científica (Min. de Educación, 1953).

## EL PROBLEMA

El presente estudio tenía la intención de:

1. Determinar la percepción que tienen estudiantes de primer año de tres facultades de la naturaleza de la ciencia y de la teoría de la evolución usando las respuestas al instrumento (sin nombre) de Johnson-Peebles.
2. Establecer las relaciones entre ciertas variables demográficas y la percepción que tienen estos estudiantes de la naturaleza de la ciencia y de la teoría de la evolución.

## MÉTODO

### Población estudiantil

Los datos fueron recogidos de los estudiantes de I año de las Facultades de Ciencias Naturales y Exactas, Farmacia y Medicina que toman cursos básicos generales en biología (Cuadro 1).

Los cuestionarios fueron administrados y completados anónimamente durante el I Semestre escolar de 1990-91. La muestra la formaban 393 estudiantes, 185 hombres y 207 mujeres con edades comprendidas entre los 16 y los 29 años. La edad promedio era de 19.25 años. La muestra de estudiantes de la Facultad de Ciencias la formaban 123 de biología, 49 de química y 14 de física. La de Farmacia la formaban 97 estudiantes y de Medicina 110. (Cuadro 2).

La prueba se administró durante el período de laboratorio a los grupos, por considerarse que los grupos eran más pequeños y se interfería menos con la rutina de la clase.

### El Instrumento

Para recoger los datos con respecto a la comprensión de la ciencia y la aceptación de la evolución se usó el instrumento, sin nombre, desarrollado por Johnson y Peebles (1987). El cuestionario consta de 25 elementos tipo-Likert. 20 de ellos miden la comprensión de la naturaleza de la ciencia y sus métodos por parte del estudiante mientras que 5 elementos miden la aceptación de la evolución. Los 25 elementos se marcaron de la misma forma, se le dieron 5 puntos a las respuestas más correctas, mientras que las menos correctas recibieron una puntuación de 1 punto. Las puntuaciones iban de 125 puntos para la alta y 25 para la baja. Johnson y Peebles reportaron una confiabilidad interna de 0.78 y de 0.77 para las dos secciones del instrumento respectivamente. La validez la estableció por medio de la técnica de las diferencias de grupos conocidos. Los diseñadores del instrumento informaron que este discrimina una aceptación de la evolución como una función de la comprensión progresiva de la ciencia.

Los datos fueron analizados usando el coeficiente de correlación de Pearson-Product para determinar la relación entre comprensión de la ciencia con aceptación de la evolución. El método alternativo de Tukey para analizar varianzas se utilizó para medir comprensión de la ciencia en las diferentes facultades.

El instrumento y la clave para su corrección fueron discutidos con varios Profesores Titulares de Biología para asegurarse que la traducción presentaba correctamente los conceptos del idioma original, el inglés. Esto proporcionó validez de contenido a la prueba en español.

## RESULTADOS

Los datos muestran que en general los estudiantes de las tres facultades tienen una comprensión relativamente baja de la ciencia. La puntuación media obtenida de toda la muestra fue de 67.669. (Cuadro 1).

En el Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos por las diferentes escuelas.

El Cuadro 3 muestra la comprensión de la ciencia de los estudiantes por Facultades. Hay fluctuaciones con una inclinación a subir ligeramente. En general, los estudiantes de Medicina muestran una mayor comprensión de la ciencia de las 3 Facultades.

El Cuadro 4 muestra los resultados obtenidos en el análisis con ANOVA.

El Cuadro 5 muestra los resultados por variables demográficas.

No obstante, aún con el aumento, todas las Escuelas tuvieron una medida de comprensión baja.

Unas cuantas preguntas provocaron fuerte apoyo a las respuestas correctas. Las características de la ciencia bien comprendidas fueron (Cuadro 6):

9 Limitaciones de la observación científicas.

3 Las Sagradas Escrituras contra Ciencia.

6 Validación de los Milagros.

7 Verdad Absoluta.

17 Ley Científica.

18 Metodología Experimental.

Alrededor de un 25% de los estudiantes mostró indecisión o no tuvo respuestas para las preguntas relacionadas con la comprensión de la ciencia. Y si se considera lo bajo de las puntuaciones obtenidas, esto indica la baja comprensión de la ciencia de los estudiantes universitarios.

Entre las características de la ciencia que los universitarios parecen no tener una comprensión adecuada están (Cuadro 7):

2 Investigación el mundo natural.

8 Limitación en la neutralidad de la ciencia con relación al mejoramiento de la calidad de la vida.

11 La investigación científica.

15 Teoría científica.

20 Definición de teoría.

Los resultados obtenidos con relación a las características de la ciencia bien comprendidas y de las que no se tienen una comprensión adecuada son consistentes con los obtenidos por Johnson y Pceples (1987) en su estudio.

Aceptación de la evolución.

Los estudiantes universitarios tienen actitudes favorables hacia la evolución. La puntuación promedio para todos los estudiantes de las 3 Facultades fue de 17.160 (Cuadro 1).

Una puntuación de 15 indica neutralidad. Los elementos proevolución recibieron fuerte apoyo positivo (Cuadro 5), sin embargo, el mayor porcentaje de neutralidad lo recibió el elemento relacionado con la creación especial. La pregunta 25, considerada el elemento más antievolucionista obtuvo más del 50% de respuestas de desacuerdo. Este elemento estaba estructurado en forma tal que la evolución y la biblia estaban en oposición (Johnson y Peeples, 1987). El elemento 23 que era lo opuesto provocó respuestas positivas, pero también la mayor cantidad de respuestas neutrales, indicando consistencia en el pensamiento (Johnson y Peeples, 1987)

En la investigación de Johnson y Peeples (1987), la aceptación de la evolución estuvo relacionada significativamente a la comprensión de la ciencia. Esto no resultó ser cierto para los estudiantes universitarios examinados con coeficientes de correlación de -0.063 y -0.104 para el total de la muestra y para biología respectivamente.

## **DISCUSIÓN**

El análisis de los datos muestran que la percepción que tienen los estudiantes universitarios de la naturaleza de la ciencia es insuficiente o baja. De acuerdo con Tobin y Gallagher (1987), "el conocimiento que tienen los profesores al igual que sus creencias son fuerzas potentes a laboratorios y el planeamiento de la enseñanza.

Concurrimos con Martin (1972) cuando infiere que los profesores que están enterados de las nuevas opiniones o puntos de vista de la ciencia es más probable que conduzcan los laboratorios en donde los estudiantes someten teorías a la verificación y posible refutación y menos probable que usen los laboratorios para ilustrar principios físicos (Barnett, 1988, Sánchez, 1988).

Cuando se discute el método científico en los cursos generales de biología, la gran mayoría de los estudiantes responde en términos de los consabidos "pasos" del método científico. De acuerdo con un estudio hecho por Duschl y Wright (1989), esta reacción refleja un profesorado profundamente comprometido con un enfoque de la ciencia de método científico que es característico de la filosofía hipotético-deductiva del positivismo clásico. Consideran Duschl y Wright (1989) que este compromiso con el método científico, a la posición hipotético-deductiva y a la opinión de la ciencia del positivismo lógico, puede también explicar la poca atención que los profesores prestan a las teorías científicas y a la naturaleza de la estructura de la materia que enseñan, en su toma de decisiones en la selección, ejecución y desarrollo de las tareas de enseñanza.

Los estudios de Giere (1988), Shapere (1984) y Suppe (1977) señalan que nuevos puntos de vista sobre la materia que se enseña y el crecimiento del conocimiento dentro de una disciplina adoptan el papel crítico de las teorías, el escogimiento de las teorías y el desarrollo de la teoría (Duschl y Wright, 1989).

En su estudio sobre toma de decisiones por parte de los profesores, Duschl y Wright (1989) recomiendan que se informe a los profesores de ciencia que los conceptos de la epistemología genética operantes en el desarrollo de las destrezas cognitivas de los aprendices son consistentes con los procedimientos encontrados en el crecimiento del conocimiento científico. Agregan que las investigaciones en la historia y filosofía de la ciencia indican fuertemente que los procedimientos de crecimiento en las ciencias suceden a través de cambios simples y al por mayor en las teorías científicas.

Los creacionistas objetan la colocación de la evolución como una ley o un principio. Para Johnson y Peeples (1987), esto se debe a una falta de comprensión de la esencia misma de la ciencia, es decir, el desarrollo de modelos predictivos para explicar el mundo natural. La ciencia es una disciplina tentativa en contraste directo con lo absoluto de la religión.

Los estudiantes universitarios en general tienen una baja comprensión de la ciencia. Aún cuando la comprensión fue mayor en los estudiantes de Medicina, aún estos estudiantes tuvieron una relativamente baja comprensión de la ciencia. Un estudio anterior mostró que en los estudiantes de biología, la comprensión aumentó con los años de estudio, con excepción del III año (Barnett. 1989). Esto sugiere que los métodos que están usando los profesores no son tan efectivos para educar a los estudiantes en cuanto a los métodos y naturaleza de la ciencia como lo son para explicar la evolución.

## **RECOMENDACIONES**

Para concluir, deseo reiterar la recomendación que hice a la Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia. Por qué no planifican una serie de Seminarios sobre Historia y Filosofía de la Ciencia. Hay nuevos puntos de vista sobre la epistemología del conocimiento. Sería interesante conocer las posiciones filosóficas acerca de la naturaleza de la ciencia y el papel y estructura de las teorías científicas de Toulmin, Lakatos, Kuhn y Popper entre otros. En la Universidad de Delaware está Mary B. Williams especialista en teoría evolutiva y filosofía biológica. Por qué no aprovechar algún convenio de intercambio académico que se tiene con esa universidad y traerla para una serie de conferencias?

A la Facultad de Educación, Nuevos modelos para enseñar ciencias abogan por etapas de enseñanza secuenciada, como es El Ciclo de Aprendizaje - exploración, explicación, aplicación de Karplus (1977). La Secuencia del Cambio Conceptual - exponer marcos de referencia alternos, creación de conflicto conceptual, acomodación cognoscitiva de Nussbaum & Novick, 1977. El modelo de Aprendizaje Generativo enfoque, reto, aplicación de Osborne & Witrock, (1983) claramente involucran al aprendiz en un proceso desarrollista o de transformaciones. La ejecución de tales secuencias de enseñanza representan para la educación científica nuevas formas de ver al aprendiz y el aprendizaje y abrazan principios modernos de la ciencia cognoscitiva que deben ser incorporados por los profesores de ciencias a su repertorio de destrezas si desean ser efectivos.

Agradecimiento a la Asistente Técnica Arabel Coronas.

**CUADRO 1**  
**COMPRENSIÓN DE LA CIENCIA Y ACEPTACIÓN DE LA EVOLUCIÓN POR ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS**

	<b>Naturaleza</b>	<b>Evolución</b>	<b>Total</b>
Número de casos	393	393	393
Mínimo	48.000	5.000	65.000
Máximo	94.000	25.000	112.000
Media	67.669	17.160	84.822
D.E.	6.307	3.582	6.956

**CUADRO 2**  
**COMPRENSIÓN DE LA CIENCIA Y ACEPTACIÓN DE LA EVOLUCIÓN POR ESCUELAS UNIVERSITARIAS**

	<b>n</b>	<b>(20-100) Naturaleza</b>	<b>(5-25) Evolución</b>
BIOLOGÍA	123	67.333	17.073
QUÍMICA	49	66.939	16.510
FÍSICA	14	69.071	17.000
FARMACIA I AÑO	97	66.278	17.495
MEDICINA I AÑO	110	69.418	17.273

**CUADRO 3**  
**PUNTUACIÓN MEDIA DE LA COMPRENSIÓN DE LA CIENCIA Y ACEPTACIÓN DE LA EVOLUCIÓN POR ESTUDIANTES EVOLUCIÓN (5-25) DE PRIMER AÑO DE DIFERENTES FACULTADES**

<b>FACULTAD</b>	<b>n</b>	<b>Naturaleza (20-100)</b>	<b>D.E.</b>	<b>Evolución (5-25)</b>	<b>D.E.</b>
CIENCIAS	186	67.781	7.630	16.861	3.635
FARMACIA	97	66.278	5.584	17.495	3.179
MEDICINA	110	69.418	5.607	17.273	6.073

CUADRO 4

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS PUNTUACIONES OBTENIDAS POR ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE I AÑO

FUENTE	S.C.	g.l.	M.C.	F	P
<b>NATURALEZA</b>					
ENTRE GRUPOS	591.671	4	147.918		
DENTRO GRUPOS	15001.326	388	38.663	3.826	0.005*
<b>EVOLUCIÓN</b>					
ENTRE GRUPOS	34.249	4	8.562		
DENTRO GRUPOS	4996.652	388	12.878	0.665	0.617
<b>TOTAL</b>					
ENTRE GRUPOS	634.795	4	158.699		
DENTRO GRUPOS	18332.737	388	47.249	3.359	0.010**

- Absolutamente significativo a  $\alpha < 1\%$ .      \*\* Absolutamente significativo a  $\alpha < 1\%$ .

CUADRO 5

RESUMEN DE RESULTADOS PARA VARIABLES DEMOGRÁFICAS

VARIABLE	n	NATURALEZA	EVOLUCIÓN
<b>GÉNERO</b>			
HOMBRES	185	68.097	17.308
MUJERES	207	67.304	17.048
<b>LUGAR</b>			
CAPITAL	269	67.810	17.219
INTERIOR	119	67.395	17.025
EXTRANJEROS	5	66.600	17.200

<b>TIPO DE ESCUELA</b>			
OFICIAL	302	67.361	16.841
PRIVADA	91	68.692	18.220

**CUADRO 6**  
**CARACTERÍSTICAS DE LA CIENCIA BIEN COMPRENDIDAS**

<b>SAGRADAS ESCRITURAS CONTRA CIENCIA</b>
3. Cualquier resultado científico que contradiga las Escrituras Bíblicas debe ser desainado.
<b>LIMITACIONES DE LAS OBSERVACIONES CIENTÍFICAS</b>
9. El Científico está limitado a observar sólo aquello que puede ver a simple vista.
<b>VALIDACIÓN DE LOS MILAGROS</b>
6. La Ciencia está bien preparada para investigar la validez de los milagros
<b>VERDAD ABSOLUTA</b>
7. Un hecho en Ciencia es una verdad que nunca puede cambiar.
<b>LEY CIENTÍFICA</b>
17. Una ley científica se ha demostrado que es cierta mediante observaciones y experimentaciones repetidas.
<b>METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</b>
18. Si un experimento da resultado que contradicen a la hipótesis, entonces el experimento se debe cambiar.



CUADRO 7  
 CARACTERÍSTICAS DE LA CIENCIA POCO COMPRENDIDAS

<b>LIMITACIONES EN LA NEUTRALIDAD DE LA CIENCIA CON RELACIÓN A MEJORAR LA CALIDAD DE LA VIDA</b>
8. La ciencia es responsable de mejorar la calidad de vida del hombre.
<b>INVESTIGACIÓN DEL MUNDO NATURAL</b>
2. Los científicos deben limitar sus investigaciones al mundo natural.
<b>DEFINICIÓN DE TEORÍA</b>
15. Una teoría ha sido comprobada por muchos hechos científicos. 20. Una hipótesis que ha sido validada por un experimento se eleva al nivel de teoría.

CUADRO 6a  
 PORCENTAJES POR FACULTADES DE CARACTERÍSTICAS DE LA CIENCIA BIEN COMPRENDIDAS

#	CIENCIAS n=180	FARMACIA n=97	MEDICINA n=110
3	66.67	61.85	72.73
9	93.33	87.63	90.00
6	70.56	72.17	76.36
7	62.78	57.72	77.27
17	49.99	84.53	90.90
18	73.89	45.36	79.09

CUADRO 7a

PORCENTAJES POR FACULTADES DE CARACTERÍSTICAS DE LA CIENCIA POCO  
COMPRENDIDAS

#	CIENCIAS n=180	FARMACIA n=97	MEDICINA n=110
8	14.44	14.43	18.18
2	27.78	26.79	27.27
15	9.45	13.39	14.54
20	21.11	9.27	25.46

NOTAS

[1] CIMECNE. Universidad de Panamá. Panamá.

REFERENCIAS

1. Barnett H., D. (1988). *An Ethnographic study of a Secondary School. Biology Classroom*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake Ozark, Mo.
2. Barnett, D. (1989). "Comprensión de la Ciencia y de la Teoría de la Evolución por Estudiantes Universitarios Panameños". 6 Congreso Nacional Científico, Panamá.
3. Cobern, Wm. (1987). "A Comparative Analysis of Noss profiles on Nigerian and American Pre-Service Secondary Science Teachers". Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching Annual Convention, Washington.
4. Conant, J. B. (1951). *Science and Common Sense*. New Haven: Yale University Press.
5. Duschl, R. A. y Wrigli, E. (1989). "A Case Study of High School Teacher's Decision Making Models for Planning and Teaching Science". *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (6), 467-501.
6. Duschl, R. A. (to be published). *Scientific Theories, Theory Development and Science Education*. New York Teachers College Press.
7. Giere, R. (1988). *Explaining Science: A Cognitive Approach*. Chicago: The University of Chicago Press.
8. Johnson, R. L., and Peoples, E. E. (1987). "The role of scientific understanding in college: student acceptance of evolution". *American Biology Teacher*, 49 (2): 93-98.
9. Karplus, R. (1977). *Science Teaching and the Development of Reasoning*. Berkeley, Ca.

University of California, Berkeley.

**10.** Kimball, M. E. (1967). "Understanding the Nature of Science: A Comparison of scientists and science teachers", *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 110-120.

**11.** Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press,

**12.** Lakatos, I. (1970). "Falsification and the methodology of scientific research programs". In I. Lakatos and A. Musgrave, Eds. *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge, Cambridge University Press.

**13.** Martin, M. (1972). *Concepts of Science Education: A Philosophical View*. College Park, MD.: University Press.

**14.** Ministerio de Educacion (1954). Programa de Ciencias para Educacion Media. Panamá.

**15.** National Academy of Science. (1984). *Science and Creationism. A view from the National Academy of Sciences*.

**16.** Nussbaum, J. & Novick, S. (1982). "Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy". *Instructional Service*, 11, 183-200.

**17.** Osborne, R. & Wittrock, M. (1983). "Learning science: A generative process". *Science Education*, 61, 489-508.

**18.** Robinson, J. (1969). "Philosophy of Science: Implications for Teacher education". *Journal of Research in Science Teaching*, 6.

**19.** Sanchez, G. (1988). *An ethnographic study of physics teaching in a Panamanian high school*. NARST Annual Meeting

**20.** Shapere, D. (1984). *Reason and the Search for Knowledge: Investigation in the Philosophy of Science*. Dordrecht, Holland: Reidal Publishing Co.

**21.** Suppe, F. and Ed. (1977). *The Structure of Scientific Theories*, 2nd ed. Urbana, III: University of Illinois Press.

**22.** Tobin, K. and Gallagher, J. (1987). "What happens in high school science classrooms?" *Journal of Curriculum Studies*, 19 (6), 549-560.

## 3.2 HACIA UNA NUEVA METODOLOGÍA EN LA ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA

Jenny Oviedo. [\[1\]](#)

Zayra Méndez. [\[2\]](#)



### RESUMEN

*En este artículo se amplían y comentan ciertas ideas de como orientar la enseñanza de las matemáticas fundamentada en la solución de problemas que reúnan ciertas características. Estas ideas se basan en las teorías constructivistas del aprendizaje y están dando origen a una nueva metodología de la enseñanza de las matemáticas.*

### INTRODUCCIÓN

Todo sistema pedagógico se apoya o fundamenta, consciente o inconscientemente, en ciertos principios filosóficos y en una determinada teoría epistemológica, es decir, en una teoría que explica cómo se adquiere el conocimiento. Sin embargo, este hecho no es muy conocido por los profesores de secundaria de nuestro país, tal como se deduce del diagnóstico del IIMEC (1986).

En este diagnóstico, como resultado del análisis de una encuesta realizada entre los profesores que imparten matemática, español y ciencias, se concluye:

"Con respecto a los fundamentos filosóficos, psicológicos y pedagógicos que orientan la enseñanza de estas asignaturas, se manifiesta gran dispersión de criterios que sugieren falta de homogeneidad y concepciones ambiguas o contradictorias. Además, porcentajes considerables que se abstienen de responder, o bien que expresan que no hay fundamentos o que los desconocen, reflejan la inexistencia de concepciones claras. Esta circunstancia parece indicar la carencia de una fundamentación teórico-práctica claramente definida que oriente a los que forman educadores, a quienes toman decisiones curriculares y a los docentes en su quehacer educativo". Esta carencia de

bases pedagógicas fuertes entre los educadores del país, puesta de manifiesto en el diagnóstico del IIMEC, es uno de los factores, que creemos, incide en la crítica situación de la enseñanza de la matemática, comentada en el artículo de las autoras sobre el "Mejoramiento de la Enseñanza de la Matemática" (en prensa). Por ello, consideramos que una de las acciones necesarias a realizar para este mejoramiento es una labor de divulgación entre los profesores de matemáticas de nuestro país, de las nuevas ideas y metodologías que faciliten la enseñanza y el aprendizaje de esta asignatura.

Estamos de acuerdo con Ordoñez (1983) en que parte del quehacer educativo debe consistir, en "adaptar creaciones de otros pueblos, perfeccionar dichas creaciones de acuerdo con nuestras necesidades particulares y dar a conocer esas creaciones...", Pero, debe quedar claro que, la tarea de los educadores no se debe reducir a una simple imitación, repetición y adaptación, sino que: "La tarea central de la educación como disciplina pedagógica consiste en producir y reproducir educación más que en repetir la educación de otros pueblos, en ser más creadores que repetidores."

En esta parte del quehacer educativo, es importante además, tomar en cuenta lo que afirma Moreno (1983): "Innovar en educación no puede consistir, en modo alguno, en resucitar lo que hace cincuenta años era nuevo y que por circunstancias históricas no pudo evolucionar, sino incorporar a los trabajos de hoy lo que nos aporta la ciencia de nuestros días."

Reflexiones semejantes a las expresadas en los párrafos anteriores, han conducido a las autoras, a abogar porque otra de las acciones a realizar por los interesados en el mejoramiento de la enseñanza de la matemática, sea el de propiciar y efectuar investigaciones psicogenéticas, que le permitan al educador conocer cómo los alumnos comprenden y asimilan los diferentes contenidos matemáticos.

Investigaciones realizadas bajo un marco teórico constructivista, algunas en forma conjunta con investigadores colombianos y españoles (en particular, el proyecto "Patrones de Solución en Problemas Multiplicativos Simples en Niños de 7 a 12 Años"), nos han permitido deducir algunas implicaciones pedagógicas en la enseñanza de las matemáticas (Ver Oviedo y Méndez, 1991), que mencionaremos aquí más adelante. El objetivo principal de este trabajo, es dar a conocer ciertas ideas que se están implementando en el ámbito de la enseñanza de la matemática, resultado de muchos años de trabajo de investigadores de diferentes latitudes geográficas que creemos serán útiles para mejorar la enseñanza de la matemática, asignatura fundamental en el desarrollo científico y tecnológico de nuestros países.

## **PEDAGOGÍA TRADICIONAL**

Aunque no existe una fundamentación teórico-práctica claramente definida que oriente a los docentes, sabemos que, la metodología más generalizada en nuestro medio ambiente para enseñar matemática es la expositiva:

"Alguien que sabe, el maestro, transmite elementos del conocimiento a sus alumnos. El maestro organiza la lección, en general sobre un modelo de "lección tipo" que otros han preparado para él. El alumno debe escuchar atentamente. Su actividad se reduce a una especie de absorción. Es considerado incapaz de buscar por sí mismo el saber, de organizar, de estructurar él mismo los conocimientos que adquirirá. Toda búsqueda de parte del alumno que suponga una actividad de ensayo y error, se considera como una pérdida de tiempo. Los conocimientos bien formulados son transmitidos por el maestro: no hay más que hacer sino tomarlos tal cual. La mente vacía de los

alumnos sera así llenada, poco a poco por este aporte externo" (Méndez y Pereira, 1985).

Se pretende, con este tipo de metodología, que por medio de un aprendizaje verbal, de escritura en el pizarrón y de una manera receptiva, con muy poca actividad de parte del alumno él adquiriera el dominio de la matemática. Entonces, este esquema de enseñanza de la matemática es primordialmente trasmisivo. ¿Qué se trasmite?: la teoría y luego se agrega un ejemplo que pretende establecer una relación con la realidad.

Este modelo pedagógico, está apoyado en enfoques psicológicos deterministas del individuo, ya sea, por razones hereditarias (innatisias) o por el medio ambiente en que este se desarrolla (ambientalistas). De acuerdo con esto, el aprendizaje del niño está condicionado por un coeficiente intelectual invariable o depende estrictamente de los métodos y estímulos a que el alumno sea expuesto.

Ninguno de estos puntos de vista, considera las elaboraciones mentales de los educandos. Son estos enfoques los que han privado en la enseñanza costarricense.

Así, en un análisis del programa de matemática del Primer Ciclo de la educación primaria en Costa Rica, vigente en 1983, en el que participamos las autoras, se hace notar que algunos de los contenidos del programa están propuestos en niveles de edad en que el alumno aún no posee la madurez mental para asimilarlos. También, se advierte un paso muy brusco de la representación concreta de los contenidos a un plano representativo, lo que no corresponde con las características cognoscitivas de la etapa de operaciones concretas en que se encuentran los estudiantes de ese ciclo.

Además, en este programa se nota un énfasis mucho mayor en el aprendizaje de símbolos, representaciones gráficas, en la memorización de reglas y definiciones, que en el estímulo a las acciones mentales que llevan al alumno a la abstracción reflexiva, que es la base de la construcción lógico-matemática según Piaget.

De todos es conocido, que este tipo de enseñanza es causa de grandes conflictos y fracasos en la enseñanza de la matemática, ya que la mayoría de los alumnos no pueden seguir el razonamiento adulto y el profesor a su vez, se siente impotente para motivar a sus educandos a aprender matemáticas.ç

En contraposición a la metodología tradicional, que se basa en la transmisión de los contenidos establecidos en los programas, se encuentra la posición metodologicista, en la cual se insiste en la importancia del método, sobrevalorando la actividad del alumno como proceso de experiencia. Estas dos posiciones han dado lugar al llamado "conflicto pedagógico".

Actualmente, el movimiento educativo se inclina más por una concepción interdependiente entre contenidos y métodos, tomando en cuenta tanto a los objetivos propuestos, como al educando que va a adquirir los conocimientos. Esto es, en las nuevas metodologías, tal como lo expresa muy bien Gutiérrez (1988), "las estrategias metodológicas están muy relacionadas con lo que se desea enseñar, pero el cómo se enseña es tan importante como el contenido mismo."

Las nuevas pedagogías científicas, basadas en la existencia de una evolución cognoscitiva de los escolares, asignan un rol muy activo al alumno para lograr una verdadera construcción del conocimiento.

## **PEDAGOGÍAS CONSTRUCTIVAS**

Entre los avances más significativos en el campo de las ciencias sociales están los descubrimientos relativos a la manera cómo se desarrolla la inteligencia en el niño y en el adolescente, originados en los trabajos de Jean Piaget, Barbel Inhelder y sus colaboradores y que en la actualidad se están aplicando al campo de la educación con magníficos resultados.

De acuerdo al modelo sobre el funcionamiento cognoscitivo de Piaget, el sujeto es el constructor de sus conocimientos, de su saber. En esta construcción se produce una constante interacción entre el sujeto y el medio que lo rodea, de lo cual se deriva la importancia de la influencia positiva o negativa de la familia y de la escuela en el desarrollo mental del niño.

Al respecto, Sastre (1976), una de las creadoras de la Pedagogía Operatoria, que se basa en el constructivismo piagetiano nos dice:

"La construcción de la inteligencia es pues un proceso, a través del cual el individuo interpreta la realidad que le rodea, realidad que desempeña una doble función en cuanto que constituye el factor estimulante de la acción del sujeto y a la vez regula las asimilaciones deformantes que éste le impone, obligándole a modificarse y a elaborar nuevas interpretaciones que se adecúen más a las leyes que rigen dicha realidad."

Por otra parte, afirman Sellares y Basedas (1983), que como todo conocimiento supone un proceso de construcción mental, producto de la interacción de las ideas elaboradas espontáneamente por el niño sobre una noción y lo que se le ha enseñado acerca de ella, al enseñar se debe tomar en cuenta este proceso y analizar no sólo el grado de dificultad de los contenidos que se deseen transmitir, sino también las posibilidades intelectuales de los alumnos para adquirir esos contenidos.

Por eso, bajo este marco teórico, en la Pedagogía Operatoria el papel del maestro es el de "respetar los intereses del grupo, proponer las situaciones más adecuadas para que mediante la búsqueda de soluciones, la discusión y la contrastación de las mismas, cometiendo errores y superándolos, inventando y creando, se pueda dar esta construcción." (Gómez Granell, 1983)

Experiencias positivas realizadas empleando este tipo de aprendizaje operatorio en la enseñanza de la matemática de primer año escolar, fueron realizadas por una de las autoras. (Méndez y Pereira, 1985)

## **LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN LA ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA**

Según el enfoque constructivista de la enseñanza y tomando en cuenta nuestra propia experiencia como educadoras e investigadoras en educación, consideramos que la enseñanza de la matemática, sobre todo en el nivel elemental, debe partir de experiencias concretas, particularmente, de las situaciones problemáticas que se le presentan a los niños en su vida diaria.

A partir de sus vivencias, el niño, guiado por sus maestros, puede construir muchos conceptos abstractos que manejan las matemáticas y una vez logrado este objetivo, aplicarlos para resolver problemas referidos a otros contextos, progresivamente más alejados de la experiencia cotidiana del niño.

Muchas experiencias realizadas bajo un marco teórico constructivista, han dado como resultado el poder afirmar que la enseñanza de la matemática fundamentada en solución de problemas, no solo favorece el desarrollo del razonamiento del niño, sino que, a la vez, proporciona una buena motivación para el aprendizaje de los conceptos básicos de esta asignatura.

Se puede comprobar que resolviendo problemas el niño llega a comprender lo útil que le pueden ser las operaciones matemáticas básicas en su vida diaria. Las operaciones dejan de ser para los alumnos conceptos abstractos sin ninguna aplicación y adquieren un significado concreto y útil.

Así por ejemplo, los estudiantes de primaria al resolver problemas, se dan cuenta que la operación de sumar puede representar acciones tan variadas como ganar, aumentar, entrar, agregar, juntar, unir, etc., y que la resta puede representar acciones como perder, disminuir, salir, separar, etc., que es al fin y al cabo, la manera en que el niño aplica estos conceptos matemáticos en su vida cotidiana, aún antes de entrar a la escuela primaria.

Vergnaud (1981), investigador francés de la didáctica de la matemática, dice que el proceso que se realiza al resolver un problema y que consiste en analizar una situación, representarla, operar sobre esta representación para encontrar la solución, aplicar la solución encontrada, volver a empezar si es el caso, es el proceso que se sigue fundamentalmente en la vida y no sólo en la escuela.

Si por otra parte, aceptamos que el objetivo final de la enseñanza de la matemática es el capacitar al estudiante para que pueda resolver problemas, tal como fue defendido por las autoras en el artículo sobre el mejoramiento de enseñanza de la matemática, ya mencionado, debemos preguntarnos:

¿Cuál es la manera más conveniente de fundamentar la enseñanza de la matemática principalmente en la solución de problemas?

¿Cómo podemos desarrollar las habilidades, capacidades y las actitudes en los alumnos para resolver problemas? Una respuesta obvia a la segunda pregunta será, por supuesto, como lo afirma Avila (1989), que esto se logrará resolviendo problemas. Pero, por supuesto que deben ser problemas que reúnan ciertas características, como las que comentaremos más adelante.

Sin embargo, una respuesta más amplia a estas preguntas es un poco más difícil, ya que son muchos los factores que deben ser tomados en cuenta para que la práctica de solución de problemas sirva para lograr los objetivos metodológicos propuestos.

Las respuestas a estas preguntas, que comentaremos en este trabajo, se fundamentan en muchas investigaciones inspiradas en la epistemología genética de Jean Piaget y la Escuela de Ginebra, como las realizadas por las creadoras de la Pedagogía Operatoria, Sastre y Moreno (1980), Gómez Granel (1983), como las de Kamii (1982), Vergnaud (1981), las de Wheatley (1990), Avila (1989), Lemoyne y Conne (1989), Hlock, Martínez y Avila (1989), Oviedo y Méndez (1990) y las de muchos otros autores.

Según los seguidores de metodologías basadas en el constructivismo, como Gómez Granel (1983), "el niño debe construir sobre datos reales los contenidos matemáticos y esto exigirá por nuestra parte conocer detalladamente cuáles son los procedimientos espontáneos que el niño desarrolla cuando debe resolver por sí mismo las situaciones problemáticas que la adquisición de dichos contenidos plantea."



En otras palabras, de acuerdo a la idea expresada por Gómez Granell, si se quiere implementar en forma adecuada una metodología basada en la solución de problemas, es necesario conocer cómo los niños resuelven los diferentes tipos de problemas. De esta forma se pueden valorar tanto las características como el grado de dificultad de los contenidos que se desea el niño elabore.

Desde una perspectiva constructivista, realizamos un estudio sobre procedimientos de solución en problemas multiplicativos, en conjunto con investigadores colombianos y la doctora española Gómez Granell, trabajo que nos ha permitido obtener conclusiones que deben ser tomadas en cuenta por el educador en las lecciones sobre solución de problemas.(Oviedo y Méndez, 1991):

1- Se observa una jerarquía genética en los procedimientos de solución. Es decir, se observa una génesis, desarrollo o construcción de los diferentes procedimientos de solución. Por ejemplo, al resolver un problema como el siguiente: Un confite vale 3 pesos, ¿cuánto valen 7 confites?, se observa que los niños más pequeños de la muestra, emplean procedimientos "más elementales": el niño sólo obtiene y conserva un dato (el precio de un confite) y luego emplea enumeración para obtener la solución del problema (el precio de varios confites). Los niños mayorcitos, emplean procedimientos "más complejos", como por ejemplo: el niño sí puede obtener y conservar los dos datos del problema (el precio y el número de confites) y luego emplea operaciones aditivas o multiplicativas para obtener el resultado del problema.

2- Una variación en el contexto puede hacer variar el procedimiento empleado por los niños para resolver el problema.

En otras palabras, ante un mismo tipo de problema, una variación en el contexto, que puede consistir en una variación del contenido del problema o en mantener el mismo contenido y usar diferentes valores numéricos, puede provocar en los niños procedimientos de solución diferentes.

Por ejemplo, en la investigación se observa que algunos niños, al emplear valores numéricos más grandes, vuelve a usar procedimientos de solución más elementales que ya habían superado en la solución de problemas con valores numéricos más pequeños. Consideramos que la primera conclusión tiene las siguientes implicaciones pedagógicas:

El maestro o profesor debe conocer esta génesis, para no exigir, al resolver un determinado problema, el mismo tipo de solución a todos los niños. Es decir, no se debe esperar que niños de diferentes edades o niveles escolares, resuelvan de la misma manera un determinado problema.

Además, conociendo esta génesis o construcción del procedimiento, el maestro debe anticipar que un mismo niño va a pasar desde las etapas "más elementales", a las etapas "más complejas" de solución y por lo tanto, no debe presionarlo para que desde un principio vaya a emplear procedimientos muy elaborados.

Así mismo, el educador debe anticipar que en un mismo grupo puede haber alumnos con diferentes estructuras o niveles mentales, lo que va a condicionar otras tantas formas de solución ante un mismo problema. Sin embargo, como se comprueba en la experiencia, al resolver un problema, existe una manera más usual de proceder a una determinada edad, aspecto que debe ser tomado muy en cuenta por el maestro para ayudar a los alumnos que presenten un ritmo más lento de aprendizaje.

Las implicaciones pedagógicas que se pueden derivar de la segunda conclusión son las siguientes:

El maestro o profesor debe estar consciente del hecho de que al variar el contexto a un determinado tipo de problema, el alumno puede presentar un aparente retroceso en su búsqueda de solución. Esto no significa que el alumno haya olvidado el procedimiento que empleó en un contexto más simple, sino que se ve obligado a reconstruirlos al enfrentarse a contextos más complejos.

El maestro o profesor no debe indicar el procedimiento que el alumno debe usar para resolver los problemas propuestos, ya que dependiendo de su nivel de razonamiento y del contexto de los problemas, el niño empleará uno u otro método para resolverlos. La labor del educador debe consistir en favorecer la expresión espontánea del procedimiento natural del alumno.

Como síntesis final de nuestro estudio, se puede decir que la existencia de variados procedimientos para resolver un mismo problema, alerta al educador sobre el daño que puede producir en los alumnos un tipo de lección que consista en una repetición mecánica de procedimientos para resolver problemas. No todos los niños siguen la misma receta de pasos preestablecidos por el maestro o profesor para buscar una solución a un determinado problema y por lo tanto querer encasillarlos en algo estereotipado es contrario a su evolución espontánea y creativa.

## **IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA**

Una metodología constructivista de la enseñanza de la matemática basada fundamentalmente en la solución de problemas, debe tomar en cuenta dos aspectos importantes:

El primero, es el relativo a la naturaleza de los problemas, esto es, qué tipo de problemas proponer a los alumnos de los diferentes niveles escolares y el segundo, es el relativo a la manera en que se debe conducir una clase o lección de solución de problemas.

