



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS SOCIALES Y  
H U M A N I D A D E S**

TESIS

DEL CONOCIMIENTO DEL COSMOS A PROYECTOS DE  
COOPERACIÓN INTERNACIONAL.  
UNA RECOMPOSICIÓN DEL CONCEPTO DE AUTONOMÍA DE LA  
CIENCIA A TRAVÉS DEL CASO DEL GRAN TELESCOPIO  
CANARIAS.

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN SOCIOLOGÍA

PRESENTA

CARLOS ADRIÁN CUEVAS GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS: MTRO. ADRIÁN GALINDO CASTRO

PACHUCA, HGO. NOVIEMBRE DE 2009



**Área Académica de Sociología y Demografía  
Centro de Estudios de Población**

*Edificio CEDICSA XXI, Pachuca de Soto, Hgo.  
Carretera Pachuca - Actopan Km. 4*



*OF. No. 033/CSH/AAS/09*

**MTRO. JULIO CESAR LEINES MEDECIGO  
DIRECTOR DE CONTROL ESCOLAR  
PRESENTE.**

Con base en el Artículo 105, fracción IV del Reglamento de Control Escolar vigente, se autoriza al P.D.E. S. Carlos Adrian Cuevas Garcia con número de cuenta 142830 presentar el Examen Profesional para obtener el Título de Licenciado en Sociología bajo la modalidad de tesis con el documento titulado "Del conocimiento del cosmos a proyectos de cooperación internacional. Una recomposición del concepto de autonomía de la ciencia a través del caso del Gran Telescopio Canarias".

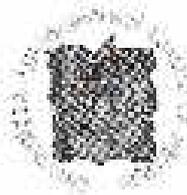
Agradezco la atención que sirva dar al presente y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

*ATENTAMENTE  
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"  
Pachuca, Hgo. 11 de Noviembre de 2009*

*Dr(a). Silvia Mendosa Mendosa  
Coordinadora*



*C.c.p. Expediente*



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Área Académica de Sociología y Demografía

Centro de Estudios de Población

Edificio CEDIC No XXI, Pachuca de Soto, Hgo.

Carrtera Pachuca - Actopan Km. 4



OF. No. 032/ICSH/AAS/09

Asunto: orden de impresión

**CARLOS ADRIÁN CUEVAS GARCÍA**  
**PASANTE DE LA LIC. EN SOCIOLOGÍA**  
**PRESENTE**

En respuesta a los oficios recibidos por los miembros del jurado revisor, quienes han manifestado a la coordinación que su trabajo cumple con los requisitos para ser presentado en examen profesional se le autoriza la impresión de su tesis titulada "Del conocimiento del cosinus a proyectos de cooperación internacional. Una recomposición del concepto de autonomía de la ciencia a través del caso del Gran Telescopio Canarias".

PRESIDENTE *Mtro. Adrián Galindo Castro*

SECRETARÍA *Dra. Silvia Mendoza Mendoza*

VOCALES *Mtro. Jesús Erasmo González*

VOCALES *Mtro. Guillermo Angeles Vera*

VOCALES *Mtro. Carlos Mejía Reyes*

SUPLENTE *Dra. Raquel Ofelia Barceló Quintal*

SUPLENTE *Mtro. Margarita Virginia Rodríguez Muñoz*

11/30/09  
11/30/09  
11/30/09  
12/02/09  
11/11/09  
11/11/09  
13-XI-2009

Sin más por el momento le envío un cordial saludo, deseándole éxito en su carrera profesional.

ATENTAMENTE  
"AMOR, FEIDAD Y PROGRESO"  
Pachuca, Hgo. 11 de noviembre de 2009.

*Dra. Silvia Mendoza Mendoza*  
Coordinadora



C.c.p. Expediente

## AGRADECIMIENTOS

Este escrito representa el fin de mis estudios de licenciatura en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Fue realizado principalmente sirviéndose de diversas instalaciones de esta Universidad. Además, fue necesario visitar en distintas ocasiones la Universidad Nacional Autónoma de México, algunas de sus bibliotecas y el Instituto de Astronomía, donde se obtuvieron datos muy valiosos. El proceso de elaboración fue iniciado en agosto de 2008.

La astronomía y los observatorios siempre me han resultado interesantes, hacerlos un objeto de estudio sociológico resultó interesante y realizar el trabajo me fue satisfactorio. Haber elegido este tema me permitió recordar muchos sucesos de mi vida, como fueron mis visitas a los Observatorios Nacionales de Tonanzintla y San Pedro Martir, y al Instituto de Astrofísica de Canarias. Agradezco la atención del personal del Instituto de Astronomía, especialmente a José Franco, Beatriz Sánchez, Alan Watson, Jesús González, Francisco Cobos, Carlos Tejada y Mamadou N'Diaye, pues sin ellos la posibilidad de realizar un estudio social de la ciencia hubiera sido menor.

Durante mis estudios profesionales obtuve especial apoyo de algunas personas de mi Universidad. Quiero presentar mis agradecimientos a la Doctora Raquel Barceló, al Doctor Tomás Serrano Avilés, al Doctor Luis Mauricio Figueroa, al Maestro Jesús Enciso, al Maestro Carlos Mejía, a la Doctora Silvia Mendoza y al Maestro Adrián Galindo Castro.

This paper would not have been possible without the love and support from the community of The Scholar Ship, my oceanic family. I would love to see you all in the future, thank you.

A mis amigos y familiares, gracias por el respaldo que siempre me ofrecen. Agradezco a mi abuelita Gloria porque es quien más me inspira para plantear mis metas; a mi tía Chelo, quien brindó todo su apoyo a este trabajo. Especialmente quiero agradecer a Gilda, Sofía, y a mi papá, porque siempre puedo contar con sus consejos y con su afecto. A Miguel y a Salvador, porque su ejemplo y apoyo son fundamentales en todos mis logros. Y finalmente, a la persona a quien más he de agradecer y quien hace que todo resulte posible. Con cariño, mamá.

## CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	i
INTRODUCCIÓN .....	I
Título y tema de investigación .....	I
Planteamiento del problema .....	III
Objetivos y pregunta de investigación .....	VI
Hipótesis .....	VII
Metodología de la investigación.....	VIII
Organización del capitulado.....	XI
CAPÍTULO 1. CIENCIA: SU HISTORIA Y SU FILOSOFÍA .....	1
1.1 Proceso de institucionalización de la ciencia .....	1
1.1.1 La ciencia moderna en México.....	6
1.1.2 La astronomía en México .....	11
1.2 La ciencia como manera de percibir el mundo .....	17
1.3 La concepción heredada de la ciencia.....	19
1.4 Otras maneras de percibir la ciencia: esencialismo y nominalismo .....	21
1.5 La lógica en la ciencia: inductivismo, deductivismo y otros métodos.....	24
1.6 Karl Popper y el método de falsación .....	27
1.7 Thomas S. Kuhn y las revoluciones científicas.....	29
1.8 Paul Feyerabend y el método anarquista .....	34
1.9 Imre Lakatos y los programas de investigación .....	38
1.10 Cuestiones internas y externas de la ciencia. Un debate .....	41
1.10.1 Shapere.....	42
1.10.2 Turner.....	45
1.10.3 Carroll.....	46
1.10.4 Sumario del debate .....	47
CAPÍTULO 2. ORÍGEN DE LOS ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA .....	49
2.1 La(s) dimensión(es) social(es) de la ciencia .....	49
2.2 Las aportaciones de los clásicos de la sociología al conocimiento.....	51
2.3 Los Estudios Sociales de la Ciencia como tales .....	52

2.4 Desarrollo y tradiciones en los Estudios Sociales de la Ciencia .....	53
2.5 La sociología de la ciencia de Robert K. Merton.....	56
2.6. Panorama cuantitativo y colegios invisibles.....	63
2.7 Sociología del conocimiento científico y el Programa Fuerte.....	64
2.8 Etnografía de la ciencia .....	67
<b>CAPÍTULO 3. AUTONOMÍA DE LA CIENCIA.....</b>	<b>69</b>
3.1 Estudios enfocados en la autonomía de la ciencia .....	69
3.1.1 Presiones sobre la autonomía de la ciencia.....	69
3.1.2 El estudio de caso del Lawrence Livermore Laboratory.....	71
3.1.3 Libertad y responsabilidad de las sociedades científicas.....	73
3.2 Maneras de comprender la autonomía de la ciencia .....	74
3.3 Autonomía de la ciencia como un estado ideal.....	74
3.4 Autonomía en historia y filosofía de la ciencia .....	77
3.4.1 Autonomía de la ciencia en Popper.....	77
3.4.2 Autonomía de la ciencia en Kuhn.....	78
3.4.3 La No autonomía de la ciencia en Feyerabend.....	79
3.4.4 Autonomía de la ciencia en Lakatos.....	79
3.5 Ethos científico y autonomía de la ciencia .....	80
3.6 Programa Fuerte y autonomía de la ciencia .....	81
3.7 Las observaciones de Pierre Bourdieu hacia la ciencia.....	84
3.7.1 La autonomía de los campos científicos .....	85
3.7.2 Estructura de los campos científicos .....	87
3.7.3 Capital científico .....	89
3.7.4 Tipos de capital científico .....	90
3.7.5 Examen de la sociología de la ciencia de Pierre Bourdieu.....	91
3.8 Ecología del conocimiento .....	92
3.8.1 De la ecología del conocimiento a la autonomía de la ciencia .....	95
3.9 Un nuevo concepto de “Autonomía de la Ciencia”.....	96
<b>CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DEL GRAN TELESCOPIO CANARIAS.....</b>	<b>101</b>
4.1 Gran Telescopio Canarias .....	101
4.2 Comité Científico Asesor .....	102

4.3 Instrumentos adicionales del GTC .....	102
4.4 Fondo Europeo de Desarrollo Regional.....	103
4.5 Ley del cielo.....	104
4.6 Asociaciones metonímicas en el desarrollo del GTC.....	104
4.6.1 Contexto social y elementos históricos .....	105
4.6.2 Instituciones y organizaciones .....	106
4.6.3 Conocimientos, técnicas y disciplinas .....	106
4.6.4 Instrumentos .....	107
4.6.5 Actores .....	107
CAPÍTULO 5. INTERPRETACIÓN DE LAS ENTREVISTAS .....	108
5.1 Entrevista 1: Instrumentista 1 .....	108
5.2 Entrevista 2: Astrónomo 1.....	110
5.3 Entrevista 3: Astrónomo 2.....	111
5.4 Entrevista 4: Instrumentista 2 .....	113
5.5 Hallazgos en la interpretación de las entrevistas.....	115
CONCLUSIONES.....	118
BIBLIOGRAFÍA .....	122
Textos consultados.....	122
Sitios web consultados .....	125
ANEXOS .....	- 1 -
1. Entrevistas .....	- 1 -
1.1 Cuestionario .....	- 1 -
1.2 Entrevistado: Instrumentista 1.....	- 2 -
1.3 Entrevistado: Astrónomo 1 .....	- 11 -
1.4 Entrevistado: Astrónomo 2 .....	- 15 -
1.5 Entrevistado: Instrumentista 2.....	- 24 -
2. La Ley del cielo.....	- 32 -

“Había algún lugar en el código Dresde donde el número 584 era muy prominente. Este 584 estaba dividido en periodos de 236, 90 y 8. Otro número prominente era el 2920 ó 584 x 5 (también 365 x 8). Había una tabla de múltiplos de 2920 que llegaba más allá del 13 x 2920, luego había varios múltiplos de 13 x 2920 y luego: ¡números graciosos! Al principio creí que eran errores. Finalmente, bajé a la biblioteca de astronomía, busqué, y encontré que 583.92 días es el periodo de Venus, como se aprecia desde la Tierra. Entonces el 236, 90, 250 y 8 se hicieron evidentes: representaban las fases por las que pasa Venus. Hice los cálculos de nuevo y llegué más lejos que antes. Me di cuenta de que esos “números graciosos”, que creí antes que eran errores, eran en realidad números enteros múltiplos de algo cercano al periodo correcto (583.923). ¡Los mayas habían notado que el 584 no era preciso!”

– Richard P. Feynman

## INTRODUCCIÓN

### ***Título y tema de investigación***

La investigación que se presenta pretende reconstruir de una manera teórica, aproximativa a un caso específico real, el concepto de autonomía de la ciencia. Este concepto ha sido utilizado en los Estudios Sociales de la Ciencia por los expositores principales de la materia, emergentes de la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia. La necesidad de una recomposición de este concepto reside en que ha sido entendido de distintas maneras desde la segunda mitad del siglo XX, hasta que fue abandonado como consecuencia de las limitaciones identificadas en la concepción heredada de la ciencia y en su visión esencialista, de donde el concepto surge en un primer momento.

El título *“Del conocimiento del cosmos a proyectos de cooperación internacional. Una recomposición del concepto de Autonomía de la Ciencia a través del caso del Gran Telescopio Canarias”*, además de dar a conocer que en este trabajo se pretende atender dicho concepto, presenta el proyecto científico donde se intenta comprobar la existencia de aquella “autonomía”. Este proyecto científico es enfocado hacia la astronomía, por ello se adoptó la frase “del conocimiento del cosmos”. Debido a que este proyecto requiere de distintos fondos económicos y de la participación de instituciones y miembros de varios países, se adoptó la frase “proyectos de cooperación internacional”. La recomposición no podía estar limitada a la revisión del marco teórico, pues, siendo esta una investigación de carácter sociológico, debía ser puesta a prueba en la realidad, en un caso específico. Se atendió el caso del Gran Telescopio Canarias para poder fortalecer el resultado de la revisión teórica, y con esto, juzgar si el concepto podía representar alguna importancia para el estudio social de la ciencia.

Se eligió este caso debido a que es el mayor proyecto científico, de carácter multimillonario e internacional, en el que está involucrado el quehacer científico mexicano. Además, el instrumento de investigación emergente de este proyecto, una vez completado y complementado con los instrumentos adicionales, será el telescopio más grande y más avanzado del mundo. Haciendo a un lado la importancia científica del proyecto analizado, es necesario hacer notar que éste fue elegido debido a que demuestra una gran calidad sobre las transferencias de conocimiento e innovación, al

grado de conjuntar distintas instituciones para su planeación. Si se eligiera un caso más pequeño, muy probablemente no se encontraría de una manera posible este tipo de transmisión. Resulta interesante aquí recordar una cita de Michael Gibbons y sus colaboradores (1997: 60): *La instrumentación ha sido la herramienta indispensable de trabajo, al mismo tiempo que es mucho más que una simple pieza de tecnología. Los instrumentos científicos personifican el conocimiento científico, y conducen al mismo tiempo a la generación de más conocimiento científico. Se les considera, correctamente, como una fuente principal de innovación científica, y a menudo aportan importantes elementos nucleares para engendrar más innovación tecnológica, una vez que han sido transferidos desde el laboratorio hasta otros lugares de producción de conocimiento.* Para esta investigación resulta de una particular importancia atender el hecho de que, como se menciona en la cita anterior, el conocimiento científico genera más conocimiento científico. ¿Qué elementos son los que hacen posible este hecho? Si es un producto de la ciencia lo que hace que ésta pueda convertirse en un proceso que inicia y finaliza en ella misma – que sea “autopoietica”, utilizando terminología de Luhmann<sup>1</sup> –, eso puede ser una particularidad específica de la ciencia. Puede ser que estos elementos sean lo que hacen que la ciencia disfrute de una cierta autonomía.

El concepto de autonomía de la ciencia puede esclarecer dos circunstancias: la primera es la de impulsar el estudio de la sociedad hacia la contemplación de lo social en objetos tan abstractos como pueden ser las ideas y el conocimiento, para no limitar este estudio a lo materializado, a lo objetivado, a la sociedad en tanto cuerpo conformado por la suma de los individuos. Las ideas son creadas socialmente, pero después ellas son las que condicionan, dan forma y dirigen a la sociedad. Recuérdese una observación de Claude Lévi-Strauss, padre de la antropología estructuralista, que mencionaba que son los mitos los que mueven a los hombres, no los hombres los que mueven a los mitos. Así como los mitos, el conocimiento científico puede ocasionar el mismo fenómeno.