Con respecto al primer aspecto, esto es, la naturaleza de los problemas, se puede decir, que estos deben reunir ciertas características:

- 1- los problemas propuestos a los niños deben implicarles un cierto reto, un cierto conflicto, en otras palabras, deben constituir una verdadera situación problemática;
- 2- deben conllevar una cierta finalidad, esto es, que su solución signifique una manera de conocer mejor su medio ambiente, o de explicar las cosas que suceden a su alrededor;
- 3- los problemas propuestos, a los alumnos de primaria, tomando en cuenta las características concretas de su pensamiento, deben referirse a situaciones concretas de la vida cotidiana. En el caso de la escuela secundaria, los problemas deben referirse a situaciones interesantes para el adolescente, que respondan a sus intereses e inquietudes;
- 4- los problemas de un mismo tipo, deben referirse a una amplia gama de contextos. De este modo el niño se verá enfrentado a situaciones que lo retan en su capacidad reflexiva y creativa;
- 5- los problemas presentados en una lección no deben responder a un mismo esquema de razonamiento. Por ejemplo, en la escuela primaria, al resolver problemas aditivos, no limitarse al tipo de problema que obedece al siguiente esquema: teniendo una cantidad inicial agregar o quitar otra y preguntar cuánto da el resultado. Esta práctica tiene el inconveniente de provocar en los alumnos respuestas mecánicas, más o menos estereotipadas para las que no hay que razonar mucho

y con lo cual se pierde el objetivo tan importante del significado que todo ejercicio mental debe plantear al niño.

En cuanto al segundo aspecto a considerar, el relativo a la manera de conducir una lección de solución de problemas, es muy importante que el educador tome en cuenta los aspectos que ya hemos señalado como consecuencias pedagógicas de la investigación realizada por las autoras (Oviedo y Méndez, 1991), como son: al presentar un problema se debe estimular al niño o adolescente a hacer sus propios planteamientos, a descubrir las hipótesis en que se basará su procedimiento o manera de resolver el problema. Con esta actitud, el educador respeta la psicogénesis y espontaneidad que debe caracterizar toda situación educativa.

Además, los niños y adolescentes necesitan experiencias sobre las cuales ellos puedan reflexionar y por ello la práctica de procedimientos mostrados por el profesor o maestro no proporciona esta oportunidad.

Como una alternativa de conducción de una lección de solución de problemas, el pedagogo norteamericano Wheatley (1990), recomienda poner a trabajar a los alumnos en grupos de cuatro o cinco, donde cada grupo discute un mismo problema. Así, las preguntas surgen naturalmente de los miembros de cada grupo y no es el maestro el que artificialmente las inventa.

Una vez que los grupos finalizan la solución de los problemas propuestos, los grupos presentan a todos los alumnos de la clase los resultados obtenidos. Afirma este autor que cuando los educandos llevan a cabo esta labor, están ansiosos de retar y extender las afirmaciones hechas por los demás estudiantes. Su interés primordial es mostrar qué meta han alcanzado y no quedar bien con el profesor.

En consonancia con lo dicho, Wheatley señala que el clima que debe prevalecer en una lección donde se discute un determinado concepto o tema, debe de ser tal que los alumnos perciban las preguntas que el profesor les hace, como una acción para facilitar el aprendizaje y no para evaluar cuánto ellos saben en ese momento.

Este método, dice el autor, es diferente al llamado "enseñando descubriendo" donde usualmente el maestro se para frente a la clase ordenada en hileras de alumnos y propone un problema y luego comienza a hacer preguntas que conduzcan a los alumnos a encontrar la solución.

La desventaja del método "enseñando descubriendo", es que con su actitud el profesor está actuando como un filtro: selecciona respuestas, rechaza otras y elabora la solución del problema propuesto sólo sobre las respuestas de ciertos estudiantes. Los estudiantes, entonces, rápidamente dirigen su atención a preguntarse qué es lo que su profesor desea que contesten y no en pensar cuáles relaciones matemáticas pueden ellos establecer. Ellos saben que el instructor tienen una fórmula o relación en mente y también el método de solución. Entonces, la labor de los estudiantes se limita a adivinar que es lo que el profesor está pensando.

En contraste al "enseñando descubriendo", el tipo de discurso que Wheatley (1990) propone, consiste fundamentalmente en que los estudiantes compartan sus métodos de solución, sus conjeturas y sus puntos de vista. Para ello el profesor debe ayudar y orientar la discusión en los grupos, usando en cada discusión las ideas que a los alumnos de cada grupo se les ha ocurrido. De esta discusión grupal surgen las correcciones espontáneas si los alumnos han seguido un razonamiento equivocado.

La clase debe transformarse en un forum donde los alumnos construyen las explicaciones para su propio razonamiento. Explicando a sus compañeros cómo ellos piensan acerca de un problema, los estudiantes elaboran y refinan sus propio pensamiento y profundizan su entendimiento. Así, la discusión en clase facilita el aprendizaje y promociona la autoevaluación. Cuando una persona joven o adulta se ve en la situación de poner sus pensamientos en palabras, está estimulada para su análisis y organización. Por ello la importancia de la discusión colectiva.

Cummings (1971), otro investigador en enseñanza, afirma que, la discusión es valiosa porque nos pone a escuchar y comunicar nuestras ideas. Escuchando, tratando de ver las cosas desde otros puntos de vista, es que las personas alcanzan su la comprensión o entendimiento.

En las pedagogías constructivistas el educador es esencialmente un facilitador del aprendizaje. Esto no disminuye su importancia; por el contrario, se requiere una actitud más reflexiva de su parte para estructurar un medio ambiente rico en oportunidades de aprendizaje, negociar metas y normas sociales, así como diseñar las tareas apropiadas.

Es interesante analizar las recomendaciones que nos aportan los investigadores mexicanos Block, Martínez y Dávila (1990) con respecto a la manera de conducir una lección de solución de problemas y al tipo de problemas que se les puede proponer a los alumnos.

Estos autores recomiendan establecer ciertos supuestos a la hora de manejar una lección de solución de problemas y además recomiendan ciertas medidas para apoyar a los niños en la resolución de problemas.

Los supuestos que ellos manejan son los siguientes:

- 1- Para resolver un problema no es necesario recibir previamente información acerca de cómo se resuelve. Es decir, según estos autores, los alumnos siempre tienen recursos adquiridos en su experiencia previa para abordar un problema significativo para ellos.
- 2- El proceso de resolver un problema incluye ensayar un procedimiento, rectificar errores, adaptar creativamente recursos conocidos. Si el maestro indica previamente cómo se resuelve el problema, impide la realización de este proceso.
- 3- Un problema puede ser resuelto con distintos procedimientos y no con uno solo.
- 4- Un problema puede implicar la puesta en juego de varios conocimientos matemáticos y no de uno solo."

Las medidas que recomiendan para apoyar a los niños en la resolución de problemas son las siguientes:

**a) No dar indicaciones previas y plantear problemas con frecuencia.**

Según los autores, esta medida incluye el no enseñar previamente a resolver el problema, a que el maestro no resuelva antes un problema modelo. También incluye el no guiar en la resolución, no dar orientaciones sobre la operación que se puede utilizar y procurar no usar siempre palabras "clave" en la redacción de los problemas.

En cuanto a la medida de plantear problemas con frecuencia, está basada en el supuesto de que intentando resolver problemas, es que se aprende a resolver problemas.

### **b) Comentar el enunciado del problema antes de la resolución de éste.**

Este comentario es necesario para asegurarse de que los alumnos comprendan lo que plantea el problema, los términos utilizados, las relaciones que se establecen entre los datos, que es lo que se busca.

### **c) Pedir a los alumnos un resultado aproximado, esto es, una estimación, antes de que inicien la búsqueda del resultado exacto.**

Se desea conseguir con esta estimación, que los alumnos reflexionen sobre la relación entre los datos, antes de que centren su atención en los cálculos que deben hacer para obtener el resultado. Además, afirman Hlock y compañeros, "la estimación favorece la ejercitación de un tipo especial de cálculo mental, con frecuencia requerido en la vida cotidiana."

### **d) Organizar la confrontación colectiva.**

Después de que la mayoría de los alumnos ha resuelto el problema, es necesario una confrontación colectiva con los siguientes fines:

Al conocer las diferentes maneras de resolver un problema los mismos alumnos pueden decidir si hay una solución más simple, mejor que todas las demás. De esta manera los alumnos van aprendiendo a socializar sus conocimientos.

Además, la participación de los alumnos en la decisión de cuáles procedimientos son correctos y cuáles no, involucra a los alumnos en un análisis de los errores y los conduce indirectamente a la demostración de los procedimientos correctos.

En otras palabras, esta discusión favorece el que los alumnos aprendan a expresar sus ideas y a realizar demostraciones que apoyen sus puntos de vista.

En cuanto a las **características de los problemas** que se deben plantear a los alumnos, los autores recomiendan lo siguiente:

- a) Plantear problemas en los cuales los contextos sean bien variados: problemas de la vida cotidiana, ficticios, matemáticos, juegos, etc.
- b) Variar la forma de presentación: a través de un texto, oralmente, con material gráfico, con material concreto, etc.
- c) Plantear problemas sin preguntas, donde se busca que los alumnos las formulen. Plantear problemas con exceso de datos o en los cuales hacen falta datos. Problemas que admiten una o varias respuestas. Problemas en los que las respuestas pueden no ser numéricas.

## **CONCLUSIONES**

Del análisis hecho sobre las directrices que recomiendan pedagogos de diferentes latitudes con relación a un enfoque constructivista de la enseñanza de la matemática, en particular lo relativo a la solución de problemas, hemos encontrado aspectos de las metodologías comunes a todos ellos. Algunas semejanzas son:

En cuanto a la naturaleza de los problemas, hay consenso en que las características sean las propuestas en la sección V de este trabajo, estas son que constituyan un reto para el alumno, que tengan una cierta finalidad, que sean concretos (sobre todo a nivel de escuela primaria), que se

refieran a diferentes contextos y que respondan a diferentes esquemas de razonamiento.

En cuanto a la manera de conducir una lección de solución de problemas, las semejanzas son principalmente tres:

- Estimular al alumno a hacer sus propios planteamientos, a descubrir las hipótesis en que basará su procedimiento. El profesor no debe indicar la manera de resolver los problemas.
- Discutir las soluciones a un mismo problema encontradas por cada uno de los alumnos o por grupos de ellos. Con esta confrontación de ideas se busca elaborar y refinar el razonamiento de los educandos. Esta discusión facilita el aprendizaje y la autoevaluación de los individuos.
- Variar el rol del educador a ser un facilitador del aprendizaje, proveyendo un medio ambiente muy rico intelectualmente en el cual los individuos puedan construir sus propias ideas. Esto incluye: a) entender el razonamiento del estudiante en problemas centrados en el medio ambiente, b) analizar el contenido de las principales ideas y relaciones que los alumnos deben establecer y c) escoger problemas que estimulen al estudiante a hacer importantes construcciones.

De todo lo reseñado anteriormente, también se puede concluir lo siguiente:

Una metodología basada en la solución de problemas parece ser una respuesta positiva al fracaso, en general, de las metodologías tradicionales de enseñanza de la matemática.

La implementación de esta metodología es bástanle ardua, pues antes deben vencerse algunos obstáculos, como son:

- a) Restructurar los objetivos y contenidos de los programas de matemáticas en los diferentes niveles de la enseñanza.
- b) Diseñar y coleccionar problemas que reúnan las características requeridas que empleen los maestros en los diferentes niveles escolares y para los diferentes conceptos matemáticos del programa.
- c) Realizar una labor de convencimiento entre maestros y profesores y autoridades educativas de que estas ideas facilitan el aprendizaje de las matemáticas y entonces lleven a la práctica este tipo de metodología. Esto implicaría cambiar la manera tradicional de impartir las lecciones de matemáticas.
- d) Capacitar a maestros y profesores en esta nueva metodología de enseñanza.

Como puede apreciarse, la labor a realizar para poner en práctica estas nuevas ideas metodológicas es mucha y requiere del concurso de todos los investigadores en enseñanza de la matemática, de autoridades educativas, pero sobre todo de los maestros y profesores que piensen así que estas ideas son buenas y que pueden llegar a fructificar en una mejor enseñanza de la matemática.

Todos y cada uno de estos maestros y profesores, pueden contribuir, dada su valiosa experiencia, en el diseño de problemas y en la implementación de esta nueva metodología. Creemos que ésta traerá grandes beneficios en el mejoramiento del aprendizaje de la matemática por parte de nuestros alumnos y por ende en el progreso y desarrollo de nuestro país.

## NOTAS

[1] Programa de Investigaciones Meta-Matemáticas. Escuela de Matemática-IIMEC. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

[2] Escuela de Matemática-IIMEC. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

## BIBLIOGRAFÍA

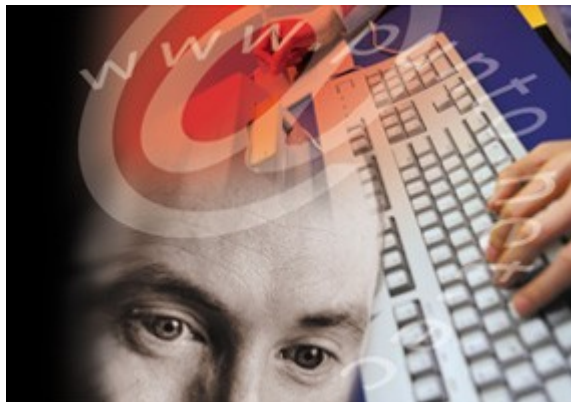
1. **Avila, R.**, (1990), "Diseño de una Metodología para la Enseñanza de la .w.i. Matemática a través de problemas.". *Memorias de la Cuarta Reunión Centroam. y del Caribe sobre Formac. de Prof. e Investigación en Matemática Educativa.*, Acapulco, México
2. **Kassedas, M. y Sellares, R.** (1983) "La construcción de sistemas de numeración en la historia y en los niños." *Pedagogía Operatoria, un enfoque constructivista en la educación*, Editorial LAIA, Barcelona, España.
3. **Block, D., Dávila, m., Martínez, P.** (1990) "Los Algoritmos en la Resolución de Problemas: Concepciones de los Maestros". *Memorias de la Cuarta Reunión Centroam. y del Caribe sobre Formac. de Prof. e Investigación en Matemática Educativa.*, Acapulco, México.
4. **Ciimmings, S.** (1971) *Communication for Education*. Scranton, PA: Intext Educational Publishers.
5. **Gómez Granell, C.** (1983), *La Pedagogía Operatoria, un enfoque constructivista de la educación.*, Editorial LAIA, Barcelona, España.
6. **Gutiérrez,** (1988), *Las Estrategias Metodológicas y la Enseñanza de la Matemática.*, *Memorias de la Segunda Reunión Centroam. y del Caribe sobre Formac. de Prof. e Investigación en Matemática Educativa.*, Guatemala.
7. **IIMEC,** (1986), *Diagnósticos Evaluativos en la Enseñanza de Ciencias Generales, Español, Estudios Sociales: Resumen de las principales conclusiones.*, U.C.R., Costa Rica.
8. **Kamii, C.** (1982), *Number in preschool and kindergarten: Educational Implications of Piaget's theory.*, National Education for the Education of Yours Children., Washington D.C.
9. **Lemoyne, G., y Conne, F.** (1989), "La resolución de problemas en la enseñanza de las matemáticas Informe de una experiencia con maestros de primaria.", *Memorias de la XIII Conferencia Internacional del PME*, Francia.
10. **Méndez, Z. y Pereira, Z.** (1985), *Estudios Psicogenéticos sobre el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Matemática.* Public, de U.C.R.-MEP, San José, Costa Rica.
11. **Méndez, Z., Oviedo, J., Mainieri, A.** (1983). *Análisis del Programa de matemática del Primer Ciclo vigente en el Ministerio de Educación de Costa Rica.*
12. **Moreno, M.** (1883), "¿Qué es la Pedagogía Operatoria?", *Pedagogía Operatoria, un enfoque constructivista en la educación.* Editorial LAIA, Barcelona, España.
13. **Ordoñez, J.** (1985) *La Enseñanza de las Ciencias de la Educación y sus Problemas Fundamentales.*, *Rev. Educación* 9 (1 y 2). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

14. **Oviedo, J. y Méndez, Z.** (1991), Implicaciones Pedagógicas del Proyecto "Patrones de Solución en Problemas Multiplicativos". *Memorias de la Quinta Reunión Centroam. y del Caribe sobre Formac. de Prof. e Investigación en Matemática Educativa.*, Tegucigalpa, Honduras.
15. **Sastre, G.**, et al. (1976). *Docencia Universitaria y Actividad Creadora*. Edita Instituto de Ciencia de la Educación de la Univ. Autónoma de Barcelona.
16. **Sastre, G.** (1983), "La enseñanza de las matemáticas y el aprendizaje de la alineación". *Pedagogía Operatoria, un enfoque constructivista en la educación*. Editorial LAIA, Barcelona, España.
17. **Vergnaud, F.** (1981), *L 'Enfant, la Mathématique et la réalité.*, Collec-tion Exploration Recherches en Sciences de Education. Peter Lang, Berna.
18. **Wheatley, G.** (1990), *Constructivism in Teacher Education*, Florida State University. Documento fotocopiado.



### **3.3 LOS COLEGIOS CIENTÍFICOS COSTARRICENSES EN LA ESTRATEGIA EDUCATIVA NACIONAL**

Víctor Buján. [\[1\]](#)



#### **RESUMEN**

*Los Colegios Científicos Costarricenses se proponen desarrollar los recursos de inteligencia y talento científico del país. Son públicos, gratuitos, y preuniversitarios. Mediante varios exámenes de aprovechamiento en matemática, ciencias y español, identifican cada año a los setenta estudiantes de noveno año más brillantes y les proporciona la oportunidad de recibir una carga académica muy fuerte en las asignaturas mencionadas, durante los dos últimos años de su educación media. No son necesariamente para alumnos superdotados sino para estudiantes muy esforzados, además de capaces.*

#### **RESEÑA HISTÓRICA. CONCEPCIÓN E IDEAS INICIALES**

##### **Antecedentes**

El Dr. Francisco Antonio Pacheco manifestó a sus colaboradores más cercanos su intención de crear un colegio de educación media en el cual se hiciera un énfasis muy especial en la preparación matemática y científica de sus estudiantes, con anterioridad a mayo de 1986, o sea, antes de la administración presidencial del Dr. Osear Arias Sánchez.

A partir del mes de mayo de 1986, en su calidad de Ministro de Educación Pública, el Dr. Pacheco encargó al autor de las presentes líneas la puesta en marcha del programa de colegios con énfasis en ciencias.

A mediados del año 1987, el suscrito constituyó una comisión organizadora del Sistema Nacional de Colegios Científicos Costarricenses, o "C.C.C.s", la cual estaba compuesta por las siguientes personas:

Dr. Lorenzo Guadamuz Sandoval, Asesor del Sr. Ministro de Educación; Lie. Marvin Mathews, Director de la División de Asuntos Jurídicos del Ministerio de Educación Pública; Lie. Vernor Muñoz, Asistente del Sr. Ministro de Educación; Ing. Vidal Quirós Berrocal, Asesor del Sr.

Ministro de Educación, Dra. Joyce Zurcher Bien de Carrillo, Gitegráfica de la Universidad de Costa Rica; y el Dr. Víctor M. Buján Delgado, asesor personal del Sr. Ministro de Educación, quien tuvo la responsabilidad de la coordinación de esta comisión organizadora. Posteriormente, la Licenciada Mireya Hernández de Jaén, Viceministra de Educación, se hizo presente en las actividades de esta Comisión y se constituyó en parte vital del funcionamiento y del éxito de la misma.

El proyecto de ley 10663

Una interesante oportunidad para los objetivos de la comisión arriba mencionada se presentó en el mes de agosto de mil novecientos ochenta y ocho cuando el Sr. Ministro de Educación, Dr. Francisco Antonio Pacheco, recibió una copia del proyecto de ley número 10663, titulado "Ley de Desarrollo Científico y Tecnológico". [\[2\]](#)

Dicho proyecto de ley estaba siendo elaborado por la Comisión de Asuntos Sociales de la Asamblea Legislativa. El diputado Javier Solís era entonces el principal gestor de dicho proyecto y el remitente de la copia que recibió el Ministro Pacheco, quien lo estudió con especial interés.

Una respuesta concreta del Ministro de Educación

Casi inmediatamente después de que el Dr. Pacheco recibiera copia del proyecto de ley número 10663, el Dr. Mario Carvajal, en su calidad de Presidente de la Comisión de Asuntos Sociales, envió un telegrama al Ministro de Educación solicitándole su opinión acerca del proyecto.

El Sr. Ministro dio respuesta al telegrama del Dr. Carvajal, en carta techada el día primero de setiembre de mil novecientos ochenta y ocho. Ver anexo [\[3\]](#)

La creación del colegio científico es incluida en el proyecto

A raíz de esa comunicación, el diputado Solís se interesó en la recomendación del Sr. Ministro, Dr. Francisco Antonio Pacheco, y se puso en contacto con su despacho. El Sr. Ministro encargó al Dr. Víctor Buján Delgado, asesor personal suyo, reunirse con el diputado Javier Solís para ampliar y dar forma a la idea de fundar un colegio secundario con énfasis en ciencias.

El Diputado Solís y el Dr. Buján trabajaron durante los días trece y veinte de setiembre de mil novecientos ochenta y ocho en la redacción de nuevos artículos para el proyecto de ley número 10663, artículos que creaban el liceo científico con el nombre de "Instituto Superior Clodomiro Picado". El texto completo de estos nuevos artículos apareció publicado en La Prensa Libre del día martes seis de diciembre de mil novecientos ochenta y ocho en un artículo periodístico titulado "En Ley de Ciencia y Tecnología Proponen Crear un Instituto Para Superdotados", página cuatro.

El Viceministro Eduardo Doryan Garrón también se interesa en la idea del Colegio Científico

Mientras la Comisión de Asuntos Sociales de la Asamblea Legislativa trabajaba en la elaboración de su proyecto de Ley de Ciencia y Tecnología, el Ministerio de Ciencia y Tecnología trabajaba en la redacción del suyo.

El Dr. Eduardo Doryan Garrón, Viceministro de Ciencia y Tecnología, mostró gran entusiasmo por la idea de crear un colegio científico, en conversación con el Dr. Víctor Buján, quien lo puso al tanto del interés del Sr. Ministro de Educación, así como de su trabajo con el Diputado Javier Solís en la redacción de los artículos que creaban tal liceo.

Siguiendo instrucciones del Ministro Pacheco, el Dr. Víctor Buján se reunió con el Viceministro Doryan y la abogada Lie. María Isabel Vargas en el despacho del Viceministro, el día dos de noviembre de 1988 para ampliar el concepto de liceo científico.

El CONICIT se interesa

En la segunda sesión ordinaria del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, llevado a cabo el día treinta de noviembre de 1988 en la Cámara de Industrias, el Dr. Lorenzo Guadamuz dio a conocer la intención del Sr. Ministro de Educación de fundar un liceo científico y de que dicha institución inicie su operación a partir del mes de marzo de mil novecientos ochenta y nueve. La idea fue acogida con mucho interés por todos los asistentes a dicha reunión.

El Sr. Ministro de educación reitera su intención de fundar el Colegio Científico

Fue en la reunión del día dieciocho de noviembre de mil novecientos ochenta y ocho de la Comisión Organizadora, cuando el Ministro Dr. Francisco Antonio Pacheco confirmó su decisión de fundar el liceo científico de tal manera que iniciara su labor docente en marzo de mil novecientos ochenta y nueve, y encargó a la Comisión un cronograma de actividades encaminadas a la apertura en marzo siguiente. En esa sesión se consideró abrir dos liceos, y se empezó a usar la denominación "Colegios Científicos Costarricenses" o "C. C. C". La Comisión quedó encargada de hacer realidad el Sistema Nacional de Colegios Científicos Costarricenses.

La delegación costarricense expone internacionalmente sus planes de abrir dos C.C.C.S.

Las líneas generales del proyecto de Colegios Científicos fueron presentadas por los delegados costarricenses.

Entre el día veinticuatro y el día veintiséis de noviembre del año mil novecientos ochenta y ocho, se llevó a cabo en la ciudad de I<sup>a</sup> Habana la "Primera Conferencia Iberoamericana de Educación, Trabajo y Empleo; Alternativas para los Años 90". Esta fue una reunión de ministros de educación iberoamericanos organizada por la "ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA, Y LA CULTURA" (O. E. I.). El Ministro de Educación Pública de Costa Rica, Dr. Francisco Antonio Pacheco, no pudo asistir a dicha primera conferencia iberoamericana. Representándolo, una delegación compuesta por el Ing. Vidal Quirós Berrocal, jefe de la delegación, y el Dr. Víctor Buján Delgado, participó en el mencionado evento.

En la sesión plenaria correspondiente a cooperación internacional iberoamericana, la delegación costarricense presentó una recomendación concreta relativa a la urgente necesidad de que las naciones iberoamericanas emprendan cuanto antes un programa de desarrollo del talento científico y tecnológico de sus habitantes.

Dicha recomendación quedó consignada en el documento final de la Primera Conferencia, titulado Educación, trabajo y empleo. Reflexiones de la I Conferencia Iberoamericana de educación de la Habana (24 - 26 de noviembre de 1988) (Provisional), y dice así:

"... 54. En consecuencia, y teniendo en cuenta las prioridades en los objetivos sociales que persigue la Organización, se recomienda a la O.E.I.: ... f) Que continúe favoreciendo en sus acciones programáticas temas que se han señalado como prioritarios y actividades encaminadas al mejoramiento de la calidad de la enseñanza, en especial en el área de las ciencias básicas en el nivel medio, así como que estudie la posibilidad de extender a escala iberoamericana el proyecto

que adelanta Costa Rica de identificación de sus estudiantes de aprovechamiento extraordinario en matemáticas, física, química, biología y electrónica a nivel de noveno año de educación general para darles una educación vocacional preuniversitaria, de acuerdo con su capacidad) sus intereses. " (el subrayado es nuestro). [4]

La recomendación de la delegación costarricense fue acogida con interés por las delegaciones iberoamericanas, y mencionada por el periódico cubano "Granma" del día sábado veintiséis de noviembre de 1988, el cual se refirió a ella en las siguientes palabras:

"... La necesidad de seleccionar y atender pedagógicamente los mejores talentos de nuestras sociedades para acelerar los procesos de desarrollo, fue señalada por la delegación costarricense. Asimismo, instó a los participantes a tomar en cuenta la experiencia cubana en tal sentido, y llevarla a cabo en sus respectivos países a partir de sus peculiaridades y objetivos específicos." (página dos).

## **PRINCIPIOS FILOSÓFICOS, CONCRECIÓN Y PUESTA EN MARCHA**

La intención fundamental del programa

El propósito fundamental del programa de Colegios Científicos Costarricenses es contribuir a satisfacer la necesidad de identificar y brindar una atención especial a los estudiantes que posean:

- (1) Un interés y un entusiasmo extraordinarios por el estudio de la matemática así como de la física, la química, y la biología.
- (2) Calificaciones y Rendimiento extraordinarios en matemática, física, química, y biología.

Esta necesidad tiene dos aspectos: un aspecto individual y un aspecto social.

Los intereses de la persona

Desde el punto de vista de la felicidad del individuo, es deseable proporcionar al estudiante que reúne las dos características arriba mencionadas la oportunidad de realizar plenamente sus aspiraciones e inclinaciones vocacionales. Y es deseable porque dicha realización representa, en gran medida, la posibilidad de que estas personas sean felices en una forma propia de los seres humanos. Felices en la forma a la cual se refiere Bertrand Russell cuando nos dice que lo importante no es el simple hecho de vivir, sino el vivir en la contemplación de las cosas grandes. Y en este caso, así como en el colegio Colegio Castilla se reúnen jóvenes con un amor especial por las artes, las cuales constituyen algunas de esas cosas grandes a que se refiere Russell, en los Colegios Científicos Costarricenses se reunirán jóvenes estudiantes con un amor especial por las ciencias, las cuales también son cosas grandes por las que vale la pena vivir según el laureado filósofo inglés.

Los intereses de la sociedad costarricense

Ahora bien, desde el punto de vista de las necesidades del país, la situación es clara. Es de vital importancia que Costa Rica pueda llegar a competir con absolutamente todos los países del mundo en los nuevos mercados internacionales creados por las industrias del presente y del futuro, a saber: la electrónica, la computación, los nuevos materiales, los superconductores, la ingeniería biológica

y genética, etc., etc.

Para que el país pueda llegar a competir en las industrias mencionadas, es indispensable desarrollar una tecnología científica nacional robusta y profunda. En otras palabras, entendida por todos, accesible a muchos, y cultivada con total vocación y entrega por un buen número de sus mejores intelectos.

Dicha tecnología científica nacional tiene como prerrequisito indispensable que haya una ciencia nacional. Esta ciencia nacional requiere una buena formación y comprensión de las ciencias exactas por parte de prácticamente todos los costarricenses, y que estas ciencias sean elegidas como vocación por algunos de sus más capaces ciudadanos.

Finalmente, el cultivo y el desarrollo de esa ciencia tiene dos vertientes: uno es la educación científica de la totalidad de los niños y los jóvenes de Costa Rica. La otra es la identificación de los jóvenes más entusiastas e interesados en las ciencias exactas y naturales, así como la atención especial a estos jóvenes en la forma de una escuela especial que sea capaz de satisfacer su amor por esta clase de conocimiento y su capacidad para dedicar muchas horas de esfuerzo diario a su estudio.

Se dice arriba que es de vital importancia que Costa Rica pueda llegar a competir con todos los demás países del mundo en el campo de las industrias nacidas de la más reciente tecnología científica. Y la importancia de la participación en esta competencia es vital porque, para decirlo en palabras del Sr. Ex-Viceministro de Ciencia y Tecnología, Dr. Eduardo Doryan Garrón, los países pobres tienen ante sí una vía que conduce al desarrollo y a la eliminación de la dependencia, la cual es la tecnología científica moderna. Y, añade el Doctor Doryan, no existe otra vía.

Dicho de otro modo, la situación es clara: optaremos por la preparación más seria en la dimensión tecnológica científica, o por la mendicidad.

Tratamiento del problema en otros países

En la etapa del planeamiento y la organización del Sistema Nacional de Colegios Científicos Costarricenses, se disponía de información acerca de experiencias de otros países en la organización y operación de colegios de educación media que reúnen a jóvenes de extraordinarias calificaciones en ciencias exactas para proporcionarles una educación de alta calidad sumada a una preparación especialmente sólida en esas ciencias. Estos eran: los Estados Unidos de Norteamérica, Cuba, y Corea del Sur.

La experiencia Norteamericana

La información acerca de la experiencia norteamericana la debemos al distinguido profesor Julián C. Stanley, especialista en la detección temprana de niños y jóvenes talentosos en matemática. El Dr. Stanley es Profesor de Psicología de la Johns Hopkins University, de Baltimore, Maryland, EUA, y director del S. M. P. Y., el "Study of Mathematically Precocious Youth" (Estudio de los Jóvenes Precoces en Matemática), el más prestigioso programa de los Estados Unidos para la identificación de estudiantes con habilidades especiales para la matemática. El Dr. Stanley visitó Costa Rica y participó en el Primer Seminario Nacional sobre Talento y Creatividad, realizado en San José del día veintisiete al día treinta y uno de julio de mil novecientos ochenta y siete. Las principales ideas del Dr. Stanley y sus colaboradores, están recogidas en "Academic Precocity" [5] uno de sus libros.

El Dr. Julián C. Stanley se refiere a un modelo de escuelas científicas en su artículo "State Residential High Schools for Mathematically Talented Youth", en la revista Pili DELTA KAPPAN del mes de junio de mil novecientos ochenta y siete [6]. Según él, alguna institución de educación superior debería ser copatrocinadora del proyecto, contribuyendo con sus instalaciones y servicios de bibliotecas, centros de cómputo, y laboratorios de física, química y biología. Esto reduciría los elevados costos que requeriría la la creación de nuevas bibliotecas, centros de computación, laboratorios, etc., etc.. Añade el Doctor Stanley que la escuela científica debería estar situada en un lugar muy cercano a la universidad patrocinadora. Que sería deseable que los alumnos de la escuela científica se encontraran en los terrenos mismos de la universidad con solo cruzar la calle. Va más allá, y afirma que la escuela debería, de ser posible, estar situada dentro del campus universitario. De esta manera, los estudiantes del Colegio Científico tendrían acceso relativamente fácil a cursos universitarios y a profesores de alto nivel.

También debemos mucho a las obras de Elizabeth Hagen [7], Wendy C. Roodell [8], y Harry J. Morgan [9], en cuanto a la conceptualización de lo que el estudiante talentoso es, y en lo relativo a la naturaleza del servicio educativo que debería proporcionársele.

### La experiencia Cubana

La información acerca de la experiencia cubana es también de primera mano.

El Dr. Víctor Buján, asesor personal del Ministro de Educación durante la administración 1986 - 1990, estuvo en La Habana en julio y en noviembre de mil novecientos ochenta y ocho, como miembro de la delegación costarricense ante la "Primera Conferencia Iberoamericana de Educación, Trabajo y Empleo: Alternativas para los 90". En ambas visitas recogió datos procedentes tanto de documentos como de entrevistas personales con las autoridades correspondientes, acerca de la organización y operación de los llamados I.P.V.C.E.s, o "Institutos Preuniversitarios Vocacionales de Ciencias Exactas", los cuales son, precisamente, liceos que reciben jóvenes con calificaciones extraordinarias en ciencias exactas. Es interesante observar que un IPVCE como la Escuela V. I. Lenin, por ejemplo, es un internado en el cual los estudiantes pasan todos los días hábiles de la semana, pudiendo pasar parte del sábado y todo el día domingo con sus familiares. La actividad de los estudiantes se reparte entre el estudio y el trabajo productivo. También es digno de mención el hecho de que para poder ingresar al IPVCE, un estudiante debe completar con éxito su noveno año, tener una alta trayectoria de altas calificaciones en ciencias exactas, y un historial excepcional en cuanto a calidades personales y hábitos de trabajo. Con estas características, deberá presentarse a exámenes de admisión al IPVCE, pruebas de alto nivel, siendo mucho más numerosos los aspirantes a ingreso que aquellos que la escuela puede recibir en sus aulas. Por ejemplo, a mediados de 1988, en la ciudad de La Habana, se presentaron aproximadamente quinientos estudiantes a esos exámenes de admisión (a la Escuela Lenin y de la provincia de La Habana solamente), compitiendo por los setenta y cinco campos disponibles.

Son especialmente dignas de mención por una parte, la importancia que se da a la urbanidad y a la corrección de modales y del vestir de los jóvenes, así como, por otra parte, el énfasis extraordinario puesto en la preparación del estudiante para competir frecuentemente en certámenes, actividades culturales, concursos, u olimpiadas de matemática, español, y ciencias. Este entrenamiento frecuente en competencias, contribuye al perfeccionamiento de las habilidades del estudiante y, sobre todo, permite comparar las habilidades de los estudiantes con las de jóvenes de todos los demás países del globo.

Finalmente, es digna de especial mención la generosidad con que las autoridades del Ministerio de Educación de Cuba acogieron las numerosas preguntas del Dr. Buján Delgado sobre el sistema de escuelas científicas cubanas, y su muy buena disposición a brindar información acerca de la estructuración y el funcionamiento de las mismas. Con permiso del Ministro de Educación Dr. José R. Fernández, el Dr. Evelio Campos, Director de Educación General Politécnica y Labora], así como la Dra. Xiomara Lobelle Rodríguez, Jefe del Grupo de Atención de los Preuniversitarios de Ciencias Exactas, recibieron al Dr. Buján en el Ministerio de Eduación de Cuba y brindaron amablemente atención a todas las preguntas planteadas. I^a estudiante de noveno año Srila. Ana Cecilia Dilla March, quien se presentó a exámenes de admisión y ganó su ingreso a la Escuela Lenin en 1988, también respondió con paciencia y solicitud nuestras interminables preguntas acerca de las aspiraciones, expectativas y actitudes de los estudiantes de un I.P.V.C.E..

### La experiencia Coreana

Nuestra información sobre la experiencia coreana proviene de The Kyonggi Iligh School (La Escuela Secundaria Kyonggi). situada en la ciudad de Suvvon, República de Corea.

Esta escuela fue creada por el Consejo de Educación de Kyonggi-do para proveer oportunidades verdaderamente retadoras para la investigación científica, a estudiantes con intereses especiales y habilidades potenciales. Esta escuela es autosuficiente en materia de centro de cómputo, laboratorio de idiomas extranjeros, salas para música, salas para artes, biblioteca y salas de estudio. Cuenta, además, con dormitorios, comedor y cocina, habitación para el personal encargado, dispensario, sala de estar, así como laboratorio de física, laboratorio de química, laboratorio de biología, laboratorio de ciencias de la tierra, talleres, sala de V. T. R., un planctarium, y un invernadero.

La Escuela de Kyonggi admite en cada curso ciento ochenta nuevos estudiantes, los cuales se reparten en seis secciones de treinta estudiantes cada una. Sus requisitos de admisión son los siguientes:

(1) Completar su tercer ciclo de la educación general en Kyonggi-do, Kangwon-do, Ciudad de Inchon, o Ciudad de Seoul.

(2) Recomendación del Director de la escuela. El candidato a ingreso debe ser evaluado por sus profesores en cuanto a su aptitud para las ciencias.

(3) Aprobar los siguientes exámenes de admisión:

- (A) Test de aptitud para las ciencias.
- (B) Test de habilidad académica (Scholastic Achievement Test, S. A. T.)
- (C) Examen de buena salud (B. O. E.)

(4) Entrevista personal y examen médico general, con el fin de:

- (A) Asegurar la determinación del estudiante de dedicarse a una carrera científica, especialmente la determinación de ingresar al K.I.T., "Korean Institute of Technology" o Instituto Coreano de Tecnología).
- (B) Para determinar si entre los aspirantes hay estudiantes que no cumplen las muy exclusivas condiciones de admisión.