La segunda dirección es la de la politización de la ciencia: la manera en que la ciencia es controlada, dirigida, apoyada y premiada por las instituciones dedicadas a

---

<sup>1</sup> De acuerdo con la teoría de sistemas de Niklas Luhmann, *autopoiesis* es la capacidad que tiene un sistema para producir operaciones en la red de sus propias operaciones; dicha red es producida por las mismas operaciones. Desde tal punto de vista, los sistemas son autónomos en el nivel de las operaciones. La autopoiesis toma como punto de partida la autonomía, ya que define al sistema desde sus propios elementos. Para Luhmann, *autonomía* significa que sólo desde la operación del sistema se puede determinar lo que le es relevante y lo que le es indiferente. Por ello el sistema no tiene capacidad para responder a cualquier dato o estímulo que provenga del entorno. Los sistemas no pueden importar ninguna operación desde el entorno (Luhmann, 2007:118).

dichas tareas, quienes pueden tener un panorama más amplio sobre el funcionamiento de esta actividad y con eso pueden enfocarse en qué deben y que no deben hacer para no dejar de apoyar proyectos no terminados, otorgar apoyo a proyectos al largo plazo y premiar de otra manera – o no limitarse al número de publicaciones y patentes – a los investigadores. En una de sus obras de crítica a la gestión de la ciencia, un científico mexicano dice que hay momentos en que se es recomendado a los científicos con frases como las siguientes, que demuestran la necesidad de conocer mejor la ciencia para poder evaluarla de mejor modo: *“si te faltan medios para trabajar pídeselos al Consejo Nacional de...”*, *“Si necesitas acrecentar tu salario envíale reprints al Sistema de... para que te los cuente”*, *“No me interesa que cada cinco años salgas con una contribución sólida: prefiero que publiques cinco trabajos por año, contengan lo que contengan, pues no los leemos: los contamos”* (Cerejido, 1997: 156). Por su parte, Octavio Ianni (2005: 104, 105), sociólogo brasileño, indica que *las exigencias de grupos e intereses particulares, pero que dominan el poder político-económico, pueden perjudicar el desarrollo científico. [...] En algunas ocasiones, la oficialización de ciertas corrientes científicas puede perjudicar e incluso bloquear ampliamente la creatividad intelectual de los científicos*. Así, una definición de autonomía de la ciencia tiene fines científico-sociales, en tanto colabora en la atención a distintas dimensiones de “lo social”, y también fines políticos, pues con éste se puede comprender mejor el mundo de la ciencia y así se puede decidir y actuar políticamente sobre ella de una manera más efectiva.

### ***Planteamiento del problema***

En cualquier trabajo en que se elija a la ciencia como objeto de estudio, se debe partir de la diferenciación entre ciencias naturales, exactas o duras, y las ciencias sociales. Ambas son distintas en cuanto a su método, desarrollo histórico, impacto y apoyo. En este último, es destacable que actualmente CONACYT no toma a las ciencias sociales como un área prioritaria para el desarrollo científico del país. Si bien más adelante se exponen los métodos por los que se ha creído que se desarrolla la ciencia, éstos están limitados a las ciencias exactas, como en la que se interesa este trabajo: la astronomía.

Las ciencias exactas, físicas o naturales, han sido contempladas de manera distinta a las sociales desde los inicios de la ciencia moderna. Para Descartes, en el siglo XVII, la mente humana era cosa distinta del mecanismo del cuerpo y por esta separación el estudio de lo social y de lo cognitivo no correspondía a los científicos sino a los filósofos

(Bowler y Morus, 2007: 373). Esta separación estuvo tan marcada desde entonces, que las ciencias sociales sólo llegaron a ser disciplinas académicas hasta principios del siglo XX.

Además de esta separación, las cualidades de lo social hacen que le sea difícil encontrar una secuencia causal clara. La vida humana es tan rica que todo suceso social parece ser único, lo que la hace difícil de ser objeto de investigación científica. Otro rasgo que separa a las ciencias naturales y exactas de las sociales es la posibilidad de llevar a cabo experimentos comprobados (Richards, 2008: 103).

Las ciencias sociales también presentan la dificultad de ser siempre dependientes del espacio y del tiempo, y por factores culturales e históricos, razones que imposibilitan realizar generalizaciones. Aunque se pueda decir que las ciencias sociales tengan algún poder explicativo considerable es imposible hacer predicciones acertadas sobre el futuro (Richards, 2008: 104).

Las ciencias sociales también están atenuadas a que la investigación es en sí una variable social, que podría ocasionar que los sujetos investigados se comportaran de manera anormal si fueran conscientes de que son observados (Richards, 2008: 106).

De cualquier manera, todas las ciencias están sujetas a las mismas problemáticas; la comprensión del universo y de nuestro lugar en él esta siempre limitada. El mundo que descubrió la ciencia no es el mundo real, lo que la imposibilita de decirnos toda la verdad. Lo único que parece ser cierto es que nuestra comprensión del universo, y nuestro sitio en él, son necesariamente limitados. Particularmente las teorías de la física moderna, acopladas con el crecimiento del relativismo y la recesión de la "objetividad" en la filosofía de la ciencia, han dejado la impresión de que el mundo que con tanto éxito descubrió la ciencia, no es el mundo real. Claro está que la ciencia puede decirnos mucho sobre el mundo, pero aparentemente no puede proporcionarnos toda la verdad (Richards, 2008: 90). La ciencia no observa a la naturaleza "en sí misma", sino que hace investigaciones humanas de la naturaleza (Richards, 2008: 92). Como había escrito el físico Werner Heisenberg a su colega Arthur Eddington:

*Hemos encontrado que aunque la ciencia ha progresado demasiado, la mente apenas ha recuperado de la naturaleza lo que ella misma ha puesto en la naturaleza. Hemos hallado unas huellas extrañas en las playas de lo desconocido. Hemos diseñado profundas teorías, una tras otra, para explicar sus orígenes. Finalmente hemos logrado*

*reconstruir la caricatura que dejó esas huellas. ¡Y he aquí que eran las nuestras!* (citado en Richards, 2008: 92).

Es indudable que la ciencia es una actividad social como cualquier otra, es realizada por seres humanos y por ello está limitada por los mismos elementos a los que éstos están sujetos. La evidencia teórica ha tenido presente el debate de la distinción entre lo que es la ciencia y lo que no lo es, interesado en identificar los elementos que favorecen o que desfavorecen a su desarrollo. Dentro de este debate, la autonomía de la ciencia ha sufrido las influencias de distintos desarrollos teóricos, de entre los cuales quizá los más relevantes – en tanto que son una entrada hacia otros desarrollos del concepto – sean la concepción heredada de la ciencia, como parte primordial de una postura, y el Programa Fuerte en sociología del conocimiento científico, como la contradicción y crítica a la anterior.

En una explicación breve, se dirá que la concepción heredada de la ciencia plantea que ésta es una actividad social distinta a las demás, por contar con elementos absolutamente racionales y objetivos con los que es posible descubrir el mundo y sus leyes al grado de considerarse verdades absolutas. De acuerdo con esta perspectiva la ciencia por sí misma puede llegar a la verdad, sin contar con otros elementos sociales, políticos, económicos o ideológicos; la racionalidad es lo único necesario para descubrir la verdad. Bajo esta concepción, la idea de una autonomía de la ciencia es presentada como un ideal, un estado al que se debe llegar para que la ciencia no sea afectada por intereses no científicos. Así, la autonomía de la ciencia es el estado en el que ésta es capaz de producir mejor y de tener como único interés el descubrimiento de la verdad, por medio de la razón, sin sufrir la influencia de otros intereses y de actores que no pertenecen a esta actividad.

La idea anterior fue dejada a un lado especialmente después del desarrollo del Programa Fuerte, y con esto, el concepto de autonomía de la ciencia dejó de ser relevante, pues todo lo que era sostenido por la concepción heredada era criticado – y en algunos casos hasta ridiculizado. La cuestión principal sostenida por el Programa Fuerte, por sus creadores y seguidores, es que la ciencia es una actividad social igual a las demás, sin ningún elemento que la haga más pura o más lógica que otras. No es únicamente racional y objetiva e incluso la lógica es creada social y convencionalmente. Frente a esta idea, parece irrelevante hablar de una autonomía de la ciencia, pues todo, no sólo las organizaciones, sino también los investigadores y los métodos, son influidos

por cuestiones no científicas o no racionales; no puede aislarse a la ciencia de otras actividades sociales porque lo “puramente científico” es inexistente. En este trabajo se intenta reconstruir el concepto de modo que no quede limitado por éstas y otras aportaciones teóricas.

El concepto de autonomía de la ciencia está relacionado con la labor de la gestión de la ciencia; es decir, el aspecto de cómo debe ser apoyada y administrada políticamente la ciencia para que se desarrolle de la mejor manera posible. Con esta intención, conocer cómo funciona la ciencia es necesario para poder colaborar con su control y su politización.

Es reconocido por distintas agencias internacionales, como la OCDE, que la ciencia debe ser apoyada al menos con el 5 por ciento del Producto Interno Bruto. En México no existe el apoyo en esta dimensión, pero existen instituciones muy fuertes dedicadas a la gestión de esta actividad social, como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y su Sistema Nacional de Investigadores. Pero cualquier intento de apoyo a la ciencia será favorecido por toda pretensión de conocerla de una manera más extensa.

Si existe la autonomía de la ciencia, y ésta beneficia al desarrollo de esta práctica social, un conocimiento y una definición de este concepto son elementos positivos para ella.

### ***Objetivos y pregunta de investigación***

La intención principal de esta investigación es aproximarse a una reconstrucción de autonomía de la ciencia que no esté limitada o que no sea perjudicada por ideas que han sido presentadas por las distintas disciplinas que toman a la ciencia como objeto de estudio, a saber, la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia. Como se decía anteriormente con la observación de Gibbons, el conocimiento científico, que es ciencia, produce más conocimiento científico, más ciencia. En ese sentido, el concepto de autonomía de la ciencia debe dar explicación a los elementos que permiten este proceso.

Con el concepto encontrado se debe tener la posibilidad de analizar proyectos científicos existentes, y los objetivos son los siguientes:

a) Una vez revisadas las ideas y limitaciones encontradas en las maneras en que ha sido concebida la “autonomía de la ciencia”, reconstruir una definición que rescate lo

no refutado de cada una de las anteriores y que incorpore puntos de vista u observaciones teóricas que resulten relevantes para ésta.

b) Identificar elementos en un caso específico – en el proyecto del Gran Telescopio Canarias – que puedan servir como la representación de lo que señala la nueva definición.

Teniendo planteados estos objetivos, la pregunta de investigación debe ser la siguiente:

¿Qué elementos presentes en el proyecto del Gran Telescopio Canarias pueden ser identificados como componentes de la autonomía de la ciencia, y cómo debe entonces ser ésta definida?

## ***Hipótesis***

La hipótesis de este trabajo debe responder a la pregunta de investigación, que está ligada a los objetivos. Para poder elaborar una recomposición del concepto deben ser revisados los intentos más relevantes que se han desarrollado. Si se cumple el objetivo de reconstruir la definición de autonomía de la ciencia, se cumple un objetivo, pero para que éste sea validado debe de dar explicación a un elemento que se encuentre en el caso específico que se está investigando.

Con el objetivo de que la hipótesis pueda ser verificada, sea cual sea la definición de autonomía de la ciencia, debe presentar alguna ejemplificación de lo que plantea en el caso del desarrollo del Gran Telescopio Canarias.

Una manera general de presentar la hipótesis de esta investigación es la siguiente:

“El proyecto del Gran Telescopio Canarias presenta elementos específicos que posibilitan que el conocimiento científico produzca más conocimiento científico, entonces éstos representan la autonomía de la ciencia.”

La hipótesis es planteada al final de este trabajo de una manera más precisa, incluyendo la recomposición de autonomía de la ciencia a la que se llega y presentando

los elementos encontrados en el caso del Gran Telescopio Canarias. Una vez hecho esto se puede concluir si la hipótesis es o no válida.

### ***Metodología de la investigación***

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se debe comenzar en esta investigación por presentar las maneras en que ha surgido en la historia el concepto de autonomía de la ciencia. Una vez contando con información suficiente para esquivar las limitaciones que se presentan, se puede elaborar un primer intento de reconstrucción. Contando con éste, es posible acudir al campo y analizar el caso mediante él. Al contar con el análisis o la interpretación de los datos obtenidos en el campo, es posible reconstruir el concepto de autonomía de la ciencia y presentar los casos que validan la reconstrucción propuesta. La investigación realizada tiene un corte cualitativo, pues se enfoca sobre las mismas experiencias de los actores.

Desde un cierto punto de vista se ha sostenido (Bartolucci, 2000) que la astronomía y la sociología son ciencias similares, pues sólo pueden recabar información de sucesos imposibles de reproducir por medio de experimentos. Al no poder experimentar con los hechos estudiados se ha intentado recrearlos analíticamente, como si se experimentara mentalmente.

La investigación empírica es realizada en una primera fase de manera documental, a través de los documentos que explican el desarrollo del Gran Telescopio Canarias disponibles en los sitios electrónicos de distintas instituciones participantes en el proyecto. La información obtenida debe ordenarse de la manera más adecuada para los propósitos de esta investigación.

En una segunda fase se entrevista a algunos de los actores que participan en el proyecto del Gran Telescopio Canarias y se interpretan sus respuestas de manera que puedan servir para complementar la información obtenida anteriormente. Una vez habiendo realizado esto, es posible hacer la prueba de la primera redefinición y se puede construir una segunda, que sirva para presentar los elementos de la realidad que ésta describe. Con este procedimiento se puede plantear la hipótesis de una manera más específica y ésta podrá ser evaluada.

El análisis sociológico de los hechos científicos debe ubicarse entre dos polos opuestos: por un lado, el que sostiene que el desarrollo de la ciencia es determinado y

estimulado por la sociedad; el otro es el que afirma que los cambios científicos son posibles si los prerequisites científicos son creados dentro de la ciencia misma sin que otros factores influyan en ella. Este trabajo niega la adjunción a cualquiera de estos extremos, pues se expone que la ciencia y el conocimiento son creados gracias a una conjunción de elementos que bien pueden ser representados por una analogía ecológica: la ecología del conocimiento (Aker, 2007).

En la ecología del conocimiento se contemplan distintos elementos que influyen en algún proceso o conjunto de procesos en los que éste se origina y se transmite.

La intención es conocer la manera en que los actores pertenecientes al Instituto de Astronomía de la UNAM, involucrados en el proyecto del Gran Telescopio Canarias, interpretan el papel que han ocupado en el proyecto, lo que los ha llevado a él y su contemplación del hecho social. En vez de considerar una versión más verídica que otras, todas ellas son útiles tanto por sus convergencias como por sus divergencias. No debe entenderse que la información otorgada por los entrevistados sea un producto concluyente de la investigación, sino que es tan solo un compuesto del que cada elemento es situado bajo una clasificación particular, dentro del punto de vista que ofrece de la ecología del conocimiento (Aker, 2007).

Las entrevistas son realizadas, a actores involucrados en el proyecto del Gran Telescopio Canarias, ya sean astrónomos o instrumentistas. Es interesante mencionar que uno de los entrevistados es el manager de uno de los proyectos que pertenecen al Telescopio, otro es el jefe del diseño óptico, y los otros dos son astrónomos reconocidos que en este proyecto participan en la definición de especificaciones de los instrumentos y en la vinculación entre los distintos especialistas: ingenieros, instrumentistas y especialistas de la astronomía. A pesar del nombramiento que tengan, aquí todos son considerados científicos, pues sus labores colaboran con el desarrollo de la ciencia.

Se eligió una sola disciplina científica porque en cada una se sitúan valores colectivos e individuales por los que los científicos realizan sus trayectorias y compromisos profesionales, además de que en ellas se plasman sus intereses intelectuales, sociales y políticos (Bartolucci, 2000: 31).

Se realizan entrevistas con el propósito de recolectar la interpretación que las personas hacen del mundo en el que viven, las cuales motivan su conducta y las orientan dentro de su entorno, dándole valor y sentido sus acciones, a las cosas y a sus relaciones con los demás (Bartolucci, 2000: 38). Si se quiere estudiar sociológicamente el proyecto

del Gran Telescopio Canarias se debe conocer la perspectiva de algunos profesionales que trabajaron en él.

La metodología cualitativa se refiere a la investigación que produce datos descriptivos, las personas y el escenario deben ser vistos desde una perspectiva holística en vez de ser reducidos a variables. Una investigación cualitativa estudia a las personas tomando en cuenta su pasado y la situación en que se encuentran (Taylor y Bogdan, 2000: 7).

La investigación cualitativa es un modo específico de encarar el mundo para obtener las tonalidades cualitativas del dato. La acción es realizada por los actores dependiendo de lo que perciben, interpretan y juzgan; para comprenderla debe verse la situación como la ve el mismo actor, percibir los objetos como él lo hace y definir los significados como él lo hace.

La importancia en este tipo de estudios no reside en el tipo de fuentes utilizadas, sino en el hecho de trazar una estrategia analítica que permita observar la acción y el mundo desde la perspectiva de los actores, además de las consecuencias derivadas de la conducta seguida. Los actores administran la realidad, que es compleja, de acuerdo con ciertos fines perseguidos y manipulando recursos determinados y marcos de referencia acordes con sus intereses y percepciones particulares, construidas a partir de sus experiencias de vida. (Bartolucci, 2000: 47-51).

Las entrevistas tienen una naturaleza semiestructurada, pues se parte de preguntas básicas de las que es posible formular otras con la intención de expandir algunos puntos mencionados durante las respuestas. Con las preguntas básicas se pretende obtener datos biográficos de los actores, el papel que desempeñan en el proyecto del Gran Telescopio Canarias, su perspectiva sobre lo que influyó para que desempeñaran estos papeles y datos que ayuden a dar explicación al proceso que es llevado a cabo para que este proyecto sea posible. Estas preguntas fueron formuladas después de contar con la primera recomposición del concepto de autonomía de la ciencia, es decir, una vez que se revisó el marco teórico existente; además, se realizaron después de realizada la investigación documental, de modo que las preguntas tenían la intención de llenar huecos encontrados en ésta a partir de las respuestas.

Por supuesto, para tener la capacidad de ubicar dentro de clasificaciones específicas y dentro de conexiones precisas las experiencias dictadas por los actores es necesario consultar otros materiales, e incluso datos elaborados por otros autores. La información obtenida puede considerarse verificable dependiendo de los

entrecruzamientos entre las líneas trazadas por distintas versiones de los hechos o de los distintos puntos de vista.

### ***Organización del capitulado***

Una vez expuesta la intención de este trabajo es posible presentar el contenido y la organización de las secciones que lo constituyen. En el Capítulo 1 se expone la manera en que la ciencia se consolidó a partir del siglo XVI para conformar una institución social. En este capítulo se incluye un apartado sobre el proceso histórico de consolidación de la ciencia en México y otro sobre la astronomía. Posteriormente, son explicados los métodos que se han propuesto como maneras de explicar cómo funciona la ciencia: inductivismo, deductivismo, falsación, etc.; y en general, las maneras en que se puede distinguir la ciencia como manera de construir conocimiento. Además, se expone en qué consiste la concepción heredada y las visiones esencialista y nominalista de la ciencia.

El Capítulo 2 es una exposición del surgimiento de la disciplina de los Estudios Sociales de la Ciencia, de las aportaciones de los clásicos de la sociología, de la historia y de la filosofía de la ciencia, y de los desarrollos teóricos más trascendentes en esta materia.

Uno de los capítulos más importantes para esta investigación es el tercero, donde son expuestas las maneras en que ha sido comprendida la autonomía de la ciencia. También se presenta una primera reconstrucción de la autonomía de la ciencia y se demuestra cómo es que sobrelleva la controversia teórica.

El Capítulo 4 constituye la presentación del Gran Telescopio Canarias, donde se intentan observar las aportaciones teóricas atendidas. Se presentan los elementos que lo conforman y los que participaron en el proyecto, y la manera en que son analizados.

En el Capítulo 5 es presentado el análisis de las entrevistas realizadas. Las transcripciones pueden ser consultadas en los anexos.

Finalmente, en las conclusiones se presentan la reconstrucción de autonomía de la ciencia que se obtuvo y las evidencias identificadas en el caso tratado.

## **CAPÍTULO 1. CIENCIA: SU HISTORIA Y SU FILOSOFÍA**

### ***1.1 Proceso de institucionalización de la ciencia***

En muchas civilizaciones, a lo largo de la historia, ha existido una noción de ciencia, a pesar de no ser considerada como tal debido al método científico; pero los filósofos de todos los tiempos se han preocupado por descubrir el funcionamiento de la naturaleza. Así pues, los egipcios, árabes, mayas, chinos e indios, entre muchos otros, establecieron maneras de construir conocimiento verificable de acuerdo con las herramientas con las que contaban. Pero es en occidente, a partir del siglo XVI y XVII que las ciencias empiezan a surgir y a la vez a ocasionar transformaciones que servirán de marco para la conformación de la ciencia como institución social presente aún en el siglo XXI.

Es necesario indicar que la función principal de la actividad científica es la de generar y extender el conocimiento sobre el mundo físico, natural, y social de una manera certificada según sus propio criterios, que se fundamentan en la racionalidad y en el consenso. Los rasgos organizativos de esta actividad son derivados de esa función principal (Gibbons, 1997; Luhmann, 2007; Merton, 2002).

La ciencia moderna es considerada como tal debido a la manera en que se crean las sociedades científicas, las publicaciones y los departamentos universitarios y gubernamentales, además de la interacción de los científicos con la industria, el gobierno y el público. Estas maneras de funcionar de la ciencia comenzaron a establecerse desde el siglo XVII (Bowler y Morus, 2007: 25).

Antes de la conformación de las sociedades modernas, en el siglo XVI y XVII, las personas que dedicaban su vida a la investigación científica, es decir, los curiosos e interesados en el funcionamiento del universo y de la naturaleza, trabajaban de manera independiente, financiando ellos mismos sus propias investigaciones, utilizando métodos y criterios desarrollados por ellos mismos, eligiendo objetos de estudio según su propia curiosidad y estableciendo sus propias conclusiones. Pero con el paso de los siglos la actividad científica se fue relacionando de distintas maneras con la sociedad y también vivió distintos cambios sociales en su interior, en un proceso que terminó por consolidarse en el siglo XIX (Torres Albero, 1991:5).

La ciencia se constituyó como una institución social debido a tres tendencias interrelacionadas: la institucionalización, la profesionalización y la especialización. Tomando en cuenta estas tendencias, el quehacer científico ha pasado por tres etapas desde el siglo XVII: una primera denominada “amateur”, entre los siglos XVII y XIX, caracterizada por la existencia de sociedades científicas, basadas en el intercambio de comunicaciones y en el surgimiento de las revistas científicas. La segunda etapa es llamada “académica”, y comprende desde principios del siglo XIX hasta 1940, en la que se introduce la práctica científica a las universidades, y en esta etapa se implantaron requisitos rígidos para poder formar parte de la institución de la ciencia, como la tesis doctoral, la especialización y la profesionalización. Sin embargo, Bowler y Morus (2007: 403) reconocen que si bien en las universidades de finales de la edad media se dedicaban a la enseñanza de la escolástica principalmente, la medicina, las matemáticas y la filosofía se interpretaban de manera amplia. La última etapa es llamada “profesional”, e implica una relación entre la ciencia, instituciones políticas y el sector industrial, necesarios estos últimos debido a la gran capacidad económica necesaria para llevar esta actividad a cabo, debido a la identificación de la necesidad de su contribución hacia la seguridad de los Estados y sociedades, y hacia la vida económica (Torres Albero, 1991:5).

Torres Albero (1991: 31) identifica dos acontecimientos específicos que propiciaron la constitución de la ciencia como una institución social. 1) El establecimiento de una organización institucional propia y 2) la identificación de la actividad científica como una profesión diferenciada de las demás, única y específica. Estos acontecen en distintos lugares y momentos: el primero surgió debido a la revolución cultural de los siglos XVI y XVII, ubicándose predominantemente en Inglaterra; y el segundo tuvo lugar en Alemania en el siglo XIX.

Las primeras organizaciones científicas que pueden ser consideradas como los primeros hechos que impulsaron la institucionalización de la ciencia son las academias científicas. En estas, los que realizaban investigación científica en distintos países de Europa, comenzaron a reunirse recurrentemente para discutir sus investigaciones, experimentar o actualizarse sobre avances ocurridos en otros países. Las primeras de estas academias científicas son la Academia Lincei de Italia, creada en 1603; la Royal Society de Inglaterra, en 1662; la Academie des Sciences de Francia, en 1666; y la Academia de Berlín, creada en 1700. Con el impulso dado por estas organizaciones se crearon las primeras revistas científicas, que incluían traducciones de publicaciones

extranjeras y artículos de sus mismos integrantes. La primera publicación científica fue *Philosophical Transactions*, de la Royal Society (Bowler y Morus, 2007: 405)

Es importante señalar que las relaciones de estas academias con otras instituciones sociales eran distintas: la Royal Society era autogobernada por sus miembros, no tenía acceso a la financiación gubernamental y por ello quedaba a disposición de sus miembros más ricos, quienes a veces tenían un interés superficial sobre la ciencia. Sólo la astronomía fue apoyada por Carlos II debido a que ella ofrecía la posibilidad de contar con mejores técnicas de navegación, cruciales para el comercio exterior británico. De manera distinta, la Academia Francesa era un organismo oficial del Estado y en ella se crearon puestos de trabajo remunerados en matemáticas, astronomía y filosofía natural; pero a pesar de estar bien financiadas en un principio, con las guerras de Luis XIV y con las penurias económicas que causaban, los fondos fueron decreciendo (Bowler y Morus, 2007: 407). No obstante, la pertenencia a estas asociaciones no implicaba que la ciencia fuera una profesión, pues a pesar de los pocos casos mencionados, sus integrantes tenían otras formas de subsistencia (Torres Albero, 1991:32).

En el siglo XIX se crearon las instituciones que hoy conocemos, fue fundamental en este proceso la creciente conexión entre gobierno, industria y ciencia. Pero esto ocurrió de manera distinta en cada región: en Inglaterra y América, sociedades de libre empresa, se pensaba que los que resultaban beneficiados por la investigación eran quienes tenían que pagar por ella, pero los empresarios no se interesaban por la ciencia básica. La financiación pública a la ciencia sucedió antes en Francia y Alemania que en los países de habla inglesa (Bowler y Morus, 2007: 412).

El establecimiento de la actividad científica en un marco formal, permanente y estructurado, sucedió en Alemania en el siglo XIX, hecho posible gracias a la creación de empleos que implicaban un salario, que tenían por función realizar investigación y formar licenciados que se dedicaran a la ciencia. Un hecho que impulsó la investigación científica alemana fue la división de este país en regiones independientes, pues así el sistema estaba descentralizado y por ello existía una gran competencia en sus universidades estatales. Cada región competía por la adquisición de talento erudito y científico (Torres Albero, 1991:33; Bowler y Morus, 2007: 413).

La profesionalización de la actividad científica fue ocasionada gracias a la configuración de una estructura interna universitaria; como puntualiza Torres Albero (1991:33), los rasgos más sobresalientes de esta configuración son: en primer lugar, el

establecimiento de un sistema de aprendizaje deliberado y extenso que conllevó a un alto grado de acceso a la profesión. Este consistía en que después de los estudios universitarios, se debía pasar por una temporada de aprendizaje junto a un maestro, para luego elaborar una tesis erudita. A continuación, el que pretendía dedicar su vida a la investigación científica debía ser subordinado de otro profesor antes de recibir su nombramiento de profesor permanente, que implicaba una alta consideración social y un salario significativo. En segundo lugar, la instauración de la tesis doctoral obligaba al aspirante a realizar una investigación original como requisito para obtener el título académico. En tercer lugar, se fomentó la investigación en equipo, el cual mostraba fidelidad a los métodos y creencias científicas de su líder.

El proceso de institucionalización de la ciencia quedó finalizado con la tendencia a la especialización, ocasionada por la acumulación de datos, el creciente rigor de las pruebas técnicas, la importancia del proceder inductivo y el descubrimiento de que era posible un mayor dominio si se delimitaban los sectores de investigación (Torres Albero, 1991:34).

Con la constitución de las distintas disciplinas en que se divide la ciencia inicia el proceso de cristalización organizativa del orden científico, así como con el crecimiento del número de investigadores de cada disciplina, su difusión geográfica, la existencia de distintos grupos organizados alrededor de una figura carismática, la diferenciación de ocupaciones interna de acuerdo con el surgimiento de diversos campos de problemas, y la existencia de distintos métodos y técnicas. Y con el incremento de prácticas interdisciplinarias, se han creado distintas especialidades establecidas académicamente y, con ello, se han fundado revistas específicas, sociedades científicas singulares y redes de comunicación diferenciadas (Torres Albero, 1991:86).

Llegado el siglo XIX, entonces, el científico se convirtió en un profesional reconocido socialmente, con la capacidad de enseñar en la universidad; y en un miembro de una institución social que desde entonces cuenta con una organización y formación sistemática, un sistema confiable de comunicación y un control de calidad de sus producciones.

El orden científico cuenta con dos rasgos que lo convierten en un sistema social específico: un sistema público y formal de comunicaciones; y una serie de mecanismos de control de calidad. Ziman (1972, citado en Torres Albero, 1991) identifica al sistema de comunicaciones como el núcleo de la institución de la ciencia, pues este significa la formalización y la regularización de las publicaciones científicas, ya que con esto el

trabajo científico dejó de estar envuelto en intercambios informales o accidentales (Torres Albero, 1991:36). El segundo rasgo, la existencia de distintos mecanismos de control de calidad bien constituidos y desarrollados que se dividen para formar caminos distintos: primero, para mantener los reglamentos institucionales del quehacer científico y para garantizar la veracidad de los productos científicos. Esto se constituyó con el acceso al sistema social propio de la ciencia, consistente en requisitos necesarios y obligatorios. Primeramente la estructura que imponía estos requisitos se estableció en el sistema universitario de Alemania, presentando la tesis doctoral como uno de ellos, teniendo como función que los actores que ingresan a la institución científica conozcan los conceptos, métodos, técnicas y creencias que los permitan desenvolverse dentro de ella (Torres Albero, 1991:37).

El siguiente camino es formado por un sistema de comunicaciones públicas, que funciona para difundir, bajo un control de calidad específico, la acumulación del conocimiento. Este sistema de comunicaciones es dirigido por autoridades científicas y expertos de campos determinados, que juzgan el valor de lo que será publicado, si es relevante o compatible con el conocimiento aceptado en el tiempo en que es recibido, como también si existe una lógica en sus proposiciones, si fue elaborado bajo buenos métodos y si fue realizado con un estilo adecuado (Torres Albero, 1991:38).

En el siglo XX, la gran mayoría de los científicos trabajaban en universidades, centros de investigación del gobierno o de la industria, y todos estos trabajos eran financiados. El sistema educativo era tan extenso que se podía acomodar a científicos dedicados a la investigación pura y a la aplicada, así como para formar profesionistas con intenciones de dedicarse a la ciencia. De igual manera, la expansión de la investigación en colaboración ocasionó la existencia de trabajos realizados por varios autores, creando también nuevas especializaciones a ritmos cada vez más rápidos que incluyen sus propias publicaciones, sociedades y redes informales de investigación (Bowler y Morus, 2007: 422, 423).

Una de las principales fuerzas que influyen en el desarrollo de la comunidad científica moderna, identificada por Bowler y Morus, es la relación entre poderes militares e industrias asociadas, y es en Estados Unidos principalmente donde a partir de la Segunda Guerra Mundial las relaciones entre ciencia y militares se ha incrementado más significativamente, tanto en financiación como en creación de instituciones que aseguren el nivel de cooperación.

### 1.1.1 La ciencia moderna en México

Una vez expuesta la manera en que se desarrolló e institucionalizó la ciencia en Europa, es necesario e interesante explicar la manera en que apareció esta actividad social en México desde la Conquista. Para ello, se ha atendido el estudio de Elías Trabulse, *Historia de la Ciencia en México*, que demuestra de manera clara el proceso por el que la ciencia llegó y se instauró en México, hasta haber sido representada por comunidades y asociaciones, y establecida de manera curricular y profesional en los primeros centros de enseñanza e investigación del territorio. Es interesante también atender a los ejemplos que demuestran la presencia indígena en algunos momentos del desarrollo científico, tanto en hechos, como en la difusión de sus conocimientos y sabiduría, los cuales, impactaron de alguna manera a la ciencia que crecía en Europa.

De acuerdo con Trabulse (1994: 13), la ciencia apareció y se desarrolló en México desde la conquista, en el siglo XVI, y los historiadores de la ciencia consideran que sus contribuciones pueden ser incorporadas al cuerpo de conocimientos de la ciencia universal. Si bien esta ciencia fue predominantemente influenciada de las ideas desarrolladas en Europa, también hubo incorporaciones de conocimientos prehispánicos.