Los estudiantes que ingresan a la escuela Kyonggi, están seleccionados de entre un universo de estudiantes que cumplen las condiciones siguientes:

- (A) Elevada habilidad intelectual y creativa.
- (B) Muy poca desviación con respecto a la generalidad.
- (C) Deseo de dedicarse a alguna de las carreras científicas.
- (D) Estar dispuestos a vivir en un internado (dormitorio).
- (E) Estar dispuestos a recibir beca.

Los objetivos del programa

Los objetivos del programa de Colegios Científicos Costarricenses son los siguientes:

I. Brindar a sus estudiantes la oportunidad de que adquieran conocimientos sólidos y habilidades en los fundamentos de las ciencias y la tecnología científica, en los campos de la matemática, física, química, biología y electrónica. En una palabra, preparar extraordinariamente a sus estudiantes para el ingreso a las instituciones de educación superior.

II. Desarrollar al máximo posible el potencial científico y tecnológico de los jóvenes que poseen tanto un interés y entusiasmo extraordinarios por las ciencias exactas y naturales, como el deseo y la determinación a dedicar muchas horas de estudio a la matemática, física, química, y biología. Este desarrollo irá acompañado de una formación artística, humanística y física.

III. Desarrollar jóvenes patrióticos en los cuales se haya cultivado: su responsabilidad de ciudadanos, y su conciencia de especial responsabilidad en el desarrollo de Costa Rica, y su conciencia de especial responsabilidad en el desarrollo de Costa Rica a través del trabajo productivo en las áreas de las ciencias exactas y de la tecnología científica.

IV. Desarrollar jóvenes creativos capaces de: comunicarse eficazmente con los demás seres humanos de todo el mundo en el lenguaje de la matemática y de las ciencias exactas; pensar y razonar lógicamente; adquirir conocimiento científico nuevo por sus propios medios; y resolver problemas.

V. Desarrollar jóvenes amantes de su prójimo y de la herencia cultural de la humanidad, dispuestos a trabajar en forma cooperativa con los demás, y a competir en forma noble y deportiva con otros.

[\[10\]](#)

Observaciones a los objetivos del proyecto

Los Colegios Científicos Costarricenses no son colegios para superdotados ni para talentosos declarados tales mediante pruebas de inteligencia. Las pruebas de C. I. (cociente o coeficiente intelectual) u otros tests de carácter psicológico, no serán tomados en cuenta como criterios para admitir o rechazar a un estudiante que aspire a ingresar a uno de los Colegios Científicos Costarricenses. Un alto valor del CI en un estudiante no es, por lo tanto, un dato que le brinde ventaja inmediata alguna a un estudiante aspirante al ingreso a los C.C.C.. Correspondientemente, un puntaje modesto obtenido en una prueba psicológica de determinación del CI, no es una condición que descalifique automáticamente a un aspirante.



El acceso a los C.C.C. se gana poseyendo un record de aprovechamiento y de calificaciones excelentes en matemática, ciencias, y en conducta moral y social, y aprobando los exámenes de admisión a los Colegios, los cuales serán, principalmente, pruebas de conocimientos, o sea, sobre contenidos, en lengua materna, matemática, y ciencias.

Otra cuestión esencial es el hecho de que en los Colegios Científicos no se descuida el ideal de desarrollo integral de la persona, ni se descuida la formación humanística, física y artística del joven.

A este respecto es importante mencionar que el programa de Colegios Científicos Costarricenses se propone dar una excelente preparación preuniversitaria a sus estudiantes en las áreas científicas y tecnológicas pero que, al concluir sus estudios en un C.C.C, el estudiante queda en entera libertad de elegir una profesión no científica.

#### Entidad ejecutora y personas responsable

En la época de la concepción del proyecto de Colegios Científicos, se decidió que las entidades ejecutoras serían: (1) El Ministerio de Educación Pública; (2) El Ministerio de Ciencia y Tecnología; (3) Una institución de educación superior, en el caso de un determinado Colegio Científico; (4) El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, CONICIT; (5) La Cámara de Industrias; (6) La Cámara de Comercio; (7) La Fundación Ornar Dengo.

#### Observaciones a "Entidad Ejecutora"

Del examen de los tres modelos citados, el norteamericano, el cubano y el coreano, concluimos que los dos últimos modelos según los cuales el Colegio Científico es autosuficiente en materia de bibliotecas, centros de cómputo, laboratorios de física, química, biología y electrónica, aulas, gimnasio, dormitorio, viviendas para el personal administrativo, comedor y cocina. Es obvio que este es un modelo deseable pero de muy alto costo, y que Costa Rica no puede adoptarlos enseguida, lo que supondría suspender el inicio de su programa hasta el día en que cuente con todos los edificios, facilidades, instalaciones y servicios, listos para empezar a funcionar. Siguiendo el modelo norteamericano propuesto por el Dr. Julián C. Stanley, el programa de Colegios Científicos Costarricenses sería viable si se realizara conjuntamente por el Ministerio de Educación Pública, las instituciones de educación superior, el Ministerio de Ciencia y Tecnología, y el CONICIT.

El modelo examinado por la Comisión Organizadora en 1988, proponía tres Colegios Científicos situados uno en San Pedro de Montes de Oca, otro en Cartago, y un tercero en Heredia. Contarían respectivamente con el respaldo de la Universidad de Costa Rica, el Instituto Tecnológico de Costa Rica, y la Universidad Nacional, UNA. Estas tres instituciones facilitarían a los alumnos de su respectivo Colegio Científico, el acceso a sus laboratorios, bibliotecas, instalaciones deportivas y facilidades de cómputo, así como algunos profesores de matemática y de ciencias tanto para las asignaturas del "área general" como para las del "área de profundización".

#### Personas responsables del programa

Se pensó en los inicios, que el Sistema Nacional de Colegios Científicos Costarricenses estaría gobernado por un organismo llamado Consejo Nacional del Sistema de Colegios Científicos Costarricenses, integrado por las siguientes personas:

- (1) El Ministro de Educación, quien preside el Consejo;
- (2) El Ministro de Ciencia y Tecnología;
- (3) El Presidente del CONICIT o su representante;
- (4) El Rector de la Universidad de Costa Rica o su representante;
- (5) El Rector de la Universidad Nacional o su representante;
- (6) El Rector del Instituto Tecnológico o su representante;
- (7) El Presidente de la Cámara de Industrias o su representante;
- (8) El Presidente de la Cámara de Comercio, o su representante;
- (9) El Presidente de la Fundación Ornar Dengo, o su representante.

#### Atribuciones del Consejo Nacional del Sistema de Colegios Científicos Costarricenses

La Comisión Organizadora concibió, en un principio, un Consejo Nacional dotado de las atribuciones siguientes:

(1) Nombrar y destituir al Director Ejecutivo del Sistema de Colegios Científicos Costarricenses, así como nombrar y destituir a los Ejecutivos Institucionales de los C.C.C.. Estos Ejecutivos Institucionales serían electos por dos años y podrían ser nombrados nuevamente. El Consejo Nacional elegiría como Ejecutivos Institucionales de los C.C.C. a profesionales costarricenses con grado universitario no inferior a la Licenciatura y de demostrado conocimiento e interés por las ciencias exactas y naturales.

(2) Revisar, analizar, aprobar, cambiar parcial o totalmente: (A) Los programas y los planes de estudio; (B) El reglamento de admisión y permanencia en los C.C.C.; (C) El reglamento de participación del estudiante en actividades culturales y en olimpiadas y competencias, con el propósito de mantener a los Colegios Científicos Costarricenses al mismo nivel académico que las instituciones análogas de los países desarrollados.

(3) Nombrar y destituir al personal docente y administrativo de los c.c.c.

(4) Administrar el patrimonio de la institución y velar por el mantenimiento y alta calidad de su equipo técnico y material didáctico.

(5) Decidir en los casos de apelación de decisiones acerca de admisión o permanencia de un estudiante.

#### Población que el programa se propone a atender

El programa de Colegios Científicos Costarricenses está dirigido a todos los estudiantes costarricenses, varones y señoritas, que han terminado con éxito su noveno año de la educación general básica, con promedio general no inferior a noventa en cada uno de los trimestres de sus tres años del tercer ciclo.

Se hace un gran esfuerzo por dotar de beca completa a los estudiantes provenientes de familias de escasos recursos económicos, para que puedan vivir cerca de su Colegio Científico y cubrir sus gastos de alojamiento, alimentación, libros y demás útiles.

Para iniciar las actividades del curso lectivo de mil novecientos ochenta y nueve, el Sr. Ministro de Educación, Dr. F. A. Pacheco, envió una carta circular a todos los directores de colegio de Costa Rica, solicitándoles le enviaran una lista de los estudiantes de su colegio, que reunieran las siguientes condiciones:

"(A) Haber terminado su noveno año de la educación general básica en noviembre del presente año de 1988, y haber terminado con un promedio general no inferior a nueve, (a estos estudiantes que usted seleccione, se les administrarán más tarde exámenes de aprovechamiento en matemática y en ciencias).

(B) No haber tenido que repetir ninguno de los años del tercer ciclo de su educación general básica.

(C) Tener las calificaciones más altas de su colegio, en matemática, en ciencias, y en conducta moral y social, en los últimos tres años. O sea, durante todo su tercer ciclo.

(D) Ser muy trabajador(a), según el concepto y la opinión de sus profesores.

#### Consideraciones Curriculares

Los planes de estudio de los Colegios Científicos Costarricenses no representan cambios curriculares radicales.

Estos planes de estudio corresponden a la concepción curricular de la llamada "aceleración curricular horizontal" o "enriquecimiento". En este programa, tal enriquecimiento estará representado por: (A) las llamadas asignaturas "de profundización" añadidas a los programas nacionales vigentes. (B) Las horas de laboratorio. (C) Las horas de estudio atendidas por profesores. (D) Las actividades culturales. (E) Las olimpiadas matemáticas y científicas intercolegiales, nacionales e internacionales.

No se realizará intento alguno por practicar la llamada "aceleración vertical", de acuerdo con la cual el joven estudiante es promovido a años superiores a pesar de no contar con la edad correspondiente. En otras palabras, en los Colegios Científicos, un estudiante especialmente brillante se mantendrá en el nivel (año) que corresponde a su edad cronológica pudiendo, eso sí, profundizar en el estudio de las asignaturas según sus intereses y capacidades.

Los estudiantes de los Colegios Científicos cursarán, en general, las mismas asignaturas que los estudiantes de los mismos años en los demás colegios del país. Este conjunto de asignaturas constituye el "arca general". Con excepción hecha de la asignatura matemática, para la cual habrá un programa especial en los C.C.C, los programas de las asignaturas del área general deberán comprender o incluir toda la materia contenida en los correspondientes programas de la Educación General Básica del país.

Además de las asignaturas del "área general", se estudiarán las asignaturas del "área de profundización". El área de profundización comprende las asignaturas: matemática, física, química, y biología. El profesor de una asignatura del área de profundización, por ejemplo, el profesor de "Física, Arca de Profundización", trabaja en coordinación con el profesor de "Física, Área General", sin adelantarse a ver tópicos no estudiados en el área general. Su papel es enseñar la misma materia que está siendo cubierta en el área general, pero a un nivel de complejidad mayor, y concentrándose en la resolución de problemas y casos más complicados.

Los estudiantes que, de acuerdo con los exámenes de admisión, y con el criterio de la Comisión de Admisión del Sistema Nacional de C.C.C.s, son admitidos como estudiantes regulares nuevos, cursan dos años de estudio en su Colegio Científico: el décimo y el undécimo año de su educación media.

El estudiante deberá aprobar independientemente las asignaturas del área general y las del área de profundización. El alumno de décimo año que resulte aprobado en todas las asignaturas del área general, pero que haya resultado reprobado en uno o más cursos del área de profundización, no perderá el año pero perderá su derecho a permanecer en un Colegio Científico Costarricense. El alumno de undécimo año deberá aprobar la totalidad de las asignaturas tanto del área general como del área de profundización, para poder alcanzar la calidad de egresado del undécimo año.

Los estudiantes que culminan con éxito su undécimo año en un C.C.C., deberán presentarse a los exámenes regulares de Bachillerato como todos los demás estudiantes de educación media del país, así como a los exámenes de admisión de las instituciones de educación superior a las cuales deseen ingresar.

Fundamentos legales antes de la promulgación de la ley de promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico

El Sistema de Colegios Científicos Costarricenses fue creado por decreto presidencial número diecinueve mil cincuenta y nueve, que empezó a regir el día diez de abril de mil novecientos ochenta y nueve. Este decreto [\[10\]](#) crea una nueva rama de la Educación Diversificada: la Rama Científica.

Al respecto, dice el decreto 19059 "Artículo 1: Los Colegios Científicos de Costa Rica serán los encargados de desarrollar el plan de estudios y los programas que conforman la Rama Científica de la Educación Pública Diversificada del sistema educativo nacional."

Su Artículo 4 se refiere a la creación de cada C.C.C., como obra conjunta del Ministerio de Educación y alguna universidad patrocinadora. Dice así: "Artículo 4. Los Colegios Científicos de Costa Rica se establecerán mediante convenio suscrito entre el Ministerio de Educación Pública y alguna institución de educación superior universitaria estatal."

El decreto establece, en cuanto al personal de los C.C.C.s, lo siguiente: "Artículo 19. El personal a que se refiere el presente Reglamento estará excluido del Régimen del Servicio Civil, y será contratado por períodos anuales prorrogables."

En cuanto a la constitución del Consejo Nacional del Sistema de Colegios Científicos, dice el decreto 19059: "Artículo 6. La conducción general del Sistema de Colegios Científicos, estará a cargo de un Consejo Nacional integrado en la siguiente forma: (a) El Ministro de Educación Pública o su representante, quien lo presidirá, (b) El Ministro de Ciencia y Tecnología, o su representante, (c) El Presidente del CONICIT. (ch) El Rector de la Universidad de Costa Rica, (d) El Rector de la Universidad Nacional, (e) El Rector del Instituto Tecnológico de Costa Rica, (f) El Presidente de la Cámara de Industrias de Costa Rica, (g) El Presidente de la Cámara de Comercio de Costa Rica. (h) El Presidente de la Fundación Omar Dengo."

Otro decreto presidencial relativo a los Colegios Científicos Costarricenses es el decreto número 19604-MEP (diecinueve mil seiscientos cuatro), publicado en *La Gaceta* No. 91, del día quince de mayo de mil novecientos noventa [\[11\]](#). Se refiere al nombramiento del primer Director Ejecutivo

del Consejo Nacional del Sistema de los Colegios Científicos Costarricenses, y dice así: "Decretan: (1o.) Nómbrase al Dr. Víctor Buján,..., Director Ejecutivo del Consejo Nacional del Sistema de Colegios Científicos Costarricenses, por un período de cinco años, a partir del 16 de enero de 1990. (2o.) Por sus servicios en ese cargo, el Director Ejecutivo no podrá devengar sueldo ni estipendio alguno."

Fundamentos legales. A partir de la promulgación de la Ley de la Ciencia y Tecnología

La Ley número siete mil ciento sesenta y nueve. Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico", del día veintiséis de junio de mil novecientos noventa, crea nuevamente el Sistema de Colegios Científicos Costarricenses. Esta vez, por Ley de la República.

Dice esta Ley: "CAPITULO III. CREACIÓN DE LOS COLEGIOS CIENTÍFICOS. Artículo 156. Se autoriza al Ministerio de Educación Pública para que suscriba convenios con las instituciones de educación superior universitaria estatal y otras entidades de reconocida excelencia académica o de investigación científica, para el establecimiento de los colegios científicos de Costa Rica, los que contribuirán al logro de los propósitos de la educación diversificada con énfasis en la educación científica." [\[12\]](#)

Esta Ley, que deja sin efecto cualquier decreto de fecha anterior en aquellos puntos en los cuales se oponga a la Ley, cambió la composición del Consejo Nacional, el cual quedó integrado de la siguiente manera. Copiamos de la Ley: "Artículo 60. El Consejo Nacional de Colegios Científicos estará integrado por: (a) El Ministro de Educación Pública, quien lo presidirá, (b) Dos representantes del Ministerio de Ciencia y Tecnología, (c) Un representante del Consejo Nacional para la Investigación Científica y Tecnológica (CONICIT). (ch) Cuatro representantes de las universidades nombrados por el Consejo Nacional de Rectores (CONARE). (d) Un representante de la Cámara Nacional de Agricultura y Agroindustria. (e) Un representante de la Cámara de Industrias de Costa Rica, (f) Un representante seleccionado por el Ministro de Educación, de una terna que le presentará la Unión Nacional de Cámaras y Asociaciones de la Empresa Privada.

Los C.C.C. hoy

Los Colegios Científicos Costarricenses se encuentran actualmente hacia el final de su tercer año de operación. Sus alumnos de undécimo año acaban de regresar de una larga visita de cinco semanas por distintos lugares de la costa del este y la costa del oeste de los Estados Unidos de Norteamérica. Esta visita, al igual que la visita de los alumnos de undécimo año del curso pasado, pudieron visitar laboratorios, planetariums, fábricas, escuelas, museos, y muchos otros sitios de interés cultural y científico. Estos viajes han sido una cortesía del gobierno de los Estados Unidos, a través de la Agencia para el Desarrollo Internacional, A. I. D., dentro del programa de becas a corto plazo.

Los C.C.C. cuentan ya con Bachilleres salidos de sus aulas, quienes se encuentran cursando el primer año universitario en la Universidad de Costa Rica o en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. A estas instituciones de educación superior, ingresaron con las más altas calificaciones en los exámenes de ingreso correspondientes, después de haberse graduado como bachilleres con calificaciones a la cabeza de los colegios de educación media del país.

Es aun muy temprano para determinar el impacto social de los Colegios Científicos Costarricenses, pero los resultados hasta el momento prometen ser extraordinariamente beneficiosos para la nación.

## ANEXO

"Io. de setiembre de 1988.

Sr.Dr.

Mario Carvajal

Presidente

Comisión de Asuntos Socialesde la Asamblea Legislativa.

S.O.

Estimado Señor:

Estoy enviándole algunas observaciones sobre el proyecto número diez mil seiscientos sesenta y tres "Ley de Desarrollo Científico y Tecnológico".

Pienso que una ley de esta naturaleza es algo importantísimo en la vida nacional, y que constituye uno de los numerosos esfuerzos que debemos hacer para acercarnos cada vez más al ideal de desarrollar una robusta preparación científica de los costarricenses, la cual es prerequisite de una sólida y fructuosa tecnología científica, la cual, finalmente, es prerequisite indispensable para que Costa Rica pueda participar en las industrias del presente y del futuro, y competir con los países desarrollados del mundo.

Ahora bien, en mi opinión, el proyecto de ley 10663 adolece de un defecto sumamente grave: no toma en cuenta la vital necesidad de atender, cultivar, dar atención y servicios especiales, a aquellos pocos que muestran desde temprano un extraordinario amor e interés por la actividad científica, y una dedicación extraordinaria a los estudios profundos y serios.

La ley abunda en menciones de la necesidad de dar una buena formación científica y tecnológica, a todos los costarricenses, por supuesto:

(copia textual del proyecto 10663) "Políticas educativas para el desarrollo científico y tecnológico: Son la planificación de las estrategias educacionales, que estimulan la creación de un espíritu científico en todos los habitantes del país..." (pág.6)

"...(d) Fomentar políticas educacionales que busquen la creación de un espíritu científico, en todos los habitantes del país..." (Título I, De los principios. Capítulo 1. página 7).

"...(c) Fomentar, por medio de los instrumentos educativos a su disposición, un espíritu científico en todos los educandos y en toda la población nacional." (Capítulo III, pág. 9)

Pero, si bien es muy cierto que debemos hacer un gran esfuerzo encaminado a que toá los costarricenses estemos dotados de una buena preparación científica y tecnológica, este gran esfuerzo es solamente uno de los dos aspectos que un plan de desarrollo científico y tecnológico debe comprender.

El esfuerzo por desarrollar a Costa Rica dotándola de una ciencia y una tecnología científica sólida y productiva, requiere que iniciemos simultáneamente dos procesos.

Uno de esos dos procesos es el que va dirigido a elevar la comprensión y la formación de todos los costarricenses. Como queda dicho arriba, este proceso ha sido debidamente tomado en cuenta en el proyecto de ley 10663.

El otro es el proceso que va dirigido a identificar a los niños y a los jóvenes más estudiosos y más interesados en las ciencias, y dirigido a proporcionar a estos estudiantes instrucción tan sólida y profunda como sus capacidades lo permitan, y, sobre todo, como sus intereses, entusiasmos, y capacidad de trabajo lo permitan.

Si bien el primero de los dos procesos estuvo muy presente en las mentes de quienes escribieron el proyecto de ley número 10663, el segundo no es mencionado siquiera.

Ahora bien, una probable réplica a mis observaciones podría ser que una cosa es lo que la ley debe establecer, y otra cosa lo que deberá ser establecido por sus reglamentos. Esta réplica me parecería totalmente insatisfactoria y viciada de vulnerabilidad ante las " vicisitudes políticas del momento o del gobierno de turno", para usar la expresión que encontramos en el tercer párrafo de la página cuatro del proyecto de ley en cuestión.

Me permito recomendar concretamente, que sea la Ley misma la que establezca la obligación del Estado de crear una institución de educación secundaria, o media, en la cual sean atendidos los estudiantes de mejores calificaciones en matemática, física, química, biología, y lenguas extranjeras.

El criterio de admisión a dicha institución sería el aprovechamiento demostrado en una prueba de contenidos en matemáticas, física, química, biología y lenguas extranjeras, y no la inteligencia medida por pruebas de "coeficiente intelectual". Un sistema de becas garantizaría las oportunidades de estudio en ella, a los estudiantes menos favorecidos socioeco-nómicamente. Sus programas y planes de estudio y curriculum en general, deberían quedar fuera del alcance de las tendencias pedagógicas imperantes en la actualidad, más bien hostiles a la excelencia académica y tendientes a identificar atención especial a aquellos que se destacan académicamente, con atentados contra el espíritu democrático.

En etapas posteriores, el Estado tendría que cumplir con la obligación de crear otra institución de este tipo a nivel de la educación primaria, y, finalmente, otra a nivel de la educación superior.

Lo que estoy recomendando no es, precisamente, original. Para encontrar ejemplos de la necesidad de emprender las dos tareas, o sea, lapreparación de todos, con un excelente "paquete científico mínimo" para todos los ciudadanos, paralela a la tarea de cultivar una élite cienlíficii tan buena como la élite científica de los EEUUAA, Japón, la URSS, Korea, Francia, etc., etc., bastará con observar la experiencia y la evolución reciente de los mencionados países.

Podríamos ampliar lo expuesto aquí, en conversaciones personales con usted.

Sin más por el momento, lo saluda atentamente,

Francisco Antonio Pacheco  
Ministro de Educación Pública"(2)

## Notas

- [1] Director Ejecutivo, Consejo Nacional del Sistema de Colegios Científicos.
- [2] Proyecto de Ley Número 10663. Publicaciones de la Asamblea Legislativa de Costa Rica, 1988.
- [3] Carta del Sr. Ministro de Educación, Dr. Francisco Antonio Pacheco, al Dr. Mario Carvajal, Presidente de la Comisión de Asuntos Sociales. Fechada día primero de setiembre de 1988. Correspondencia del Sr. Ministro.
- [4] Documento resoluciones de la "Primera Conferencia Iberoamericana, Educación, Trabajo y Empleo: Alternativas para los Años 90", celebrada en La Habana, Cuba, 24 al 26 de noviembre de 1988.
- [5] Person Benbow, C, Stanley, J. C, *Academic Precocity, Aspects of Its Development*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore: 1983.
- [6] Stanley, Julián C, "State Residential High Schools", en *Phi Delta Kappan*. Junio de 1987.
- [7] Hagen, E., *Identification of The Gifted*. Teachers College Press. New York: 1980.
- [8] Roedell, W., Jackson, N.E., Robinson, H.B., *Gifted Young Children*. Teachers College Press. New York: 1980.
- [9] Morgan, H.J., Tennant, C.G., Gold, M.J., *Elementary and Secondary Level Programs for The Gifted and Talented*. Teachers College. New York:1980.
- [10] Decreto presidencial número 19059. Firmado el día ocho de mayo de mil novecientos ochenta y nueve.
- [11] Decreto presidencial número 19604-MEP. Firmado el día dieciocho de abril de mil novecientos noventa.
- [12] Ley Número 7169, *Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico*. De fecha 26 de junio de 1990.



## 4. HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LAS MATEMÁTICAS



### 4.1 AQUILES Y LA TORTUGA, UN PROBLEMA FILOSÓFICO

Fernando Cajas Dominguez. [\[1\]](#)

#### RESUMEN

*En este artículo se presenta una discusión preliminar sobre la paradoja de la dicotomía de Zenón con el ánimo de preparar al lector para analizar el dilema Aquiles y la tortuga.*

*Se resuelven las paradojas por medio de un modelo físico-matemático y se encuentra que en el fondo Zenón planteaba un problema de tipo filosófico.*

*"Por supuesto, una inteligencia que ¡o conociera todo no tiallaría paradojas ni en la lógica, ni en la matemática".*

*James R. Newman.*

#### INTRODUCCIÓN

Hace unos dos mil quinientos años, Zenón de Elea construyó cuatro argumentos, con los que intentaba probar que el movimiento y, en general, el cambio son ilusorios. Parece ser que los argumentos de Zenón son lógicamente coherentes, o sea, son racionalmente válidos, pero chocan con nuestra experiencia. Actualmente, sabemos que algunas de las premisas de los razonamientos de Zenón son falsos de hecho, es decir, no se acomodan a la realidad, por lo que tienen consecuencias falsas.

Como adversario de los pitagóricos y de las ideas atomistas, Zenón construyó sus famosas paradojas, para obtener magnitudes continuas, como se observa en las hipótesis que plantea al elaborar sus razonamientos, donde supone que el espacio es divisible, ad infinitum; considerando en la misma línea la naturaleza del tiempo (Heath 1981). "Las paradojas de Zenón han puesto en aprietos a filósofos y matemáticos, han zarandeado nociones preconcebidas y han conducido a reformas de largo alcance, tanto en la lógica como en la matemática (Newman, 1976), debido a que plantean problemas importantes.

## ANÁLISIS DE LA PARADOJA DE LA DICOTOMÍA

Un corredor que debe recorrer una distancia dada, deberá recorrer, en primer lugar, la mitad de esa distancia, pero antes de recorrer ésta, deberá recorrer el primer cuarto de la distancia inicial, y aun antes, el primer octavo, así indefinidamente. Por lo tanto, el movimiento es imposible (Oliveros, 1991).

Para fines de exposición, voy a sustituir el enunciado anterior por uno equivalente dado por Moreno y Waldegg (1985); el razonamiento siguiente también fue tomado de dichos autores.

Un cuerpo (corredor) se mueve de A a B (Figura 1) con una velocidad constante. Sea T el tiempo necesario para llegar a A<sub>1</sub> el punto medio de AB; entonces como su velocidad es constante, necesitará un tiempo T/2 para llegar a A<sub>2</sub>, el punto medio de A<sub>1</sub>B y un tiempo T/4 para llegar a A<sub>3</sub>, punto medio de A<sub>2</sub>B, etc.

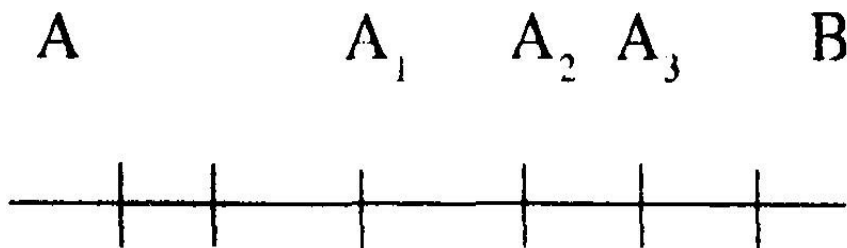


Figura 1

Luego, el tiempo total para ir de A a B será la suma de todos los tiempos parciales: T + T/2 + T/4 + T/8 ...

Pero ésta es una suma infinita, pues el segmento sobrante siempre se puede dividir en dos. Como AB es un segmento cualquiera, la paradoja nos lleva a concluir que es imposible el movimiento.

La experiencia nos dice que es posible el movimiento, además nos dice que el corredor tarda para ir de A a B un tiempo 2T, de tal manera que la suma planteada, aunque con una infinidad de términos, tiene un resultado finito.

La contradicción se resuelve al encontrar la suma:

$$T + \frac{T}{2} + \frac{T}{4} + \frac{T}{8} + \dots$$

$$= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{T}{2^n} = T \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2^n}$$

Esta última sumatoria es una serie geométrica de razón 1/2, cuya suma es:

$$\frac{1}{1 - 1/2} = 2$$

de tal forma que:

$$T + T/2 + T/4 + T/8 \dots = T \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2^n} = 2T$$

lo que está de acuerdo con la experiencia y resuelve la paradoja.

## ANÁLISIS DE LA PARADOJA DE AQUILES - TORTUGA

Aquiles "el de los pies ligeros" compitiendo en una carrera con una tortuga, a la que se ha dado una ventaja inicial, por muy velozmente que corra, no podrá alcanzar ni, por supuesto, adelantar nunca a la tortuga, por muy lentamente que ésta se mueva, pues cuando Aquiles haya alcanzado la posición inicial de la tortuga, ésta habrá avanzado alguna distancia, aunque sea pequeña, y cuando Aquiles haya recorrido esta distancia, la tortuga habrá avanzado algo más lejos, y así el proceso continúa indefinidamente, con el resultado de que el veloz Aquiles no puede alcanzar a la lenta tortuga (Boyer, 1986).

Con el propósito de hacer más entendible esta paradoja, voy a ilustrar el problema suponiendo que Aquiles corra diez veces más rápido que la tortuga, sean  $V_A$  y  $V_T$  respectivamente, dichas velocidades, entonces  $V_A = 10 V_T$ .

Se van a suponer datos numéricos para la solución, lo que no demerita a la misma, pues al final se generalizará el resultado. Sea que Aquiles le da una ventaja inicial a la tortuga de diez metros ( $S_0 = 10\text{m}$ ) y que se mueve con una velocidad constante  $V_A = 10 \text{ m/s}$ . La figura 2 es un esquema del movimiento, siendo  $n$  la  $n$ ésima prueba que hace Aquiles de alcanzar a la tortuga,  $t =$  el tiempo en segundos. La línea continua representa la distancia que le falta a Aquiles por recorrer y la línea discontinua lo que ha recorrido; de acuerdo al razonamiento de Zenón. Nótese que cuando Aquiles recorre 10 m., la tortuga recorre 1 m., luego Aquiles recorre ese metro y la tortuga 1/10 de metro, luego Aquiles recorre ese 1/10 de metro y la tortuga 1/100, o sea,  $1/10^2$  de metro lo separa de la tortuga, así al infinito.

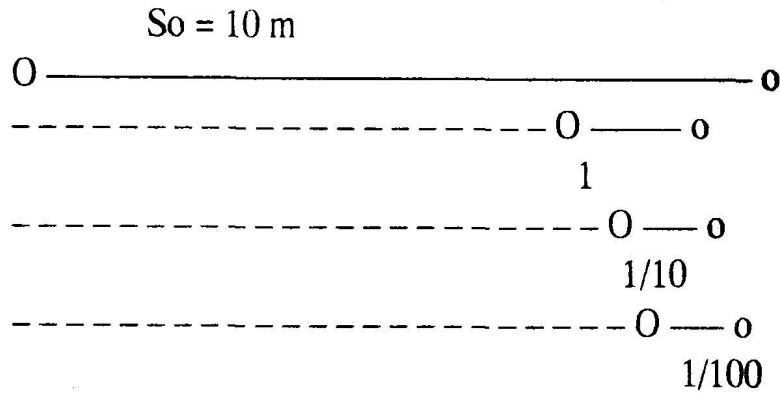


Figura 2

la distancia que Aquiles recorre ( $D_A$ ) se obtiene al sumar cada uno de los segmentos continuos de la figura 2, esto es:

$$D_A = 10 + 1 + \frac{1}{10} + \frac{1}{10^2} + \frac{1}{10^3} + \dots = 10 + \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{10^n}$$

¿converge  $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{10^n}$ ? Sí, es una serie geométrica de razón igual a  $1/10$ , cuya suma es:

$$\frac{1}{1 - 1/10} = \frac{10}{9}$$

por lo que Aquiles recorre, hasta alcanzar a la tortuga, es una distancia  $D_A$ , tal que

$$D_A = 10 + \frac{10}{9} \text{ m} = \frac{90}{9} + \frac{10}{9} = \frac{100}{9} \text{ m}$$

esta respuesta resuelve la paradoja. Es importante aclarar que esta respuesta está de acuerdo a lo que predice la física actual, tal como se muestra en el Anexo 1.

Para concluir esta sección, voy a plantear una serie más general, a saber:

$$D_A = S_o + \sum_{n=1}^{\infty} 1/b^n$$

que matemáticamente conduce a la negación de lo afirmado

por la paradoja de Aquiles y la tortuga. En esta última fórmula,  $S_o$  es la "ventaja" que Aquiles da a la tortuga, y  $b$  es la relación entre la velocidad de Aquiles y la velocidad de la tortuga, es  $b = V_A /$

$$\sum_{n=1}^{\infty} 1/b^n$$

$V_T$ . Como se conoce a partir de la teoría de series,  $\sum_{n=1}^{\infty} 1/b^n$  converge para  $b > 1$  y diverge para  $b < 1$ ; esto es claro, las tres condiciones y sus consecuencias se resumen en la tabla siguiente.  $b > 1$  /  $\sum_{n=1}^{\infty} 1/b^n$  converge, Aquiles alcanza y rebasa a la tortuga.

$b > 1$  /  $\sum_{n=1}^{\infty} 1/b^n$  diverge. Aquiles no alcanza a la tortuga.

$b < 1$  /  $\sum_{n=1}^{\infty} 1/b^n$  diverge. Aquiles no alcanza a la tortuga.

## AQUILES Y LA TORTUGA, UN PROBLEMA FILOSÓFICO

Hasta mediados del siglo V a.N.E., los pitagóricos daban por un hecho que todas las magnitudes eran conmensurables (Cantor, 1983), esto arrastra la suposición filosófica de que el número discreto era la sustancia esencial o primer principio de todas las cosas, de tal forma que el espacio y el tiempo se imaginaban como formados por puntos e instantes y las cosas eran la sustancia esencial o primer principio de todas las cosas, de tal forma que el espacio y el tiempo se imaginaban como formados por puntos e instantes y las cosas eran conjuntos infinitos de partículas infinitamente pequeñas; una especie de atomismo numérico (Oliveros, 1991). El descubrimiento de magnitudes para las cuales no había una unidad de medida común, como el caso de la diagonal y el lado de un cuadrado, enfrentó a la doctrina pitagórica a una crisis. Esta dificultad que nació de modo natural, fue acompañada de un ataque que procedía de un movimiento filosófico rival al de los pitagóricos. Este movimiento estaba encabezado por Parménides de Elea, quien concebía que el principio de todas las cosas era el de la unidad y la permanencia del ser, que contrasta profundamente con las ideas pitagóricas de multiplicidad y cambio (Boyer, 1986).

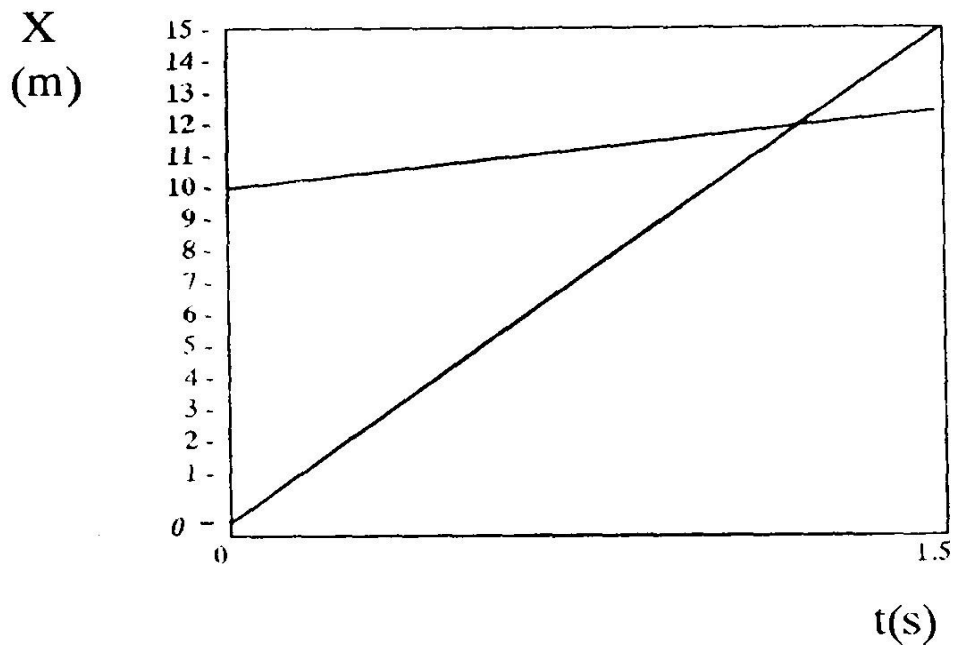
Zenón, discípulo de Parménides, propuso una serie de argumentos para demostrar la inconsistencia de la postura pitagórica y, aunque el problema no se dilucidó, tuvo el mérito de plantear un problema profundo, que no era más que la rivalidad entre dos concepciones filosóficas del Universo. Tomando en cuenta las luces de su tiempo, las paradojas no tenían solución en la época de Zenón. Ahora, al corregir algunas premisas de los razonamientos de Zenón y al resolver la serie matemática que plantea, se ha resuelto el dilema.