El estudio histórico de la ciencia que realiza Trabulse presenta una clasificación de esta actividad, dependiendo de las ideas, paradigmas y métodos que eran recurridos, para que se pueda hacer una división en etapas sobre su desarrollo. Este conjunto de conocimientos y tendencias son identificados como “tradiciones científicas”, siendo estas la organicista, la hermética y la mecanicista. La primera tenía un contenido puramente aristotélico, la segunda consistía en ideas alquimistas, y la tercera era más próxima a la ciencia positivista. Cada una de estas tradiciones científicas predominó en un periodo específico, mas existieron al mismo tiempo en ocasiones distintas. Las etapas identificadas con esta manera de clasificación son las siguientes.

1. De 1521 a 1580 se da el lapso de aclimatación de la ciencia europea en México. Se incluyen estudios de botánica, zoología, geografía, medicina, etnografía y metalurgia. Se sigue la tradición organicista y aristotélica.

2. De 1580 a 1630 aparecen teorías astrológicas y alquimistas propias de la tradición hermética, pero también teorías mecanicistas. A pesar de ello, aún prevalecen las teorías organicistas.

3. De 1630 a 1680 existe una mayor difusión de teorías herméticas y mecanicistas, estimuladas por estudios matemáticos y astronómicos.

4. De 1680 a 1750 aumenta la competencia entre la tradición mecanicista y la hermética, dejando atrás a la organicista.

5. De 1750 a 1810 triunfan las tesis mecanicistas. Se adoptan las concepciones newtonianas y se logran avances notables en química, metalurgia, geología, medicina, estadística y geografía.

6. De 1810 a 1821 existe un freno en la labor científica provocado por los conflictos ligados a la guerra de independencia.

7. De 1821 a 1850 se vive el impulso de la ilustración, pero queda siempre sujeta a la inestabilidad política y social.

8. De 1850 en adelante se sigue el impulso del positivismo, logrando gran riqueza y productividad en la ciencia del país.

Estos periodos están sujetos a comunidades científicas – grupos de personas dedicados a la investigación científica, revisión de documentos y formas específicas de comunicación – que creían en los mismos paradigmas, y estaban presentes en la Ciudad de México, Puebla, Oaxaca, Morelia, Querétaro, San Luis, Campeche, Guadalajara, Zacatecas, Guanajuato y Mérida. En la época colonial estas comunidades tenían obras impresas, con las que se contribuía con la divulgación y vulgarización de la ciencia. En la época nacional se fundaron instituciones y se publicaron revistas similares en relevancia a las revistas europeas de ese tiempo (Trabulse, 1994: 29). Es en el siglo XVI que es fundada la Real y Pontificia Universidad de México, siendo el primer centro nacional de producción y difusión de conocimiento.

Una muestra del impacto que tuvo el conocimiento prehispánico en la ciencia que se desarrollaba en el país queda plasmada en el *Herbario de la Cruz-Badiano*, primer texto de farmacología de la época colonial, escrito por Martín de la Cruz y Juan Badiano, ambos indígenas y catedráticos del Colegio de Santa Cruz de Tlatelolco (Trabulse, 1994:48). Cabe mencionar que los conocimientos medicinales nahuas fueron aplicados en Europa, pues en muchos casos resultaron más efectivos que los que se contaba en este continente. De acuerdo con Trabulse, estos medicamentos influyeron en los trabajos de fotoquímica moderna.

Otros ejemplos que Trabulse menciona y que muestran la temprana actividad científica realizada en la Nueva España son *Opera Medicinalia*, de 1570 y el *Libro de*

*albeiteria*, escrito entre 1575 y 1580. El primero fue escrito por el Doctor Francisco Bravo y se presume que es el primer libro de medicina escrito en la colonia española. El segundo fue escrito por Juan Suárez de Peralta y es el primer libro de ciencia veterinaria escrito en América.

No solo existía producción científica en las áreas de las ciencias naturales; un testimonio de la actividad intelectual en las ciencias físicas y astronómicas es la obra de Alonso de la Veracruz, *Physica speculatio*, de 1557, en el que comenta el texto de astronomía de Giovanni Campano de Novara llamado *De Sphaera*. Esto último muestra también que si bien la ciencia que se realizaba en el país era influenciada por la sabiduría indígena, también guardaba una relación con los conocimientos que se estaban produciendo en Europa. Es posible presumir que el compartimiento de conocimientos científicos entre ambos continentes indica el acoplamiento de la ciencia realizada en México al edificio universal de la ciencia.

Además de la relación entre los trabajos de investigación realizados en México y en Europa, también el conocimiento producido en el último era difundido en las instituciones educativas. En 1637, fray Diego Rodríguez, primer titular de la cátedra de astrología y matemáticas en la Real y Pontificia Universidad de México, enseñaba en sus cátedras sobre las teorías de física y astronomía de Copérnico, Tycho Brahe, Kepler, Galileo, Gilbert, Lansberg, Magín, Reinhold, Maestlin y Longomontano; y de Tartaglia, Cardano, Clavio y Neper en el área de las matemáticas (Trabulse, 1994: 74).

La actividad científica realizada en la Nueva España, guardaba una cierta independencia de la que se realizaba en la península (Trabulse, 1994: 72), ejemplo de ello es la supresión de la Academia de Matemáticas de Madrid, en 1624, y la apertura de la cátedra de matemáticas en México en 1637, mencionada en el párrafo anterior.

La calidad del trabajo científico realizado en la Nueva España es mostrada en la *Libra Astronómica*, escrita por Sigüenza en 1681 (Trabulse, 1994: 74), donde se habla de la superioridad de estos estudios sobre los realizados en la misma época por europeos y angloamericanos.

En el siglo XVIII, que Trabulse (1994: 81) denomina “primera ilustración científica mexicana”, los científicos mexicanos tenían las características de “erudición, deseo de reinterpretar y revalorar el pasado histórico y científico, búsqueda de documentos, crítica de los mismos y gran curiosidad científica.” De 1750 a 1810, con el espíritu científico mencionado, se logró una recapitulación enciclopédica amplia y variada del saber científico producido en Europa. Si bien hasta 1790 casi todo el trabajo era una descripción

de las producciones europeas, en las dos últimas décadas se desarrolló un proceso de especialización en la producción científica nacional.

El papel de las órdenes religiosas, como los jesuitas y los filipenses, fue de mucha importancia para la difusión de los conocimientos científicos del país. Impartían ideas como el atomismo, la gravitación universal, la generación seminal, las dimensiones del universo y el sistema del mundo. Pero este interés por el conocimiento fue tan bien recibido por los núcleos intelectuales criollos del país que la expulsión de los jesuitas en 1767, de acuerdo con Trabulse, no significó ningún retroceso grave para la ciencia novohispana.

Todo el trabajo científico que se desarrollaba en la Nueva España iba más allá de las academias y de los grupos de intelectuales, pues el siglo XVIII estuvo acompañado de una gran producción de gacetas, diarios, publicación de seminarios, revistas y periódicos de divulgación y vulgarización de la ciencia (Trabulse, 1994: 83). Además de aquellas publicaciones especializadas, los periódicos incluían secciones destinadas a la difusión de nuevos descubrimientos y trabajos científicos realizados.

México inició el siglo XIX presentando un contexto desfavorecido para la labor científica provocado por las pocas condiciones que la lucha de Independencia y el surgimiento de la nueva nación dejaba a los grupos de intelectuales y a las instituciones que los respaldaban. Por otra parte, los hombres más preparados para realizar esta actividad contribuyeron en la organización política, económica y administrativa, actividades que los alejaban del ambiente necesario para la labor intelectual (Trabulse, 1994: 211). El aislamiento provocado por la situación política provocó que se importara poca información de carácter científico.

Los primeros políticos de la nueva nación que mostraron preocupación por la creación de nuevas instituciones de investigación científica fueron Wenceslao Barquera, Pablo de la Llave, José María Luis Mora y Lorenzo de Zavala, influidos por las ideas de la ilustración que indicaban la intervención gubernamental en la difusión del conocimiento (Trabulse, 1994: 212). Sólo treinta años después se tuvieron condiciones adecuadas para la posible apertura de instituciones de educación científica superior. Benito Juárez promulgó una ley preparada por Gabino Barreda y Francisco Díaz Covarrubias con gran contenido positivista: la Ley Orgánica de Instrucción Pública. Con ella, se crearon varias instituciones de educación a la vez que se reestructuraba a las existentes, las más importantes fueron la Escuela Nacional Preparatoria, la Escuela de Medicina, la Escuela de Ingeniería, la Escuela de Naturalistas y el Jardín Botánico. Por otra parte, fueron

establecidos el Observatorio Astronómico Nacional y la Academia Nacional de Ciencias y Literatura.

Desde la segunda mitad del siglo XIX hasta 1912, año en que se realizó el primer Congreso Científico Mexicano, se lograron grandes avances en la medicina, la botánica y la geología que se practicaban en el país. Durante el siglo XIX la disciplina científica más importante fue la medicina, para su estudio fueron inauguradas distintas academias e instituciones. En la capital, en 1824, laboraba la Academia de Medicina Práctica de México, que promovía los avances recientes en patología y anatomía patológica. En Puebla operaban entre 1827 y 1832 la Academia de Medicina y la Academia Médico Quirúrgica. En 1833 se funda el Establecimiento de Ciencias Médicas, constituyendo un importante cuerpo médico de profesores e investigadores. En 1890 fue establecido en el Instituto Médico Nacional el primer laboratorio de fisiología del país, por el Doctor Fernando Altamirano. Otras instituciones creadas durante esos años fueron la Academia de Medicina de México, la Escuela Práctica Médico Militar, el Hospital Concepción Béistegui y el Hospital General (Trabulse, 1994: 235).

En la época del imperio, se creó en París la Comisión Scientifique du Mexique y la Comisión Científica de Pachuca, que publicaban artículos de geología, topografía y minería. Según Trabulse (1994: 242), los trabajos de la de Pachuca, en dirección del ingeniero Ramón Almaraz eran muy precisos y de alta calidad. En esta institución también se realizaron planos de las pirámides de Teotihuacan, de los distritos mineros de Pachuca, Real del Monte y el Chico, y de una parte del Valle de México (Trabulse, 1994: 246). Cabe mencionar que en ésta laboró el científico Manuel María Villada, cuya obra ha sido investigada por Consuelo Cuevas (2002).

En 1868 se fundó la Sociedad Mexicana de Historia Natural, donde se agruparon investigadores de botánica, zoología y medicina de varios estados, entre ellos se encontraban Fernando Altamirano, Manuel Villada, José Ramírez, Manuel Urbina, Alfonso Herrera, Alfredo y Eugenio Dugés y José Rovirosa. Esta sociedad tenía como publicación periódica a la revista *La Naturaleza*, y los volúmenes que aparecieron entre 1869 y 1914 representan, según Trabulse (1994: 223), una de las mayores aportaciones de México a las ciencias durante la época decimonónica.

Al iniciar el siglo XX se creó la Comisión de Parasitología Agrícola de la Secretaría de Fomento, teniendo como primer director a Alfonso L. Herrera, fundador de la primera cátedra de biología general en la Escuela Normal para Profesores. Diez años antes fue inaugurado el Instituto Médico Nacional, que estudiaba la climatología y la geografía

médicas. En él había secciones de historia natural, química analítica, fisiología experimental, clínica terapéutica y geografía médica.

En el resumen anterior puede observarse que la investigación científica realizada en México sólo ha sido apoyada – tal vez no satisfactoriamente, como se comprueba poniendo atención a las cortas vidas que han tenido muchas de las instituciones fundadas con el propósito de la investigación – por el gobierno, estando siempre desligada de la producción y el crecimiento industrial, a diferencia de lo que sucedió en Europa. Aunado a ello, es necesario notar que los periodos de inestabilidad política también tuvieron su impacto en las actividades ligadas a la ciencia, al grado de que los que realizaban estas actividades las abandonaban para servir a la nación desde fuera de sus posiciones de hombres de ciencia. Por otra parte, es importante reconocer la existencia de las tempranas sociedades científicas, que tanto en Europa como en México fueron el germen de la ciencia como actividad social institucionalizada.

### **1.1.2 La astronomía en México**

Con el objeto de presentar el panorama en que se ha visto desenvuelta la astronomía en México y para mostrar que, al menos esta ciencia, ha estado vinculada al edificio de la ciencia universal, en esta sección se presenta a grandes rasgos su desarrollo entre mediados del siglo XIX y finales del XX, mencionando algunos de los primeros instrumentos y su utilidad, las tareas a las que se dedicaban los esfuerzos de esta ciencia y algunos personajes que influyeron de manera decisiva en su desarrollo. Esta breve exposición es posible gracias al estudio de Jorge Bartolucci *La modernización de la ciencia en México. El caso de los astrónomos* (2000), en el que se sirvió de las obras históricas realizadas por algunos astrónomos mexicanos y del archivo virgen del Observatorio de Tonanzintla.

La primer señal de vida de la astronomía en el país surgió en 1842, cuando el general García Conde, director del Colegio Militar, ideó construir un observatorio nacional, que tendría lugar en la nueva torre central del Castillo de Chapultepec y contendría tres instrumentos adquiridos: un anteojo meridiano, un péndulo astronómico y una ecuatorial específica para tal ubicación.

Dicho observatorio estuvo abandonado por casi dos décadas hasta que fue utilizado para determinar diferencias longitudinales con respecto al meridiano de México.

A mediados de los sesenta se adquirió un telescopio de longitud focal de 1.16 metros, un péndulo astronómico y un cronógrafo, los cuales viajaron a Asia con Francisco Díaz Covarrubias para observar el tránsito de Venus por el disco del Sol en 1874, que sería verificable el 6 de diciembre de 1882 desde México.

En 1876, con Porfirio Díaz en la presidencia, fue ordenado a Ángel Anguiano reconstruir el Observatorio Nacional del Castillo de Chapultepec y construir el Observatorio Central en el Palacio Nacional, que fue inaugurado en 1877 con el objeto de formar una carta geográfica exacta del país y para que hubiese campo de estudio para las inteligencias mexicanas. Para complacer el mandato de Díaz se adquirieron instrumentos muy competitivos con los de observatorios de otros países.

En febrero de 1881 Ángel Anguiano informó del tránsito de Venus visible el año siguiente al Ministerio de Fomento, Colonización, Industria y Comercio, para impulsar a la preparación para observar dicho fenómeno. Con tal objeto solicitaba al presidente un presupuesto de 30 mil pesos destinado a la compra de verdaderos telescopios astronómicos, pues los otros estaban más familiarizados con la investigación geodésica. Aceptada la solicitud Anguiano hizo un viaje de estudio por seis meses en Europa, donde consiguió los instrumentos requeridos.

En esa década se hicieron avances muy significativos sobre los métodos fotográficos en Europa y Estados Unidos, con lo que era posible descubrir un gran número de objetos celestes. Gracias a dichos avances David Hill obtuvo imágenes del Cometa 1882 II en el Observatorio Real de Cabo de Buena Esperanza, Sudáfrica. Cuando las fotografías llegaron a Europa causaron una gran sensación. David Hill sugirió que algunos observatorios cooperaran para fotografiar el firmamento entero y su propuesta fue apoyada por personal del Observatorio de París. Así, en 1887 la Academia Francesa de Ciencias convocó a una conferencia internacional para planear la *Carte du Ciel*. Los observatorios participantes serían Greenwich, Oxford, París, Tolousse, Burdeos, Helsingfords, Argel, San Fernando, Specola Vaticana, Catania, Potsdam, Uccle, Cabo de Buena Esperanza, Sidney y Melbourne. El objetivo era fotografiar el cielo dos veces, una a gran profundidad para producir las cartas de estrellas a la 14ª magnitud y otra de menor profundidad para un catálogo astrofotográfico de estrellas a la 11ª magnitud. Tales observaciones harían posible la realización de un catálogo de los brillos y las posiciones de cerca de diez millones de estrellas.

A principios de 1887 en México, el capitán Teodoro Quintana, asistente de Ángel Anguiano, logró una buena fotografía lunar, que fue enviada al Observatorio de París

cuando se realizaba el congreso. La calidad de la fotografía mexicana llamó la atención y se invitó a México a participar en el proyecto de la *Carte du Ciel*. Tal participación le dio la oportunidad al Observatorio Astronómico Nacional de adquirir nuevos instrumentos y de interactuar con observatorios europeos importantes. Al ser el observatorio ubicado más al sur del hemisferio norte, la zona asignada a México comprendía de los 9 a los 17 grados de declinación sur, lo cual significaba tomar 650 placas y catalogar, registrar y medir 8 mil estrellas, de las que cada una necesitaba mínimo tres observaciones. Sin embargo, la falta de recursos humanos, técnicos y financieros dificultaron la misión y se ha pensado que tal proyecto significó una traba para el desarrollo de la astronomía mexicana; no se cotaba siquiera con un catálogo astrofotográfico. En 1906 fueron completadas las placas necesarias para elaborarlo y se comenzó con la labor de las placas correspondientes para la *Carte du Ciel*.

Después de 1912, con la Revolución, se vio alterado el ritmo del trabajo astronómico y por la ocupación de la Ciudad de México en 1915 por las tropas revolucionarias, el Observatorio se mantuvo cerrado por varios meses. Además de las dificultades nacionales, la Primera Guerra Mundial marco una pausa para el proyecto. El 1909 el Observatorio Greenwich era el único que había completado su parte asignada. La primera parte del primer tomo del catálogo fue publicada en 1916, la segunda en 1922; el tercer volumen apareció en 1923; en 1934, 1942 y 1945 aparecieron nuevos volúmenes y se todo el proyecto fue terminado en 1958. Sólo ocho de los 18 países participantes lograron cumplir con sus partes del proyecto.

Además de los problemas anteriores, la *Carte du Ciel* hacía que todos los esfuerzos fueran invertidos en la astrometría, con lo que el Observatorio mexicano no tuvo la posibilidad de desarrollarse dentro de otras especializaciones de la astronomía. La espectroscopia desarrollada en Estados Unidos, que no participó en el proyecto, aumentó el conocimiento del universo y produjo una gran transformación en la astronomía: de la unión entre la astronomía clásica y la física surgió la astrofísica, para la cual ya no solo era necesario hacer mediciones cuidadosas sobre posiciones y brillos de los astros; en cambio, era indispensable la interpretación y otras mediciones de acuerdo con leyes físicas y matemáticas para conocer la composición y el origen de los astros, sus transformaciones y las relaciones entre ellos.

En el tiempo en que los estadounidenses abrían la brecha entre la astronomía de posiciones y la astrofísica moderna, la astronomía mexicana vivía los problemas implantados por la revolución, los que ocasionaba la participación en la *Carte du Ciel*, la

falta de apoyo del gobierno y la falta de personal con formación moderna. En 1899, estando en la dirección del Observatorio Astronómico Nacional Felipe Valle, que intentó impulsar la astrofísica, se adquirieron distintos aparatos, pero el proyecto de la *Carte du Ciel* requería la totalidad del tiempo y de recursos humanos. A su sucesión, Valentín Gama adquirió un banco óptico, un espectrógrafo de gabinete y aditamentos que pudieron ser una base de conocimiento de óptica para algunos empleados, como Joaquín Gallo.

Gallo fue director del Observatorio de 1915 a 1946, y siempre quiso desarrollar otras actividades además de las requeridas para la *Carte du Ciel*. Durante su dirección impulsó el Anuario del Observatorio Astronómico Nacional por su afán de divulgar la ciencia y para que el público interesado asistiera al Observatorio, establecido entonces en Tacubaya, en el edificio del ex Arzobispado, para observar los fenómenos celestes. Además, durante su función se transfirió el Observatorio a la Secretaría de Fomento de la Universidad Nacional Autónoma de México, en 1929. Joaquín Gallo se incorporó al Observatorio Astronómico Nacional en 1902, en 1904 fue nombrado astrónomo interino y desde entonces realizó viajes a Europa y a Estados Unidos en muchas ocasiones asistiendo a otros observatorios y a congresos internacionales representando a México. En dichos viajes estableció buenas relaciones con instituciones y astrónomos, y en 1928 la Universidad Northwestern de Chicago le otorgó el grado de doctor en ciencias. Tal relación con diversas instituciones hacen pensar que Gallo estaba al tanto de los temas de actualidad en la astronomía y que estaba relativamente calificado para realizar la labor científica.

Sin embargo, hasta tal momento la adquisición de instrumentos no fue respaldada por condiciones de trabajo favorables ni de personal calificado que explotara su capacidad. La formación de recursos humanos calificados requiere de mucho tiempo y no depende solo de la inversión económica. La situación de la astronomía mexicana empezó a vivir un cambio a partir del fin de la presidencia de Lázaro Cárdenas, en el que hubo una relación más grande con la astrofísica moderna debido a la relación entre Luis Enrique Erro y Harlow Shapley, director del Observatorio de Harvard y uno de los astrónomos más importantes de su tiempo.

La relación entre estos personajes se consolidó a partir de que Erro informo a Shapley sobre un proyecto gubernamental para la creación de nuevas instituciones científicas, donde se incluía un Observatorio alternativo al de Tacubaya. Shapley respondió con entusiasmo debido a la buena latitud de México. Así, Harvard mantuvo un

gran interés en los detalles del observatorio mexicano, que podría colaborar resolviendo problemas relacionados con la variación estelar y la estructura galáctica.

Luis Enrique Erro era político, diputado de Michoacán, asesor de Lázaro Cárdenas y organizador de la campaña presidencial de Manuel Ávila Camacho. Colaboró en la creación del Instituto Politécnico Nacional en 1936. Era un gran aficionado de la astronomía y miembro de la American Association of Variable Star Observers, de donde conocía a astrónomos renombrados como Leon Campbell y al mismo Harlow Shapley. Permaneció casi un año en la Universidad de Harvard, trabajando con distintos astrónomos y planeando la fundación del Observatorio Astrofísico de Tonanzintla, Puebla. Tal ubicación siguió la orden de Ávila Camacho, poblano, de que el nuevo Observatorio se estableciera en su Estado.

Como consecuencia de las urgencias políticas emergentes de la Segunda Guerra Mundial, el gobierno de Estados Unidos y las autoridades del Observatorio de la Universidad de Harvard decidieron dar todo su apoyo al proyecto del Observatorio de Tonanzintla. Una relación positiva entre México y Estados Unidos era muy importante durante los años treinta. La expropiación petrolera, el avance japonés en la guerra y el expansionismo nazi preocupaban a Estados Unidos, por lo que la relación con México era decisiva para impedir cualquier clase de vinculación con el enemigo.

Pocos días después de la toma de posesión de Ávila Camacho, Luis Enrique Erro hizo saber a Harlow Shapley que el gobierno mexicano había decidido establecer un nuevo observatorio astrofísico. El de Tacubaya seguiría proporcionando el servicio del tiempo, la elaboración del Anuario y lo relacionado con la *Carte du Ciel*, mientras que el nuevo observatorio se invertiría sus servicios a la investigación astrofísica. Sin embargo, estos esfuerzos de consolidación de la astronomía en México se vieron limitados por el nacionalismo de Erro, que al no permitir el contrato de personal extranjero, formado propiamente en tal disciplina, imposibilitó la creación de un grupo dedicado a la formación de científicos.

Quien posibilitó la necesidad anterior fue Guillermo Haro, un joven interesado seriamente en la astronomía y su desarrollo en México. En 1942 era un astrónomo aficionado cercano a Erro, participó en la campaña de Ávila Camacho y trabajaba como periodista en el periódico Excélsior. Ese año Erro pidió a Shapley recibir por un tiempo a Haro como observador, quien al año siguiente estaría en el Observatorio de Harvard teniendo la posibilidad de utilizar la biblioteca, asistir a coloquios, conferencias y cursos;

pero lo más importante sería su participación como observador asistente en la operación de distintos instrumentos. Haro pronto demostró tener grandes cualidades para tal labor.

Después de un año en Harvard Haro realizó un descubrimiento muy interesante: una nueva estrella de extraño enrojecimiento, y presentaría los resultados en una reunión de la American Astronomical Association. A partir de tal suceso Guillermo Haro tuvo un desempeño intenso, en el que sus aportaciones más importantes tuvieron lugar entre 1952 y 1959. Su principal aportación a la astronomía fue descubrir los objetos Herbig-Haro, que resultan del proceso de la formación de estrellas. Con éste, Haro devino el único mexicano que aparece en los anales de la astronomía universal, lo que colocó a México entre los países más importantes de la astronomía en los años cincuenta. Además, Haro fue el primer mexicano vicepresidente de la American Astronomical Society. Ocupó el mismo cargo en la Unión Astronómica Internacional, siendo el primer hispano reconocido en tal asociación. Recibió la medalla Lomonosov de la Academia de Ciencias de la Unión Soviética y un doctorado *Honoris Causa* de la Case University. En México fue miembro de la academia Nacional y ganó el Premio Nacional de Ciencias, que entonces se entregaba cada cuatro años. Su labor administrativa resultó invaluable para la astronomía mexicana, pues con ella surgió el primer grupo de astrónomos profesionales con tal formación.

Mientras laboraba tanto en Tacubaya como en Tonanzintla, Haro contaba en su administración con 72 mil pesos, que debían ser destinados para instrumentos del Observatorio de Tacubaya. Como tal cantidad era insuficiente para alguna adquisición significativa y como debía utilizarla ese mismo año, decidió destinarla a la formación de recursos humanos en el extranjero. La propuesta fue aprobada por el rector de la UNAM en 1949 y para conseguir jóvenes interesados se abrieron las puertas del Observatorio a los estudiantes de la Facultad de Ciencias, de los cuales algunos asistían frecuentemente. Estos alumnos recibían cursos de observación y clasificación espectral, entre otros, impartidos por el mismo Guillermo Haro, además de un curso teórico de astrofísica impartido por Paris Pismis, astrónoma de origen turco que conoció en Harvard a Luis Enrique Erro y a Félix Recillas, matemático mexicano con quien contrajo matrimonio.

Al principio los estudiantes tomaban durante la semana, en Tacubaya, las clases impartidas por Haro, Pismis y Luis Rivera Terrazas, que enseñaba estructura estelar; los fines de semana viajaban a Tonanzintla para adquirir experiencia en trabajos de observación. De estos estudiantes, Arcadio Poveda obtuvo en 1956 el grado de doctor por la Universidad de California, Berkeley, y el director del Departamento de Astronomía de

esta se refirió a su tesis como brillante y magnífica. Otros estudiantes enviados a la Universidad de California fueron Manuel Peimbert y su actual esposa Silvia Torres. Peimbert se convirtió en el astrónomo mexicano más citado por el mundo, por sus trabajos sobre nebulosas planetarias y de abundancias químicas de nebulosas gaseosas.

Gracias a la política de formación de masa crítica de Guillermo Haro la estructura del Observatorio Astronómico Nacional cambió de manera radical. A mediados de los sesenta se contaba con los siguientes recursos con doctorado: Paris Pismis, Eugenio Mendoza, Méndez Palma, Arcadio Poveda, Manuel Peimbert, Silvia Torres, Eduardo Schmitter y Daniel Malacara, además del apoyo parcial de Harold Jonson. Además de ellos, una docena de estudiantes hacían su doctorado en algunas de las universidades más reconocidas internacionalmente. Guillermo Haro, Arcadio Poveda, Manuel Peimbert, y Luis Felipe Rodríguez, doctorado una década después, han sido miembros del Colegio Nacional.

En un estudio de 1989 se reportaba que México se colocaba en quinto lugar en el promedio de citas recibidas a los artículos de astronomía entre 1981 y 1985, quedando detrás de Chile, Estados Unidos, Suiza y Holanda.

## **1.2 La ciencia como manera de percibir el mundo**

La ciencia es una actividad que tiene por objeto comprender una serie de fenómenos, pero para comprender la manera en que pretende hacerlo, debemos partir de una perspectiva sobre el modo en que los seres humanos descubrimos que existe algo *ahí*, que puede ser observado. De acuerdo con Stewart Richards (2008:17), la ciencia moderna es inseparable de la sociedad que la sostiene, y sus logros están invariablemente ligados a los fines sociales. Una vez que esto es reconocido, y se abandona la ilusión de la ciencia como algo “puro”, surgen a la mente preguntas difíciles de responder sobre su naturaleza, pocas de ellas pueden ser contestadas certeramente, y ninguna podrá ser respondida mientras se crea que la ciencia opera aparte, “en el vacío” (Richards, 2008: 11). El atractivo que ofrece la ciencia es su capacidad de simplificar y organizar nuestras experiencias de manera que sin ella, éstas no tendrían sentido. La creencia en un mundo exterior – del que la ciencia da por sentado su existencia – es preferible a otros modos de explicación debido a su ventaja de ser la más simple.

Existen dos tipos de procesos que suceden dentro de nuestra mente: aquellos que son afectados por nuestros órganos sensoriales, y por ello creemos que se derivan de

cosas o eventos que forman parte del mundo externo; y aquellos que se originan dentro de nuestra mente, de manera alterna a lo que sucede en el mundo exterior. A los primeros los identificamos como *percepciones sensoriales* y a los segundos, *pensamientos o sentimientos*. Pero a pesar de esta distinción, ambos ocurren dentro de nuestra mente. A partir de esta idea se puede concluir que el llamado “mundo externo” es una ilusión, aunque por razones de simplicidad, creemos que en realidad existe (Richards, 2008: 18).

Debido a que nuestras percepciones sensoriales son similares a las de otros, distinguimos cuales son percepciones sensoriales y cuales son pensamientos y sentimientos propios, *subjetivos*. Como vemos que todas las percepciones sensoriales guardan mucha similitud unas con otras, sentimos la seguridad de que detrás de estas ideas, o antes de ellas, deben existir objetos externos a los que todos pueden tener acceso. Estas percepciones sensoriales parecen construir el conocimiento *objetivo*. Los objetos de esta forma de conocimiento son los que toma la ciencia como datos primarios (Richards, 2008: 19).

La ciencia estudia los aspectos de nuestro conocimiento del mundo externo sobre los que puede haber un consenso universal. Cuando los científicos están en desacuerdo, éste no surge de la fiabilidad de las percepciones de sentido común, sino de lo que sus pensamientos privados les sugieren que pueden formar la mejor interpretación. El avance de la ciencia surge del interés que se presta a las relaciones y regularidades observadas en fenómenos particulares. Las relaciones y regularidades que parecen ser invariables pasan a ser *leyes científicas*. No obstante, debe observarse que esta invariabilidad no es sinónimo de certeza. En la actualidad pocos filósofos creen en que la ciencia tenga como propósito fundamental la búsqueda de la verdad absoluta, y tal vez ninguno crea que exista la posibilidad de encontrarla (Richards, 2008: 19). De cualquier manera, aunque se desconozca la exactitud de la relación entre conocimiento científico y realidad, se debe reconocer que el conocimiento siempre puede ser mejorado mediante nuevas evidencias.

“Ciencia” es una palabra que es entendida de dos maneras distintas. Por un lado, representa un cuerpo de conocimientos; por otro, el conjunto de reglas por las que es obtenido este conocimiento. Sin embargo, este cuerpo de conocimientos y las maneras de adquirirlo son variables, por lo que no puede haber un significado preciso sobre el concepto ni sobre los sentidos que se les es dado. Debe aceptarse, por otra parte, que estas distintas modalidades de la ciencia son reconocibles en cierto modo, y de ahí la creencia en que todas ellas compartan características comunes. Aunque no se sepa con precisión cuales son estas características, existen muchas discusiones acerca de ellas,

más las maneras en que se cree que estas deberían ser. De todas ellas, las más comunes son la confianza en la lógica y la *objetividad*.

La objetividad es el énfasis en los aspectos de las cosas y sucesos del mundo que pueden obtener consenso, ser comprobados por todos los observadores. Los aspectos de las cosas que son medidas con precisión, con instrumentos impersonales, obtienen amplio consenso, a diferencia de las propiedades cualitativas de las cosas, que contienen juicios personales y conducen comúnmente a la discusión.

Los científicos en la práctica proponen ideas que pueden ser clasificadas mediante comprobación como falsas o verdaderas, por medio de sus sentidos. De aquí surge el meollo del método científico: la relación entre el proceso mental de elaborar ideas y el proceso físico de comprobarlas. Las ideas de los científicos se originan en el contexto de su formación académica y, por otra parte, en el de su experiencia. De la primera obtiene los principios y la estructura objetiva de su tema, mientras que la segunda le ayuda a formar expectativas sobre los resultados (Richards, 2008, 42).