Sin embargo, cuál es la concepción de espacio y de tiempo correcta, ¿la de los pitagóricos?, con su visión discreta; ¿la de los eleáticos?, con su visión continua. Hoy es martes veinticinco de junio de mil novecientos noventa y uno, han transcurrido aproximadamente dos mil cuatrocientos cincuenta y dos años, y el tema que tocó Zenón de Elea sigue siendo de actualidad, esto es: ¿qué teoría de espacio-tiempo es convalidada por la física actual? Un problema filosófico abierto.

## ANEXO 1

Solución cinemática de la paradoja Aquiles-tortuga

La siguiente gráfica, de posición versus tiempo, representa el movimiento de Aquiles y el de la tortuga. Se puede construir de acuerdo a los datos numéricos del artículo. La intersección de las líneas representa el momento en que Aquiles alcanza a la tortuga.



Aquiles  $V_A = 10$  m/s

Tortuga  $V_T = 1$  m/s

Cuando un objeto se mueve con velocidad constante, el modelo cinemático permite escribir  $x = x_0 + V_T$ , sustituyendo para  $X_A =$  posición de Aquiles y  $X_T =$  posición de la tortuga, se encuentra que

$$X_A = 10t, \quad x_T = 10 + t$$

el encuentro se da en  $X_A = X_T$ , así que Aquiles recorre

$$\begin{aligned} 10t &= 10 + t \\ X_A &= 10(10/9) \\ 9t &= 10 = 100/9 \text{ m} \\ t &= 10/9 \text{ s} \end{aligned}$$

## ANEXO 2

¿Qué es un problema filosófico?

Hemos resuelto el dilema de Aquiles y la tortuga por medio de la interpretación precisa de un modelo fisico-matemático. Sin embargo se ha insistido que en el fondo Zenón planteaba un problema filosófico. En este anexo se tratará de justificar con más profundidad esta opinión.

Primero, ¿qué es un problema? Fridman [2] sugiere que un problema surge cuando el sujeto se encuentra con una dificultad que no puede resolver automáticamente. Algunos problemas pueden resolverse con ayuda de la ciencia, en especial aquellos que tienen como objetivo aumentar nuestro conocimiento. Como los problemas filosóficos son problemas de conocimiento, se pueden plantear sobre un trasfondo científico. Esta visión no es muy popular, primero porque la filosofía a adquirido la fama de ser oscura; segundo porque existe una opinión generalizada de que la filosofía es simplemente un conjunto de doctrinas y opiniones, sin embargo plantea la ventaja de poder utilizar el método de la ciencia en el manejo de problemas filosóficos.

Luego de estas aclaraciones se hará una caracterización de los problemas filosóficos propuesta por Mario Bunge [3], aunque algunos de los ejemplos han sido adaptados a éste trabajo.

Tipo de problema filosófico	Ejemplos
<b>lógicos</b>	¿qué relaciones formales (lógicas y algebraicas) hay entre dos teorías dadas? ¿es la lógica dialéctica congruente con la lógica formal?
<b>semánticos</b>	¿cuál es el contenido lático de una teoría dada? ¿cuál es la interpretación lática de una teoría matemática?

Es posible agregar problemas filosóficos de tipo metodológicos, éticos, etc. pero a este nivel parece que se puede resumir algo sobre la naturaleza de los problemas filosóficos, a saber:

- son de tipo general, globalistas,
- en su planteamiento no se presentan datos empíricos,
- no pertenecen a ninguna ciencia en particular.

Como puede verse, el dilema de Aquiles y la tortuga plantea un problema filosófico de tipo ontológico.

## NOTAS

[1] Universidad de Panamá. Panamá.

[2] FRIDMAN L. "Metodología de la enseñanza para la resolución de problemas" *Matemática Educativa*. Num. 3. Vol 1. México 1990.

[3] BUNGEM. *Epistemología*, Ariel, 1985.

## REFERENCIAS

1. **BOYER, C.** *Historia de la Matemática*. Ed. Alianza Universidad. Madrid, 1986.

2. **BUNGE, M.** *Racionalidad y Realismo*. Ed. Alianza Universidad. Madrid, 1985.

3. **CANTORAL, R.** *Procesos del Cálculo y su Desarrollo Conceptual*. CINVESTAV-IPN, México, 1985.

4. **HEATH, T.** *A History of Greek Mathematics*, Vol. I. Dover Publications, Inc. 1981.

5. **OLIVEROS, O.** "Surgimiento de los Métodos Infinitesimales" (Conferencia NQ 1). Curso: Análisis I, Maestría en Matemática. Universidad de Panamá, 1991.

6. **MORENO y WALGEGG.** *Cálculo Análisis, Una Transición*, Vol. I. Edición Preliminar. CINVESTAV - IPN, México, 1985.

7. **NEWMAN, KASNER Y JAMES.** Paradoja Perdida, Paradoja Recuperada. Cap. IV. de *El Mundo de la Matemática*, Vol. 5. Tercera Edición. Grijalbo, México, 1986.



## 4.2 GEOMETRÍA Y LA TECNOLOGÍA

Edison De Faria Campos. [1]



### RESUMEN

*En este trabajo se analiza la importancia de la geometría en el desarrollo científico y tecnológico desde un punto de vista histórico.*

### SUMINISTRANDO AGUA A UNA GRAN CIUDAD

Debido al crecimiento de la población en una ciudad de la antigua Grecia, sus pobladores preocupados por la escasez de agua decidieron construir un canal que uniera la ciudad a una fuente de agua ubicada en una montaña cercana a la ciudad.

El canal debería de atravesar una gran colina y tenía que cruzar una montaña localizada entre la ciudad y la fuente de agua conforme se indica en la Figura 1.

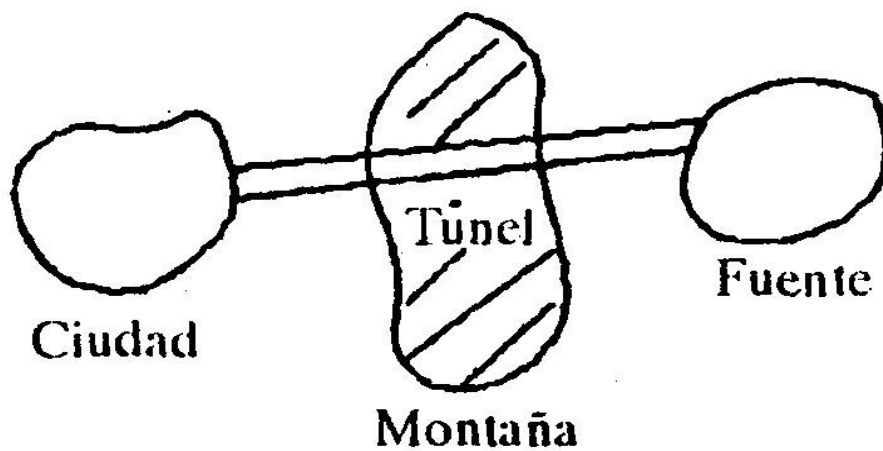


Figura 1

Los constructores se dividieron en dos grupos. Uno de ellos escarvaría un lado de la montaña mientras que el otro grupo escarvaría del otro lado, y ambos deberían de encontrarse dentro del túnel de tal forma que la trayectoria total descrita fuera una línea recta.

Entonces la situación consistía en determinar en que puntos de la montaña deberían de empezar a escarvar y qué dirección deberían de tomar para que el encuentro fuera exitoso. Recordemos que en este entonces no se conocían las señales de radio o el telescopio.

Suponiéndose que la fuente de agua se encuentra a un nivel superior que el de la ciudad, nuestro problema se resume en idear un método para determinar la línea de visión entre dos puntos coplanares C y S cuando interviene una montaña, el cual es un problema geométrico. (Fig. 2)

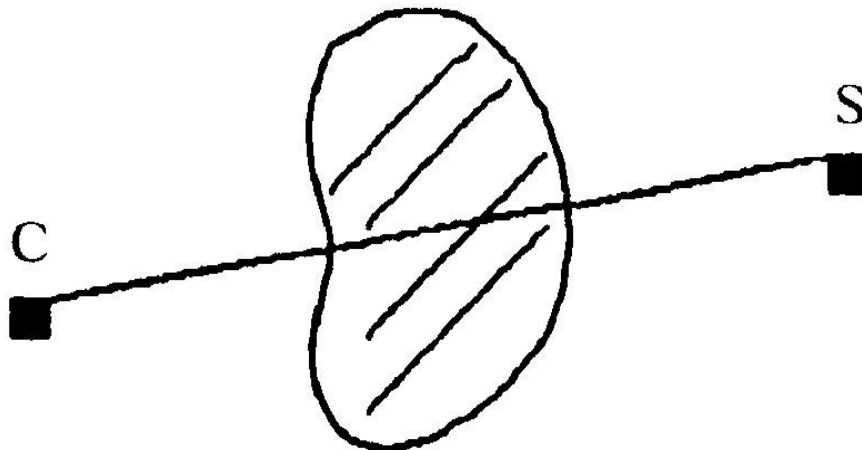


Figura 2

Sea O un punto fuera de la montaña, desde el cual podemos observar tanto C cuanto S.

Considere el triángulo OCS (Fig. 3)

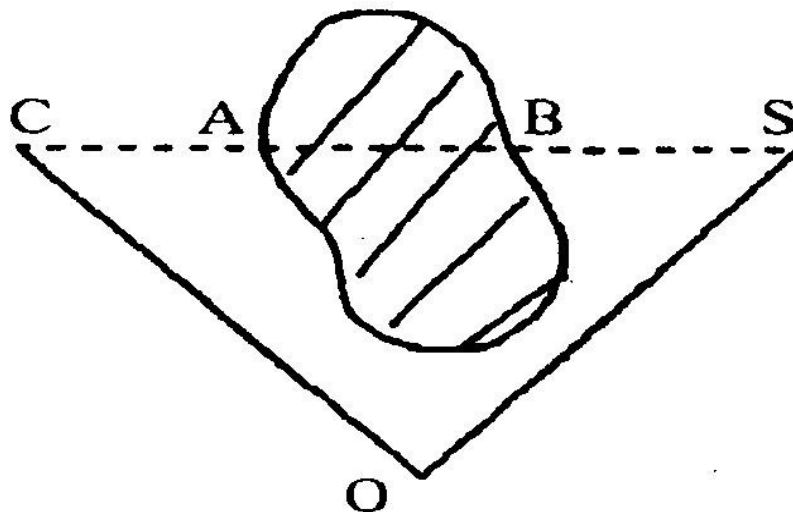


Figura 3

Desde O podemos medir el ángulo SOC y las distancias OC y OS.

No podemos medir el ángulo OCA y tampoco el ángulo OSB debido a la intervención de la montaña entre C y S, lo que impide conocer la dirección CA y SB. Tampoco podemos medir la distancia CS. Pero el conocimiento del ángulo SOC, de las longitudes de OC y OS son suficientes para determinar completamente el triángulo OCS.

Para esto, podemos construir otro triángulo semejante al triángulo OCS (un modelo en pequeña escala del triángulo original) y así medir los dos ángulos que faltan ser medidos, y la longitud del lado desconocido. (Fig. 4)

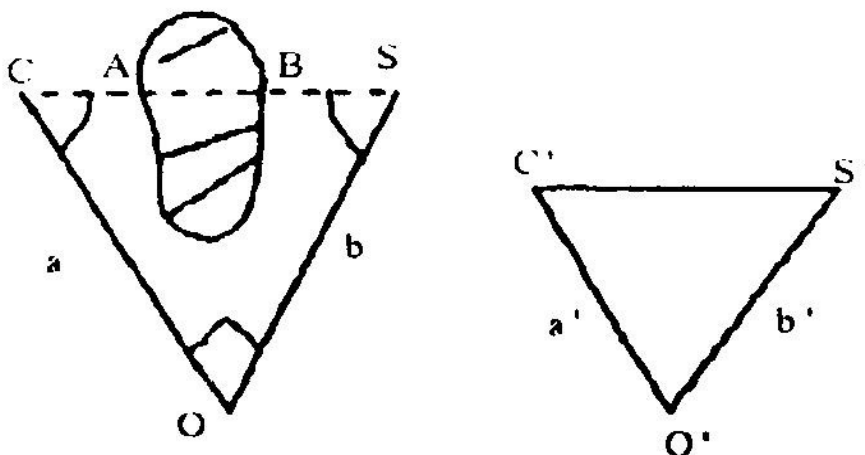


Figura 4

Con esto resolvemos el problema. El largo del túnel y los puntos A y B pueden ser obtenidos utilizando el triángulo auxiliar y proporción simple.

## MIDIENDO EL RADIO Y LA CIRCUNFERENCIA DE LA TIERRA

Eratóstenes (280-195 A.C.) realizó una prominente hazaña al tratar de determinar el radio de la tierra.

Para esto, él llegó a la conclusión de que las ciudades de Siena y Alejandría se encontraban en el mismo meridiano.

Como existía carretera entre Siena y Alejandría, la distancia entre ellas era conocida y su valor era de 5000 estades, lo que representa aproximadamente 925 Km. (Fig. 5)

Eratóstenes observó que en Siena, a mediodía del día del solsticio de verano, no se producían sombras, mientras que en Alejandría los cuerpos sí daban sombra a la misma hora del día mencionado anteriormente.

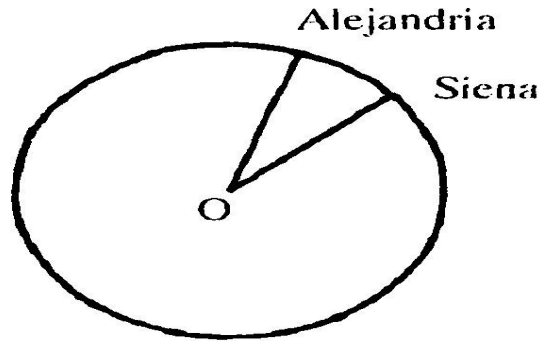


Figura 5

Considerando paralelos los radios del Sol, él clavó verticalmente una vara de longitud AB en cierto lugar en Alejandría, y midió la longitud AC de la sombra producida por la vara, confórmese indica en la figura 6.

Siendo conocida la distancia SA y la sombra AC, trazó el triángulo CAB y midió el ángulo B.

Como el rayo DS es paralelo al rayo BC entonces la recta BAO es transversal a las paralelas DS y BC, y por lo tanto el ángulo B es igual al ángulo O.

Eratóstenes determinó que el ángulo B medía aproximadamente  $7^{\circ}12'$ , y por lo tanto la medida del

ángulo O es aproximadamente  $7^{\circ}12'$ , y  $\frac{\Delta O}{360} = \frac{7^{\circ}12'}{360} = \frac{1}{50}$  es decir, el ángulo O mide la

cincuentava parte de 360. Consecuentemente el arco AS es la cincuentava parte de la circunferencia de la Tierra.

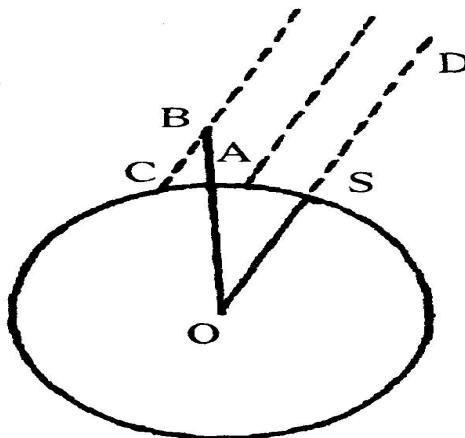


Figura 6

Pero la medida de AS es de aproximadamente 925 Km, tal que la circunferencia de la tierra es aproximadamente 50 veces 925 Km es decir 46 250 Km, un valor bastante aproximado al hoy conocido el cuál es de 40 074 Km.

Por lo tanto el radio de la Tierra mide :  $r = 46250 / 2 \pi \text{ Km} = 7361 \text{ Km}$

## EL SOL, LA LUNA Y ARISTARCO DE SAMOS

Aristarco de Samos (310-250 A.C.) famoso por su teoría heliocéntrica, logró estimar la razón entre la distancia Tierra-Sol y Tierra-Luna en una forma muy genial.

Su idea germinó por medio del entendimiento de cómo ocurren las fases de la Luna.

La Luna no posee luz propia sino que refleja los rayos solares que inciden sobre ella en forma prácticamente paralelos debido a la gran distancia entre el Sol y la Luna.

Así un observador en  $P_1$  (transparente para no bloquear los rayos solares dirigidos hacia la Luna) podría mirar casi todo hemisferio lunar iluminado, es decir, luna llena. (Fig. 7)

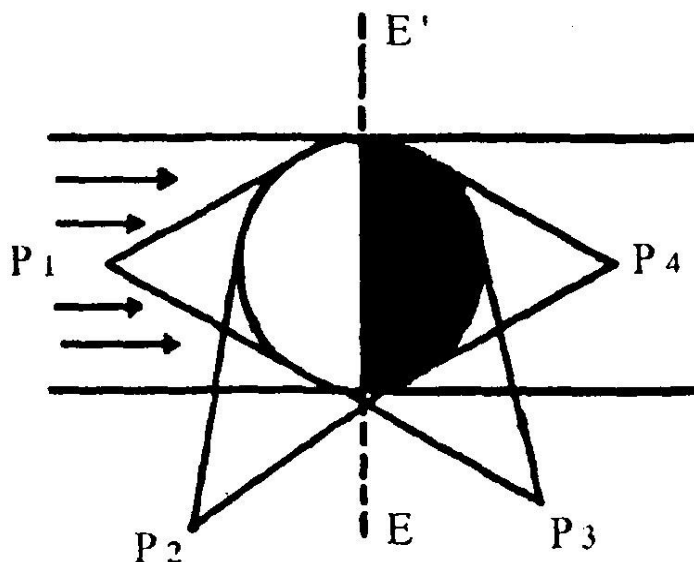


Figura 7

En  $P_1$  su campo de visión incluye parte del hemisferio iluminado y parte no iluminado (invisible) y él mira la Luna en forma un poco mayor que un semicírculo.

En  $P_3$  su campo de visión incluye muy poca parte iluminada y gran parte invisible de la Luna, tal que él mira a la Luna como creciente.

En  $P_4$  él no mira la Luna.

¿En qué posición observaría media Luna ?

El observador miraría la mitad de la Luna, cuando su campo de visión abarque la mitad del hemisferio iluminado y mitad del hemisferio no iluminado, es decir, cuando esté sobre la recta  $EE'$ .

Lo anterior nos dice que esto ocurre cuando el ángulo Tierra-Luna-Sol es recto.

Bajo condiciones atmosféricas ideales, durante el día, el Sol y la Luna son visibles, y en uno de estos días Aristarco observó la media Luna. (Fig. 8)

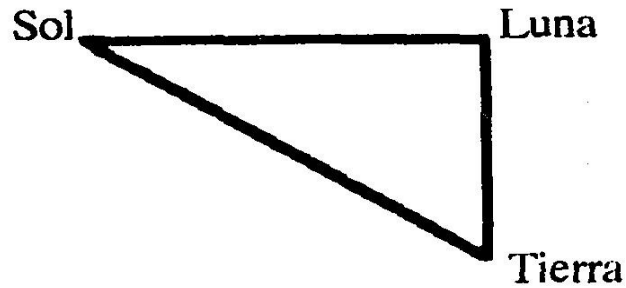


Figura 8

Debido a los instrumentos tan primitivos utilizados por Aristarco, él observó que en la situación mencionada anteriormente, el ángulo Tierra-Sol, Tierra-Luna era de  $29/30$  de un ángulo recto, es decir, aproximadamente  $89^{\circ}21'$ .

Ahora consideremos la figura 9.

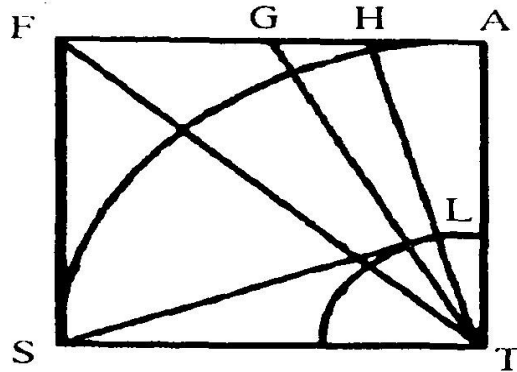


Figura 9

Sea S el Sol, T la Tierra y L la Luna. Con T como centro y radio TS y TL describimos círculos conforme indicado en la figura anterior.

Sea TA perpendicular a TS. Trazando TF bisecando el ángulo ATS, y TG bisecando el ángulo ATF, y prolongando TL hasta cortar AF en H, entonces el ángulo ATL es (por observación) de  $1/30$  de un ángulo recto. Entonces :

$$\angle ATG = \angle ATH :: 1/4 \text{ ángulo recto} = 1/30 \text{ ángulo recto} :: 15 = 2$$

$$\therefore AG : AH > 15 : 2 \dots (1)$$

$$\text{Pero } FG^2 : AG^2 = TF^2 : TA^2 = 2:1 (*)$$

(\*) Euclides VI.3 u 1.47.

$$\therefore FG^2 : AG^2 > 49 : 25 \therefore FG : AG > 7 : 5 \therefore$$

$$AF : AG > 12 : 5 \quad AE : AG > 12 : 5$$

De (1) y (2) tenemos que  $AT:AH > 18:1$

Pero los triángulos TLS y TAH son semejantes, donde  $TS : TL > 18 : 1$

Análogamente, Aristarcos demostró que  $TS : TL < 20 : 1$

Por lo tanto, Aristarcos demostró que la distancia entre el Sol y la Tierra es 18 veces mayor y 20 veces menor que la distancia entre Tierra y Luna:  $18 < TS / TL < 20$

## **DIOCLES Y LOS ESPEJOS INCENDIARIOS**

Pitión de Tasos en 250 A.C. planteó el siguiente problema : "¿ Qué forma debe de tener una superficie de un espejo que refleje en un punto todos los rayos del Sol que inciden sobre él ?

Esta pregunta fue contestada por Dositheus en 225 A.C. y demostrada por Diocles en 180 A.C. Lo interesante es que el documento donde venía la demostración se perdió, pero fue descubierto en 1974.

Diocles descubrió entre otras cosas, la curva denominada cisoide, la cuál fue utilizada para resolver el problema de dos medias proporcionales. A él se atribuye el hecho de haber sido el autor de un método para resolver el equivalente de cierta ecuación cúbica por medio de la intersección de una elipse y una hipérbola.

En su proposición 4 del trabajo sobre espejos incendiarios, Diocles resolvió el problema de construir un espejo incendiario de longitud focal dada, por un método que consiste en trazar una parábola conociendo foco y directriz. Se atribuye a él el descubrimiento de la propiedad focodirectriz de la parábola.

Proposición: Considere la parábola KBM con eje AZ y sea la mitad a BH, sobre el eje y sea BE bisecado por el punto D, arbitrario Q, y tracemos la recta QG perpendicular a AZ. (fig.10) perpendicular a QA encuentra AZ más allá de E. Entonces,

$$GZ = BH \text{ y } HB = BE \text{ tal que } GZ = BE$$

Restando GE común a GZ y BE tenemos

$$GB = EZ \text{ Pero } GB = BA \text{ tal que } AB = EZ \text{ y } BD = DE \text{ porque BE es bisecado en D.}$$

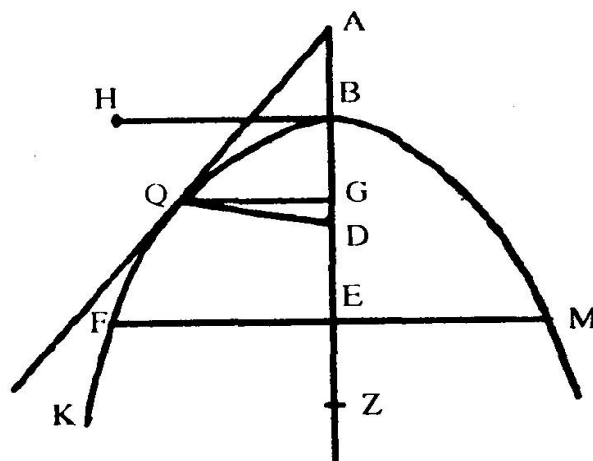


Figura 10

Entonces,  $AD = DZ$ .

Como el triángulo  $AQZ$  es rectángulo con su lado  $AZ$  bisecado en  $AD = DQ = DZ$  tal que la medida del ángulo  $O$  es igual a la medida del ángulo  $X$  y la medida del ángulo  $A$  es igual a la medida del ángulo  $P$  más la medida del ángulo  $C$ .

Sea  $QS$  la recta paralela a  $AZ$  pasando por  $Q$ . Entonces,

$$\angle O = \angle R$$

$$\angle O = \angle X \text{ tal que } \angle X = \angle R$$

$$\text{y } \angle P + \angle C + \angle X = \angle R + \angle T \text{ (ángulos rectos)}$$

$$\text{tal que } \angle T = \angle P + \angle C$$

Entonces, cuando la recta  $SQ$  encuentra la recta  $AQ$ , ella es reflejada en el punto  $D$ , formando ángulos iguales,  $T$  y  $P + C$  entre ellas y la recta tangente  $AQ$ .

Por lo tanto, hemos mostrado que si uno traza desde cualquier punto sobre  $KBM$  una recta tangente a la sección, y traza la recta que une el punto de tangencia al punto  $D$ , por ejemplo la recta  $QD$ , y dibuja la recta  $SQ$  paralela a  $AZ$ , entonces  $SQ$  es reflejada en ángulos iguales con la recta tangente a la sección.

Todas las rectas paralelas desde puntos sobre  $KBM$  tienen la misma propiedad, tal que ellas incidirán sobre el punto  $D$ . Si  $AZ$  se mantiene estacionaria y  $KBM$  gira (alrededor de  $AZ$ ) hasta regresar a su posición original, y una superficie cóncava de latón es construida sobre la superficie descrita por  $KBM$ , y es colocada frente al Sol de tal forma que los rayos del Sol inciden sobre la superficie cóncava, entonces ellos serán reflejados en el punto  $D$ , debido a que tales rayos son paralelos entre sí.



Además, cuanto mayor es la superficie reflectante, mayor será el número de rayos reflejados en el punto D. (Fig. 11)

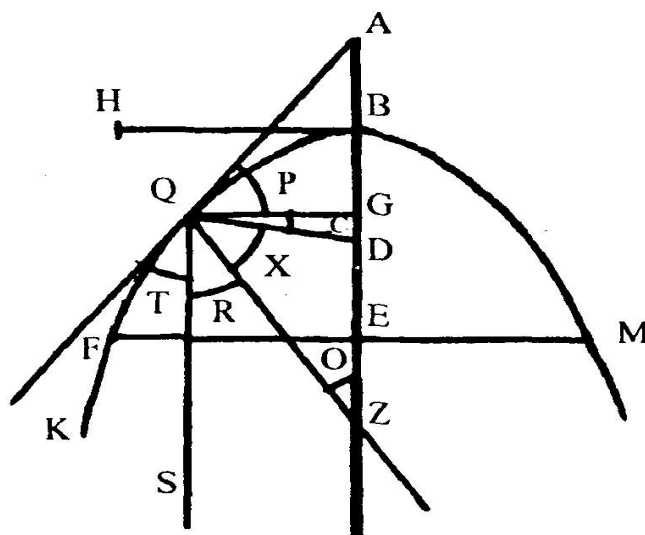


Figura 11

## NOTAS

[1] Programa de Investigaciones Meta-Matemáticas. Escuela de Matemática. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **W. W. Rouse Ball**; *A Short Account of the History of Mathematics*. Dover Publications Inc., N.Y. 1960
2. **G. J. Toomer**; *Diocles on Burning Mirrors*. Springer Verlag, 1976 (Traducción de la edición en Árabe del original Grieg perdido).
3. **George Pólya** ; *Mathematical Methods in Science*. The Mathematical Association of America. 1977
4. **Sir Thomas Heath** ; *A History of Greek Mathematics*. Vol. II. Dover Publications, Inc. N.Y. 1981.
5. **Howard Eves** ; *Great Moments in Mathematics, before 1650*. The Mathematical Association of America. 1983.

## 4.3 LA HISTORIA DE LA COMPOSICIÓN DE FORMAS CUADRÁTICAS BINARIAS [1]

Michael Josephy. [2]

### RESUMEN

*En el quinto capítulo de sus Disquisitiones Arithmeticae, Gauss realiza el primer estudio profundo de formas cuadráticas binarias. Propone una definición ingeniosa y poco transparente de su composición de "géneros" de formas. Hoy en día se entiende el fondo de esta teoría en términos de los ideales de un campo cuadrático, los cuales forman un grupo abeliano finito.*

### ANTES DE GAUSS

El estudio de formas cuadráticas binarias se remonta al algebrista griego Diofanto de Alejandría en el III<sup>er</sup> siglo A.C. [8]. Sólo la mitad de su obra Aritmética sobrevive. Aparece allí la identidad

$$\begin{aligned}(x_1^2 + y_1^2)(x_2^2 + y_2^2) &= (x_1 x_2 + y_1 y_2)^2 + (x_1 y_2 - x_2 y_1)^2 \\ \Rightarrow (x_1 x_2 - y_1 y_2)^2 &+ (x_1 y_2 + x_2 y_1)^2\end{aligned}\tag{1}$$

cuya generalización nos ocupa aquí. En el siglo VII el matemático indú Brahmagupta estudiaba formas cuadráticas en el contexto de la ecuación "de Pell"  $x^2 = 1 + py^2$ . Fibonacci (Leonardo de Pisa) estudió la identidad (1) en su "Liber quadratorum."

Viète y Descartes estudiaban (1) y las identidades más generales

$$(x_1^2 - c y_1^2)(x_2^2 - c y_2^2) = (x_1 x_2 \pm c y_1 y_2)^2 - c(x_1 y_2 \pm x_2 y_1)^2\tag{2}$$

$$(x_1^2 + c y_1^2)(x_2^2 + c y_2^2) = (x_1 x_2 \pm c y_1 y_2)^2 + c(x_1 y_2 \pm x_2 y_1)^2\tag{3}$$

cuyas verificaciones son triviales, una vez que tenga una notación algebraica adecuada. Fermat aprovechaba estas identidades en sus investigaciones acerca de las formas cuadráticas. Euler, en su Algebra, fue el primero en darse cuenta que (1), (2) y (3) dependen todos de una factorización hipotética

$$(x^2 + c y^2) = (x + y \sqrt{-c})(x - y \sqrt{-c})\tag{4}$$

Notó que el producto de dos números de la forma  $a + b\sqrt{-c}$  tendría la misma forma, ya que

$$(x_1 + y_1\sqrt{-c})(x_2 + y_2\sqrt{-c}) = (x_1x_2 - cy_1y_2) + (x_1y_2 + x_2y_1)\sqrt{-c} \quad (5)$$

Multiplicando ambos lados de (5) por su conjugado produce (3). Poco después, Lagrange, en su *Recherches d'Arithmétique*, generaliza esto para poder factorizar una forma cuadrática binaria sobre  $\mathbb{Z}$   $q(x/y) = ax^2 + bxy + cy^2$ , la cual se denota por  $[a, b, c]$ . Su discriminante  $D = b^2 - 4ac$ . Consideró dos formas de discriminante no-cero  $q = [a, b, c]$  y  $q' = [a', b', c']$  equivalentes si existe una matriz  $2 \times 2$   $T$  de determinante  $\pm 1$  con  $q'(x/y) = q(T(x/y))$ . ya que en este caso representan el mismo conjunto de enteros.

## La Composición de Formas, según Legendre

Legendre publicó su *l'Essai sur la Théorie des Nombres* en el año VI de la República Francesa, es decir, en 1797/1798. Casi llega al fondo del asunto cuando intenta usar la equivalencia de Lagrange, pero no distinguió entre equivalencia propia, e impropia (como Gauss haría) con la consecuencia de que su composición no pudo asumir un valor único.

Debemos precisar los términos matemáticos que Legendre ocupó. Quiso ver la teoría detrás de las identidades de composición

$$\begin{aligned} & (a_1x_1^2 + b_1x_1y_1 + c_1y_1^2)(a_2x_2^2 + b_2x_2y_2 + c_2y_2^2) \\ & = AX^2 + BXY + CY^2 \end{aligned} \quad (6)$$

donde  $X$  e  $Y$  son combinaciones lineales de los  $x_1, x_2, x_1y_2, x_2y_1$  e  $y_1y_2$  a saber,

$$\begin{aligned} X &= m_1x_1x_2 + m_2x_1y_1 + m_3x_2y_1 + m_4y_1y_2 \\ Y &= n_1x_1x_2 + n_2x_1y_1 + n_3x_2y_1 + n_4y_1y_2 \end{aligned} \quad (7)$$

Su idea era, de considerar (6) como la representación de algún tipo de producto entre formas, es decir, que la forma  $[A, B, C]$  del lado derecho de (6) es un "producto" de  $[a_1, b_1, c_1]$  y  $[a_2, b_2, c_2]$ . Tuvo que afrontar serios problemas teóricos antes de encontrar la definición correcta, del producto— una definición que garantizaría que el producto existe y es único [21].

Si se cumplen (6) y (7), Legendre decía, que  $[A, B, C]$  se transforma al producto de  $[a_1, b_1, c_1]$  y  $[a_2, b_2, c_2]$  por la sustitución correspondiente a la matriz  $2 \times 4$

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_1 & m_2 & m_3 & m_4 \\ n_1 & n_2 & n_3 & n_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1x_2 \\ x_1y_1 \\ x_2y_1 \\ y_1y_2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{matrix}
 m_3 & m_4 \\
 n_1 & n_2 & n_3 & n_4
 \end{matrix}$$

(8)

Dio cuenta que era necesario restringirse a matrices E unno-dulares, a saber, aquéllas donde el máximo común divisor de los seis subdeterminantes  $2 \times 2$  era 1. En este caso se dice que  $Q = [A, B, C]$  es un compuesto de Legendre de  $q_1 = [a_1 b_1 c_1]$  y  $[a_2 b_2 c_2]$  y  $q_2 [a_1 b_1 c_1]$  y  $[a_2 b_2 c_2]$ . Esta idea casi funciona: resulta que los compuestos de Lagrange de  $q_1$  y  $q_2$  y pueden formar hasta dos clases de equivalencia de formas, cuando es deseable que sea sólo una. Fue Gauss quien, unos años después, logró esquivar esta dificultad.

## La Composición de Formas, según Gauss

Gauss mostró su genio cuando él se propuso estudiar la teoría de formas cuadráticas binarias. Dedicó la Sección Quinta de su obra maestra, *Disquisitiones Arithmeticae* [11] a su estudio, y esta sección, de hecho, ocupa más de la mitad del libro entero. Hoy en día es interesante comparar las investigaciones de los dos grandes matemáticos, Legendre y Gauss, acerca del mismo tema. No hay duda, cuando se compara con la contribución de Gauss, que el trabajo de Legendre cae al segundo lugar. Gauss ataca el problema con una precisión, formalidad matemática y completitud, jamás vistas antes.

Gauss publicó sus *Disquisitiones* en 1801, tres años después del *Essai* de Legendre (1798). No se sabe con certeza si Gauss sabía de antemano acerca de lo que hacía Legendre. Gauss dice, cuando introduce por la primera vez la composición de formas en sus *Disquisitiones*, que "hasta el momento este tema no lo ha estudiado nadie." Hay que creer que la obra de Legendre no había llegado a las manos de Gauss cuando éste hacía sus descubrimientos. Gauss menciona a Legendre brevemente en su Prefacio, con el comentario de que el *Essai* le llegó cuando las *Disquisitiones* estaban en manos de la editorial. En un Apéndice Gauss se refiere otra vez a Legendre, pero, extrañamente, sólo acerca de otros temas matemáticos. No se refiere jamás al trabajo de Legendre en el campo de las formas cuadráticas. Parece razonable concluir que tratamos de un caso de descubrimiento (casi) simultáneo e independiente, algo bastante común en la historia de las matemáticas.

El teorema clave de Gauss muestra que las identidades de composición se corresponden a las matrices no-singulares  $S$  definidas en (8). Más exactamente, dada la matriz  $E$ , concluye que la forma cuadrática binaria

$$Q\Sigma = [n_2n_3 - n_1n_4, m_1n_4 + m_4n_1 - m_2n_3 - m_3n_2, m_2m_3 - m_1m_4]$$

(9)

$$q\Sigma = [m_1n_2 - m_2n_1, m_1n_4 - m_4n_1 - m_2n_3 + m_3n_2, m_3n_4 - m_4n_3]$$

(10)

$$q'\Sigma = [m_1n_3 - m_3n_1, m_1n_4 - m_4n_1 + m_2n_3 - m_3n_2, m_2n_4 - m_4n_2]$$

(11)

por la sustitución E. Recíprocamente, si Q se transforma, en el producto de las formas de discriminante no-cero q y q' por  $\Sigma$ , las formas están únicamente determinadas salvo por constantes racionales [19]. La prueba de Gauss de este teorema, era. extremadamente difícil; posteriormente se ha simplificado bastante.

Si el teorema anterior se cumple con una matriz  $\Sigma$  unimodular. decimos que la forma  $Q\Sigma$  es el compuesto de Gauss de  $q\Sigma$  y  $q'\Sigma$ . Esta composición resulta ser más significativa, que aquélla de Legendre, porque la composición de dos clases produce una. sola, clase. Sólo hace falta considerar, como descubrió Gauss, las clases de equivalencia propia, en lugar de las clases (débiles) de Legendre. Aquí dos formas q y q' se llaman propiamente equivalentes si  $q'(x/y) = q(T(x/y))$  con T una matriz 2 x 2 con coeficientes enteros y  $\det T=1$ .