La ciencia es distinta de otras maneras del saber, como la literatura o la filosofía, debido a que sobre ésta existe la posibilidad de “progresar”. Richards (2008: 42) dice que para ‘Galileo, Lavoisier o Darwin, no existiría duda de que la física, la química y la biología han avanzado en un sentido muy obvio, y probablemente verían sus propios trabajos como pasos en la dirección de ese avance’. Las ideas científicas del siglo XIX podrían ser consideradas como inapropiadas o inadecuadas para los propósitos explicativos actuales, por dejar de ser compatibles con los hechos observados. De esta manera, se dice que la ciencia tiene una dirección, mientras que otras disciplinas transitan indiferentemente hacia un destino específico.

### **1.3 La concepción heredada de la ciencia**

Cuando se piensa en esa actividad llamada ciencia, junto con todo lo que ésta conlleva, como el grupo de personas que se dedican a ella y los instrumentos de medición; los premios y reconocimientos que se otorgan a los que se dedican a esta profesión, que parecen ser inalcanzables para cualquier persona que no está familiarizada con esta práctica; la tecnología o las diferentes tecnologías que surgen de los conocimientos obtenidos científicamente; el llamado “método científico” y la confianza en la validez racional de la lógica; llega a la mente la idea de una verdad totalmente confiable que es

sustentada por ésta. No obstante, las ideas están acompañadas de una visión de la ciencia que nos hace pensar que es una práctica “pura” y “noble”, como si fuera una actividad situada muy aparte de todas las otras que son realizadas por los seres humanos.

Cuando se toman la ciencia y la tecnología como objeto de estudio, se reconoce que existe una concepción tradicional de ellas (González et. al., 2000: 26), generada desde siglos pasados, que las considera valorativamente neutral y benefactora de la humanidad. Esta imagen tradicional o “concepción heredada” indica que la ciencia es una actividad dedicada a la producción de teorías científicas. Bajo esta concepción el desarrollo científico es visto como un proceso regulado por un código de racionalidad rígido que realiza un acercamiento progresivo y acumulativo hacia la verdad. Esto se encuentra en relación con la *fórmula de convergencia* de Mary Hesse (González, et. al., 2000: 29): la acumulación de datos más virtudes cognitivas converge en última instancia en teoría verdadera. Esta imagen tradicional de la ciencia se deriva de distintos factores que convergen en una imagen de ella como conocimiento puro, libre de cargas valorativas y compromisos prácticos (González et. al., 2000: 31).

El pensamiento utópico occidental, expuesto por Isaiah Berlin, se compone de una serie de supuestos básicos que conforman la ideología del cientificismo: la ciencia es un cuerpo de conocimientos que avanza unívocamente hacia la verdad, la cual hará o haría llegar los ideales de la ilustración. Tales supuestos son los siguientes: a) cada problema auténtico tiene una única solución correcta; b) hay un método cuya aplicación permite, o podría permitir, alcanzar las soluciones correctas a los problemas planteados; c) todas las soluciones correctas son compatibles entre sí (González et. al., 2000: 32). De acuerdo con González, López y Luján (2000: 34), esta ideología del cientificismo es la que constituye la base de legitimación para la gestión tecnocrática de los asuntos públicos y ha sido la fuente de inspiración más destacada en la enseñanza.

El relativismo (o los distintos relativismos) ponen de manifiesto dos argumentaciones que se oponen a la percepción heredada de la ciencia: la carga teórica de la observación y la infradeterminación de la teoría por la experiencia.

La carga teórica de la observación, proveniente de William Whewell y Pierre Duhem (González et. al., 2000: 41), indica que ‘lo que vemos o percibimos depende tanto de las impresiones sensibles como del conocimiento previo, las expectativas, los prejuicios y el estado interno general del observador’. Por otra parte, el argumento de la infradeterminación significa que de cualquier teoría o hipótesis propuesta para la explicación de algún fenómeno, es posible siempre producir un número indefinido de

teorías o hipótesis alternativas que, siendo empíricamente equivalentes a la primera, propongan explicaciones causales incompatibles del fenómeno tratado. Con este argumento de la infradeterminación, se plantea el problema de cómo las teorías científicas son modeladas por la “historia externa”, es decir, factores no epistémicos, sino sociales y técnico-instrumentales (González et. al., 2000: 47).

En todos los casos de la investigación científica existe siempre un importante hueco entre la evidencia empírica acumulada, los datos, y la teoría desarrollada para explicarlos. En tanto que la evidencia empírica no basta para explicar por qué se tienen las teorías con las que se cuenta, se debe recurrir a factores no epistémicos para llenar el hueco. Unos son los factores *técnico-instrumentales* con los que se manejan los resultados obtenidos y su interpretación; y otros son los *factores sociales*, estando entre estos los factores económicos, profesionales, políticos o ideológicos, es decir, el contexto social, que cumplen un cierto papel en la interpretación de los resultados, en la selección de ciertas tecnologías, etc.

Con la exposición teórica anterior, se puede tener una perspectiva agnóstica sobre la concepción tradicional. ‘La realidad o el mundo externo no tiene líneas “naturales” de sutura que puedan ser descubiertas con ayuda del instrumento conceptual adecuado’ (González et. al., 2000: 50). Es posible entender el mundo externo y anticipar el futuro natural de los eventos sólo en tanto sea simplificado, abstraído y distorsionado cognitivamente a través de nuestras maneras de representación.

#### **1.4 Otras maneras de percibir la ciencia: esencialismo y nominalismo**

Una manera similar de percibir a la ciencia, al modo de la concepción heredada que se expuso antes, es la que hace Steve Woolgar, sociólogo británico de la Universidad de Oxford, pero la hace más extensa al describir una manera alternativa en que la ciencia puede ser concebida. Estas distintas maneras, una alejada, y una aproximada a la anterior, son identificadas con la visión esencialista y la visión nominalista de la ciencia.

La reacción esencialista define la ciencia como un objeto, una entidad o un método coherente, existe algo llamado ciencia que es exterior a las demás actividades sociales, y por ello debe buscarse una respuesta definitiva sobre lo que ésta es, a pesar de ser tan compleja y cambiante. De modo distinto, la reacción nominalista sostiene que es inútil buscar una definición. La ciencia siempre está sujeta a la renegociación y a la

reclasificación; así, no existe la “ciencia” ni el método científico, sino que se le ha dado este nombre a actividades y prácticas distintas. ‘Lo que ha de ser considerado como “ciencia” varía según propósitos concretos para los que esto constituye un problema’ (Woolgar, 1991: 32).

En tanto que el esencialismo mantiene que las definiciones de la ciencia provienen de un objeto real y trascendente, el nominalismo sostiene que aquellos rasgos identificados como definitorios de la ciencia surgen de las definiciones de los participantes, sean filósofos, historiadores y sociólogos (Woolgar, 1991:32).

Sumando todo lo anterior, Woolgar (1991: 42) encuentra algunas constricciones sobre la manera de entender la ciencia.

1) La creencia de que la ciencia es algo especial y distinto de las demás actividades sociales y culturales, siguiendo con la idea de la posibilidad de la distinción entre ciencia y no-ciencia y otras maneras de encontrar límites.

2) La persistencia de la llamada concepción “heredada” de la ciencia, que incluye el pensamiento de que los objetos del mundo natural son reales, objetivos y existen independientemente de los observadores y de lo social, de manera que los orígenes sociales de la ciencia resultan ser casi irrelevantes.

3) La noción persistente del conocimiento como actividad individual y mental, que nace de la idea de que la acción humana no es necesaria para el carácter real y objetivo del mundo natural situado fuera del individuo.

4) La falta de voluntad para una observación crítica de la ciencia.

Todas estas constricciones se encuentran relacionadas con el esencialismo. En cambio, la noción nominalista exige profundizar más e induce a la observación crítica.

El esencialismo, la idea de que los objetos existen independientemente de la idea que tengamos de ellos, tiene una serie de implicaciones y se apoya en la *representación*: el medio por el que generamos imágenes, sean reflejos, representaciones o informes de los objetos que existe “ahí afuera”. Las discusiones en la ciencia y sobre la ciencia están caracterizadas porque se apoyan en el dualismo, la relación y distinción entre “representación” y “objeto”. La siguiente tabla expone de un lado una serie de representaciones y una serie de objetos correspondientes al otro.

Tabla 1. Relación de representación y objeto (Woolgar, 1991: 46)

<b>Representación</b>	<b>Objeto</b>
Lectura de un voltímetro	Voltaje
Lector gráfico	Cambios de resistencia
Respuestas a un cuestionario	Actitud del encuestado
Lo que se dijo	Lo que se quería decir
Evidencia documental	Situación histórica
Fotografía	Escena fotografiada

La relación de dualidades presenta un problema difícil de hacer desaparecer: ¿Cómo estar seguros de que la representación es un reflejo apropiado y verdadero del objeto? ¿Qué fundamento garantiza la relación entre objetos de estudio y afirmaciones sobre esos hechos? Si bien resulta demasiado complicado tratar de responder las preguntas, más sencillo y útil es hablar de los problemas de adecuación de la conexión entre representación y objeto. Posteriormente, Woolgar (1991: 92) afirma que 'el lado derecho es, más bien, el resultado final del trabajo realizado por los participante...los descubrimientos crean el lado derecho, en vez de producir simples explicaciones del mismo'.

La existencia y el carácter del objeto descubierto varían de acuerdo a la constitución de los entramados sociales, que pueden ser las creencias, conocimientos, expectativas, el conjunto de recursos y argumentos, los aliados y defensores. En vez de que el entramado social sea el mediador entre el objeto y el trabajo de observación, es éste el que construye el objeto (o la ausencia del mismo). De esta manera, Woolgar invierte la relación representación-objeto: la representación da lugar al objeto.

Woolgar identifica tres maneras en que las adecuaciones pueden dar un mal resultado. La primera es la *indexabilidad*: 'La realidad subyacente a la representación nunca es fija y puede cambiar en función de su uso' (Woolgar, 1991: 48). La disponibilidad constante de versiones alternativas de un suceso ocasiona que todo intento de lograr una representación sea anulable. Especificación de significados, descripción de objetos o señalamiento de causas, pueden ser rechazadas.

La siguiente es la *interminabilidad*: La posibilidad de definir exhaustiva y extensamente el significado de una representación es infinita. Se puede siempre expandir

la elucidación de rasgos de una representación al grado de siempre poder agregar más características.

La tercer manera de errar en las adecuaciones consiste en la *reflexividad*: 'La interdependencia que existe entre representación y objeto es tal que el sentido de la primera se elabora apoyándose en el conocimiento del segundo, y el conocimiento de éste se elabora a partir de lo que se concede de aquella' (Woolgar, 1991: 49). Así, intentar establecer conexiones entre representaciones y objetos se convierte en un proceso bidireccional. Ninguna de las partes de un par representación-objeto puede ser concebido de manera independiente.

Woolgar sostiene que a los científicos sociales deben ser conscientes sobre hasta qué punto sus esfuerzos de explicación están apoyados en la ideología de la representación, que es lo que sucede en todas las ciencias. Para cumplir tal objetivo, sugiere dos maneras de afrontar el estudio social de la ciencia. El primero es la *inversión*, oponerse a la idea de que representación y objeto son distintos, y a la idea de que el objeto es previo a la representación. La inversión exige considerar el valor de mantener que los objetos descubiertos son constituidos gracias a su descubrimiento, no revelados gracias a él. De este modo, la inversión se opone al esencialismo.

En relación con la idea de inversión, la segunda medida consiste en enfatizar, en vez de suprimir, las conexiones bidireccionales entre la ciencia, como objeto, y los intentos de llevar a cabo un estudio *de* la ciencia. El propósito de esta idea de *retroalimentación* es oponerse a la idea de la ciencia como un objeto situado en el mundo externo, "afuera", como algo separado y diferente de nuestras propias prácticas. Así, la ciencia debe ser concebida como una institución social tan inmersa en la sociedad como cualquier otra, relacionada con los mismos aspectos sociales que las otras.

### **1.5 La lógica en la ciencia: inductivismo, deductivismo y otros métodos**

Un estudio social de la ciencia debe poner atención a las consideraciones lógicas y filosóficas que han dado explicación a esta actividad social. En este apartado se pretende conocer las ideas principales para que sea posible la comprensión de desarrollos teóricos que han llevado al surgimiento de los Estudios Sociales de la Ciencia. ¿Cómo comprender sin estas consideraciones el pensamiento de Popper, Kuhn, Lakatos y Feyerabend?

Una manera en que se ha pensado filosóficamente cómo se obtiene el conocimiento científicos, de un modo verificable, es la atención al método del que se sirve la ciencia para comprobar sus observaciones y diagnosticarlas como falsas o verdaderas.

La filosofía de la ciencia estuvo preocupada, desde el siglo XVII hasta la segunda mitad del siglo XX, por encontrar la distinción entre la ciencia y otras maneras de generar conocimiento: los criterios que servían para considerar qué conocimiento era científico, los criterios demarcadores y metodológicos de verificación y falsación, y en general la disputa *inductivismo* contra *deductivismo* del método científico (Torres Albero, 1991:2).

Los científicos derivan afirmaciones personales de las observaciones que realizan sobre eventos particulares, realizando generalizaciones sobre un número finito de observaciones, hasta llegar a afirmaciones universales. A este procedimiento se le conoce como *inductivismo*. Las leyes generales obtenidas por inducción dependen de la cantidad como de la calidad de las observaciones. Pero una vez que de una observación se obtenga un resultado distinto, la generalización debe ser rechazada. Del conocimiento generado por el inductivismo, surge el *deductivismo*: con las generalidades obtenidas de las observaciones pueden hacerse deducciones, maneras de predecir eventos futuros (Richards, 2008: 62). Fijémonos primero sobre la manera en que funciona el inductivismo y algunas críticas que han surgido de su análisis.

Conocer la naturaleza por medio de la inducción supone observar la mayor cantidad de veces un fenómeno en específico, para hacer generalizaciones una vez que se cuenta con una cantidad significativa de resultados similares. De este modo, es posible afirmar, por ejemplo, que si de una gran cantidad de escandinavos observados en el aeropuerto de la Ciudad de México, la mayoría son rubios y miden más de 1.80 metros, se podría decir que todos los escandinavos son rubios y miden más de dicha altura. Pero esta afirmación podría cambiar si la semana siguiente llegaran al aeropuerto de la Ciudad de México bastantes escandinavos morenos y pelirrojos de baja estatura. O de manera similar, si las observaciones astronómicas demostraran que la mayoría de los planetas del sistema solar giran sobre su propio eje a la derecha, entonces se haría una teoría física que dijera que los cuerpos de gran tamaño atraídos por la gravedad del sol giran sobre su propio eje a la derecha. Sin embargo, al realizar observaciones más precisas, podría notarse que Venus gira en dirección contraria, y a causa de los hechos observados, esa teoría debe ser descartada.

A pesar de que la comprobación científica ha estado basada – o se ha creído basada – en el inductivismo, algunos filósofos piensan que es defectuoso como

metodología, por los siguientes argumentos, que son explicados por Richards (2008: 63, 64). El primero, la declaración inductivista de que la observación puede ser una manera segura de obtener conocimiento científico no es puesta a prueba. En distintos ejemplos es posible demostrar cómo, aunque parezca que se observa lo mismo, se perciben cosas distintas (recordemos los dibujos en los que se puede reconocer un jarrón o bien dos rostros, o una escalera que sube o que baja, o una anciana o una joven) dependiendo de la experiencia acumulada. En vista de tal fenómeno, la observación no es objetiva.

El segundo, relacionado con el primero, señala que distintos observadores construirán aseveraciones personales distintas, dependiendo de la experiencia de cada uno. Así, las experiencias individuales no pueden ser expresadas sin ser referidas a una comprensión teórica anterior. Esto muestra que tanto las observaciones son precedidas por teorías, como también las observaciones son determinadas por la confianza que se tenga de las teorías de las que dependen. De esta manera, alguien puede decir que el sol se mueve alrededor de la tierra tomando como referencia el horizonte, y el ver descender y ascender el sol a través de este “punto fijo”, podría significar que la Tierra es el centro y que es el sol el que gira alrededor; de manera contraria, alguien que haya aprendido en la escuela primaria, en su clase de ciencias naturales, que es la Tierra la que gira alrededor del sol, junto con los otros planetas del sistema solar, afirmará lo opuesto. Claro que esto puede ser comprobado de muchas otras maneras, pero el haber estudiado sociología en vez de astronomía o astrofísica podría reducir, en un número significativo de los casos, el conocimiento sobre estos fenómenos.