Una forma cuadrática binaria  $q = [a, b, c]$  se llama primitiva si el máximo común divisor de a, b y c es 1. Gauss mostró que el conjunto de clases de formas primitivas de discriminante D no sólo tiene una composición bien definida, sino también que estas clases bajo composición forman un grupo abeliano finito. Desde luego, Gauss no usó la terminología de grupos, pero su investigación anticipó la teoría, general de grupos.

Hay que enfatizar que Gauss estudió solamente formas como  $q(x/y) = ax^2 + 2bxy + cy^2$  (con a, b y c enteros), es decir, formas donde el coeficiente de xy es necesariamente par. Es claro que si  $q_1$  representa al entero  $n_1$  (es decir,  $n_1 = q(x/y)$  para alguna elección de enteros x e y) y  $q_2$  representa a  $n_2$ , entonces la composición de las dos formas representa, a  $n_1n_2$ . Gauss inventó el concepto del carácter de una forma para ayudarle en su investigación acerca, de los enteros n representables por q. Sea p un entero primo, o bien 4 u 8, divisor del discriminante de q. El carácter de q módulo p indica si los enteros representables por q son todos residuos o todos no residuos cuadráticos módulo p. Con los caracteres de Gauss se inició el estudio de los caracteres de grupos, hoy en día incluido en la teoría de representaciones de grupos.

Finalmente es necesario considerar los géneros. Gauss dividió todas las formas entre varias clases, los géneros de formas. Dos formas están en el mismo género si tienen el mismo discriminante y tienen todos los mismos caracteres. Como formas propiamente equivalentes caen en el mismo género, es claro que cada género es una unión de clases de equivalencia propia. Gauss mostró que los géneros forman un grupo con el producto inducido por la composición de formas. La identidad de este grupo se llama el género principal. En efecto, los demás géneros son las clases laterales del género principal, visto como subgrupo del grupo de clases. Gauss probó su famoso teorema de la

duplicación que dice que el género principal contiene precisamente aquellas formas que son la composición de una forma consigo.

## La Composición de Formas después de Gauss

Dos discípulos de Gauss, Dirichlet y Dedekind, continuaron las investigaciones de Gauss en esta rama de la teoría de las formas cuadráticas. Las conferencias de Dirichlet [9], repasadas por Dedekind, dieron un comentario y extensión de la obra de Gauss. Dirichlet introdujo el concepto de las formas unificadas de un discriminante  $D$ . Estas ayudan a los cálculos en el grupo de clases e inclusive forman la base para computaciones actuales.

Dedekind introdujo el concepto de ideal para poder explicar la ausencia de factorización única en el anillo de enteros de  $\mathbb{Q}(\sqrt{D})$ . (Poco

antes, Kummer habló de números ideales como un precursor de esta idea.) Los ideales permitieron restituir, en una manera, la factorización única perdida (por esto surge su nombre). Los ideales dieron raíz a toda la teoría moderna de anillos. Resultó que la composición de formas podría explicarse en términos del producto de ideales (vea [7]).

La composición de formas ha mantenido su importancia en el presente siglo. La teoría clásica de Lagrange y Gauss trató de formas sobre el anillo  $\mathbb{Z}$ , pero se ha podido generalizar ésta, para incluir, en primera instancia, formas sobre ciertas clases amplias de dominios enteros (los dominios de Bézout), y luego, formas sobre anillos cualesquiera.

Recientemente Kneser [16] encontró una relación sorprendente entre la composición de formas y las álgebras de Clifford. Estas álgebras aparecieron por primera vez en un artículo del matemático inglés W. K. Clifford de 1878 y resultaron ser importantes en diversas áreas de las matemáticas—por ejemplo, Dirac las usó en su trabajo sobre la teoría cuántica, del electrón. En general, si  $q$  es una forma cuadrática sobre el  $n$ -espacio vectorial  $V$ , se define el álgebra de Clifford  $C(q)$ , como el  $K$ -álgebra asociativa, cociente formada por el álgebra tensorial  $T(V)$  módulo el ideal bilateral generado por los  $x \otimes x - q(x)$ . El álgebra  $C(q)$  está, generada por  $1$  y  $V$ ; si  $x \in V$ ,  $x^2 = q(x)$ . Es un álgebra filtrada y los elementos pares forman la subálgebra par  $C^+(q)$ . Kneser mostró que la composición de formas cuadráticas binarias depende de homomorfismos de las álgebras pares de Clifford correspondientes.

### NOTAS

[1] Apoyado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica por medio del proyecto 114-91-239.

[2] Programa de Investigaciones Meta-Matemáticas.

[3] Z. I. Borevich y I. R. Shafarevich, "Number Theory," Academic Press, 1966.

[4] C. B. Boyer, "A History of Mathematics," Wiley 1968 y reimpresso por Princeton University Press, 1985.

[5] D. A. Buell, "Binary Quadratic Forms: Classical Theory and Modern Computations," Springer-

Verlag, 1989.

- [6] VV. Bühler, "Gauss: A Biographical Study," Springer-Verlag, 1981.
- [7] II. Colín, "Advanced-Number Theory," Wiley, 1962 y reimpreso por Dover, 1980.
- [8] L. E. Dickson, "History of the Theory of Numbers," vol. III, Camegie Institute, 1923 y reimpreso por Chelsea, 1971.
- [9] G. L. Dirichlet, "Vorlesungeh über Zahlentheorie," 2a edición, con suplementos por R. Dedekind, Vievveg und Sohn, 1871.
- [10] VV. Ellison fc F. Ellison, "Théorie des Nombres," en "Abrégé enlistone des Mathématiques" (J. Dieudonné, editor), vol. 1, llermann, 1978.
- [11] C. P. Gauss, "Disquisiciones Arithmeticae," Fleischer, 1801. y reimpreso como vol. í de [9].
- [12] ..."Werke," vol. I a XII, Georg Olms Verlag, 1973.
- [13] E. Hecke. "Lectures on the Theory of Algébrale Numbers." Springer-Verlag, 1981.
- [14] K. Ireland k M. Rosen, "A Classical Introduction to Modern Number Theory," Springer-Verlag, 1982.
- [15] B. W. Jones, "The Arithmetic Theory of Quadratic Forms," M.A.A., 1950.
- [16] M. Kneser, "Composition of Binary Quadratic Forms," J. Number Theory 15 (1982), 406-413.
- [17] G. B. Mathews, "Theory of Numbers," Cambridge, 1892 y reimpreso por Chelsea, 1962.
- [18] W. Scharlau 8 & H. Opolka, "From Fermat to Minkowski: Lee-tures on the Theory of Numbers and its Historical Development," Springer-Verlag, 1985.
- [19] H. J. S. Smitli, "Repon on the Theory of Numbers," Reports of tlie British Association, 1859-1865 y reimpreso por Chelsea, 1965.
- [20] T. A. Springer, "The Theory of Quadratic Forms in the Disquisiiones Arif.limeücae," en "Cari Friedrich Gauss 1777-1855: Four Lectures on His Life and Work" (A. F. Momia, editor), Communications of the Mathematical Institute, Rijksuniversiteit Utrecht, 1978.
- [21] J. Towber, "Composition of Oriented Binary Quadratic Form-Classes over Commutative Rings," Advances in Math. 36 (1980), 1-107.
- [22] A. Weil. "Gauss et la Composition des Formes Quadratiques Binaires." en "Aspects of Mathematics and its Applications" (J. A. Barroso, editor), Elsevier, 1986.

## 5. HISTORIA DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LAS TÉCNICAS EN COSTA RICA



### 5.1 HISTORIA DEL INSTITUTO CLODO MIRO PICADO

José Ma. Gutiérrez. [\[1\]](#)

Mario Segura. [\[1\]](#)

Rodrigo Aymerich. [\[1\]](#)

#### RESUMEN

*El Instituto Clodomiro Picado de la Universidad de Costa Rica fue creado en abril de 1970, constituyendo el resultado de un importante esfuerzo colectivo desplegado desde mediados de la década de los 60. En este esfuerzo pionero se destacaron principalmente las figuras de Róger Bolaños y Herschel Flowers. A lo largo de su trayectoria el Instituto ha pasado por diferentes etapas, las cuales se pueden dividir de acuerdo a los cambios operados en la Dirección de este centro universitario. En esta ponencia se discuten las características de cada una de estas etapas, detallándose los aspectos más importantes en las faenas de producción, docencia, investigación y acción social. También se plantean las relaciones externas del Instituto, dentro y fuera de la Universidad de Costa Rica, así como los efectos que estas relaciones han tenido en su desarrollo.*

#### ORÍGENES

El Instituto Clodomiro Picado, fundado en 1970, puede considerarse como el fruto de un largo proceso de esfuerzo nacional para enfrentar la problemática del ofidismo. Desde principios de siglo, algunos de nuestros naturalistas se interesaron por el estudio de nuestras serpientes [\[2\]](#). Sin embargo, fue el Dr Clodomiro Picado Twilight (1887-1944) quien, desde el Laboratorio del Hospital



San Juan de Dios, desarrolló una labor sistemática y científica destinada a conocer nuestras serpientes y sus venenos. Esta labor se plasmó en la publicación de una obra clásica de nuestra literatura científica, el libro "Serpientes Venenosas de Costa Rica, Sus Venenos, Seroterapia Antiofídica", publicado en 1931 [3]. La labor de Clorito no se circunscribió a la investigación, sino que se ocupó además de formar un "banco" de sueros antiofídicos en el Hospital San Juan de Dios, sueros que eran traídos de Brasil. En este sentido, Clorito se relacionó con el Dr Oswaldo Vital-Brazü, quien en el Instituto Butantan había producido los primeros sueros antiofídicos en América [4].

En el rescate de la labor del Dr Picado se debe destacar su preocupación por darle al estudio del ofidismo un enfoque integral, es decir, ligando aspectos de investigación básica con tratamiento del accidente ofídico y con una labor educativa y divulgativa sobre el tema. Ese enfoque integral ha sido el común denominador del estudio del ofidismo en Costa Rica a lo largo de este siglo. Al fallecimiento de Clodomiro Picado, en 1944, su labor científica fue continuada por sus más cercanos colaboradores, entre ellos Luis Bolaños, Hernán Badilla y Alfonso Trejos Willis. Sin embargo, no fue sino hasta la década de los 60 que se volvió a generar un ambiente de efervescencia en tomo al tema del ofidismo. Este ambiente se vio favorecido por varios factores:

(a) En noviembre de 1964 arribó al país el médico veterinario norteamericano Dr Herschel Flowers, miembro de la Misión Militar Norteamericana en Costa Rica. El Dr Flowers se interesó, desde su llegada, por el estudio y solución del problema del ofidismo. Hombre de gran dinamismo, se encargó de visitar comunidades rurales, estimulando la recolección de serpientes venenosas. Por otra parte, el Dr Flowers obtuvo financiamiento del mismo Ejército y de AID y desarrolló los primeros pasos de lo que luego se llamaría el "Programa de Sueros Antiofídicos"; para tal fin, organizó un serpentario, recolectó venenos e inició la inmunización de un grupo de caballos con el fin de producir suero antiofídico en Costa Rica [5].

(b) El entonces Ministro de Salubridad Pública, Dr Álvaro Aguilar Peralta, brindó un apoyo oficial decidido al Programa, asumiendo rápidamente el Ministerio la administración del mismo [6]. Ello permitió el uso de instalaciones del Ministerio en labores de fraccionamiento del plasma sanguíneo de los caballos para la producción del suero. El mismo Ministerio solicitó a la Organización Panamericana de la Salud un estudio sobre las condiciones para la elaboración del suero antiofídico en Costa Rica. El informe, preparado por el Dr. Aristides Vallejo-Freire, planteaba la posibilidad real y la necesidad de producir dicho suero en nuestro país [7].

(c) La Universidad de Costa Rica se involucró en el proyecto. Los Dres Róger Bolaños Herrera y Pedro Vieto Asch, ambos de la Facultad de Microbiología, asesoraron en aspectos técnicos de tipo inmunológico y se encargaron de efectuar el control de calidad del suero que se empezaba a producir. Además, participaron activamente en el diseño de la planta física y en la selección del equipo de laboratorio necesario para la consolidación de este esfuerzo [8]. La participación de estos profesores universitarios no fue casual, ya que desde fines de la década de los 50 la Universidad de Costa Rica venía desarrollándose como el más importante centro de pensamiento científico y humanista del país, vinculándose de muy diversas maneras al estudio y solución de importantes problemas nacionales [9].

En febrero de 1967, como corolario del esfuerzo pionero y entusiasta de estas personas, se logró producir 242 ampollas en el primer lote de suero antiofídico polivalente de Costa Rica. Dos meses después salió a distribución el primer lote de suero anticoral [10]. Una vez producido el suero se efectuó una rigurosa evaluación clínica del mismo, a cargo del Dr Mario Pacheco Cartín del Hospital San Juan de Dios [11]. Lo expuesto hasta aquí deja ver que la producción de los primeros sueros antiofídicos nacionales fue posible gracias al esfuerzo conjunto y colaborativo de personas ubicadas en diversas instituciones; cada uno dio su aporte en su campo de especialidad y los resultados fueron exitosos.

Cabe destacar, por otra parte, que ese esfuerzo inicial no se destinó únicamente a la producción de suero; por el contrario, entre los objetivos del Programa de Sueros Antiofídicos figuraban, además, la investigación científica sobre serpientes y sus venenos y la divulgación y extensión en áreas rurales y centros hospitalarios [12]. Estas labores fueron apoyadas por la Comisión Nacional contra el Ofidismo, creada por decreto emitido por el Sr José Joaquín Tejos Fernández, presidente de la República y por el Ministro de Salubridad Pública [13]. Así, la fundación del Instituto Clodomiro Picado, en abril de 1970, es el punto de maduración de un proyecto colectivo de gran intensidad que justificó plenamente la construcción de los edificios que constituyen hoy parte del Instituto.

## **PRIMERA ETAPA (1970-1980)**

El Instituto Clodomiro Picado se fundó el 13 de abril de 1970, siendo el Dr Róger Bolaños Herrera su primer Director. Hasta 1972 el Instituto perteneció al Ministerio de Salubridad, participando la Universidad de Costa Rica en el control técnico-profesional de las actividades. A partir del 2 de junio de 1972, mediante un convenio firmado entre las partes, el Instituto quedó bajo la jurisdicción exclusiva de la Universidad de Costa Rica, adscribiéndose a la Facultad de Microbiología de ese centro de enseñanza superior. Esta vinculación ha sido fundamental en el desenvolvimiento de un perfil de desarrollo integral del Instituto, ya que garantizó un control académico que trascendió los vaivenes políticos.

La primera etapa del Instituto está demarcada por el período de dirección del Dr Róger Bolaños. Esta etapa puede caracterizarse, en términos generales, como una etapa de consolidación; en otras palabras, en esta etapa el Instituto se convirtió en un centro de investigación, producción y extensión consolidado y estable. Además, se afianzó un grupo de funcionarios básico, quienes se responsabilizaron del desarrollo inicial del Instituto. Esos funcionarios se empararon de la actitud de mística y dedicación que caracterizó a los fundadores del Programa de Sueros Antiofídicos, en especial al Dr Bolaños, adquiriendo el Instituto una identidad y un perfil que continúan caracterizándolo en la actualidad.

La función básica del Instituto en un inicio fue la producción de los sueros antiofídicos que requería Costa Rica [14]. Alrededor de esa función básica se unieron dos más, las cuales se habían establecido como relevantes ya desde la época del Programa: la investigación científica y la extensión. La producción del suero antiofídico implicó esfuerzos en varias direcciones, esfuerzos promovidos directamente por el Dr Bolaños, entre los que se pueden destacar los siguientes:

(a) Se capacitó a un grupo básico de funcionarios en las labores esenciales de producción, incluyendo el cuidado de los caballos y de la colonia de ratones, el mantenimiento del serpentario y de la reserva de venenos, el establecimiento de un laboratorio de fraccionamiento de plasma equino

y la puesta en funcionamiento de un pequeño laboratorio de control de calidad.

(b) Se estableció un sistema permanente de distribución de sueros, principalmente al Ministerio de Salud (al que se le donaba) y a la Caja Costarricense del Seguro Social (a la que se le vendía). Por otra parte, se inició la venta del "suero veterinario" y poco a poco se incrementó la venta a farmacias y a particulares, dándose además las primeras exportaciones de suero, principalmente a organismos de salud pública de Panamá y Ecuador [15].

Desde los inicios de la década de los 70 el esfuerzo del Dr. Bolaños y colaboradores permitió el desarrollo de protocolos de inmunización, fraccionamiento y control de calidad, los cuales sirvieron de base al capítulo preparado por el Dr. Bolaños para un manual de referencia publicado por la Organización Panamericana de la Salud en 1977. Por otra parte, es interesante analizar que el volumen de suero producido durante los años 70 no se incrementó, manteniéndose entre las 6000 y 11000 ampollas anuales [16]. Este fenómeno podría deberse a los siguientes factores:

(a) El objetivo fundamental del Instituto era producir el suero que se requería en Costa Rica, objetivo que se satisfacía con la producción lograda.

(b) Una vez establecido el protocolo básico de producción, no se generó una dinámica permanente de innovación y desarrollo tecnológico que permitiera la introducción de nuevos procesos y elementos en el mejoramiento de la calidad del suero.

(c) En aquellos años la Universidad no se planteaba la venta de bienes y servicios como una actividad relevante, aunque varias unidades la efectuaban. Más aún, en algunos sectores universitarios se veía la actividad productiva del Instituto como atípica en el ámbito académico. Como consecuencia de lo anterior, la estructura administrativa universitaria no favorecía labores de producción y desarrollo tecnológico.

Merece destacarse que la ausencia de incremento en el volumen de suero producido no guardó relación con la actitud siempre activa y estimulante del Dr. Bolaños. Por el contrario, este profesional siempre manifestó, en diversas circunstancias y por diversos medios, su voluntad por incrementar y diversificar las actividades productivas del Instituto. Esa voluntad se dirigió hacia tres tipos de producto: el mismo suero entiofídico, el suero antitetánico y los derivados de sangre humana (albúmina, gama globulina, crioprecipitado) [17]. Para estos últimos productos se efectuaron contactos formales con la Organización Panamericana de la Salud y se llevó a cabo un estudio de factibilidad, en 1976, con el Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas de la Universidad. Sin embargo, ninguno de estos proyectos fructificó, mediando en ello la falta de voluntad política de las instituciones de salud nacionales a las cuales correspondía promover el proyecto en coordinación con la Universidad. Debe rescatarse de todo esto el hecho de que el Dr. Bolaños tuvo siempre clara la perspectiva de que el Instituto debía evolucionar hacia un centro productor de biológicos de diverso tipo [18].

El programa de investigación del Instituto durante el período 1970-1980 se centró en dos tópicos principales: el conocimiento de la distribución y biología de nuestras serpientes venenosas y los estudios inmunológicos de los venenos, especialmente en lo referente a la neutralización del efecto letal de los venenos. La figura central de este esfuerzo de investigación fue el Dr. Róger Bolaños, colaborando también los Dres. Luis Cerdas y Richard Taylor y el asistente Sr. Alvaro Flores. La investigación de estos primeros años fue financiada por la Universidad de Costa Rica y, entre 1975 y 1978, por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) y la

Organización Panamericana de la Salud. La actividad académica de los Dres Bolaños y Cerdas también se plasmó en la docencia, ya que tuvieron a su cargo la cátedra de Inmunología de la Facultad de Microbiología. Además, el Dr. Bolaños participaba en el Programa de Maestría de Microbiología.

Merece también destacarse que uno de los esfuerzos académicos de mayor envergadura emprendidos por el Dr Bolaños fue la organización del Quinto Simposio Internacional de Toxinología, el cual se efectuó en Costa Rica en agosto de 1976, reuniendo a más de 400 investigadores y constituyendo todo un éxito internacional [19]. A mediados de la década se inició la participación de estudiantes de pregrado en proyectos de investigación, modalidad ésta que ha dado excelentes frutos y que ha contribuido en la formación de personal científico para el mismo Instituto y para otras unidades académicas [20]. Es importante destacar que la gran mayoría de estos esfuerzos de investigación se centraron en temas biológicos e inmunológicos.

Finalmente, en este período también se dedicaron importantes esfuerzos a las actividades de extensión. Estas actividades se caracterizaron por: (a) charlas sobre ofidismo en las instalaciones del Instituto, las cuales se impartían a grupos estudiantiles, laborales y comunales; tuvieron especial relevancia programas de capacitación para guardias rurales y para funcionarios del Ministerio de Obras Públicas y Transportes; (b) exhibiciones de serpientes en el Instituto; y (c) conferencias esporádicas en hospitales y comunidades. Esta actividad de salidas y giras no tuvo un desarrollo extensivo, entre otras causas por falta de personal de apoyo y de recursos. Mediante estas actividades de extensión se logró continuar con los esfuerzos iniciados desde mediados de los años 60.

En síntesis, durante sus primeros 10 años de existencia el Instituto Clodomiro Picado adquirió un importante renombre como centro de producción e investigación, habiendo sido señalado como Centro de Referencia por la Organización Panamericana de la Salud. Esta primera etapa, aunque difícil y cargada de escollos, permitió la consolidación del Instituto, dejando firmes las bases que permitieron el desarrollo posterior. Esta etapa finaliza en junio de 1980 con la renuncia del Dr Bolaños, quien se trasladó a la Facultad de Microbiología para continuar con su labor académica, acogiéndose algunos años después a su jubilación

## **SEGUNDA ETAPA (1980-1988)**

A partir de junio de 1980 asumió la Dirección del Instituto el Dr Luis Cerdas Fallas, quien había trabajado en sus laboratorios desde 1973. El Dr. Cerdas le imprimió nuevos bríos al Instituto, dando así inicio una etapa de crecimiento en todos los ámbitos de trabajo.

En al área de producción de sueros se conjugaron'tres elementos de suma importancia: (a) Una reorganización en el equipo humano de producción, constituyéndose un nuevo grupo en el trabajo de fraccionamiento del suero antiofidico. Este grupo estuvo coordinado por el Sr Abel Robles Hernández quien, junto con sus compañeros, promovieron una producción creciente de sueros antiofidicos gracias a una revisión minuciosa de los procedimientos y organización del trabajo. Poco a poco se introdujeron pequeñas pero significativas innovaciones técnicas en los diversos aspectos del proceso de producción, así como en la organización de la sección de la caballeriza, especialmente a partir del ingreso del médico veterinario Dr Ricardo Estrada Umaña. Todo este

proceso llevó a un mayor orden en el trabajo y en la ejecución de las labores. Como consecuencia, el volumen de producción aumentó [21].

(b) La crisis económica que ha azotado al país desde principios de los años 80 obligó a la Universidad a considerar las faenas tecnológicas y la venta de bienes y servicios como actividades estratégicamente importantes que debían ser apoyadas y estimuladas. De esta forma, ante los ojos de muchos universitarios la producción de suero por el Instituto dejó de ser una actividad atípica para convertirse en un buen modelo y ejemplo que se debía emular. Este apoyo oficial se tradujo en la apertura de algunas plazas nuevas para el Instituto, en la adquisición de nuevo equipo y en algunas remodelaciones en sus instalaciones. Debe aclararse, sin embargo, que durante esta etapa el Instituto no disponía de los fondos que generaba por la venta de los sueros; dichos fondos ingresaban a la caja financiera central de la Universidad. No fue sino hasta 1988, con la aparición de las Empresas Auxiliares, que los fondos generados quedaron disponibles para su utilización por el mismo Instituto.

(c) A partir de 1983 dio inicio formalmente en el Instituto la investigación tecnológica, mediante proyectos bien definidos destinados al mejoramiento en el proceso de producción del suero, dándose particular énfasis a la eliminación de los denominados "cuellos de botella" en la cadena productiva. El elemento clave de estas investigaciones lo constituyó la relación establecida entre investigadores del Instituto e investigadores de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Costa Rica. Gracias a esta relación, un número importante de tésarios de la carrera de Ingeniería Química han abordado los temas de la diálisis y la filtración del suero. Esta actividad ha contribuido, además, a forjar una actitud de permanente revisión y vigilancia del proceso productivo con el fin de introducir innovaciones tecnológicas.

En esta segunda etapa se promovió también la diversificación de la producción, principalmente en lo referente a reactivos diagnósticos de laboratorio. Se logró producir algunos de ellos [22], e incluso se elaboró un ambicioso estudio de factibilidad para la construcción de laboratorios donde se produjeran una serie de reactivos para consumo en el área centroamericana [23]. Una vez más, la falta de apoyo y voluntad políticas dieron al traste con el proyecto.

La investigación floreció con gran vigor en la década de los 80. Por un lado se consolidó un grupo de jóvenes investigadores que generó una rica dinámica científica [24]. Se amplió el ámbito temático, efectuándose estudios en las siguientes áreas:

(a) Patología experimental del envenenamiento ofídico, particularmente de lo que se ha llamado los "efectos locales" del envenenamiento (hemorragia, edema y necrosis del tejido muscular). Este esfuerzo se tradujo en la purificación y caracterización bioquímica, inmunológica y patológica de varias miotoxinas de venenos de serpientes del género *Bothrops*, así como en el estudio de los procesos de necrosis y regeneración del tejido muscular luego de inoculaciones de venenos.

(b) Estudios inmunoquímicos de toxinas aisladas de venenos de serpientes. Estas investigaciones se centraron particularmente en las miotoxinas del veneno de *Bothrops asper* (terciopelo).

(c) Estudios sobre historia natural y biología reproductiva de las principales serpientes venenosas de Costa Rica.

(d) Caracterización de la capacidad del suero antiofídico polivalente para neutralizar diversas actividades tóxicas y enzimáticas de los venenos de serpientes de la familia *Viperidae*.

Además de la apertura de un abanico temático más variado, este esfuerzo de investigación permitió elevar el nivel de calidad del trabajo científico, generándose una mayor cantidad de publicaciones en revistas de reconocido prestigio internacional. Por otra parte, se establecieron importantes vínculos de trabajo colaborativo, tanto en Costa Rica como en el exterior. En el plano nacional destacan los estudios llevados a cabo con el Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular de la Universidad de Costa Rica y, a nivel internacional, se estableció una importante relación con la Oklahoma State University, USA. Más aún, durante los años 1985-1988 se obtuvo por primera vez financiamiento externo de agencias internacionales de apoyo a la investigación, específicamente de la International Foundation for Science (IFS) y de UNESCO. Estos proyectos posibilitaron la adquisición de equipo y reactivos de laboratorio para enfrentar nuevos retos en la actividad científica, particularmente en proyectos relacionados con la producción y caracterización de anticuerpos monoclonales contra toxinas. Una evidencia de los logros en el área de la investigación la constituyó la adjudicación del Premio Nacional de Ciencia Dr Clodomiro Picado Twilight correspondiente a los años 1980 y 1985 a los investigadores José María Gutiérrez y Bruno Lomonte, respectivamente [25].

Durante esta segunda etapa ocurrió un aumento cualitativo y cuantitativo en los programas de extensión o acción social del Instituto. Este fenómeno fue muy evidente a partir de 1984, principalmente gracias a la labor coordinada por el encargado del Serpentario, Biólogo Rodrigo Aymerich Bien. Lo que caracterizó la acción social fue su carácter extrovertido, efectuándose una gran cantidad de giras, visitas y exhibiciones a comunidades nacionales, especialmente del área rural. En dichas giras se desarrolló un programa intensivo de conferencias múltiples a grupos de estudiantes, trabajadores, personal médico y paramédico de hospitales y grupos comunales en general, de manera que se garantizó una cobertura amplia de cada región que se visitaba [26]. Si bien esta actividad estuvo a cargo, en lo fundamental, por personal del Serpentario del Instituto, en la misma participaron muchos otros funcionarios administrativos y docentes, quienes facilitaron la ejecución de un programa versátil y dinámico, de evidente impacto social. En lo que respecta a las charlas en el área hospitalaria, las mismas permitieron la divulgación de los resultados de investigaciones a profesionales del sector salud responsables del manejo de los mordidos de serpiente.

Merece destacarse, como logro importante de esta segunda etapa, la capacitación en toxinología y producción de antivenenos de personal científico y técnico de otros laboratorios de países latinoamericanos [27]. Esta actividad garantizó la proyección de los logros del Instituto a otros centros de producción e investigación, con el consecuente intercambio de experiencias y procedimientos. No cabe duda que esta relación será la base que permita la integración de una red latinoamericana de laboratorios productores de antivenenos, cuyo establecimiento es una tarea regional urgente.

En síntesis, el período 1980-1988 se podría caracterizar como una de los años 70. En los 80, gracias al trabajo colectivo liderado por el Dr Cerdas, todas las actividades del Instituto crecieron en calidad y cantidad, dejándose sentados los pilares para la siguiente etapa.

## **TERCERA ETAPA (DE 1988 A LA ACTUALIDAD)**

El inicio de la tercera etapa podría fijarse en enero de 1988, con el trágico fallecimiento del Dr Luis Cerdas Fallas y el nombramiento del Dr José María Gutiérrez como Director. Esta etapa, que aún no concluye, se caracteriza por la consolidación y maduración de una serie de esfuerzos iniciados en la segunda etapa. Los rasgos esenciales de este tercer periodo son:

En el área de producción ocurren varios cambios importantes. Por un lado, la Universidad de Costa Rica crea las Empresas Auxiliares, una de las cuales es del Instituto Clodomiro Picado, funcionando la misma como un Fondo Restringido en el que ingresa el dinero correspondiente a venta de sueros antiofídicos. Este cambio va aparejado a un proceso creciente en el que el Instituto ha asumido los costos de operación de sus actividades de producción. La medida, a todas luces acertada, constituyó un acicate para la producción y venta de sueros, al haber conciencia que el dinero correspondiente podría ser utilizado en la compra de equipo y recursos para investigación y desarrollo. A mediano plazo, el Instituto se plantea el objetivo de cubrir el financiamiento de la mayor parte de sus actividades, no solo las productivas sino también las de investigación y acción social.

Desde la etapa anterior se había planteado a las autoridades universitarias la necesidad de construir una nueva infraestructura para la producción de los sueros antiofídicos, ya que la planta construida en 1970 estaba sobresaturada. Para analizar la necesidad de esta inversión se efectuó un estudio de factibilidad por parte del Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas de la Universidad de Costa Rica, el cual confirmó la importancia y necesidad de ejecutar esta ampliación [28]. En 1989 esta posibilidad se concretó, gracias a financiamiento obtenido de la Universidad de Costa Rica y de la misma Empresa Auxiliar del Instituto. Este esfuerzo ha hecho posible la edificación de una moderna planta de producción y desarrollo tecnológico en la cual, además de la fabricación del suero antiofídico, permitirá emprender nuevas metas que beneficien a la salud pública nacional.

Paralelamente a la edificación de esta nueva planta, se ha incrementado la eficiencia y organización del equipo de producción de suero, gracias a la labor de todo el equipo humano de producción y a la tecnificación e introducción de la informática como elemento de apoyo en las faenas productivas y de control de calidad. A partir de 1990 la actividad de producción y desarrollo tecnológico ha estado dirigida por el Dr José Antonio Gene Valverde, quien ha desempeñado un importante papel en estas tareas. La labor del equipo humano de producción ha posibilitado una más adecuada planificación y ejecución del trabajo, estabilizándose la producción en un volumen de alrededor de 30000 ampollas de suero al año. Simultáneamente se han efectuado esfuerzos en el mercadeo del suero, con el fin de garantizar la venta de la totalidad de lo que se produce, meta que se ha logrado plenamente en los últimos años [29]. Se han establecido valiosos contactos con otros centros de producción de sueros, especialmente con el Instituto Butantan, con el que se ha mantenido un fructífero programa de intercambio y capacitación.

Recientemente se han dado los primeros pasos en otras actividades de desarrollo tecnológico destinadas a establecer métodos y procedimientos para la producción de otros biológicos. Estos conocimientos podrían ser transferidos a los mismos laboratorios de producción del Instituto o, alternativamente, a otras instituciones privadas o públicas. Este nuevo tipo de actividad se enmarca en el contexto de una creciente concientización de los investigadores sobre el papel crítico que juega la transferencia tecnológica en el desarrollo nacional, conciencia que en la Universidad de

Costa Rica se ha visto plasmada en la creación de la Unidad de Transferencia de Tecnología [30].

La investigación científica se ha consolidado desde diferentes puntos de vista: por un lado, se ha elevado el nivel de calidad de la actividad académica realizada en los laboratorios del Instituto y, por otro, se han establecido valiosos contactos con grupos de alto prestigio internacional en Estados Unidos, Suecia, Israel, Francia, Brasil y Alemania. Como consecuencia de lo anterior, se ha posibilitado el estudio de nuevos temas y el planteamiento de preguntas más ambiciosas relacionadas con el conocimiento de la estructura química y del mecanismo de acción de toxinas a nivel celular. Además, se continúa estudiando las acciones fisiopatológicas de los venenos, la capacidad neutralizante de los sueros y la posibilidad de emplear anticuerpos monoclonales en la neutralización de algunas toxinas.

Simultáneamente varios investigadores del Instituto han obtenido recientemente títulos de posgrado, lo cual ha contribuido a consolidar la madurez académica del equipo de investigación, facilitando también la consecución de fondos externos mediante la aprobación de varios proyectos por agencias internacionales. En otras palabras, la labor científica del Instituto ha entrado en una etapa de maduración significativa, etapa que debe continuarse con el desarrollo de nuevas áreas, entre las que destacan la biología molecular de toxinas, la genética de poblaciones de serpientes, los estudios clínico-epidemiológicos sobre ofidismo y las investigaciones en Inmunología Clínica.

En esta tercera etapa historial del Instituto Clodomiro Picado se ha dado un viraje en la acción social, de manera que la misma se ha venido convirtiendo en una labor menos extensiva y más intensiva. Para ello se ha puesto énfasis en la publicación de material didáctico con distribución masiva [31]. En estas áreas se plantea el establecimiento de convenios con el Ministerio de Educación Pública, la Comisión de Salud Ocupacional y otras entidades públicas y privadas.

La edificación de la nueva planta de producción ha venido a coronar un proceso de maduración y aumento en la eficiencia en las labores de producción de sueros antiofídicos. La tendencia general ha sido la de "desartesanalizar" y tecnificar el trabajo de producción, fomentándose una mayor especialización en el cumplimiento de las funciones. Esta maduración ha venido acompañada por una reorganización que divide al Instituto en dos grandes Divisiones: la División de Investigación y la División de Producción y Desarrollo Tecnológico, cuyas labores son coordinadas en los Consejos de Investigación y de Producción, respectivamente. Se pretende que esta nueva organización, que conlleva una mayor división del trabajo y una separación entre las faenas técnicas y las administrativas, facilite las enormes tareas que el Instituto tiene por delante para continuar por un camino de logros en beneficio de la ciencia y la salud pública latinoamericanas.

#### CONCLUSIÓN: UNA TRAYECTORIA ASCENDENTE BASADA EN UNA CONCEPCIÓN INTEGRAL Y EN UN ESFUERZO COLECTIVO

El examen retrospectivo del desarrollo del Instituto Clodomiro Picado permite reconocer una trayectoria que siempre ha ido en ascenso y que nació de la necesidad de resolver, con recursos propios, un importante problema de salud pública en Costa Rica. Este desarrollo ascendente ha tenido como sustento, principalmente, el esfuerzo colectivo de todas aquellas personas que en diferentes momentos han laborado en el Instituto, ya que este esfuerzo colectivo acumulado ha hecho posible enfrentar con éxito tareas muchas veces vistas como utópicas en nuestro medio.

Por otra parte, desde el inicio del Programa de Sueros Antiofídicos se generó una concepción integral para enfrentar la problemática del ofidismo. Dicha concepción se nutre, entre otras fuentes,



del trabajo que efectuara años atrás el Dr Clodomiro Picado Twight. La solución al problema del ofidismo se abordó tomando en cuenta metas productivas, científicas y de extensión simultáneamente. Se tuvo claro desde un principio que no era suficiente con producir suero antiofídico, sino que también se debía investigar los aspectos biológicos, químicos, inmunológicos y biomédicos del ofidismo para, en base a ese conocimiento, generar respuestas y soluciones originales al problema. Más aún, se tuvo claro que todo ese conocimiento que se generaba en los laboratorios de investigación y producción debía trasladarse a un contexto social más amplio, posibilitando la implementación de medidas preventivas en la población. Esta visión integradora y de claro perfil humanista, basada en el desarrollo de ciencia propia para enfrentar un problema nacional y regional, debe mantenerse como guía y fundamento de lo que empezó siendo un pequeño Programa y es hoy un renombrado Instituto.

## NOTAS

[1] Instituto Clodomiro Picado. Facultad de Microbiología. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

[2] Anastasio Alfaro fue uno de estos naturalistas, habiendo sido elogiada su labor por el Dr Clodomiro Picado, al dedicarle su libro "Serpientes Venenosas de Costa Rica. Sus Venenos. Seroterapia Antiofídica". Cabe destacar que a principios de siglo se desarrolló una importante actividad naturalista en Costa Rica (Ver: Gutiérrez, J.M. y Monge-Nájera, J. (1989) Clodomiro Picado y sus años de formación científica. En: *Historia de la Ciencia y la Tecnología*, p. 403-421. Cartago, Editorial Tecnológica de Costa Rica).

[3] Picado, C. (1931) *Serpientes Venenosas de Costa Rica. Sus Venenos. Seroterapia Antiofídica*. 215 p. San José, Imprenta Alsina. El detalle del aporte científico de Picado en el área del ofidismo ha sido analizado en Bolaños, R. y Gutiérrez, J.M. (1988) El doctor Clodomiro Picado y nuestras serpientes venenosas. En: *Obras Completas*, Vol. VII, p. 128-137. Cartago, Editorial Tecnológica de Costa Rica.

[4] Vital-Brazil, O. (1911) *A defesa contra o Ophidismo*. 152 p. Sao Paulo, Pocal & Weiss. Vital-Brasil, O. (1987) *History of the primordio of snake-bite accident serotherapy*. *Memorias Instituto Butantan* 49: 7-20.

[5] Bolaños, R. (1967) "El Programa de Sueros Antiofídicos del Ministerio de Salubridad y la Universidad de Costa Rica". Informe presentado en el que se resumían los logros del Programa hasta ese momento.

[6] Bolaños, R. (*Ibidem*).

[7] Vallejo-Freire, A. (1967) Informa sobre condiciones para la elaboración de sueros antiofídicos y programas correlativos en Costa Rica. Publicación de la Organización Panamericana de la Salud.

[8] Bolaños, R. (*Ibidem*). Carta enviada por el Dr Álvaro Aguilar Peralta, Ministro de Salubridad, al Sr Robert Black, Director de AID en San José, el 20 de octubre de 1967. Carta del Dr Fernando Montero Gei, Decano de la Facultad de Microbiología, al Rector de la Universidad de Costa Rica, Carlos Monge Alfaro, el 10 de marzo de 1967.

[9] Hidalgo, R. y Monge, G. (1989) *El Futuro Cercano y la Capacidad Tecnológica Costarricense*.

196 p. San José, Editorial Universidad de Costa Rica y Editorial Universidad Estatal a Distancia. Merece destacarse que el Dr Jesús María Jiménez Porras, quien fungía como Director del Departamento de Bioquímica de la Facultad de Medicina, había efectuado estudios sobre los venenos de las serpientes de Costa Rica desde inicios de la década de los 60. Inclusive, el Dr Jiménez colaboró con el Dr Flowers al iniciarse el Programa de Sueros Antiofídicos, aunque luego, por razones de diversa índole, se desvinculó del mismo.

[10] Bolaños, R. (*Ibidem*). El suero polivalente se produce a partir de plasma sanguíneo de caballos inmunizados con una mezcla de venenos de *Bothrops asper* (terciopelo), *Crotalus durissus durissus* (cascabel) y *Lachesis muta* (cascabela muda). El suero anticoral se obtiene de plasma de caballos inoculados con veneno de la serpiente coral *Micrurus nigrocinctus*.

[11] Bolaños, R. (*Ibidem*). Carta del Dr Róger Bolaños al Dr Alvaro Aguilar Peralta, Ministro de Salubridad, el 23 de julio de 1968, en la que discute diversos aspectos del Programa y presenta los resultados de la evaluación clínica del suero.

[12] Bolaños, R. (*Ibidem*).

[13] Esta Comisión estuvo integrada por: Ministro de Salubridad Pública, quien la presidía, Director General de Salubridad Pública, Director General de Asistencia Médico-Social, Director del Programa de Sueros antiofídicos, Jefe de la Sección Médica del Ministerio de Seguridad Pública, Jefe del Servicio de Infecciosos del Hospital San Juan de Dios y Director del Laboratorio del Hospital San Juan de Dios (La Gaceta, N 243 del 28 de octubre de 1967)..

[14] La cantidad de suero necesaria para cubrir las necesidades nacionales era de 10000 ampollas al año, aproximadamente.

[15] "Suero veterinario antiofídico se lanzó al mercado en diciembre" (Periódico *La Nación*, 13 de marzo de 1973). "Exportación de suero antiofídico a Ecuador" (Periódico *La Nación*, 7 de julio de 1974).

[16] Las ventas de suero antiofídico durante algunos años de la década de los 70 fueron: -1973: 8515 ampollas. -1974: 9357 ampollas. -1975: 9600 ampollas. -1976: 10179 ampollas. -1977: 8556 ampollas. -1978: 9542 ampollas. -1979: 8404 ampollas. -1980:6035 ampollas. Fuente: Facturas de ventas de suero de los archivos del Instituto Clodomiro Picado. No se incluyen aquí las donaciones de suero, que estuvieron en el orden de las 1000 ampollas anuales.

[17] Con respecto al suero antiofídico, se planteaba ya en 1967 la necesidad y posibilidad de producir 30000 ampollas de suero polivalente y 5000 de suero anticoral anualmente (Bolaños, R. *Ibidem*). Por otra parte, en un folleto impreso por la Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica y titulado "El Instituto Clodomiro Picado", se mencionaba que "...en un afán de ampliar nuestro radio de acción, hemos iniciado la inmunización de algunos caballos para obtener suero antitetánico, y pensamos iniciar, en un futuro próximo, la producción de vacunas contra el tétano, la difteria y la tosferina". Véase además "Habrá control a productos de origen biológico" (Periódico *La República*, 30 de marzo de 1978) y "Aumenta demanda mundial del suero antiofídico hecho aquí" (Periódico *La Nación*, 20 de marzo de 1977).

[18] Esta concepción posiblemente se relacionaba con la existencia de centros estatales de gran prestigio de producción de biológicos en diversos países, entre ellos los Institutos Butantan y Vital Brazil en Brasil.

[19] "Simposio de Toxinología de alto nivel científico" (Periódico *Excelsior*, 10 de agosto de 1976).

[20] Los primeros estudiantes en desarrollar investigaciones en el Instituto fueron: Federico Aragón, Edgardo Moreno, Olga Arroyo, Orietta Vargas y José María Gutiérrez.

[21] Las ventas de suero antiofídico durante algunos años de la década de los 80 fueron: -1984: 14643 ampollas. -1985: 13588 ampollas. -1986: 15028 ampollas. -1987: 12967 ampollas. Fuente: Facturas de ventas de suero de los archivos del Instituto Clodomiro Picado. No se incluyen aquí las donaciones de suero, que estuvieron en el orden de las 1000 ampollas al año.

[22] Los principales reactivos diagnósticos que se produjeron fueron: Reumo-Diag, Mono-Diag, eritrocitos de carnero, antígenos febriles, hemolisina y complemento de conejo. Además, desde los años 0 se efectúa venta de servicios mediante análisis repetitivos de control de calidad a productos farmacéuticos de tipo inyectable.

[23] Estudio de factibilidad titulado "Producción de reactivos biológicos para pruebas de diagnóstico y control de tratamiento en medicina" San José, 1985.

[24] Los investigadores que desarrollaron su trabajo en esta etapa fueron: Olga Arroyo, Fernando Chaves, José Antonio Gene, José María Gutiérrez, Bruno Lomonte, Soledad Martínez, Daniel Peralta, Gustavo Rojas y Alejandro Solórzano.

[25] José María Gutiérrez fue premiado por su trabajo sobre la acción biológica de los venenos de serpientes costarricenses, en tanto Bruno Lomonte por su tesis de Maestría sobre estudios inmunoquímicos de una miotoxina del veneno de *Dothrops asper*.

[26] Véase los Informes Anuales de la labor del Serpentario (Archivos del Instituto Clodomiro Picado).

[27] Efectuaron pasantías en los laboratorios del Instituto profesionales de Colombia, Ecuador, Argentina, Guatemala y Panamá.

[28] "Estudio de factibilidad para la ampliación de la Planta de Producción de Sueros Antiofídicos en el Instituto Clodomiro Picado", preparado por Lie Gerardo Soto Medaglia y Bach. Alvaro Castro Guevara, Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas, Universidad de Costa Rica, 1989.

[29] Las ventas de suero antiofídico durante los últimos años han sido las siguientes: -1988: 18261 ampollas. -1989: 27254 ampollas. -1990: 37065 ampollas. Fuente: Facturas de venta de sueros de los archivos del Instituto Clodomiro Picado. No se incluyen aquí las donaciones, que estuvieron en el orden de las 1000 ampollas al año.

[30] La Unidad de Transferencia de Tecnología fue creada en 1989 y está adscrita a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica.

[31] Dos ejemplos de ello son la publicación titulada "Aspectos básicos sobre las serpientes de Costa Rica" escrito por Fernando Chaves, Jorge Alvarado, Rodrigo Aymerich, Alejandro Solórzano y la elaboración de un juego de afiches sobre el tema del ofidismo, los cuales están ubicados en la Sala de Conferencias del Instituto.

## 5.2 LA EDUCACIÓN EN LA COSTA RICA COLONIAL

Pedro Rodríguez Arce. [1]



### RESUMEN

*No hay duda de que el desarrollo de la Costa Rica colonial, no alcanzó los mismo niveles que el seguido por otras colonias españolas de su época. La pobreza y la marginación marcaron la pauta de nuestra historia, y la educación no escapa a tal influencia. El detalle desde los primeros visos de alguna escolaridad hasta la fundación y funcionamiento de las escuelas de primeras letras, en Costa Rica, es el motivo de ¡aprésente disertación.*

En octubre de 1492, se cambia radicalmente el rumbo de la historia americana. Con la llegada del hombre europeo al nuevo continente, se inicia el proceso de conquista, proceso mediante el cual, se intenta borrar de la faz de la tierra, todo aquello que sea amerindio, para dar paso a la "gran cultura española".

Son éstos los ímpetus del conquistador español, de cuyo estado intelectual puede afirmarse que dejaba mucho por desear.

El conocimiento de los pormenores históricos -los que si determinan a toda sociedad-, es fuente indispensable en la toma de identidad de cada pueblo.

Es así como el carácter democrático de la educación costarricense, tiene su cimiento en el período colonial, sus características de obligatoria, gratuita e indispensable no son fortuitas, son el producto de un largo acontecer histórico, que aquí se pretende ventilar.

Para este propósito, la consulta al Archivo Nacional, reviste particular importancia.

Al cumplir 110 años de existencia, el Archivo Nacional irrumpe dentro de la institucionalidad costarricense, portando un estandarte lleno de madurez y de señorío.

Ya no es la institución que custodia "papeles viejos", por cuanto su quehacer actual trasciende este concepto y la transforma en la entidad responsable de la conservación, de la organización y de la facilitación del patrimonio documental.

El celo de las autoridades españolas dentro del naciente imperio, movió desde los inicios mismos de la conquista, a la adopción de medidas reguladoras en todos los órdenes, las cuales fueron en diversas ocasiones recogidas, para constituir las recopilaciones de las leyes de los Reinos de Indias. Entre ellas están claras disposiciones tendientes a regular la conservación de la documentación, particularmente la oficial, tales como cédulas y provisiones en favor de ciudades y entidades administrativas. En hora tan temprana como el año de 1530 y 1548, se dejan ya establecidas normas para que las ciudades y villas guarden los papeles más importantes, en un archivo o arca de tres llaves, en manos de tres sujetas diferentes y relevantes de la comunidad, para asegurar debidamente su conservación.

Las huellas más remotas de un auténtico interés por el rescate y la conservación de la documentación existente en la provincia de Costa Rica, datan del año 1660, ocasión en la que el Alférez Juan López de Ortega, promueve ante el Cabildo de Cartago la búsqueda de los principales papeles tocantes al cabildo y a la provincia, y que se mande bajo pena de severos castigos, a que los particulares que los retengan, los devuelvan de inmediato.

El mayor potencial investigativo del acontecer colonial costarricense se encuentra en las series Cartago, Complementario Colonial y Guatemala cuya consulta para nuestro objetivo, resultó muy valiosa, a la cual se añade la consulta bibliografía! correspondiente.

## **PRIMEROS SUJETOS DE LA EDUCACIÓN**

En los primeros años del coloniaje costarricense, la educación no ocupó lugar alguno entre las prioridades establecidas; la necesidad de consolidar el proceso de conquista, hizo que los colonizadores se encargaran de mantener a sus colonizados, sumidos en la ignorancia, como mecanismo para mantener y prolongar su predominio.

El anhelo hegemónico del conquistador, trajo consigo el acaparamiento de aquellos puestos y funciones que requerían la mínima escolaridad; es así como en el año de 1608, se da la Real Provisión para que el Cabildo de Cartago no elija para Alcalde Ordinario y de la Hermandad, ni para otros oficios de la república a personas que no sepan leer ni escribir [2]; esta Real Provisión es totalmente consecuente con su predecesora de octubre de 1607, la que establecía la obligatoriedad de saber leer y escribir para Alcaldes Ordinarios y de la Hermandad.

Se añade que la primera Real Provisión citada, se dictó a propósito de la solicitud que hiciera Francisco de Alfaro, Alférez Mayor de Cartago. Dice que en la elección que se verifica el día de año nuevo, el Cabildo nombra para tales oficios a personas que no leen ni escriben, las que hacen muchas torpezas engañados por los Escribanos y que en la Ciudad hay muchas personas idóneas para tales puestos [3].

Sin duda que el contingente de idóneos para tales puestos, lo conforman españoles y allegados suyos; se lee en el testimonio expedido por el Escribano de Cartago, Gaspar de Chinchilla que... Palacios vecino y encomendero de Cartago se querelló criminalmente en 1601, de Agustín Félix de Prendas, de Francisco de Alfonso y de los otros regidores de Cartago, porque siendo él Alcalde Ordinario de la misma ciudad y hallándose administrando justicia en las casas del Cabildo, fue agredido por aquéllos a mano armada, lo pusieron en el suelo, le lastimaron una pierna, quedando cojo y le quebraron la vara de justicia... Dice Palacios en su queja que los agresores no le guardaron ningún miramiento, siendo él un hombre principal, hidalgo notorio, anciano y de los primeros conquistadores y descubridores de estas repúblicas [4].

El acaparamiento de puestos y funciones que requerían de mínima escolaridad, queda aún más explícito en la Real Provisión al Gobernador y Alcaldes de Cartago, para el cumplimiento de las Reales Cédulas del 12 de diciembre de 1619 y 23 de febrero de 1626 en que se dan instrucciones para la provisión de puestos. Se preferirá a naturales, hijos y nietos de conquistadores y a pobladores. No serán electos los parientes dentro del cuarto grado, criados familiares, ni allegados de los encargados de hacer los nombramientos [5].

Queda claro entonces, que los primeros que accedieron a la educación fueron los hijos y nietos de los conquistadores, serán los religiosos franciscanos quienes se encarguen posteriormente de enseñar la doctrina cristiana a los indios.

Es así como Fray Luis de Sanabria, cura doctrinero del partido de Tucurrique, certifica que durante el año de 1675 administró los santos sacramentos y enseñó la doctrina cristiana a varios indios del pueblo de Turrialba, pertenecientes a la encomienda vacante de Juan Rodríguez [6].

Procedió en forma similar en el pueblo de Icaragua, en la encomienda vacante de María Ortega y con otros indios de Tucurrique de la encomienda vacante de Juan de Acuña [7].

Fray Francisco de Murga, cura doctrinero del partido de Aserri certifica que durante el año de 1677 administró los sacramentos y enseñó la doctrina cristiana a varios indios de la encomienda de doña Magdalena Ballesteros [8].

Estos últimos testimonios no sólo representan el origen de la educación para los indígenas, sino que sustentan los primeros esfuerzos documentados por extender la educación más allá del centro de la ciudad.

## **LA EVANGELIZACIÓN: PRIMERA ESTRUCTURA PARA LA EDUCACIÓN**

La obra de evangelización emprendida en nuestra provincia por los sacerdotes franciscanos, permite considerar a estos misioneros, como los primeros maestros que tuvieron nuestros indios; ya que no sólo les preocupaba su catequesis, sino que les proporcionaban alguna instrucción de los fundamentos y preceptos de la religión cristiana, lo mismo que les enseñaban a leer, contar y escribir.

Con tal fin se lanzaron los mencionados sacerdotes a la conquista espiritual, fundando numerosas reducciones, improvisando iglesias y capillas en los lugares más remotos, sufriendo las inclemencias del clima, la falta de medios de asistencia, luchando contra la selva y la barbarie de los indios, aislados de su civilización europea; en fin, inspirados o fortalecidos por su fe cristiana e

inspirados por su anhelo colonizador, emprendieron con gran entusiasmo su titánica misión.

El esfuerzo emprendido por estos misioneros no acababa allí, se vieron obligados a estudiar las lenguas indígenas, representando éste, un mecanismo adecuado para adentrarse en las culturas indias.

Es así como se da cuenta de que Fray Pablo Rebullida conocía siete lenguas indígenas costarricenses y el Padre Juan Estrada Rávago en su condición de Vicario y primer cura de Garci-Muñoz y Cartago, estudió las lenguas indígenas, lo que trajo consigo que gozara tanto del cariño de españoles como de indios, durante los diez años de su gobierno eclesiástico.

Considerándose entonces, el inicio de la evangelización, como la primera estructura del proceso educativo; se tendrá entonces que considerar las iglesias y capillas coloniales, como los primeros centros educacionales que se fundaron en el país.

Puede considerarse que el proceso de catequización, dio inicio en Costa Rica con el recorrido que hace Gil González Dávila en 1522 y 1523, acompañado del sacerdote Diego de Agüero, por nuestra Costa Pacífica.

Según lo atestigua el limo Obispo Thiel, esta labor fue continuada por los padres Juan Estrada Rávago y Pedro de Betanzos; los que pueden ser considerados como los primeros misioneros del interior del país. Del Padre Pedro de Betanzos se comenta el perfecto conocimiento que poseía de las lenguas indígenas, lo que le capacitó para ocuparse, durante nueve años consecutivos, de la evangelización de los indios; aprendió en menos de 8 años, catorce lenguas indígenas.

Hubo varios pronunciamientos españoles, a través de Cédulas Reales o Provisiones, cuyo cumplimiento en Costa Rica, no se hizo menester, ya fuera por no ser aplicable o por influencia de las condiciones de pobreza y aislamiento que caracterizaron esta provincia.

Es el caso de la ley 11 del 8 de diciembre de 1535, mediante la cual se exige a las autoridades de América, que cuiden el que los caciques indias reciban una educación acorde con su abolengo creando escuelas para estos indios, de igual modo que se sostenían en España colegios para hijos de nobleza.

La educación de los hijos de caciques comprendía lengua castellana, catecismo, doctrina cristiana, lectura, escritura, numeración y gramática latina.

En cuanto a la educación de los indígenas, queda claro que la misma se realizó en muchos casos, utilizando las lenguas de los nativos, como una forma de facilitar el acceso a estos pueblos; se supone que este comportamiento prevaleció hasta 1754, cuando se da un superior despacho, con inserción de las reales cédulas del 16 de Junio de 1700 en que se ordena establecer escuelas en todos los pueblos de indios, para enseñarles a leer y escribir en castellano y en este idioma la doctrina cristiana. Se insiste en la enseñanza del castellano, al grado de insertar una excitativa del Arzobispo de Guatemala, de fecha 12 de agosto de 1754, para que el Gobierno Superior brinde las providencias necesarias para el cumplimiento de la susodicha disposición... y manifiesta el Arzobispo que en visita, que poco tiempo después de su llegada a Guatemala, hizo a toda la Diócesis, halló que en no pocas provincias y partidos, se enseña a los indios la doctrina en sus propias lenguas, por lo que ordenó a los curas hacerlo en castellano [9].

Sin duda, los misioneros franciscanos fueron los primeros maestros que se desempeñaron en Costa Rica, sus escuelas fueron las iglesias y capillas y su objetivo llevar el evangelio de Jesucristo a las gentes de las nuevas tierras.

Particular atención merece lo suscitado con la evangelización de los indios de Talamanca, cuya conversión se inicia en 1605, con la fundación de la Ciudad de Santiago de Talamanca. En tal lugar los franciscanos establecieron el Convento de Nuestra Señora de los Ángeles, donde muy distinguidos sacerdotes trabajaron con gran ahínco. Algunos fueron víctimas de su noble misión, es el caso de Rodrigo Pérez, Pablo Rebullida y Antonio de Zamora, a quienes mataron los indios [10].

El primer indicio histórico, de un esfuerzo por la educación en sí misma, aunque no del todo al margen de los criterios anteriores, data según el Obispo Thiel, del año 1594, en el que el presbítero Diego de Aguilar, Sacristán Mayor de la Iglesia Parroquial de Cartago, dirigía una escuela elemental en aquella ciudad, quien todavía en 1623, seguía regentándola a pesar de lo avanzada de su edad, prefiriendo renunciar a los cargos que tenía para poderse dedicar a la enseñanza.

Según el Obispo Thiel, el presbítero Diego de Aguilar, desempeñó aquel puesto por más de cuarenta años, fue en verdad el primer maestro de escuela en Costa Rica [11].

## **FACTORES EXÓGENOS QUE DETERMINARON LA EDUCACIÓN EN LA ÉPOCA COLONIAL COSTARRICENSE**

El estado intelectual de Costa Rica, durante la época del coloniaje no puede considerarse independiente del estado en que al mismo tiempo se hallaba la cultura española.

Al respecto se señala que España dio lo que tenía y si la situación intelectual en la Península era lamentable, no se podían esperar resplandores de sol en América.

El hecho de que los primeros maestros de los indios en Costa Rica, fueran los misioneros franciscanos, no es de extrañar, pues, según P. Rousselot, en España la educación se hallaba por entero en manos del Santo Oficio; al grado de que el más humilde maestro de escuela no podía ejercer su ministerio sin la anuencia del Prelado correspondiente.

Los elementos que denotan el carácter lamentable de esta influencia son variados, se cita por ejemplo, el hecho de que las obras que llegaban de Francia o Alemania, no pasaban de la frontera sin antes obtenerse una autorización especial y si estaban escritas en lengua española, no pasaban de ningún modo. La confiscación, la excomunión y hasta la pena de muerte, amenazaban no sólo al autor, sino también al impresor y al lector [12].

A tal extremo llegó este asunto que como producto de la intolerancia, comenzaron a despoblarse las universidades, es así como los claustros de Salamanca que habían contado con más de 14.000 estudiantes, a fines del siglo XVI no sobrepasaban 6.000.

Esta decadencia en el ámbito intelectual no puede juzgarse como de exclusiva responsabilidad eclesiástica; "los reyes católicos el 8 de Julio de 1502 promulgan una ley que prescribe y enumera las formalidades que debían preceder a la impresión y venta de libros; ningún librero ni impresor podía publicar ni vender libro alguno, cualquiera que fuese la materia, sin autorización real dada en



Valladolid y Granada por los Presidentes de las Audiencias, en Toledo y en Sevilla por los Arzobispos, en Burgos por el Obispo de la Diócesis, en Salamanca y en Zamora por el Obispo de Salamanca; e igualmente no se podía importar un libro cualquiera, sin someterlo a la más rigurosa censura y sin solicitar un permiso difícil de obtener" [13].

Imposiciones como la anterior, se vieron eficazmente complementadas con la prohibición de mandar a Las Indias, impresos en España o en el extranjero que pertenezcan a materia de Indias, sin ser vistos o aprobados por el Consejo. No se trataba ya de las obras prohibidas por heréticas, además, no se quería que los habitantes de las colonias americanas pudiesen instruirse sobre su historia, sus riquezas o las producciones de la tierra en que habían nacido, sin que previamente el Consejo de Indias lo aprobase.

En mayo de 1558, Felipe II había dispuesto que los Virreyes, Audiencias y Gobernadores de Las Indias cuidasen que cuando se escribiese algún arte o vocabulario de las lenguas indias, no se publicase o imprimiese, ni pudiera usarse si no había sido previamente examinado por el Prelado de la Diócesis y visto por la Real Audiencia del distrito [14].

Disposiciones como la anterior, ponen en evidencia que el exterminio de que fue objeto el indio americano, no fue sólo físico, también en el ámbito intelectual se pretendía la eliminación de todo vestigio del legado indígena.

Costa Rica no fue la excepción en el trato brindado por la jerarquía española, en su afán de controlar todo indicio de despunte intelectual, es así como, según consta en los Protocolos de Cartago, en Agosto de 1686 se recibe la Real Cédula impresa, para que en las provincias de la Nueva España se guarde la ley que dispone, que de todos los libros que se impriman en I .as Indias, se envíen al Consejo 20 tomos [15].

En abril de 1778 el Gobernador de Costa Rica recibió una Real Cédula por la cual se prohíbe el libro escrito en francés, impreso en Londres en 1776, titulado: Año dos mil cuatrocientos cuarenta, se afirma que en él se ataca la religión, a la vez que se promueve la libertad e independencia de los súbditos.

No sólo fueron censuradas las publicaciones de libros, toda revista y hasta pan netos pasaban por el mismo tamiz, es el caso de una hoja volante, titulada El Hispano Americano, que por sus ideas libertarias se le consideró sediciosa. Su autor fue el costarricense Pablo Alvarado Bonilla, nacido en Cartago el 16 de Enero de 1785 y uno de los primeros maestros de esta ciudad. En oficio del Capitán General de Guatemala, con carácter de reservado y dirigido al Gobernador Tomás de Acosta en setiembre de 1808, le informa que en la capital del Reino, ha circulado un papel con el título de El Hispano Americano, que aunque su principal objetivo es constatar los procedimientos de los franceses, contiene cláusulas que se han calificado de sediciosas, el autor que parece ser un estudiante de Costa Rica (Pablo Alvarado Bonilla) se halla arrestado en la cárcel [16].

Fue tal la influencia del Santo Oficio que los curas de Cartago, Curridabat, Tres Ríos, Villa Nueva, Barba, Villa Vieja, Tobosi, Ujarrás y Pacaca, en 1801 y obedeciendo una orden superior, recomendaron desde el pulpito la publicación semanal "Agricultura y Arte", periódico mandado a fundar por el Rey de España en 1777. Debió ser este semanario uno de los primeros impresos con que contó la provincia costarricense.

No sólo estos atavismos producto del estado intelectual de la Península Ibérica, influyeron en el desarrollo e impulso de la educación en la Costa Rica Colonial; la exagerada pobreza que reinaba en esta provincia, también tuvo su concurso. En el informe del Gobernador Carrandi y Menán, de 1738 se lee:

"No hay escuelas de niños, las calles están indignas, desempedradas, los vagabundos abundan, la ociosidad crece, la unión de los pobres para sus sementeras, para que el trabajo les sea más tolerable, no se excita; los ríos no tienen puentes y los vados traspasan del frío y ahogan las muías, los caminos se hacen intransitables por el descuido" [\[17\]](#).

Sin duda, la pobreza era el mal crónico de la colonia, convirtiéndose en factor decisivo para el atraso intelectual de la época, la falta de recursos no permitía la difusión de la enseñanza, tan es así que en 1719 ni el Cabildo, ni los padres de familia de Cartago, tenían recursos para mantener un maestro de escuela, con un sueldo de 25 pesos al año.

Diego de la Haya y Fernández, Gobernador de Cartago, expresa en su informe del 15 de mayo de 1719:

"En los linderos de esta ciudad, se hallan los pueblos de indios naturales nombrados Cot, Ujarrás, Tobosi, Quircó y el de los Laboríos, el de Tucurrique y Atirro, en todos los cuales al presente hay 114 familias, casi las más desnudas y las que se hallan vestidas son de mastate cuya tela es corteza de árboles que la benefician para este ministerio.

Desde esta ciudad, por el camino real para los valles de Virilla y Barba con distancia de cuatro leguas, se hallan los pueblos de Currirava y Aserri, los dos con 76 familias de naturales y en la circunvalación de los referidos pueblos, en las vegas de los ríos, otras muchas de españoles, las que viven con la misma positura que los que habitan en los contornos de la ciudad de Cartago".

En este informe, el señor Haya y Fernández considera esta provincia, la más pobre y miserable de toda América sin que se conozca el real de plata, con el cacao por única moneda, sin barbero, cirujano, médico ni botica [\[18\]](#).

No debe creerse que lo planteado por Diego de la Haya en 1719, tuvo carácter transitorio, pues casi un siglo después, el Gobernador José Vázquez Téllez, cuya gestión se inicia en 1792, ante la pobreza en que halló sumida la provincia, propuso al Presidente de la Audiencia, un plan para fomentar el desarrollo agrícola de la provincia a su cargo, señalando a la vez la necesidad de desarrollar su comercio.

Pero ésta, como tantas otras proposiciones al respecto, cayeron en el vacío en que tradicionalmente caían similares proposiciones en el seno de las autoridades superiores [\[19\]](#).

En la época colonial y antes de la emisión de la Constitución de las Cortes de Cádiz de 1812, los oficios para ejercer el cargo de miembro del Cabildo eran vendibles. Hasta tal punto llegó la pobreza que la ciudad de Cartago estuvo sin Cabildo desde 1755 hasta 1777, debido a que los vecinos por exhaustez de recursos no pudieron hacer postura para estos puestos. Esta suspensión del servicio municipal de Cartago impidió el establecimiento de escuela en aquella comunidad por cuenta del Cabildo.

Refiriéndose a Heredia, el Gobernador Acosta en informe vertido el 2 de enero de 1803 escribe:

En cuanto a nombrar alcaldes, no es conveniente porque entre los vecinos de Villa Vieja de Heredia no hay seis a quienes concurra el talento e instrucción necesaria para el desempeño, pues a la verdad que a la mayor parte de aquéllos que por su calidad pudieran obtener este empleo apenas saben firmar.

Respecto de Alajuela, Acosta revela: con motivo de la elección de autoridades hecha el 2 de enero de 1805 dice el Gobernador que ha suprimido el teniente de Gobernador de Alajuela y ha encargado de su administración al de Heredia, entre otras cosas porque en todo el territorio de La Alajuela apenas se encuentran seis sujetos que sepan escribir y otros aptos para desempeñar el empleo de teniente del Gobernador, porque aunque ellos materialmente hagan renglones, es trabajosa su explicación no menos que su comprensión [20].

Por lo tanto, el impulso y posterior desarrollo de la educación en la provincia costarricense, se vio determinado por la pobreza reinante en estas tierras y el escaso nivel intelectual de los conquistadores. Otros elementos, no menos importantes en esta determinación lo constituyeron el aislamiento en que Costa Rica se encontraba del régimen español, la exagerada distancia que le separaba de la capital del Reino de quien dependía, las luchas contra los indios, las invasiones de zambos y piratas por Matina y Caldera y las privaciones de distintos tipos que el gobierno español imponía a los habitantes en el orden de la producción, del comercio y de las garantías políticas en general.

## **LAS ESCUELAS DE PRIMERAS LETRAS**

En el año de 1594, según informe del Señor Obispo Thiel, el Presbítero Diego de Aguilar, Sacristán mayor de la Iglesia parroquial de Cartago, dirigía una escuela elemental en aquella ciudad; todavía en 1623 seguía regentándola a pesar de lo avanzado de su edad, prefiriendo renunciar los cargos que tenía, para poderse dedicar por entero a la enseñanza [21].

El desempeño del Presbítero Diego de Aguilar en aquel puesto, ejercido con cariño y dedicación por más de cuarenta años, es motivo suficiente para otorgarle, con toda justicia, el título de primer maestro costarricense.

Como era de esperarse, la influencia de los misioneros en la educación, determinó el quehacer educacional en las llamadas escuelas de primeras letras, la instrucción que en ellas se ofrecía, se basaba en la enseñanza de la lectura, escritura y doctrina cristiana.

No debe creerse que con la fundación de la primera escuela en Cartago, en 1594, se dio inicio formal a un fecundo proceso educativo; las limitaciones de orden político, económico y social, como son el aislamiento y pobreza de la población, el pauperismo de elementos civilizadores como libros y libertad ideológica, entre otros; hacen aparecer este despunte como un hecho aislado, antes producto de una vocación personal que consecuencia de una voluntad general.

A pesar de que las condiciones reinantes en la Nueva España, adversaban el desarrollo del factor educacional, y a pesar también del oscurantismo intelectual que imperaba en La España de los siglos XV y XVI; son muchos los documentos que testimonian una firme decisión española, en favor del desarrollo de la educación en América.

Es en este contexto que se ubica la Real Cédula del 20 de Julio de 1686, para que en las provincias de la Nueva España, Guatemala, Islas Filipinas y de Barlovento se enseñe la lengua española y la doctrina cristiana a los indios, poniéndose escuelas y maestros [22].

Una Real Provisión del 26 de Enero de 1697, solicita al gobernador de Costa Rica, informes sobre si hay escuelas para niños españoles en su jurisdicción, lo mismo que los fondos destinados a su mantenimiento, para dar en caso contrario las medidas necesarias de conformidad con la Real Cédula del 22 de Junio de 1696.

Dispone además que, en caso de que no hubiese fondos destinados al mantenimiento de las escuelas, se grave con impuestos los artículos que convenga, excepto los comestibles [23].

De nuevo las condiciones socioeconómicas vuelven impracticables los mandatos anteriores.

Una escritura del 18 de junio de 1690 ofrece el dato de que Juan Ruiz de Villegas, vecino de la Puebla de los Ángeles de Cartago, había enseñando a leer al hijo de Juan Matías de Mores, quien prometió pagarle y nunca lo hizo. Esta dato permite colegir que los padres de familia de Cartago, buscaban maestros privados para la enseñanza de sus hijos, motivados posiblemente por la inexistencia de escuelas públicas.

Los datos históricos registran el 13 de agosto de 1714, como la fecha en que los miembros del Ayuntamiento de Cartago, encargan al Hermano Francisco Aguirre para que pusiera una "escuela pública en donde se enseñe a leer, escribir y contar, dando a los niños buena educación y doctrina hasta dejarlos corrientes y atendiendo a la cortedad y pobreza de muchos vecinos, se le aseguran 25 pesos en cacao...".

El 2 de agosto de 1716 el Hermano Aguirre pide a aquel Ayuntamiento que se le cancele tal escritura, para procurarse la vida en otra cosa, acción que obedece a la falta de pago por parte del Cabildo.

El Cabildo ordena pagarle para que mantenga la escuela y en el mismo mes el Hermano Aguirre se queja por la disminución en la asistencia de los niños, por lo que tendrá que abandonar la escuela.

Ante esta circunstancia el Alcalde Ordinario y Teniente de Gobernador ordenó que todos los niños que tuvieran que aprender a leer y escribir, debían acudir a dicha escuela.

En los protocolos de Cartago se encuentran originales de los contratos realizados con maestros para el establecimiento de escuelas, estos datos -consignados a continuación- brindan una secuencia, no del todo exacta, de lo que fuera el desarrollo de la educación en nuestra Costa Rica colonial:

El 12 de Abril de 1731, Manuel Salazar se obliga a mantener en Cartago una escuela, para enseñar a los niños doctrina cristiana, leer, escribir y contar. Se obliga a enseñar además a cuatro niños, hijos de personas pobres, a cambio de 40 pesos el primer año y 25 pesos los siguientes. Sin embargo el 13 de noviembre del mismo año, se consigna el pedimento de Manuel Salazar, para que el Cabildo le pague lo adeudado, por la enseñanza de cuatro niños pobres durante cuatro meses [24].

Manuel Fernández, en escritura del 15 de setiembre de 1735 se compromete a dar en Cartago enseñanza de la doctrina cristiana, leer, escribir y contar, a cuatro niños hijos de padres nobles, pobres, imposibilitados de pagar la dicha escuela; "de balde" y sin costo alguno y sin más interés que el de enseñar a otros muchos que han de pagar por su enseñanza, a dos reales cada mes de

cartilla, a cuatro reales los de libro y a seis los de carta y a ocho los de escribir y contar.

El 4 de Julio de 1736, Juan Fernández Martínez se ofrece a poner una escuela para la enseñanza de la doctrina cristiana, leer, escribir y contar. Se obliga a recibir a los niños cuyos padres no pueden pagar la tarifa acostumbrada, siempre que se le den los 25 pesos con que por costumbre antigua, contribuye el Cabildo para semejantes escuelas [25].

En Junio de 1738, el Gobernador Carrandi y Menán funda en Cartago una escuela pública, regida por José Sánchez Toscano, con la obligación de parte de éste de enseñar a cuatro niños españoles, hijos de padres honrados, por lo que se le darán 25 pesos de cacao al año.

Como dato curioso, con el maestro Sánchez Toscano, se da un cambio en su función docente, en vista de que "quedaba obligado a salir con los niños a las funciones religiosas que se ofrecieran, via crucis, así como a darles pláticas para que vivan en política cristiana, apartándolos de todo vicio y dándoles buenos documentos y ejemplos" [26].

El 11 de setiembre de 1775 el Gobernador Juan Fernández Bobadilla ordena que de los caudales y rentas de la ciudad de Cartago, se pague lo que ha devengado Diego Ramírez de Arellano por la suma de 25 pesos cacao, por servicios como maestro de escuela.

El 23 de febrero de 1781, el Procurador Síndico del Ayuntamiento de Cartago, don Santiago de Bonilla, solicita el nombramiento de un maestro que instruya, discipline y cultive a los niños pobres de la ciudad, pagándole de la renta de ejidos. Afirma entre otras cosas: "que la juventud de esta ciudad se versa cuasi cuasi con el idiotismo por carencia de disciplina".

El Ayuntamiento aprueba la solicitud nombrando para maestro de la escuela a Manuel Astúa, vecino de Cartago, asignándole dos reales de plata mensuales por cada niño de los que lean en cartilla, libro y carta, y cuatro reales por lo que escribiesen y contasen. Además se pagarían 50 pesos anuales por la enseñanza de los huérfanos nobles pobres. Se le concede también el uso gratuito de la casa facilitada por el depositario general don Juan Francisco Bonilla [27].

Por lo visto, los esfuerzos descritos, tendientes a brindar la instrucción mínima a todos los niños de Cartago, lo mismo que a hacer obligatoria su asistencia a la escuela, no surten el efecto esperado, lo que motiva en marzo de 1783 el Bando del Gobernador Flores, que en su artículo 15 manda a los padres y madres de familia "que pongan sus hijos en la escuela que con todo empeño y a mis instancias se ha puesto" [28].

Similarmente, el Gobernador José Vázquez y Téllez, nueve años después expresa: "viendo con mucho dolor que los padres de familia rehusan a poner sus hijos en la escuela establecida en Cartago y que está a cargo del maestro Sebastián Fernández, ordena a los padres de familia que deben presentar a dicho maestro a los niñas mayores de cuatro años, bajo pena de seis pesos de multa" [29].