Debe tomarse en cuenta, por consecuencia de lo anterior, que las teorías pueden fallar, al igual que las observaciones que sean impulsadas por estas. El tercer argumento sostiene que no existen reglas que determinen cuándo se han acumulado las observaciones suficientes como para creer justificada una generalización; y tampoco se sabe cuántas observaciones deben ser necesarias para rechazarla.

Además del inductivismo, se ha pensado que otro método ha sido utilizado por la ciencia para obtener conocimiento verificado, este es el método *hipotético deductivo*. En este método la recopilación y el análisis de información son impulsados por ideas preconcebidas sobre fenómenos, causas, etc. Uno de los primeros pensadores que se aproximaron a esta manera de acumulación de conocimiento fue William Whewell, quien dedicó mucho tiempo de reflexión al papel de la observación, de la experimentación y a las “suposiciones acertadas” (Richards, 2008: 65). Estas son las *hipótesis*, que según Whewel deben ser formuladas primero para después poder dar cuenta de hechos

observados. Como es de suponerse, en el siglo XIX las ideas de Whewel marcaron una distinción entre la filosofía del conocimiento anterior, y lo que después de él sería concebido y desarrollado. El rechazo de que la verdad sólo se rebelaba mediante la búsqueda de leyes de la naturaleza, abrió el camino a la idea de que ésta podría hallarse en la mente del investigador.

Es necesario, para el método hipotético deductivo, que se tome como punto de partida la definición de hipótesis: 'cualquier aseveración que se usa como premisa, cuyas implicaciones lógicas puedan ser probadas comparándolas con hechos confirmados mediante la observación' (Richards, 2008: 67). No debe perderse del enfoque que aunque sea llamado método hipotético-deductivo, el procedimiento para comprobar las hipótesis es inductivo.

### **1.6 Karl Popper y el método de falsación**

La filosofía parte de la cuestión de cómo debe distinguirse la ciencia de otras actividades. Uno de los argumentos es que la ciencia se distingue por los resultados que obtiene, aunque esa perspectiva ha cambiado su dirección hacia la metodología, que es como mejor debe ser distinguida la ciencia. Así, la *verificación* es lo que distingue a la ciencia de lo que no lo es: si una afirmación puede ser verificada entonces es científica, pues se aleja de creencias, opiniones o preferencias. No obstante, esta opinión daba la posibilidad de afrontarse a distintas problemáticas, una de ellas es el problema lógico de la inducción: aunque las pruebas de verificación puedan aplicarse a cualquier generalización, el resultado es siempre incierto porque cualquier observación posterior podría contradecirla. Para solucionar esta problemática, Karl Popper propuso el principio de *falsación*. Según este principio, la particularidad de la metodología científica reside en la producción de generalizaciones que resistan los intentos de falsificarlas: la verificación de la contraproposición (falsación) daría credibilidad a tal generalización (Woolgar, 1991:24-26).

Karl Popper, expuso este principio por primera vez en su obra *Lógica del descubrimiento científico*, de 1959. El objetivo del trabajo de Popper es proponer una manera de diferenciar a la ciencia de cualquier otra actividad intelectual, como la filosofía o la teología. Popper confiaba un papel decisivo para ello a la falsabilidad o falsación: la ciencia depende de hipótesis que son elaboradas de tal manera que pueda ser expuesta mediante pruebas experimentales, quedando así sujeta a la posibilidad de refutación. En

contraste, los creyentes religiosos, los filósofos y los analistas sociales formulan propuestas imprecisas para que puedan explicar casi cualquier fenómeno y así, huir de la posibilidad de ser rechazadas. Tomando en cuenta esta diferencia, la ciencia es particular debido a que todas sus teorías han sido expuestas a exámenes más rigurosos que los de otras maneras de crear conocimiento. De acuerdo con Bowler y Morus (2007: 12), los científicos tuvieron que aceptar que no es posible pretender procurar un conocimiento absolutamente verdadero sobre el mundo real. Explicando esto en términos más sencillos, toda creencia que se tenga sobre algún fenómeno puede tomarse como verdadera hasta que las pruebas demuestren su falta de veracidad, cuando esto suceda, se presentará alguna otra que sea más difícil de rechazar; finalmente esta nueva creencia será rechazada y surgirá una nueva, que después también será posible de rechazar. Por ello, nunca se podrá conocer una verdad absoluta e irrefutable.

Con sus palabras, ‘no hay procedimiento más racional que el método de ensayo y error: de conjeturar y refutar, de proponer teorías intrépidamente; de hacer lo que podamos para demostrar que éstas son erróneas, y de aceptarlas tentativamente si nuestros esfuerzos críticos son inútiles’ (Citado en Richards, 2008: 66), Popper parte de la idea de que probar teorías verdaderas es imposible, pero lo que es posible es deducir la falsedad de éstas de acuerdo con aseveraciones particulares no confirmadas.

En orden de dar posibilidad a lo anterior, las hipótesis deben ser expuestas claramente y con el mínimo de ambigüedades posible, así podrán ser probadas de manera rigurosa con intentos de refutación. Una hipótesis clara y precisa es más fácil de falsear que una vaga. Popper establece su criterio de demarcación entre ciencia y no-ciencia a partir de lo anterior. Para que sea científica, una hipótesis debe ser falsable por medio de la lógica; debe existir la posibilidad de que la hipótesis pueda ser contradicha (Richards, 2008: 69). Para los que sigan las ideas de Popper, una hipótesis pertenece al cuerpo del conocimiento científico si es falsable, aunque no haya sido falsada aun. Cuando se dice que una teoría es falsable, contiene cierta información; y entre más información contenga, debe ser más falsable. Finalmente, mientras más falsable sea una hipótesis es mejor, así los científicos deben formular “conjeturas audaces” y no cautelosas.

Vemos así que la falsabilidad es el punto clave de la ciencia según Popper, porque gracias a ella es que crece. Si en el inductivismo el progreso es posible por la acumulación de observaciones y por la inducción de teorías a partir de ellas; para el falsador las observaciones son precedidas por teorías, y el progreso es entonces posible cuando se hacen especulaciones atrevidas que sirvan para orientar más observaciones y

sobrevivir a pruebas que falsaron otras teorías en el pasado. Entonces, para que la ciencia avance, las nuevas teorías deben ser más falsables que las teorías – falsables – que ellas mismas refutan (Richards, 2008: 70).

### **1.7 Thomas S. Kuhn y las revoluciones científicas**

Además de la filosofía de la ciencia, otra disciplina preocupada por el estudio de la ciencia, tanto por sus factores internos como externos y que influirá en la conformación de la sociología de la ciencia, es la historia de la ciencia. Ésta toma en cuenta el conjunto de hechos cognitivos, sociales, políticos, culturales y económicos, entre otros, que posicionaron a la ciencia en un lugar protagonista desde el siglo XVII, en la llamada *revolución científica*: proceso caracterizado por un movimiento rápido y amplificante que dirigió a la ciencia a ocupar un lugar privilegiado en la sociedad en su conjunto (Torres Albero, 1991:4).

Gracias a la historia de la ciencia se pone a la vista que el crecimiento de la ciencia no es como argumenta el inductivismo ni el método de conjeturar y rechazar teorías, sino que este crecimiento ha estado sostenido por “totalidades estructuradas” distintas en el transcurso del tiempo. Para conocer lo que es realmente la ciencia estos periodos de crecimiento deben ser tomados en cuenta. Uno de los primeros intentos de pensar de esta manera fue establecido por Thomas Kuhn. Su punto de vista es que la ciencia se sustenta por medio de comunidades científicas, no por individuos aislados. En éstas el rasgo común es su conservadurismo, consecuencia del adoctrinamiento que los científicos adquieren durante su formación, el cual es mantenido y mantiene un cierto *paradigma*: una gran tradición (Richards, 2008: 76).

De acuerdo con Kuhn, los paradigmas son logros científicos universalmente aceptados que durante algún tiempo suministran modelos de problemas y soluciones a una comunidad de profesionales (Kuhn, 2006: 50). Cuando la ciencia es guiada por un cierto paradigma se presenta un periodo de *ciencia normal*. Los científicos emplean todo su tiempo en ella, pues se da por supuesto que la comunidad científica sabe cómo es el mundo. Siguiendo al paradigma, los científicos se alejan de atender las novedades, pues podrían ser problemáticas para los compromisos básicos (Kuhn, 2006: 63).

Además de los periodos de ciencia normal, Kuhn identifica otro tipo de episodios en los que surgen cambios en los compromisos profesionales, nombrados *revoluciones*

*científicas*. Se trata de episodios destructores de la tradición que complementan a la actividad ligada a la tradición de la ciencia normal (Kuhn, 2006: 64).

Cuando llega una revolución científica, la nueva teoría no se presenta como solo un añadido a lo que ya se conocía; su asimilación requiere de la reconstrucción de la teoría antes dominante y de la reevaluación de los hechos anteriores (Kuhn, 2006: 65).

El éxito de un paradigma recién instaurado consiste en prometer éxitos en las investigaciones. La tarea de la ciencia normal es actualizar esta promesa de éxitos extendiendo el conocimiento a los problemas que son marcados por el paradigma, encajando en sus predicciones. Esto va a ocasionar que el paradigma siga consolidándose. Seguir los problemas que señala un paradigma representa solo operaciones de retoque del mismo, y los científicos se dedican a esta tarea en el transcurso de sus carreras, a eso le llama Kuhn *ciencia como solución de rompecabezas* (Kuhn, 2006: 89).

El trabajo que se realiza de esta manera es similar a meter a la naturaleza en los compartimentos prefabricados e inflexibles que ofrece paradigma. La ciencia normal no contempla entre sus objetivos que se atiendan nuevos tipos de fenómenos y hasta se dejan de atender a los que no encajan con estos compartimentos (Kuhn, 2006: 90).

Los problemas de los que se encarga la ciencia normal deben relacionarse por semejanza a los logros científicos o a los que son reconocidos como tales. El trabajo de la investigación científica consiste en seguir los modelos que se adquieren por medio de la educación y de la revisión de la bibliografía existente. Los científicos no aprenden por sí mismos las leyes y las teorías, sino que éstas se encuentran en una unidad histórica y pedagógica previa que las muestra en sus aplicaciones (Kuhn, 2006: 122).

La ciencia normal es una empresa unificada y única, que se mantiene hasta que caen sus paradigmas. Su finalidad es la ampliación continua del alcance y la precisión del conocimiento científico, pero no pretende encontrar novedades de hechos o de teorías. No se debe pensar que la ciencia se encuentre la mayoría del tiempo funcionando de tal manera; al contrario, rara vez es así (Kuhn, 2006: 126). La investigación científica descubre frecuentemente fenómenos nuevos e inesperados, para cuya explicación los científicos inventan teorías radicalmente nuevas. Kuhn señala que gracias a que la investigación sigue paradigmas cerrados y específicos es posible que se den los cambios paradigmáticos, es decir, la ciencia genera más ciencia, aunque tenga que ser reconstruida la historia (Kuhn, 2006: 129).

Los descubrimientos comienzan cuando hay una anomalía, cuando la naturaleza no actúa como indica el paradigma dominante. Después existe una exploración sobre la anomalía que concluye cuando la teoría paradigmática se ha ajustado de modo que lo anómalo sea contemplado como lo normal (Kuhn, 2006: 130).

Los descubrimientos que no arrojan a un nuevo tipo de hechos y que han sido predichos forman parte de la ciencia normal; pero no todas las teorías son paradigmáticas. Durante periodos preparadigmáticos o durante las crisis que llevan a los cambios de paradigmas, los científicos desarrollan muchas teorías especulativas e inarticuladas que a veces pueden indicar el camino hacia un descubrimiento. Pero no todo descubrimiento es el que se anticipaba en las hipótesis; el experimento y la teoría deben articularse para que surja el descubrimiento y la teoría se vuelva paradigmática (Kuhn, 2006: 142).

Las novedades surgen contra un marco compuesto por expectativas, aunque en un principio existen resistencias para sus aceptaciones. Antes de notar las novedades solo se observa lo predicho, pero con el tiempo y cuando el paradigma se vuelve muy familiar, incluso en esos experimentos predichos se observan anomalías. La familiaridad hace concienciar sobre los errores. La conciencia de la anomalía marca el inicio de un periodo en el que los conceptos se ajustarán hasta que lo que era anómalo se vuelva lo previsto. Gracias a este proceso es que se puede ver por qué la ciencia normal es tan efectiva para producir novedades, aunque ese no sea su objetivo y e incluso a veces tienda a suprimirlas (Kuhn, 2006: 146).

Los descubrimientos múltiples, es decir, las novedades que se descubren al mismo tiempo en laboratorios distintos, para Kuhn representan la naturaleza tan fuertemente tradicional de la ciencia normal y la perfección con la que esta misma se prepara para cambiar (Kuhn, 2006: 148).

Antes del surgimiento de las nuevas teorías se presenta un periodo de inseguridad profesional, pues tras la destrucción del paradigma todos los intentos de resolver problemas se vuelven fracasos. Es ese fracaso el que lleva a la búsqueda de nuevas reglas (Kuhn, 2006: 152).

Kuhn señala que una crisis, o la respuesta a una anomalía puede tomar solamente uno de los siguientes caminos: en ocasiones, la ciencia normal termina demostrando ser capaz de manejar el problema que ha provocado la crisis; en otras ocasiones, el problema resiste incluso nuevos enfoques aparentemente radicales y entonces los científicos pueden llegar a la conclusión de que no se hallará una solución en el estado actual de su campo. El problema se etiqueta y se archiva para una futura generación con herramientas

más desarrollada. O bien, finalmente, una crisis puede terminar con el surgimiento de un nuevo candidato a paradigma y con la consiguiente batalla por su aceptación (Kuhn, 2006: 176).

Cuando los científicos cuentan con un nuevo paradigma, adoptan nuevos instrumentos y teorías, exploran en lugares nuevos y ven cosas nuevas y diferentes, incluso cuando observan con instrumentos ya conocidos en lugares donde antes lo habían hecho. Los cambios de paradigma hacen que el mundo sea percibido de manera distinta por los científicos. Estas transformaciones del mundo están presentes en el proceso de aprendizaje (Kuhn, 2006: 212, 213). No es extraño que los libros de texto y la tradición sean escritos nuevamente después de cada revolución científica, hecho por el que pareciera que la ciencia fuera acumulativa (Kuhn, 2006: 250).

Una teoría no puede solucionar todos los problemas a los que se enfrenta, y las soluciones quedan lejos de ser perfectas. Es este carácter incompleto e imperfecto entre el arreglo entre teorías y hechos el que dicta los problemas de la ciencia normal. Si estos desacuerdos fueran motivo para rechazar una teoría, todas las teorías deberían ser rechazadas. Con esto, Kuhn critica el sistema metodológico de Popper, pues dice que la falsación no se presenta sólo con el surgimiento de anomalías (Kuhn, 2006: 262).

Dice Kuhn que el progreso científico no es distinto al de otros campos, pero la ausencia de escuelas rivales que planteen otros objetivos hace más fácil notar el progreso en una comunidad de ciencia normal. Al no tener que reexaminar una comunidad sus principios más importantes puede concentrarse sólo en los problemas principales de los fenómenos que le interesan. Gracias a ello la comunidad puede resolver los problemas (Kuhn, 2006: 286).

Los científicos trabajan parcialmente aislados de otras actividades de la sociedad porque trabajan para un público de colegas que comparten los mismos valores. Sus decisiones no se ven afectadas por las de otros grupos y debido a ello pueden resolver un problema y pasar al siguiente con más rapidez que quienes trabajan para grupos más heterogéneos. A diferencia de otros profesionistas, el científico elige sus problemas sin fijarse en su utilidad para otros grupos, decidiendo sólo por la disponibilidad de instrumentos con los que cuenta para resolverlos (Kuhn, 2006: 287).

Ya ha sido mencionado que la ciencia normal es muy eficiente para resolver los problemas que son planteados por el paradigma, lo cual representa un progreso en el conocimiento científico. Pero, ¿qué sucede con el progreso a través de las revoluciones? Una revolución concluye tras la victoria de uno de los paradigmas radicales y alternativos,

y al establecerse como dominante se rechazan los libros y artículos permanentes al paradigma anterior, ocasionando una gran distorsión de la percepción científica del pasado de la disciplina (Kuhn, 2006: 290, 291). Pero no sólo así debe explicarse el progreso a través de revoluciones pues no solo es una elección de derecho. La ciencia depende de un poder especial poseído por los miembros de la comunidad con el que se puede elegir entre distintos paradigmas (Kuhn, 2006: 292). Los científicos se basan en la conducta que observan en la naturaleza; las soluciones que satisfagan los problemas no resultan de decisiones personales sino que deben ser aceptadas por muchos. Estas soluciones no provienen de nadie más que de los científicos, sin recurrir a ninguna otra autoridad. Los miembros de la comunidad científica son los únicos que pueden emitir juicios basándose en su educación y en su experiencia (Kuhn, 2006: 292, 293).