Y en 1794, el mismo Gobernador Vázquez y Téllez, a través de un bando, hace saber a los padres de familia, sin distinción de personas, que dentro del perentorio término de quince días y bajo pena de tres pesos de multa, deben presentar sus hijos mayores de cinco años, a don Martín Echandi, nombrado maestro de escuela, a fin de que éste les enseñe a leer, escribir, contar y la doctrina

cristiana [30].

Pronunciamiento como éste del Gobernador Vázquez y Téllez y otros similares mencionados antes, permiten afirmar que aún en los albores del siglo XIX, la educación de los niños, tanto en Cartago, como en el resto del país, transcurría por los mismos senderos de los años anteriores; tan es así que en 1799, se dan dos Reales Provisiones, una solicitando al Gobernador de Costa Rica informes sobre el establecimiento de escuelas y métodos de enseñanza, mientras que la otra manda fundar escuelas en los pueblos de indios que tengan más de cien tributarios [31].

El Gobernador Tomás de Acosta, quien fuera sucesor de Vázquez y Téllez, entró a fungir en tal puesto en abril de 1797; al igual que su predecesor, se interesó por promover la enseñanza de los niños. Respecto de tan célebre personaje, escribe don Carlos Mélenz:

"En Costa Rica hubo varios gobernantes que pueden ser calificados de ilustrados. Sin embargo el más auténticamente representativo dentro de todos ellos, lo fue indudablemente el habanero don Tomás de Acosta quien posesionó en 1797 y dejó su cargo en 1810. Numerosos informes suyos, lo mismo que la calificada labor en muchas campos por él desempeñada, lo hacen indiscutible en este sentido, debiéndose tener incluso como uno de los mejores gobernadores durante la colonia. Al menos dos de sus informes fueron editados en números de la Gazeta de Guatemala, lo que afirma a su vez la conexión con los ilustrados de la Capital del Reino. Su rasgo típicamente ilustrado se muestra en el mismo hecho de que se le tenga como el verdadero introductor del café a Costa Rica".

Fue él quien posiblemente en 1808, trajo de la Isla de Jamaica, por mediación de un jefe mosco las semillas de café que dieron origen a esta actividad económica en Costa Rica [32].

El 27 de Enero de 1803, en respuesta a una consulta del Teniente de Gobernador de Alajuela; escribe don Tomás: "que siendo tan útiles las escuelas y estando dispuesto su establecimiento, implantase todas las que estimase convenientes, poniéndolas en manos de personas idóneas".

El 21 de febrero del mismo año, escribió una carta similar al Juez de Esparza, en la que añadía estas instrucciones:

"Que el maestro fuese de conducta cristiana y arreglada, inteligente en lo que debía enseñar y de buen genio, pues no es el rigor el que enseña a toda clase de personas; el precio de la enseñanza dependerá de las posibilidades del padre de cada niño, de modo que los insolventes no podrán ser obligados al pago, pero los que fuesen aptos para trabajar, deberán ser compensados al trabajo, para que paguen la educación de sus hijos; los hijos de los pudientes quedarán obligados a asistir a clases" [33].

En mayo de 1803 el Ayuntamiento de Cartago acordó establecer una escuela de primeras letras en uno de los salones del Hospicio de la Soledad, nombrando como maestro a Pablo Alvarado Bonilla. Cinco años después, Pablo Alvarado se dirigió a Guatemala a estudiar medicina y en setiembre de 1808 fue arrestado, por su autoría en un papel que circuló bajo el título de El Hispano Americano y que fuera considerado sedicioso por parte de las autoridades de la Capitanía General de Guatemala.

De nuevo entonces en 1803 se da un nuevo bando del Gobernador Tomás de Acosta, ordenando a todos los padres de familia residentes en Cartago para que envíen a dicha escuela sus hijos varones

mayores de cinco años, bajo pena a quien no lo hiciere de ocho días de multa por la primera vez y de ocho pesos de multa por cada reincidencia. Los padres de familia deberán pagar al maestro dos reales por cada alumno de cartilla, tres por los de libro o carta y cuatro por las de escritura y contar [\[34\]](#).

Han transcurrido para entonces más de dos siglos, desde el momento en que el Presbítero Diego de Aguilar instalara la primera escuela en Cartago, sin embargo las precarias condiciones que determinan el desarrollo educativo persisten, baste como ejemplo, con conocer que el 7 de noviembre de 1805, don Joaquín Ramón García propone al Gobernador, hacerse cargo de la escuela pública de Cartago; a lo cual accede el Gobernador, dotándole de una mesa vieja, dos escaños grandes y una mesa nueva de 3 a 3 y 1/2 varas de largo por una vara de ancho, estos muebles para el servicio de la escuela. Este ejemplo demuestra una vez más que el pauperismo reinante en la provincia no sólo provocaba la "huida" de los maestros por falta de pago o en busca de otros oficios mejor reconocidos, sino que imposibilitaba para la dotación de la infraestructura mínima necesaria.

El Gobernador Acosta no cesaba en su interés de establecer escuelas, el 9 de Abril de 1806 hizo una convocatoria a una reunión que se celebró en Cartago, con el único objeto de deliberar sobre la creación de un fondo común que permita establecer escuelas públicas donde los niños aprendiesen a leer, escribir y los dogmas de la Religión Católica. La respuesta de los notables fue que pese a conocer la utilidad de la propuesta, les resulta imposible contribuir para la formación de tal fondo común, por la notoria pobreza de la provincia y porque los vecinos de Cartago tienen otras obligaciones como el pago correspondiente a los ejidos y al mantenimiento de los puentes y caminos del lugar donde habitan.

El notable desvelo del Gobernador Acosta por lograr un desarrollo educativo mínimo, le fue reconocido cuando -a propósito de su nombramiento como Gobernador de Santa Marta- el Ayuntamiento de Cartago dirigió un memorial a la Audiencia, solicitando que se le conservara como Gobernador de Costa Rica. Entre las razones que sustentaban la petición figuraron, el espíritu de progreso que animaba al señor Acosta y las muchas escuelas que existían durante su gobernación. Sin duda que la última de las razones aludía a su probado esfuerzo en la fundación de escuelas, aunque el mismo no fuera retribuido con la existencia de "muchas escuelas".

La convocatoria efectuada por el Gobernador Acosta, de una junta de notables en Cartago, con el fin de posibilitar la creación de un fondo común, para el establecimiento y mantenimiento de escuelas públicas; permite vislumbrar en su pronunciamiento, la ya comentada influencia de la pobreza que caracterizaba la provincia, en el desarrollo de la instrucción pública. Capacita también este pronunciamiento, para descubrir (pese a que para ese momento, había transcurrido tres siglos del descubrimiento de América) que aún los objetivos de la educación pública, giran en torno a la enseñanza de la escritura, lectura y el aprender a contar, lo que nos indica que tales objetivos no vinculan la instrucción a la enseñanza mínima de las ciencias. Es decir, aquellas disciplinas relacionadas con la biología, la aritmética y el álgebra como disciplinas matemáticas y otras inquietudes científicas, tendrán que esperar un mayor auge en la educación, para que ocupen algún lugar en el proceso de instrucción.

En las postrimerías del año 1807, se da origen a una de las características más apreciadas de la educación costarricense, con la gestión del Padre Guardián, quien se ofrece a enseñar gratuitamente, a leer y escribir a los niños. Ante tan generoso gesto del Padre Guardián, el

Gobernador Acosta ordenó al juez de Ujarrás, que hiciese concurrir al Convento de Cartago a los niños, especialmente a los más pequeños, que todavía no ayudan a sus padres en las faenas diarias.

Esta aplaudible gratuidad de la educación, que tiene su inicio con el Padre Guardián en 1807, se ve refrendada con el Bando del Gobernador Ayala, en 1813, mediante el cual manda que se cumpla lo resuelto por el Ayuntamiento de Cartago sobre el establecimiento de una escuela pública de primeras letras, de la cual ha nombrado como maestro a don Joaquín García, con el sueldo anual de cien pesos más veinticinco que de su pecunio asigna el alcalde primero, don Ramón Jiménez, para la enseñanza de dos niños en el presente año. El maestro García deberá enseñar gratuitamente a todos los niños pobres de la comunidad [35].

Posteriormente, en 1818 el Gobernador Ayala expide un Bando mediante el cual comunica que por continuar enfermo el presbítero Joaquín García, el Ayuntamiento ha nombrado interinamente, maestro de la escuela de primeras letras a don Joaquín Iglesias [36].

Mientras éste era el acontecer educativo en la ciudad de Cartago, en otras poblaciones, por su lejanía de "la metrópoli", el inicio de la instrucción pública fue postergado. Es así como consta que en Heredia, la primera escuela se estableció en Cubujuquí, en 1751. Fue fundada por el Obispo Pedro Agustín Morel, quien designó como maestro al único sacerdote residente allí. El Presbítero Juan Bautista Pérez fue entonces el primer maestro herediano.

Los documentos de aquella época, no hacen mención del establecimiento de escuelas en los pueblos de la meseta central, como son Aserri, Curridabat, Pacaca y Barba; así como de los pueblos de Cartago. De acuerdo con la tradición de entonces, es de suponer que los curas doctrineros se encargaban de la enseñanza de los niños, en las iglesias, sacristías y conventos. Situación análoga se supone respecto de la Ciudad del Espíritu Santo de Esparza. Sobre este último lugar, hay un informe del Gobernador Vásquez y Téllez, que da cuenta del establecimiento en tal lugar, de una escuela en 1793 y haber dispuesto castigo a los padres de familia que no enviasen a sus hijos a la escuela.

Se llega de esta manera a los albores del año 1812, con un incipiente desarrollo de la educación en Costa Rica, matizado más por grandes esfuerzos que por logros concretos. Este año de 1812, marca un hito en la educación costarricense; el 19 de marzo se promulga la nueva constitución de la Monarquía Española, emitida por las Cortes de Cádiz y publicado solemnemente en Cartago el 31 de octubre de 1812.

La nueva constitución trajo consigo la instalación de ayuntamientos en San José, Heredia y Alajuela, los que -al igual que el Ayuntamiento de Cartago- dieron un nuevo impulso a la instrucción, con acuerdos como: "que se pusieran escuelas en la población y en todos los barrios, compeliendo a los padres de familia, para que hagan concurrir sus hijos a dichas escuelas, poniéndose para tal efecto los maestros que sean necesarios en cada lugar".

Acuerdos como el anterior, son totalmente consecuentes con lo dispuesto por la mencionada constitución, la que contenía prescripciones como:

"En todos los pueblos de la Monarquía, se establecerán escuelas de primeras letras, en la que se enseñará a los niños a leer, escribir, contar y el catecismo de la religión católica, comprenderá también una breve exposición de las obligaciones civiles".



"Asimismo se arreglará y creará el número competente de universidades y otros establecimientos de instrucción que se juzguen convenientes para la enseñanza de todas las ciencias, literatura y bellas artes" [37].

A diferencia de otros pronunciamientos y esfuerzos precedentes, los que surgen a propósito de la constitución de 1812, se ven coronados por el éxito, al más corto plazo; es así como el Ayuntamiento de Bagaces, dispuso en abril de 1813, el establecimiento de una escuela pública en tal lugar, nombrando como maestro al Secretario del Ayuntamiento Crescensio Navarro. También acordó el establecimiento de escuelas en Las Cañas y Esparza.

Los beneficios logrados en las colonias de América, con las disposiciones de las Cortes de Cádiz, pueden calificarse de efímeros; pues el 4 de marzo de 1814, el Rey Fernando VII disolvió las Cortes y suprimió la constitución de 1812.

A pesar de lo nefasto que resultó tal decisión, en la provincia de Costa Rica, ya se había dado un nuevo auge a la instrucción pública, el que se ve complementado con la creación de la Casa de Enseñanza de Santo Tomás, la que según la proposición del Procurador Presbítero Manuel Alvarado, ya estaba establecida para 1814.

El viraje que se produce en el desarrollo de la educación costarricense, como producto de estos dos últimos elementos, permite considerar el período siguiente, como una nueva etapa de nuestra educación.

Es nuestro interés cimentar -a partir de lo anterior- que a pesar de fundarse en Cartago, la primera escuela en 1594, desde este año hasta 1814 no se produce ningún avance significativo en cuanto a lo que fueran los contenidos de tal enseñanza. Puede afirmarse que en tan largo período, la instrucción, se fundamentó en la escritura, lectura y el conteo; soslayándose involuntariamente la enseñanza de las ciencias en general.

La sustentación de esta tesis, encuentra un mayor asidero en el hecho de que los únicos textos utilizados en Costa Rica, durante el régimen colonial fueron la Cartilla y el Catón, a pesar de que Carlos III indicaba como textos el Compendio Histórico de la Religión y el Catecismo Histórico, de Pintón y Fleury respectivamente; los que nunca se conocieron en Costa Rica.

El primer documento costarricense que hace mención de la Cartilla, es el contrato del maestro Manuel Fernández, para la enseñanza de los niños en Cartago en 1735.

El aprendizaje de la lectura, a través de la Cartilla se efectuaba por el método silábico del b a, ba, b e, be.

El Catón puede considerarse como el segundo libro de lectura, constaba de cuatro partes: la primera relativa a las oraciones de la doctrina cristiana, la segunda, escrita en forma de preguntas y respuestas, se dedicaba también a elementos doctrinales, la tercera contenía un tratado sobre la buena crianza de los niños y la cuarta versaba sobre las virtudes y la devoción que debían ejercitarse.

Al igual que la cartilla, el catón contenía al final las tablas de multiplicación.

En cuanto a los textos destinados a la enseñanza de la aritmética, no hay evidencia histórica sobre su uso.

Por todo lo anterior, se colige que la instrucción, en cuanto a matemática se refiere -única ciencia cuya enseñanza quiso ser formal-se fundamentó en enseñar a contar y quizás a manipular algunas operaciones de suma y producto, por lo demás, muy elementales.

Más aún, la constitución de 1812, establecía una clara diferencia en cuanto a los contenidos de la enseñanza en las escuelas de primeras letras, y los concernientes a las universidades y otros establecimientos de instrucción: "se establecerán escuelas de primeras letras, en las que se enseñará a los niños a leer, escribir, contar y el catecismo de la religión católica", "asimismo se arreglará y creará el número competente de universidades y otros establecimientos de instrucción, que se juzguen convenientes para la enseñanza de todas las ciencias, literatura y bellas artes".

Queda claro entonces que la enseñanza de las ciencias competía a lo que entonces podría llamarse educación superior.

La aducida ausencia de educación científica en el período colonial costarricense, no debe confundirse con el hecho de que la aplicación de algún conocimiento científico, también estuviese ausente. De hecho la construcción de puentes, iglesias -en 1766 se concluye la construcción de la Iglesia de Orosi-, y otras obras, lo mismo que las actividades mercantiles, demandaron necesariamente, la aplicación de un acervo matemático que superó los elementos que las escuelas de primeras letras entregaban.

*Este trabajo es parte de estudios realizados en el proyecto de investigación "Historia Social de las matemáticas y su enseñanza en Costa Rica" en el marco del "Programa de Investigaciones Meta-Matemáticas" de la Escuela de Matemática de la Universidad de Costa Rica; ambos dirigidos por el profesor Ángel Ruiz Zuñiga.*

## NOTAS

[1] Programa de Investigaciones Meta-Matemáticas. Escuela de Matemática. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

[2] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 1078. 3 de setiembre de 1608. Folio 29.

[3] *Ibidem.*

[4] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 1078. 26 de marea de 1610. Folio 16.

[5] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 1078. 13 de Enero de 1631. Folio 59.

[6] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 047. 16 de Abril 1676.

[7] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 048. 16 de Abril 1676.

[8] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 056. 15 de Abril 1678.

[9] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 1077 f 92. 18 de abril de 1755.

[10] González Flores, Luis Felipe. *Evolución de la Instrucción Pública en Costa Rica*. Editorial Costa Rica. San José - Costa Rica. 1978.P. 26-27.

- [11] Thiel, Bernardo Augusto. *Datos cronológicos para la Historia de Costa Rica*. El Mensajero del Clero. 31 de marzo de 1897. N° 103. Pág. 80.
- [12] cfr.: Rómulo de Carbia. *La Educación durante el período colonial*.
- [13] Quesada, Vicente, *La vida intelectual de la América Española durante los siglos XVI y XVII*. La Cultura Argentina. Buenos Aires. 1917. Pág. 35.
- [14] González, Flores L. F. Op cit. P. 22.
- [15] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 1078. 18 de Agosto de 1686. Fojas 1.
- [16] González, Flores L. F. Op cit. P. 25.
- [17] León Fernández. *Historia de Costa Rica*. P. 358.
- [18] León Fernández. Op. cit. P. 313.
- [19] Meléndez Chaverri Carlos. *La Ilustración en el Antiguo Reino de Guatemala*. EDUCA. San José- Costa Rica. 1974, P. 106.
- [20] León Fernández. Op. cit. P. 457-463.
- [21] Thiel, Bernardo Augusto. Op. cit. P. 80.
- [22] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 1078, 20 de Junio de 1686 f 311.
- [23] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 1078. 26 de Enero de 1697 1414.
- [24] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 352. 13 de noviembre de 1731.
- [25] cfr. González Flores Luis F. Op. cit. P. 40-44.
- [26] ANCR. *Protocolos de Cartago* N2 411. 23 de Junio de 1738.
- [27] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 764. 23 de febrero de 1781 f 2.
- [28] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 785. 14 de marzo de 1783.
- [29] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 892. 22 de Enero 1792
- [30] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 912. 26 de Octubre 1794 f 9.
- [31] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 1089 19 de febrero de 1799 fl5 y N° 1129 19 de febrero de 1799.
- [32] Meléndez Chaverri, Carlos. Op. cit. P. 105-118.
- [33] González Flores. Op. cit. P. 44-45.
- [34] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 934. 15 de mayo 1803 f 38.
- [35] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 1040. 11 de enero 1813.
- [36] ANCR. *Protocolos de Cartago* N° 1054. 15 de enero de 1818.
- [37] González Flores L. F. Op. cit. P. 82-84.

### 5.3 SEMBLANZA DE UN PROFESOR DE CIENCIAS: DON ELLIOTT COEN PARÍS

Flora Solano. [1]

Jorge Paez. [1]



#### RESUMEN

*En la Semblanza del Ing. Elliott Coen París se pretende rescatar y resaltar algunos aspectos relevantes de su labor y logros en el quehacer universitario*

*Desde su contratación en la Universidad de Costa Rica en 1948 se dio a la tarea de desarrollar la Física Experimental, labor que le había sido encomendada por las autoridades de ese entonces. Hoy después de estudiar y analizar su trayectoria en las aulas universitarias se reafirma el gran impulso que el Ing. Coen brinda al conocimiento de la Física en nuestro país ,y sobre todo a la creación de los Laboratorios y Taller de Física en esta casa de enseñanza.*

#### INTRODUCCIÓN

Nuestros antepasados, aún sin tener una formación científica básica desarrollaron una "intuición" muy particular con referencia a los fenómenos atmosféricos, asociaban un día soleado y sin viento con los temblores o terremotos, los cambios climáticos con progreso o desastre.

Lentamente, el avance de la ciencia continuó y modificó en forma decisiva la vida del hombre.

Nuestra región no escapó a estos cambios, ya para finales del siglo XVIII se abre una página en la Historia de la Ciencia en Centroamérica. El padre costarricense, José Antonio de Liendo y Goicoechea introduce en la Universidad de San Carlos de Guatemala las primeras nociones de

Física Experimental y se da cierto tipo de difusión científica en la zona.

En nuestro país, en la Casa de Enseñanza de Santo Tomás (1814-1843) ,el Bachiller Osejo, oriundo de Nicaragua enseñó algunos conocimientos básicos en Física. Sus escritos sobre el clima y otros aspectos geofísicos se discutieron y difundieron en las aulas de esta Casa de Estudios, teniendo gran influencia en la sociedad costarricense de entonces.

También se tiene evidencia clara que otros maestros y seguidores de Osejo mantuvieron latente ese pensamiento científico que había surgido en esa época. Existen artículos publicados por Nicolás Gallegos en el periódico el Mentor Costarricense, en donde se explica el funcionamiento de algunos instrumentos básicos como son el termómetro y el barómetro, etc. Este período puede considerarse como una primera etapa en el desenvolvimiento de las Ciencias Naturales y Exactas en Costa Rica.

Después de la segunda mitad del siglo XIX se enseñan en la Universidad de Santo Tomás algunos cursos de Física Experimental. Se contrata al profesor don Luciano Platt para que se haga cargo de la Cátedra Especial de Ciencias Físicas. A instancias suyas, la Universidad adquiere el instrumental completo de laboratorio para impartir sus cursos [2].

El interés por el desarrollo en estas ramas del conocimiento continúa, prueba de ello es que se envía a un grupo selecto de jóvenes costarricenses a Chile, a realizar estudios en Ciencias, entre ellos se destaca don José Fidel Tristán, quien posteriormente desempeñaría un rol importante en la enseñanza de las Ciencias en nuestra nación.

Otros científicos dieron muestras de apoyo a ese movimiento científico de la época, tal es el caso de Alexander von Frantzius, quien hacía medidas y elaboraba informes meteorológicos en Alajuela gracias al equipo que poseía para tal fin.

Un impulso de gran trascendencia lo dio el Dr. Henry Pittier, suizo, quien fue contratado para enseñar y difundir la investigación de las Ciencias Geofísicas en Costa Rica. Sus estudios muestran un método de trabajo muy sistemático aplicado a las mediciones de la zona.

Con la fundación del Boletín del Instituto Físico Geográfico se sientan las bases para la recopilación y divulgación de la información científica en nuestro país. Las observaciones meteorológicas que realizó el Dr. Pittier permiten hoy reconstruir desde 1892 la historia meteorológica de Costa Rica.

Es importante resaltar que en agosto de 1888 la Universidad de Santo Tomás (1814-1843) ,el Bachiller Osejo, oriundo de Nicaragua enseñó algunos conocimientos básicos en Física. Sus escritos sobre el clima y otros aspectos geofísicos se discutieron y difundieron en las aulas de esta Casa de Estudios, teniendo gran influencia en la sociedad costarricense de entonces.

También se tiene evidencia clara que otros maestros y seguidores de Osejo mantuvieron latente ese pensamiento científico que había surgido en esa época. Existen artículos publicados por Nicolás Gallegos en el periódico el Mentor Costarricense, en donde se explica el funcionamiento de algunos instrumentos básicos como son el termómetro y el barómetro, etc. Este período puede considerarse como una primera etapa en el desenvolvimiento de las Ciencias Naturales y Exactas en Costa Rica.

Tanto don Henry Pittier, y los señores Anastasio Alfaro, Juan Rudín, Carlos Borel y otros científicos contribuyeron a difundir durante algunos años del siglo pasado y principios de este la enseñanza e investigación en las Ciencias Naturales Exactas.

Con la fundación de la Universidad de Costa Rica se logra un marco legal para la enseñanza más sistemática de las Ciencias: de la Física, Matemática, Química, Biología etc.

A finales de la década de los cuarenta se contrata al joven Ing. Elliott Coen París. Desde este período y por su labor como profesor en la Universidad de Costa Rica y de Director del Servicio Meteorológico, empieza don Elliott a dar los primeros pasos para la instauración de la carrera de Meteorología en el Departamento de Física y Matemática de la Universidad de Costa Rica.

La influencia académica del Ing. Coen ha sido decisiva en el desarrollo del entonces Departamento de Física y Matemática y de la actual Escuela de Física; por esto es importante tratar de brindar un panorama global sobre los principales aspectos que rodearon su quehacer universitario.

La Universidad de Costa Rica fue creada en 1940 bajo el gobierno del Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia y constituyó uno de los acontecimientos de mayor impacto en el país en la primera mitad de este siglo. Sus objetivos fueron producir los cuadros dirigentes y técnicos que exigía la sociedad costarricense para su normal desarrollo. La estructura universitaria según lo estipula el artículo 22 de la Ley Orgánica de la Universidad señala la división en Escuelas y dice:

"En consecuencia, integrarán la Universidad las Escuelas de Derecho, Farmacia, Agricultura, Pedagogía y Bellas Artes, ya existentes y las de Ingeniería, Ciencias, Letras, Cirugía Dental y Medicina, que se establecerán conforme lo permitan los recursos de que se dispongan." [\[3\]](#).

Posteriormente, nace la Escuela de Ciencias Económicas y Sociales.

En ese período, la Escuela de Ciencias estuvo formada por las secciones de Ciencias Biológicas y la de Física y Matemática.

Al inicio, el profesorado de la Sección de Física y Matemática estuvo integrado por ingenieros, que como una norma no escrita, pero latente en el ambiente universitario de la época, decía que eran los mejores conocedores de la Física y Matemáticas. Los ingenieros Henry McGhie Boyd, Luis González, Renán Méndez y Elliott Coen se integran al Departamento para impartir los cursos correspondientes.

Durante esta primera fase, esta sección fue concebida para la formación de personal docente de secundaria y el nivel de los cursos no alcanzaba más allá de lo que hoy conocemos como cursos introductorios o descriptivos.

Esto justificaba que junto a la enseñanza de la Física y Matemática, también se impartían lecciones de las mismas materias en la Facultad de Ingeniería, en donde contrataban personal capacitado con formación en el exterior (Bélgica, Estados Unidos).

En el año de 1957 queda plasmada la idea de reorganizar la institución tal y como lo había ideado su gestor, Lic. Rodrigo Facio. La departamentalización era su norte y se crea la Facultad de Ciencias y Letras, fungiendo Facio como su primer decano; luego al hacerse cargo de la rectoría, el profesor José Joaquín Trejos lo sustituye en la Facultad.

Este mismo año el Departamento de Física y Matemática fue creado, según consta en el acta de la sesión 42 del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias y Letras, y del acta 1 del Departamento de Física y Matemática que dicen:

Se acuerda proponer el establecimiento formal de los departamentos de Biología y Física y Matemática para el próximo 1 de marzo. [4]

El Departamento de Física y Matemática fue creado con fecha 1 de marzo de 1957. se da lectura al reglamento que rige el funcionamiento de los departamentos de la Escuela de Ciencias [5].

Don José Joaquín Trejos es nombrado como su primer director, labor que compartía con el decanato de la Facultad de Ciencias y Letras. La organización del departamento de Física y Matemática la realizó el profesor Bernardo Alfaro. Posteriormente el Prof. Trejos renuncia a su cargo de Director y se elige como Director del mismo al profesor Alfaro Sagot [6].

Uno de los objetivos del Departamento era integrar en una sola dependencia los cursos de Física y Matemática que eran impartidos por cada unidad por separado. Otra meta era lograr que los profesores de secundaria de estas ramas recibieran una formación sólida en esta unidad académica.

Un aspecto interesante de aquellos inicios en el campo de la Física-Matemática fue la escasez de libros de la biblioteca de la Universidad de Costa Rica. Los alumnos utilizaban las bibliotecas personales de sus profesores.

Luego como un elemento más de consolidación en la organización del departamento, don Bernardo Alfaro eleva ante las autoridades universitarias correspondientes, la idea de la creación de un Laboratorio de Física que diera sustento a las clases teóricas, y a su vez, diera servicio a los laboratorios de Física de los Colegios de Segunda Enseñanza tal como lo había pensado desde tiempo atrás don Elliott Coen. Se recibe asesoría del extranjero (MIT Massachusetts Institute of Technology) que sugieren primero la creación de un taller que fabricara y reparara las piezas indispensables, para poner en funcionamiento a este laboratorio. El Ing. Henry McGhie Boyd es contratado por medio tiempo para hacerse cargo de esta labor en el departamento [7].

Esta designación de don Henry McGhie Boyd viene a fortalecer la labor que desde 1948 había venido desarrollando el Ing. Elliott Coen París. Quien había sido contratado por la Universidad de Costa Rica, gracias a la recomendación de don Luis Demetrio Tinoco, quien le encomendó el establecimiento de los Laboratorios de Física en particular. Tres fueron las vertientes que empezó a trabajar don Elliott:

#### La Física como Ciencia

Esta fase requirió de mucho empeño y dedicación, ya que se pretendía un cambio radical en el pensamiento y estructura de la enseñanza de la Física a nivel universitario. Se pretendía brindar al estudiante nociones básicas sobre tópicos básicos de Física. Comentó don Elliott en una entrevista [8] que en los cursos introductorios se empezó a utilizar el libro Física General de Sears y Semansky. Algunas veces lo reprendieron por instar a los alumnos a estudiar demasiado.

#### Laboratorios en Física

Su lucha en este campo fue dura y tediosa, pero al fin logró su objetivo a partir del establecimiento del Departamento de Física y Matemática.

La creación de los laboratorios ofreció una base más sólida a los cursos teóricos, quedando incluidos dentro de sus programas de estudios los cursos de laboratorio en Física, brindando una nueva perspectiva a la unidad académica.

La Radio de la Universidad de Costa Rica

Como gestor de la instalación de la radio Universidad de Costa Rica dio su apoyo incondicional a la labor en pro de obtener el liderazgo en este campo de radiofonía cultural costarricense. En sus comienzos, la estación se inició con carácter experimental, y se construyó el emisor para la radio. La estación logra consolidarse en 1965, contando ya con un equipo más sofisticado marca Toshiba.

Comenta don Elliott que durante estos períodos de cambios en la modalidad de los cursos y readecuación de programas de estudio, las necesidades de personal idóneo se hacían más apremiantes. Con la colaboración de fondos internos y externos, algunos de los miembros del Departamento de Física y Matemática se especializaron en el exterior, y además, se contrató personal extranjero capacitado en estos campos.

## **ASPECTOS BIOGRÁFICOS DEL ING. ELLIOTT CO EN PARÍS**

El Ing. Elliott Coen París nació el 25 de marzo de 1921 en la ciudad de Puntarenas. Realizó estudios de Ingeniería Naval en la Escuela Naval de Chile.

Desde su juventud desarrolló una especial sensibilidad por la ciencia que lo llevó a escudriñar en cada uno de sus componentes y con especial apego sobre todo, el campo de la Geofísica, en especial la Meteorología.

En 1948, cuando el país vivía una reestructuración en el campo social, político, educativo y económico, el Ing. Coen hace su ingreso a la Universidad de Costa Rica: primero como profesor en la Facultad de Ingeniería, luego en el Departamento de Física y Matemática. Laboraba también, don Elliott en el Servicio Meteorológico y Sismológico, que en ese entonces dependía del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

La modernización era un hecho palpable en nuestra Universidad, por esta razón es fácil discernir que el ingreso del Ing. Coen estaba ligado con estas nuevas políticas estatales.

Sus labores de Jefe de Laboratorios y Profesor Titular las realizaba en forma paralela en el Departamento de Física y Matemática.

A partir de 1948 y hasta 1968 ocupó el cargo de Director del Servicio Meteorológico y Sismológico institución esta última que contó con su participación desinteresada. A manera de anécdota, cuenta el mismo don Coen como cariñosamente le decimos, que en tres oportunidades esta dependencia fue clausurada, y que en una de ellas, el Presidente de la República a raíz de una visita que harían altos personeros de otro país, le pidió un informe sobre las condiciones del clima en esa época. El aprovechó esta circunstancia para indicarle que era imposible cumplir con la tarea, ya que el Servicio Meteorológico había cerrado sus puertas por problemas presupuestarios, o por no considerar importante su labor. Ante esta encrucijada el Presidente en ejercicio, le comentó a don Elliot, que no molestara más sobre el asunto, que iban a proceder a su reapertura y quedaría adscrito al Ministerio de Agricultura e Industria, y no como había estado antes perteneciendo al Instituto Geográfico. Así como esta existen varias anécdotas que envolvieron su vida en ambas



instituciones.

Este fue el principio para dar a conocer en una forma más intensiva y sistemática la Meteorología. El público despertaba interés por aspectos de la Geofísica, comenta también don Elliot, que para ese mismo período ocurrió un temblor muy fuerte y que a consecuencia de este acontecimiento, él publicó y dio a conocer la Escala Mercalli. El hecho de dar a conocer la intensidad y efectos del sismo fue toda una novedad. El equipo con que contaba el Servicio Meteorológico no era adecuado para realizar dichas mediciones, por lo que utilizaban un acelerógrafo usado y reparado que había sido donado por un instituto de investigación de los Estados Unidos.

El personal del Servicio Meteorológico lo constituían tres personas, él como director, don Aman Rosales y un conserje. Su trabajo durante mucho tiempo fue en forma adhonoren. Otro hecho importante de resaltar es que en una de esas oportunidades en que estuvo cerrado el Servicio Meteorológico, al resto del personal se le pagó con dinero que cedió la Compañía Bananera.

El Ing. Elliott Coen cuando se hizo cargo del Servicio Meteorológico en 1948, tenía ya en su mente, la divulgación de la Meteorología y por ende la labor de los meteorólogos. La labor de dar a conocer de la Ciencia Física continuó y sobre todo, en ese período había que tratar de explicarle a las personas, las causas y efectos de los fenómenos atmosféricos. Es durante ese período que publica en el periódico algunas consideraciones sobre las denominadas "pintas". También se hicieron giras y se estimuló un contacto muy cercano con los niños.

En esta época, por el interés de don Elliott Costa Rica ingresa a la Asociación Regional IV de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y gracias a su empeño, las relaciones entre este organismo y nuestro país se estrecharon. Y se solicitó personal extranjero capacitado para lograr que nuestro país tuviera, a nivel universitario, un centro de formación profesional en ese campo.

Posteriormente llegó el Ing. Coen a ocupar el cargo de director de esa Asociación, significando un gran honor para él y para nuestro país, ya que fue el primer latinoamericano que fungía en tal elevado cargo.

Años más tarde y según lo describe don Aman Rosales en su documento Breve Historia del Instituto Meteorológico Nacional, con la construcción del Aeropuerto El Coco, hoy Juan Santamaría, el Servicio Meteorológico logra más presupuesto para atender la estación de Meteorología Aeronáutica. Es así como, el Ing. Coen impulsa el desarrollo de la Meteorología Sinóptica en Costa Rica. Su fin primordial era ofrecer servicio a la aviación y, a su vez, como ente recolector de datos sinópticos para ayudar al pronóstico del tiempo. [9]

En el año de 1964 se empieza a dar un giro en el Departamento de Física y Matemática, es una tendencia hacia la especialización. Es así, como don Elliot Coen aprovecha esta coyuntura y solicita a los miembros del Departamento la autorización respectiva, para iniciar las gestiones ante Organización Meteorológica Mundial, con el fin de crear una carrera en Meteorología [10].

En la sesión 67 del Departamento de Física y Matemática, del 4 de junio de 1964, el Ing. Coen comunica que la Organización Meteorológica Mundial manifiesta un vivo interés en montar en el país un Instituto de Meteorología, dadas las especiales condiciones geográficas del país y sobre todo la infraestructura que brindaba la Universidad de Costa Rica.

Las ventajas eran palpables, esta carrera vendría a satisfacer las necesidades de los países de América Latina, y Costa Rica se convertiría en una Sede Regional de Formación Meteorológica.

Aspecto este último por el que don Elliott luchó con ahinco, ya que otros países como Venezuela y el Salvador se disputaban este beneficio.

"Yo no deje que se salieran con la suya", manifiesta el Ing. Coen. [\[11\]](#)

En el acta 73 del Departamento de Física y Matemática del 12 de noviembre de ese año, se acuerda elevar ante la Rectoría la recomendación del Plan de Estudios, para la formación de profesionales en Meteorología. Se contaría con los cursos ya aprobados para la Licenciatura en Física o en Matemática, con algunas materias adicionales de Cálculo Numérico y Gráfica, Elementos de Astronomía y Geodesia y Mecánica Estadística.

Se hizo la petición oficial ante la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para que brindara asistencia técnica en la implantación de otros cursos y la traída de expertos en esta área, como fueron los profesores Héctor Grandoso, José de Briones, y Juan Carlos Jusem.

Un aspecto relevante, que fortaleció el establecimiento de la Meteorología en Costa Rica, fue el hecho de que a consecuencia de la Crisis Nacional que vivía el país, provocadas por las erupciones de ceniza del Volcán Irazú (1963), el gobierno solicitó al Departamento de Física y Matemática, poner en práctica dos proyectos de investigación, a saber

- 1) Estudio de la intensidad eléctrica atmosférica.
- 2) Estudio de la intensidad y calidad de la luz bajo condiciones de actividad volcánica.

Se solicitó también, que se determinaran los efectos mediatos e inmediatos de la ceniza en la Economía Nacional. El Poder Central supliría el dinero y equipo necesario para la investigación.

Don Elliot publicó un artículo sobre este acontecimiento, en el Geophysical Magazine, 1964, y continuó incansablemente brindando todo su apoyo al desarrollo de la Meteorología en nuestro país.

Ya para 1968 se consolida la carrera de Meteorología en la Universidad de Costa Rica, ofreciendo primero el Bachillerato en Física con orientación en Meteorología y luego la Licenciatura en Meteorología.

En 1973, y a consecuencia de las reformas del "III Congreso Universitario", el Departamento de Física se convierte en la Escuela de Física, y don Elliott, tanto en su función de profesor, como de jefe de laboratorios, ejerce su labor de maestro en esta rama de la Ciencia Física.

A partir del 1 de marzo de 1985 se acoge a la pensión, dejando tras sí un vacío en las aulas universitarias. Para ilustrar un poco más la labor del Ing. Coen se brindan detalles de los nombramientos en la Universidad de Costa Rica, tanto en el campo docente, como administrativo.

- 1948 Ingres a la Universidad de Costa Rica como Jefe de Laboratorio y Profesor titular
- 1956 Profesor A d-Honoren, Facultad de Agronomía
- 1957-58 Solicita una Licencia. Se reincorpora el 1 de agosto de 1958. Departamento de Física y Matemáticas }
- 1958 Profesor Adjunto en la Cátedra de Física General, Medio tiempo
- 1961 Profesor Titular Asociado en la Cátedra de Física General
- 1962 Profesor Titular de FM-119 y FM-117

- 1967 Profesor de Laboratorio de FM-1305
- 1967 Profesor de Teoría del Seminario de Física para Profesores de Enseñanza Media en Servicio, ofrecido por la Universidad de Costa Rica y el Ministerio de Educación Pública.
- 1968 Profesor de la Cátedra de H-108 Elementos de Cosmografía
- 1969 Encargado de laboratorios, Profesor de Física de Ingreso I y II, Profesor de FM-1405 Física General, Profesor de FM-1719 Métodos y Observaciones, Profesor de FM-7107 Fundamentos de Astronomía
- 1971 Profesor Curso de Verano de FM-1409 Física General III FM-1311 Laboratorio I y FM-1411 Laboratorio II Escuela de Física}
- 1972 Profesor de Fundamentos de Geofísica y Climatología
- 1974 Subdirector de la Escuela de Física.
- 1975 Profesor Titular: FS-105 Fundamentos de Geofísica, FS-709 Instrumentos y Métodos de Observación, FS-810 Fundamentos de Agro e Hidrometeorología
- 1977 Profesor Titular, FS-513 Introducción a la Meteorología FS-900 Seminario de Meteorología FS-101 Fundamentos de Astronomía
- 1980 Profesor Titular: FS-512 Física Atmosférica I

En el año de 1976 impartió lecciones y fue miembro del Consejo Universitario en la Universidad de Nacional.

El 1 de marzo de 1985 se acoge a la pensión en la Universidad de Costa Rica.

Administración:

Desde su ingreso a la Universidad de Costa Rica, el Ing. Coen fungió como Jefe de Laboratorios del Departamento de Física Matemática y luego en la Escuela de Física.

También es relevante resaltar la participación que el Ing. Coen París tuvo en varios eventos nacionales e internacionales durante su carrera académica y administrativa.

## **PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS Y SEMINARIOS**

- 1958 DI Congreso Internacional del Café, con lecciones del clima y del café en el Instituto de Turrialba. 1 al 6 de setiembre de 1958.
- 1961 Beca del Departamento de Estado (USA) para asistir a un curso de Verano de preparación a los cursos de verano de la Universidad de Costa Rica. 22 de junio al 21 de agosto de 1961.
- 1962 Contratado por al Unión Panamericana para dictar un curso de Física General en Sao Paulo, Brasil. 8 al 16 de febrero de 1962.
- 1963 Conferencia sobre Huracanes y Meteorología Tropical, México. 6 al 15 de junio de 1963.
- 1964 Conferencias de la Organización Meteorológica Mundial, Berna, Suiza. 20 de mayo al 20 de junio de 1964. 1964 I Reunión de Meteorología Tropical para el Caribe; México, 16 al 21 de octubre de 1964
- 1966 Reunión de la Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, 15 de mayo al 22 de junio de 1966.

- 1967 Reunión sobre Meteorología Tropical, Texas, U.S.A., 30 de marzo al 3 de abril de 1967.
- 1975 Visita a museos de Inglaterra, Alemania y Francia. Recolección información para Proyecto CONICIT sobre Museo de Ciencia y Tecnología, 14 de setiembre al 17 de octubre de 1975.
- 1976 Coordinador del Foro Universitario
- 1980 Curso Internacional de Instructores Meteorológicos. Turín, Italia, 6 al 31 de octubre de 1980.
- 1982 Coordinador Acción Social universitaria. 1982 Miembro Asamblea Plebiscitaria universitaria.

Desde sus inicios en labores docentes y de investigación se preocupó por suministrarle al estudiante de la bibliografía necesaria para su formación básica.

## **PUBLICACIONES**

1. *Algunos Aspectos Sobre el Clima en C.R.*; San Pedro de Montes de Oca, U.C.R.; 1972.
2. *Guía de Laboratorio Física General*; 2da ed., San Pedro de Montes de Oca U.C.R., 1970.
3. *Guía Laboratorio Física General*, 2da ed. San Pedro de Montes de Oca, U.C.R., 1970.
4. *Guía Laboratorio Física General*; 2da ed. San Pedro de Montes de Oca, U.C.R. 1970.
5. *Guía Laboratorio Física General*; San Pedro de Montes de Oca, U.C.R., 196.
6. *Introducción al Estudio de las Erupciones del Volcán Irazú*, U.C.R., 1964.
7. *Climas de Costa Rica*: Conferencia a los estudiantes de 11 año de la Facultad de Ciencias y Letras: U.C.R., 1958.
8. *Manual de Laboratorio de Física General*: Coautor, U.C.R., 1966.
9. *Movimiento General de los Vientos en el Globo Terrestre*, coautor, 1 ed. San José, Costa Rica, 1979.
10. *Climate, The Natural History of Costa Rica*, Chicago University Press, Chicago 1983.
11. "Mapas de Brillo Solar en Costa Rica", *Ciencia y Tecnología*, 10(1):11-29, 1986, San José, Costa Rica.
12. Conferencia del Servicio Meteorológico de Costa Rica, Profesor EUiott Coen, a los Estudiantes del Segundo Año de la Facultad de Ciencias y letras, Sección de Geografía e Historia de la Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria, abril 16, 1958, 1967.
13. "An Intrxiuction to the Study of Volcano Irazu", *Geophysical Magazine*, Vol.32,2, 1964.

## NOTAS

- [1] Escuela de Física. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
  - [2] Páez, J., Amador, J. Solano Chaves, F., "Algunos Detalles y Hechos Históricos de los Albores de la Física en Costa Rica", *Memorias III Congreso Nacional de Matemáticas*, octubre 1990, San José, Costa Rica.
  - [3] Solano Méndez, D., Ruiz Zúñiga, A.; "El Departamento de Física y Matemática: Un Esbozo Histórico", *Memorias III Congreso Nacional de Matemáticas*, octubre 1990, San José, Costa Rica.
  - [4] Acta # 142. Consejo Directivo, Facultad de Ciencias y Letras. Libro de Actas.
  - [5] Acta # 1. Creación del Departamento de Física y Matemáticas. Libro de Actas Departamento de Física y Matemáticas.
  - [6] Solano Méndez, D., Ruiz Zúñiga, A.; "El Departamento de Física y Matemática: Un Esbozo Histórico", *Memorias III Congreso Nacional de Matemáticas*, octubre 1990, San José, Costa Rica.
  - [7] Solano Méndez, D., Ruiz Zúñiga, A.; "El Departamento de Física y Matemática: Un Esbozo Histórico", *Memorias III Congreso Nacional de Matemáticas*, octubre 1990, San José, Costa Rica.
  - [8] Entrevista Ing. Elliott Coen, Henry McGhie, por J. Páez, J. Amador y Flora Solano, 1990.
  - [9] Rosales, Aman, *Breve Historia del Instituto Meteorológico*.
  - [10] Entrevista Ing. Elliott Coen, Henry McGhie, por J. Páez, J. Amador y Flora Solano, 1990.
- 

## BIBLIOGRAFÍA

1. *Boletín*, El Instituto Meteorológico Nacional, una Institución Centenaria.
2. Entrevista Ing. Elliott Coen París, por Hora J. Solano, 1988.
3. Entrevista Ing. Elliott Coen, Henry McGhie; por J. Páez, J. Amador, Flora J. Solano, 1990.
4. Fernández Rojas, Walter, Héctor Grandoso, *Semanario Universidad* #498, 31 de julio 1981, pag.5.
5. Fernández Rojas, Walter, Discurso 1988.
6. Fernández Rojas, Walter, Meteorología en la U, un Programa Internacional, *Semanario Universidad*, 27 de enero de 1975, pag.7.
7. Programa de Meteorología, U.C.R., Facultad de Ciencias, Escuela de Física, 1976.
8. Rosales, Aman, *Breve Historia del Instituto Meteorológico*.
9. Páez, J., Amador, J. Solano Chaves, F., Algunos "Detalles y Hecho Históricos de los Albores de la Física en Costa Rica", *Memorias III Congreso Nacional de Matemáticas*, octubre 1990, San José, Costa Rica.
10. Solano Méndez, D., Ruiz Zúñiga, A.; "El Departamento de Física y Matemática: Un Esbozo Histórico", *Memorias III Congreso Nacional de Matemáticas*, octubre 1990, San José, Costa Rica.

## 5.4 EL ACERVO PRECOLOMBINO: EL TRABAJO EN BARRO (CERÁMICA)

Ana Cecilia Arias. [\[1-2\]](#)

Sergio López. [\[2\]](#)



### RESUMEN

*La Sección de Arqueología de la Universidad de Costa Rica se ha venido replanteando el quehacer arqueológico, por medio de un programa de investigaciones en el Valle Central; derivado de ese programa, queremos ejemplificar el acervo científico de gran valor, logrado sobre el trabajo en barro, esto es, la manufactura de la cerámica precolombina. El ejemplo que presentamos ilustra con toda claridad, ese conocimiento empírico-científico logrado por las poblaciones del Valle Central entre los 300 a.C. y los 1500 d.C.*

### INTRODUCCIÓN

Con la arraigada convicción de que la Arqueología es una ciencia, que si bien estudia el pasado, tiene mucho que aportar en la comprensión del presente, intentamos hacer llegar con este trabajo, algunos conocimientos generales en un caso específico de investigación.

Aunado a ello, citamos nuestra visión del desarrollo histórico de la disciplina en Costa Rica, para explicar los cambios ocurridos en su corta vida.

Hemos seleccionado como ejemplo la primera etapa de un proyecto de investigación, que arrojó información sobre aspectos medulares de la arcilla y su composición y comportamiento al convertirse en cerámica. Consideramos que los conocimientos adquiridos son un aporte valioso para quienes la arcilla es la materia prima que emplean en sus actividades diarias y para quienes estudian los procesos de manufactura de la cerámica antigua.

Al valorar el aporte de esta primera etapa del mencionado proyecto, nos parece conveniente recordar que al respecto se han escrito muchas páginas con datos no del todo comprobados. Ello valoriza aún más los resultados que se exponen, pues constituye la base propicia para profundizar en el tema, por demás amplio y necesario, a la vez que refleja la posibilidad de la Arqueología, en cuanto a su capacidad de generar conocimiento que pueda servir para recrear el presente, rescatando aquello que revitalice nuestro patrimonio cultural y permita intercalar en el espacio que

le corresponde en la historia de nuestra sociedad y con ello, dilucidar los criterios de la identidad nacional que nos cobija como costarricenses.

Pensamos que al acercarse el Quinto Centenario, debemos, en la condición de arqueólogos, contribuir con la difusión de información obtenida y con la reflexión que venga a enriquecer nuestro acervo científico.

## **PARTE PRIMERA**

En la actualidad, es casi unánime la concepción de Arqueología como una Ciencia Social. Sin embargo, las desviaciones que se hagan del concepto, llevan a diferentes posiciones, que se manifiestan en la práctica de la disciplina.

Para nosotros, la Arqueología va a ser entendida como la Ciencia Social capaz de acercarnos a un pasado altamente significativo para las sociedades presentes. En ese sentido, la entenderemos como un cuerpo teórico, metodológico y de técnicas, cuya aplicación al estudio del pasado, puede proveer el sustrato imprescindible que necesita cualquier sociedad para conformarse como tal.

Las ideas acerca de la Arqueología como el quehacer de unos pocos científicos encerrados en sí mismos, o el estudio de grandes manifestaciones culturales (materiales), han dado paso a una ciencia que busca estudiar el pasado no por sí mismo, sino como la fuente que nos faculta para conocer nuestra génesis, nuestras etnias y ese conjunto de actitudes, comportamientos, manifestaciones, etc.. que precisamente dan identidad a una sociedad. Entendemos que la ciencia no es estática y que su dinamismo se manifiesta y enriquece a diario con la incorporación de nuestros conocimientos que a su vez posibilitan al hombre para conocer su realidad.

En el caso de la Arqueología, su realidad es pretérita y se justifica su conocimiento, en la medida que somos el producto de una serie de experiencias. Estudiar el pasado no es un pasatiempo, es acercarnos a una realidad que bien puede explicarnos las maneras tan particulares de ser y comportarnos. La forma de actuar y poseer ciertas preferencias. Es por lo tanto una manera de conocernos hoy. un medio para explicarnos como sociedad.

Entendemos también que la Arqueología no puede basarse solo en el estudio de las obras monumentales para explicar la historia de una sociedad. Es nuestro criterio -al tenor de la Arqueología Social- que lo cotidiano y el quehacer diario de una colectividad, es mucho más representativo que aquello que por su carácter excepcional sobresale entre algunas manifestaciones.

La Arqueología basada en el estudio de lo cotidiano no debe darle a cada dato arqueológico un valor semejante. No debe privilegiar ni supeditar un dato a otro, minimizando el impacto de la subjetividad en su estudio, que lo queramos o no, siempre está presente como parte de la realidad, tal y como lo fue en el pasado, consideramos que la Arqueología, estudiando las evidencias dejadas por nuestros antepasados, puede acercarse a las regularidades históricas, abriendo la posibilidad de enfrentar el futuro con mayor acierto, objetivo de todas las ciencias.

El objeto de estudio de la Arqueología, si bien son en primera instancia los restos materiales dejados por sociedades antiguas, debemos entenderlos como el producto de la actividad humana, social, razón para decir que estudiamos sociedades antiguas, pues detrás de cada artefacto está el hombre. Se colige también que para estudiar esa evidencia material deberá existir un contexto arqueológico, donde las relaciones y asociaciones, propicien el hacer inferencias.

El transitar de la Arqueología en Costa Rica no se diferencia en mucho de la Arqueología en general.

De la misma manera y con el clima colonialista con que se inicia la arqueología en otros lugares, se inicia en Costa Rica. En efecto, lo que podríamos llamar los primeros acercamientos a sus restos o cultura material de las sociedades antiguas, se da con la llegada de los europeos a nuestro suelo y se caracteriza por un acercamiento inicial con el "otro" (conquistadores y conquistados) con un absoluto irrespeto de lo que se está conociendo, pues el objetivo es el dominio y despojo de bienes culturales. Por medio de las crónicas, tenemos una visión de las observaciones realizadas, que aunque con sus juicios de valor, atestiguan la existencia de una obra material y rasgos culturales como viviendas, ambiente natural, ceremonias, ritos, etc. Algunos cronistas como Juan Vázquez de Coronado, Fernández de Oviedo son ejemplos precisos de esa etnografía que nos sirve en el presente para formular hipótesis y objetivos de trabajo.

En el lapso comprendido entre 1840-1914, en el cual surge la Arqueología como ciencia (a partir de 1859) tuvieron cabida una serie de expediciones y visitas de viajeros a nuestro medio, dejando constancia escrita de las limitaciones al interpretar el desarrollo cultural a partir de la cultura material. Se cometieron errores tales como aplicar el concepto de civilización derivado de grandes sociedades, a las nuestras y verlas con un carácter estático. Se dio además una exaltación de artefactos en detrimento de aquellos de carácter utilitario a los cuales no se les daba ninguna importancia.

En general, pasaron por alto el contexto arqueológico y sus interpretaciones e influencias, carecen de esta base necesaria. Algunos de ellos contribuyeron con la descripción física del país de manera sobresaliente y otros ayudaron y participaron del despojo arqueológico del país, al llevarse al exterior grandes colecciones, pues es el tiempo de apogeo del coleccionismo y los museos pagaban muy bien por ello. Con algunas excepciones -Caso de Cari Hartman- el aporte a la disciplina es muy limitado, pese a que en 1888 surge el Museo Nacional, como institución encargada de esos menesteres. Hartman realiza las primeras excavaciones con carácter científico y deja información invaluable en la Arqueología costarricense, aunque no escapa al espíritu coleccionista de la época.

Entre 1840 y 1914, se nota un cambio, básicamente en el concepto de cultura ya que se toma como un conjunto de normas compartidas que se reflejan en los materiales culturales. Surge un interés por los estilos y las formas, en especial de la cerámica y se dan las comparaciones extrapolaciones macrorregionales. El uso de las fuentes etnohistóricas es un elemento que se incorpora a éste lapso, a la vez que se incrementan las excavaciones, aunque no con un carácter estrictamente científico. En general, se sigue un desmedido interés por la forma que es fiel muestra de lo que se está dando dentro de la Arqueología de ese momento.

Para 1940-1970, el interés cambia cualitativamente. Influenciados por el concepto de evolución y por la posibilidad de observar ese cambio en los materiales y en los "rasgos", los investigadores se abocan al establecimiento de secuencias culturales, Ixis sociedades son cambiantes, capaces de transformarse por su dinámica interna y externa.

El empleo del método estratigráfico permitió el (echamiento relativo y con ello el manejo del tiempo. Además se integra el fechamiento absoluto C14. La tipología la seriación y el método analítico son instrumentos metodológicos en este periodo. Conceptos como tradición, horizonte y etapa cultural son utilizados. Las excavaciones horizontales y verticales buscando el contexto y en



consecuencia la naturaleza y función, tanto de artefactos como de emplazamientos, son características propias. Algunos investigadores son: Carlos II. Aguilar, Wolfgang, Haberland, William Kennedy y Claude Baudez. Cada uno de ellos matizan en cuanto a sus objetivos: secuencias culturales, relaciones medioambientales, tipologías cerámicas y líticas se observan en sus trabajos. Creemos que podríamos pensar que aquí se sientan las bases de una Arqueología más comprensiva.

Para la década de 1970-1980 la Arqueología en Costa Rica se ve nutrida por una serie de aportes de investigadores estadounidenses que interesados por nuestra arqueología decidieron realizar sus tesis de postgrado. La preocupación y la definición de intereses se amplía, cubriendo no solo las dimensiones espacio-culturales, sino que bajo la influencia de la Ecología Cultural, marco-teórico en boga para estos momentos, se incursiona en campos que hasta estos momentos no se habían trabajado, la relación hombre-medio físico, la utilización del método de patrones de asentamiento, la adaptación a condiciones medioambientales y la consiguiente explotación de recursos son aspectos a cubrir los trabajos de Lange para el Pacífico Norte, Snarskis para la Vertiente Atlántica, Drolet para el Pacífico Sur y un conjunto muy importante de aportes logrados por jóvenes tanto de la Universidad de Costa Rica y entrenados en el Museo Nacional configuran un desarrollo sensible de la Arqueología Nacional. Recordemos que para los años de 1960-1970 la llamada culturales y debe limitarse a la recuperación de la evidencia material fraccionada que a su vez determinará un acercamiento a la historia antigua también fraccionado. En Costa Rica el aspecto técnico se ha manejado excelentemente, no así a nuestro juicio, la arqueología de rescate que se convierte en una "recuperación rápida" de evidencia empírica perdiendo en buena medida su contextualización. Las investigaciones a largo plazo y a mediano plazo si bien no están exentas de destrucción contextual, le permiten al arqueólogo en Costa Rica diseñar una estrategia de recuperación mucho más congruente con su objeto de estudio: las sociedades pretéritas.

El otro aspecto que complementa lo anterior será sin duda el análisis e interpretación de la evidencia recobrada.

En los últimos tres años hemos logrado percibir una mayor claridad en la estrategia de "laboratorio" en saber encontrar el camino más adecuado para lograr "explotar" en todo su potencial la información de campo. Sin embargo esto se ve limitado por las desventajas tenidas en el campo, no deseamos generalizar en este sentido pues sería impropio ya que en la actualidad se realizan algunos proyectos que van hacia un adecuado manejo y en consecuencia interpretación de las culturas precolombinas.

Para finalizar este punto (el objeto de estudio y su abordaje) deseamos referirnos a las interpretaciones logradas. Ya existen algunas síntesis para la Arqueología de Costa Rica (Ferrero: 1977), Aguilar (1988), Fonseca (en prensa) que han tratado de sistematizar toda la rica información que hemos logrado acumular por medio de las investigaciones científicas. Alguna de esta información es evidencia que nos refiere directamente a la posible interpretación social, otra sin embargo es indirecta y hace que la interpretación a nuestro juicio, sea hipotética; de esta forma consideramos que la Arqueología en Costa Rica está lo suficientemente madura para establecer lo que Lakatos (1983) define como programas de investigación científica, rico en sistemas de hipótesis, en información empírica y en reflexión teórica, no se trataría solo de "acomodar" nuevos hechos en la teoría pertinente, sino más bien de una relación permanente entre hechos, teorías, nuevos hechos.

El programa de investigación según Lakatos (1983) está conformado "por un cinturón protector flexible de hipótesis, un núcleo firme y una maquinaria muy elaborada para la solución de problemas". En consecuencia no se trata de largos períodos de ciencia normal (Kuhn) lo que caracteriza el desarrollo de la Arqueología sino la historia de programas de investigación científica. La ciencia madura -repetimos- no solo debe anticipar hechos nuevos, sino también teorías auxiliares que tengan un poder Heurístico. Si nosotros asumiéramos lo anterior (ya hay esfuerzos en este sentido) lograríamos, acercarnos con mayor certidumbre a la esencia de los fenómenos, trascendiendo su apariencia formal. Sobre el aspecto de la razón instrumental o sea la utilización de la ciencia causal-analítica, solo tiene sentido si la complementamos con el método del comprender (Verstehen) y en esto es precisamente en lo que la Arqueología de Costa Rica está todavía en ciernes dado que el avance tecnológico deslumbró y los arqueólogos no somos la excepción. En este sentido la Arqueología de Costa Rica ha incluido en su estrategia metodológica la "alta tecnología" (rayos infrarrojos, sensores remotos, microscopía electrónica, difracción de Rayos-X, entre otros) y no es que esto sea inconveniente, al contrario, es un camino de mucha precisión y de grandes posibilidades, lo inconveniente es precisamente asimilar la aplicación de esas técnicas sofisticadas con el significado científico de la Arqueología o peor aún con su objeto de estudio. La científicidad no está dada por únicamente las consideraciones cuantitativas y cualitativas desvinculados, sin un soporte hipotético establecido claramente. Un elemento -que creemos- nos conduce a una especie de enmascaramiento del alcance científico por medio de las observaciones y su organización categorial.

## **PARTE SEGUNDA**

1. El proyecto de investigación arcillas y cerámica en el Valle Central: hacia la determinación de los procesos de trabajo en la cerámica precolombina.

El proyecto de investigación del cual presentamos algunos resultados en el presente trabajo, se enmarca dentro del programa de investigaciones arqueológicas que la Sección de Arqueología desarrolla en el Valle Central. Como condiciones importantes se destacan, la interdisciplinariedad, objetivos a corto y mediano plazo y una reflexión permanente en torno a las posibilidades del proyecto y de la evidencia con que contamos.

El proyecto está siendo desarrollado por los colegas Lie. Eva Neff (ceramista), Lie. Carlos Rodríguez (Geólogo) y Lie. Ana Cecilia Arias (Arqueóloga); la primera etapa la iniciamos en 1988 y terminó en 1989-1990 y pensamos establecer la segunda etapa en 1992. Para el caso que nos ocupa, la cerámica precolombina, no solo estamos interesados en su ubicación espacial y temporal, sino y sobre todo en sus aspectos de manufactura, en la materia prima utilizada y la "intencionalidad" en el momento de su "fabricación", en otras palabras, acercamos al proceso de trabajo que tuvo lugar. Como es claro la cerámica representa una de las artesanías más complejas y especializadas desarrolladas por el hombre, la base económica que la sustentaba sin duda -para el caso nuestro- debió de haber sido la agricultura pues permitía que ciertos sectores se dedicaran a producir bienes primarios y otros a concretar artesanías como la lapidaria, la orfebrería y la cerámica, entre otras.

Gracias al conocimiento que hemos derivado en la Arqueología de Costa Rica (la concebimos como una actividad colectiva) nos damos cuenta de la enorme riqueza técnica, artística y funcional que encierra el trabajo en barro; se presume que los artefactos cerámicos ya se estaban manufacturando para nuestra región de estudio (Valle Central) hacia los 1000 a.C, fecha que perfectamente puede bajarse un tanto más dadas las fechas más antiguas que se han presentado en otras regiones de nuestra América.

Otro de los aspectos que deseamos establecer se refiere a los astesanos actuales. Pensamos que toda la información que logramos será de mucha utilidad para aquellas personas o grupos organizados que se dedican a manufacturar artefactos de cerámica en la actualidad, pues con una mayor certeza podrán seleccionar aquellas fuentes de materia prima más convenientes para su trabajo, además de toda la experiencia tecnológica acumulada por milenios, y que poco a poco se irá precisando conforme avance el proceso de investigación.

Somos conscientes de las limitaciones que este tipo de proyectos presentan, pero aun en su carácter exploratorio la experiencia nos ha generado una riquísima información y una contrastación fundamental de técnicas nuevas y su aplicación a la Arqueología.

Creemos en este tipo de proyectos en lo que se refiere al concurso interdisciplinario y a las posibilidades que nos ofrece de ir precisando cada vez más los procesos de desarrollo social y económico de las poblaciones pretéritas de nuestro país: recordemos que los procesos de trabajo que intervienen en la determinación concreta de los artefactos (cerámicas en este caso) son reflejo de actividades inscritas socialmente por los miembros de una comunidad, conduciéndonos hacia la determinación de la función social del artefacto como elemento constitutivo de la dinámica social cristalizada en tiempos precolombinos.

2. ¿Cómo se trabajó en el proyecto?

### **Estrategia metodológica**

Está constituida en lo referente a la ubicación y caracterización de fuentes de materia prima de la siguiente manera:

- a- compilación bibliográfica
- b- cartografiado geológico
- c- análisis "in situ"
- d- Análisis de laboratorio

Lo anterior responde a los siguientes objetivos:

1. ¿Dónde buscar los depósitos de arcilla ?
2. Compilar un registro cartográfico de dichos depósitos.
3. ¿ Qué características macroscópicas de índole geológica presenta el depósito de arcilla ?
4. ¿Qué características geomecánicas y petrográficas poseen estos materiales y bajo qué esquema deben clasificarse para argumentar sobre su posible génesis?

## Resultados obtenidos

En el transcurso de esta primera etapa logramos ubicar 70 topos arcillíticos de diferente naturaleza en lo que respecta a su génesis. Los datos, en este sentido, se consignaron en un mapa del Valle Central (confeccionado en 1985 por Arias y Chávez) a una escala de 1:50.000.

Continuando con la estrategia metodológica, se seleccionaron 13 sitios arqueológicos ubicados temporalmente en lapsos que van de 300 a.C.-1550 d.C; se seleccionaron a su vez muestras de cerámica precolombina de los sitios referidos.

Estas muestras se sometieron a análisis petrográfico (secciones delgadas).

## Resultados

En términos generales se destaca la presencia de minerales como la penina y la epidota, en altas concentraciones, lo cual puede evidenciar una termoalteración producida por temperaturas de por lo menos 300 C. La presencia de cristobalita (cuarzo de alta temperatura, aproximadamente 860 C) no está bien entendida en lo que respecta a su origen, quizá podría estar presente en el material original. Hay además grandes concentraciones de pirita, mineral que podría considerarse como un posible catalítico.

Mineralógicamente, ha presencia de minerales derivados de rocas básicas, estables a temperaturas inferiores a los 560 C, tales como plagioclasas, titanogaugitas, augitas, piroxenos y algunos piriboles. Los análisis físicos y químicos de la cerámica precolombina (fragmentos-tiestos) completan la estrategia metodológica, en este aspecto otra de las líneas de información que desarrollamos incluyó metodológicamente análisis de porosidad, elasticidad y capacidad refractaria a cada una de las muestras de "arcilla" recolectadas en el campo; los métodos que se utilizaron fueron: la curva de Bigot, análisis granulométrico y de plasticidad (Método Casagrande), no es el caso detenemos en la descripción de estos métodos y técnicas, solo queremos indicar que el trabajo es sumamente lento y minucioso y que definitivamente debe contarse con especialistas y con equipo adecuado para realizarlo.

Queremos mencionar en este punto la utilidad de la microscopía electrónica para estos análisis, así como la cooperación que logramos establecer con el Laboratorio de Geotecnia de la Escuela Centroamericana de Geología.

## 3. Discusión General

Conforme la Arqueología en Costa Rica ha venido madurando y definiendo con mayor claridad su objeto de estudio y su objeto de trabajo, se hace posible desarrollar proyectos de investigación (como el que presentamos) que nos permitan acceder en forma precisa al proceso de trabajo que tuvo lugar en tiempos precolombinos en lo concerniente a la manipulación del barro.

La cerámica por mucho tiempo fue considerada como elemento de utilidad cronológica, o sea, como elemento indicador de tiempo y espacio, pero ahora hemos logrado poco a poco esclarecer toda la potencialidad que encierra el trabajo con barro; esta actividad se concibe como una artesanía más en la cual se despliega toda una experiencia acumulada por siglos y transmitida por tradición oral y que exige como una de sus condiciones una actividad permanente -ahora diríamos de tiempo completo- que solo es posible si existe una base económica estable, que establecemos para Costa Rica, como el trabajo agrícola.

Con el proyecto "arcillas y cerámica en el Valle Central" abrimos toda una gama de posibilidades en este campo desde el conocimiento preciso de las materias primas hasta el conocimiento que sobre el proceso de trabajo se puede generar, lo anterior sin olvidar el uso social que recibieron estos artefactos de arcilla.

Ahora sabemos que es posible conocer ese proceso de trabajo y que conociéndolo seremos capaces de derivar información pertinente sobre la organización social, sobre niveles de especialización en el trabajo, sobre tiempo requerido para realizarlo, sobre técnicas y métodos de manufactura, al uso y al consumo de estos artefactos cerámicos.

El trabajo en equipo interdisciplinario es una condición en este tipo de proyectos, la claridad y precisión en el problema de investigación así como el camino hacia la búsqueda de soluciones se perfila más claramente de esta manera; el trabajo artesanal, en solitario, ha sido sustituido por la reflexión teórica en colectivo y por la práctica en común.

Específicamente en lo referente a la información derivada y a las conclusiones a que llegamos deseamos compartir lo siguiente:

El término arcilla que se considera y define de muchas maneras, es variable y difícil de precisar.

En edafología y sedimentología frecuentemente se usa como un tamaño (menor de dos micrones) que identifica un material heterogéneo, compuesto de materiales o minerales propios de la arcilla y otras sustancias incluyendo fragmentos de roca, óxidos hidratados, geles y sustancias orgánicas. Petrográficamente se llama arcilla a una gran cantidad de materiales sedimentarios de granulometría fina y petrográficamente poco definidos. Desde un punto de vista tecnológico, los ceramistas llaman arcilla a materiales de textura fina que exhiben, cuando húmedos, propiedades plásticas, esto es que pueden ser reformados permanentemente por la acción de una presión y que son refractores. Químicamente por arcilla se designa una serie de sustancias que con frecuencia se identifican con el caolín y son de composición muy variable, incluyendo Si, Al, Fe, elementos alcalinos y alcalino terreos. Arcilla designa también un producto de meteorización.

La imprecisión del término arcilla radica en que conceptualmente es diferente para el ceramista, el arqueólogo, el edafólogo, el geólogo, o el fabricante de ladrillos. Por todo lo anterior sugerimos que para el caso concreto de la Arqueología se hable de trabajo en barro, con tierras o con mezclas para referirse al trabajo que ordinariamente se ha llamado "trabajo en arcilla". Ver Anexo

Basándonos en los resultados obtenidos podemos concluir con lo siguiente:

- a. Definitivamente los artesanos precolombinos utilizaron "pastas" (compuestos) para confeccionar sus artefactos, las mezclas y no la arcilla "genéticamente pura" se utilizaban para concretar los artefactos, pues las condiciones físicas de la "arcilla pura" no permiten su manipulación.
- b. En lo que respecta al "desgrasante" las muestras de tiestos precolombinos nos indican la posibilidad de que éste ya viniera incorporado en la mezcla que se utilizaba como materia prima y que no necesariamente era agregado por el artesano.
- c. Otra posibilidad gira en torno a la utilización de mezclas de dos o más arcillas para lograr una pasta idónea; la arcilla "genéticamente pura" pensamos que pudo ser utilizada como un posible sellador, esto es, una capa delgadita muy fina que se aplicaba al artefacto posterior a su manufactura con la intención de cerrar poros y evitar que el artefacto se fuera a fracturar, o bien

que fuera muy poroso y que esto limitara su utilidad en el sentido de guardar líquidos o bien para cocinar alimentos.

d. Respecto a las temperaturas de cocción a las que fueron sometidos los artefactos, logramos establecer un medio posible para su precisión, sin embargo esto todavía no está lo suficientemente estudiado como para emitir juicios al respecto; no obstante pensamos que la alta concentración de pirita en los tiestos nos puede estar sugiriendo su utilización como catalítico para bajar el grado de cocción de ciertas arcillas.

e. La alta tecnología es muy útil en este tipo de proyectos y de problemas a resolver como una ayuda más, no como un fin en sí mismo, un ejemplo concreto lo tenemos en el uso de la microscopía electrónica en la determinación de huellas de uso (procesos de manufactura antiguos).

f. Como se comprenderá la bibliografía consultada es muy abundante y por razones de espacio no podemos consignarla aquí. Existen documentos anexos en los cuales puede conocerse alguna de esta bibliografía.

## **ANEXO**

De acuerdo con la información derivada de la presente investigación, daremos a manera de resumen que se identificaron los siguientes

- a- depósitos hidrotermales
- b- depósitos lateríticos
- c- depósitos saprolíticos
- d- depósitos residuales

De acuerdo a la naturaleza de la roca asociada en el depósito de arcilla se identificaron los siguientes:

- a- asociados a rocas sedimentarias (marinas y continentales)
- b- asociados a rocas piroclásticas (tobas y cineritas)
- c- asociados a rocas volcánicas básicas (basaltos y andesitas)
- d- asociados a colmataciones lacustrinas

Con respecto al análisis de los tiestos es posible mencionar lo siguiente:

- Con base en la "cohesión" del material analizado, se diferencian cinco tipos de tiestos (pastas):

- 1. De cohesión muy mala
- 2. de cohesión regular
- 3. de cohesión buena
- 4. de cohesión fuerte
- 5. de cohesión muy fuerte

- Con base en la granulometría de los tiestos, se identifican tres tipos (o pastas):

- 1. Arena media
- 2. Arena fina
- 3. Arena muy fina

- Con base en la homogeneidad de repartición de componentes, se diferencian dos tipos de pastas:
  - 1. Con distribución homogénea
  - 2. Con distribución no homogénea
- Con base en la esfericidad y redondez de los componentes (de los tiestos), se diferencian tres tipos de pastas:
  - 1. Buena
  - 2. Mala
  - 3. Regular
- Con base en la presencia de halos de reacción en los componentes, se diferencian dos tipos:
  - 1. Con halos de reacción
  - 2. Sin halos de reacción
- Con base en la selección de los componentes (de los tiestos), se diferencian tres tipos de pastas:
  - 1. Mala
  - 2. Regular
  - 3. Muy buena
- Con base en el contenido mineralógico de los tiestos, se diferencian dos tipos de fuentes de materia prima utilizada:
  - 1. Fuente única: La pasta se confeccionó a partir del material original, tal y como se encuentra en la naturaleza (depósitos arcillo arenosos).
  - 2. Fuentes diversas: Para la confección de la pasta se combinaron y/o tamizaron los diferentes elementos, para formar una pasta de características óptimas.
- El porcentaje de matriz (de naturaleza arcillítica), de los tiestos, varía entre el 5 y 45% con una media (X) de 25% y una desviación de 12.
- Se determinó la presencia de los siguientes materiales exóticos:
  1. Carbón vegetal (en nueve fragmentos cerámicos)
  2. Oro ( en cinco fragmentos cerámicos)
- El porcentaje de componentes varía (de los tiestos), entre el 65 y 95%, con una media (X) de 75% y una desviación de 12.
- La temperatura de cocción de los tiestos, deducida con base en la presencia de sulfuros, es necesariamente inferior a 600 C, en el caso de los fragmentos en los que se identificaron.
- La ausencia de carbonatos y sulfuros en las piezas cerámicas, evidencia una temperatura de cocción necesariamente superior a 800 C.

En lo referente a la curva de Bigot diremos que: Al observar el Cuadro Resumen, podemos concluir que las arcillas más recomendables para el trabajo cerámico serían las identificables como: 13, 17, 19, 20 y 21. La selección de éstas arcillas se basa en que presentan índices razonables de absorción y contracción, además de una buena plasticidad que permite trabajarlas en la forma que se desee.

La contracción tiende a ser mayor en arcillas muy plásticas, lo que presenta el problema de grietas en el secado y horneado, por lo tanto, existe una relación muy estrecha entre plasticidad y contracción.

La absorción nos indica cuan poderosa es la arcilla una vez horneada y, naturalmente, se busca una arcilla lo menos absorbente posible.

Estas arcillas, además de la identificada como 1, pueden ser utilizadas solas, tal y como vienen del campo, dadas las condiciones antes indicadas.

Las restantes, salvo las No. 12 y 16, que presentan tixotropía (no sostiene la forma, el agua que se incorpora a la arcilla añora a la superficie), podrían utilizarse en mezclas con otras arcillas o agregando antiplásticos si fuera necesario (por ejemplo en el caso de las arcillas No 9 y 11).

## NOTAS

[1] Programa de Investigaciones Meta-Matemáticas.

[2] Sección de Arqueología. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar Piedra, Carlos, et. al. 1988. "El Mundo de nuestros aborígenes ". *En Historia General de Costa Rica*, Vol. I, Madrid, España.
2. Arias, Ana y Chávez, Sergio 1985. Iubicación espacio-temporal de los sitios catalogados y registrados en el Valle Central por el Laboratorio de Arqueología de La Universidad de Costa Rica. Tesis de Graduación.
3. Ferrero, Luis 1977. *Costa Rica Precolombina*. Segunda edición, San José, Costa Rica.
4. Lakatos, Imre. 1983. *La Metodología de los programas de investigación científica*. Alianza Universidad, España.