Una comunidad científica toma por progresivo un cambio de paradigma y es muy eficiente para maximizar el número y la precisión de los problemas mediante dicho cambio. El logro científico se plasma en la solución de problemas y la comunidad sabe cuáles han sido resueltos, lo que hará que pocos se dejen convencer fácilmente sobre otra manera de solucionarlos. Para que se presente un cambio de paradigma deben ocurrir dos condiciones: el nuevo paradigma debe parecer solucionar algún problema sobresaliente y reconocido por todo el mundo que no haya podido ser abordado de otro modo; además, debe prometer conservar una parte amplia de la capacidad de resolución de problemas que se ha acumulado gracias a los paradigmas predecesores. Entonces, un paradigma nuevo debe tanto solucionar nuevos problemas como también incorporar logros anteriores (Kuhn, 2006: 293, 294).

Lo anterior no sólo debe dar a entender que la solución de problemas sea el único fundamento para elegir un paradigma, debe también ser posible asegurar el aumento del conjunto de datos que se puedan manejar con precisión. En tal proceso la comunidad aceptará que algunos problemas anteriores deban eliminarse (Kuhn, 2006: 295).

Sin embargo, el progreso por medio de las revoluciones científicas no debe ser entendido como una mayor aproximación hacia la verdad. Si bien Kuhn observa una evolución en los cambios en la historia de la ciencia, aquella no muestra un proceso evolutivo *hacia* un estado mejor o ideal sino tan solo un proceso *desde* los inicios primitivos (Kuhn, 2006: 296).

El resultado de las revoluciones, separadas por periodos de investigación normal, es el conjunto adaptado de instrumentos identificados como conocimiento científico moderno. La sucesión de estadios consisten en un aumento en la articulación y en la

especialización. Este proceso no pretende culminar en una verdad científica fija ni permanente en la que el conocimiento científico presente una imagen mejor (Kuhn, 2006: 299).

En el epílogo de su obra, Kuhn señala que un paradigma no domina un tema, sino un grupo de investigadores; además, los nuevos instrumentos o las nuevas leyes que se desarrollan en una disciplina pueden llevar a una crisis a otra (Kuhn, 2006: 312). Por otra parte, aunque parezca que los periodos de ciencia normal sean dogmáticos son realmente necesarios, si para todos los miembros de una comunidad cada anomalía representara una crisis o si se adoptara cada nueva propuesta teórica la ciencia se extinguiría (Kuhn, 2006: 319).

Finalmente, es sostenido que el conocimiento científico es propiedad común de un grupo o no es nada, y para entenderlo es necesario conocer las características de los grupos que lo crean y lo utilizan, al igual que el lenguaje (Kuhn, 2006: 353)

La percepción heredada de la ciencia empieza a ser retada con la aparición de Kuhn y su atención al medio social; con ello, pudieran considerarse fracturados los armazones de la lógica y del método científico. La ciencia para Kuhn era más que un conjunto de paradigmas, instrumentos, etc., también estaba constituida por sesgos profesionales, prejuicios personales y rasgos psicológicos, es decir, factores no epistémicos. Las teorías y las soluciones científicas son representaciones convencionales de la realidad física. Convencionales porque durante su elaboración los científicos efectúan las habilidades de percepción e inferencia que adquirieron durante su proceso de entrenamiento, que es un proceso de socialización en el que se asumen compromisos con la comunidad y con el paradigma o paradigmas que ésta sostiene. De esto queda que el fundamento principal de Kuhn es que la razón no es suficiente, es necesario atender a la dimensión social de la ciencia para explicar la producción, el mantenimiento y la transición de unas teorías científicas por otras. Por lo anterior, se sostiene que Kuhn sea un precursor de los Estudios Sociales de la Ciencia (González et. al., 2000: 38, 39).

### ***1.8 Paul Feyerabend y el método anarquista***

Paul Feyerabend desarrolló una de las críticas más fuertes a todas las concepciones sobre la metodología de la ciencia existentes hasta Popper. Como Imre Lakatos, hubo un

momento en que Feyerabend era partidario del método de conjeturar y refutar de Popper, pero justamente por ser un gran revisor, como el anterior, descubrió errores que otros no hubieran concebido. Lo principal en su pensamiento era una oposición a los principios dogmáticos con los que era creído que se realizaba y se desarrollaba la ciencia. Para él no hay metodologías establecidas que puedan ocasionar el progreso científico; en contrapartida, la única manera en que esto pudiera ocurrir era romper todas las reglas establecidas. Por ello es que su proyecto ha llevado el nombre de anarquismo metodológico.

En el inicio de su obra más importante e influyente, *Contra el método. Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*, Feyerabend dice que el anarquismo puede ser una base excelente para la epistemología y la filosofía de la ciencia (Feyerabend, 1975: 7). Esto es así porque es imposible decir qué principios se han seguido en el pasado para llegar al progreso, y por lo tanto no se puede decir qué intentos tendrán éxito en el futuro (Feyerabend, 1975: 11)

Feyerabend dice que la educación científica tiene como propósito simplificar la razón en el proceso de la ciencia. Tal simplificación ocurre del siguiente modo: en un principio se define un dominio de investigación; seguido a ello ese dominio es separado del resto de la historia y se le otorga una "lógica" propia; luego, se entrena a los que trabajan en tal dominio de investigación en dicha lógica para que se inhiban sus rasgos individualistas, lo cual es necesario para no enturbiar la "pureza" que se ha conseguido. Así, la imaginación de los educandos se restringe y cambia su propio lenguaje. Lo perjudicial de esto, según Feyerabend es que la individualidad es lo único que puede producir el desarrollo del ser humano (Feyerabend, 1975: 12).

La epistemología anarquista es preferible para con ella mejorar el conocimiento o entender la historia (Feyerabend, 1975: 13). En ella no hay reglas firmes ni plausibles. En la ciencia existen reglas que deben ser violadas para poder progresar:

*La idea de un método que contenga principios científicos, inalterables y absolutamente obligatorios que rijan los asuntos científicos entra en dificultades al ser confrontada con los resultados de la investigación histórica. En ese momento nos encontramos con que no hay una sola regla, por plausible que sea, ni por firmemente basada en la epistemología que venga, que no sea infringida en una ocasión o en otra. Llega a ser evidente que tales infracciones no ocurren accidentalmente, que no son el resultado de un conocimiento insuficiente o de una falta de atención que pudieran haberse*

*evitado. Por el contrario, vemos que son necesarias para el progreso. Verdaderamente, uno de los hechos que más llaman la atención en las recientes discusiones en historia y filosofía de la ciencia es la toma de conciencia de que desarrollos tales como la revolución copernicana o el surgimiento del atomismo en la antigüedad y en el pasado reciente (teoría cinética, teoría de la dispersión, estereoquímica, teoría cuántica) o la emergencia gradual de la teoría ondulatoria de la luz ocurrieron bien porque algunos pensadores decidieron no ligarse a ciertas reglas metodológicas “obvias”, bien porque las violaron involuntariamente (Feyerabend, 1975: 15).*

Además de ignorar las reglas, es conveniente adoptar lo que ellas contradicen, pues estas reglas tienden a obstaculizar el progreso al perder su aspecto prometedor (Feyerabend, 1975: 16).

La empresa de producción de conocimiento científico inicia con una creencia que contradice lo que es considerado razonable en una época. Después esta creencia se extiende y es apoyada por otras que pueden ser igual o más irracionales. Con este apoyo, la creencia llega a ser clara y a concebirse como razonable cuando es utilizada por un largo tiempo. De esta manera puede observarse que la racionalidad surge de modo ingenuo. Feyerabend dice que el único principio en el que se puede confiar y que se puede defender en cualquier circunstancia, es el principio de que *todo vale* (Feyerabend, 1975: 20-22).

Feyerabend propone aumentar el contenido empírico con un principio de proliferación, que consiste en inventar y elaborar teorías que contradigan el punto de vista comúnmente aceptado, ignorando que sea confirmado y que tenga aceptación general. Este tipo de creación “artística” puede ser útil para cambiar las propiedades o la concepción del mundo en que vivimos (Feyerabend, 1975: 24, 25).

Las teorías son inconsistentes tanto con otras como con experimentos, hechos y observaciones, entonces Feyerabend señala que ninguna teoría concuerda con todos los hechos, luego distingue entre dos clases de problemas entre teorías y hechos: desacuerdos numéricos y fallos cualitativos. El primer caso es sencillo, una teoría hace una producción numérica pero el resultado del experimento difiere de lo predicho por encima del margen de error. Estos casos pueden resolverse cuando se descubren mejores datos, pero no llevan a ajustes cualitativos. Éstos son resueltos solamente por los sentidos, pues son familiares a todo el mundo, no solo a los expertos (Feyerabend, 1975: 41, 42).

Las deficiencias en los métodos matemáticos y la ignorancia de sus defensores a veces vuelven imposible tener una visión general de las consecuencias y resultados absurdos de una teoría. En esos casos, un procedimiento común es utilizar una teoría vieja hasta un cierto límite y agregar la nueva para refinar los cálculos. Feyerabend juzga tal procedimiento como una pesadilla (Feyerabend, 1975: 47).

Siempre que se tiene paciencia y se selecciona la evidencia libre de prejuicios, se descubre que las teorías fracasan al tratar de reproducir ciertos resultados cuantitativos y que son sorprendentemente incompetentes cualitativamente (Feyerabend, 1975: 49). Si se pretende admitir que sólo deben ser aceptadas las teorías que son consistentes con los hechos observados, todas las teorías deben ser rechazadas, pues no hay ninguna que no esté en una u otra dificultad (Feyerabend, 1975: 51).

Todo material a disposición de los científicos, sean leyes, resultados experimentales, técnicas y prejuicios matemáticos, está indeterminado de muchas maneras, es ambiguo y nunca está completamente aparte de su base histórica. Incluso la impresión sensorial, hasta la más simple, siempre tiene un elemento que expresa la percepción del sujeto y que carece de correlato objetivo (Feyerabend, 1975: 52)

Entonces, si una teoría es inconsistente con los hechos, se debe no a que sea falsa, sino a que los datos están contaminados. Este carácter histórico y fisiológico de la evidencia de una teoría indica que no se describe tan solo un estado objetivo de las cosas, sino que también hay un punto de vista subjetivo; para Feyerabend, esto hace necesaria una revisión de la metodología (Feyerabend, 1975: 53).

Feyerabend considera que la ideología observacional no es examinada al momento en que se dan por garantizados los resultados y las observaciones experimentales para dar el peso de la demostración a la teoría. De este problema surge la pregunta de cómo es posible examinar algo que utilizamos todo el tiempo, ¿cómo pueden ser criticadas las observaciones? Este autor propone crear una medida de crítica con qué comparar los conceptos que se utilizan comúnmente. Debe salirse de lo habitual e inventar un sistema conceptual nuevo, o una nueva teoría, que sea conflictiva para los resultados que se han obtenido más cuidadosamente. Este paso es *contrainductivo*, y toda *contrainducción* significa dos cosas: un *hecho* y un *movimiento* totalmente necesarios para la ciencia (Feyerabend, 1975: 54, 55), pues son los que separan del dogma y de las reglas y así es como puede desarrollarse el conocimiento científico.

Es de esta manera que Feyerabend da a conocer la necesidad de dejar de confiar en los aparatos que dicen cómo ocurre el crecimiento científico. Posteriormente en su

carrera, desarrolla ideas sobre cómo la ciencia ha sido explotada como un medio de control y e instaurada fuertemente en la sociedad, en vez de ser un mecanismo impulsor de la libertad. Propone que la ciencia es igual que otras maneras de generación de conocimiento, como la magia o la religión. Al igual que esta última, dice que la ciencia debería estar separada del Estado.

### **1.9 Imre Lakatos y los programas de investigación**

Un par de décadas luego del surgimiento de *La estructura de las revoluciones científicas* de Kuhn, fue publicada una obra destinada a unirse al gran debate histórico y filosófico de la ciencia: *La metodología de los programas de investigación científica* de Imre Lakatos. En ella se presentaba una nueva propuesta que rescataba conceptos y maneras de pensar de Kuhn, pero también de Popper. Por ello, el desarrollo teórico de Lakatos puede considerarse un punto neutral entre ambos, uno mejor elaborado y tal vez más satisfactorio.

Desde el inicio de su escrito, Lakatos presenta una postura que se aleja de los pensamientos dogmáticos que Popper y Kuhn habían descrito en la ciencia. Para él la ciencia está dotada de una cierta racionalidad, rasgo que separa su postura de la de Kuhn principalmente porque donde para uno algunas causas de elección entre teorías tiene bases sociales, históricas y psicológicas, para el otro la ciencia realmente se sirve de fundamentos racionales para ello (Lakatos, 1993: 97). *La profesión de fe ciega en una teoría no es una virtud intelectual sino un crimen intelectual* (Lakatos, 1993: 5).

Lakatos reconoce que una teoría puede ser científica a pesar de contradecir a la evidencia o a los hechos, y al contrario, puede ser pseudocientífica aunque toda la evidencia sea favorable. Según el método de Popper, una teoría es científica sólo cuando puede ser falsada, pero para Lakatos esa no es una distinción entre teorías científicas y no científicas, sino entre método científico y no científico (Lakatos, 1993: 7). El autor que se presenta dice que el criterio de falsabilidad no da solución al problema de la demarcación entre ciencia y no ciencia, y argumenta que los científicos no abandonan una teoría solamente porque sea contradicha por los hechos; al contrario, inventarán una hipótesis que explique lo que se identifica como una simple anomalía, o si no es posible, dejarán de atenderla y se dirigirán a otros problemas (Lakatos, 1993: 8).

Dice Lakatos que la metodología de los programas de investigación científica que él presenta da solución a algunos de los problemas que se presentaron a Popper y a Kuhn. Las hipótesis no trabajan de forma aislada, sino que consisten en todo un *programa de investigación*. Con éste, debe dejar de contemplarse la ciencia como un ejercicio de ensayos y errores. Piénsese en la ciencia newtoniana, que aunque parezca consistir en las tres leyes de la mecánica y la ley de la gravitación, éstas no son más que el *núcleo firme* del programa newtoniano, que es defendido de los intentos de falsarlo por un *cinturón protector* de hipótesis auxiliares, que pueden ser cambiadas para responder a las anomalías. Además de estos elementos, un programa de investigación cuenta con una heurística con la que soluciona problemas o anomalías e incluso los puede convertir en evidencia positiva. Por otra parte, un programa de investigación puede predecir hechos nuevos, no contemplados por sus rivales o antecesores (Lakatos, 1993: 8, 9). Todos los programas crecen entre un sinfín de anomalías, entonces son las predicciones las que hacen creer en ellos; pero los que no lo hacen y ocasionan que la teoría se retrase en relación a los hechos, se tomarán como pobres y regresivo (Lakatos, 1993: 10).

La idea de los programas de investigación explica que los sucesos que describen Popper y Kuhn sobre los cambios, la crítica y las revoluciones científicas no son inmediatos e irracionales. Los programas de investigación progresivos sustituyen a los regresivos, en un proceso que se va desarrollando en el transcurso del tiempo.

El crecimiento científico para Lakatos puede observarse en los cambios progresivos o regresivos de problemáticas en series de teorías científicas, y en las más importantes hay una continuidad por quienes las atienden en base a un programa de investigación creado en un principio. Estos programas tienen la capacidad de indicar qué rutas de investigación pueden ser evitadas y cuáles pueden seguirse (heurística negativa y heurística positiva) (Lakatos, 1993: 52).

Cada etapa de un programa de investigación hace que crezca su contenido continuamente. Cada etapa crea un cambio de problemática teórica consistentemente progresivo, pero además ocasionalmente debe corroborarse ese crecimiento, eso es, un cambio empírico intermitentemente progresivo. Los hechos observados no son producidos inmediatamente (Lakatos, 1993: 54).

La heurística negativa de un programa de investigación indica qué parte del núcleo es irrefutable; la heurística positiva es un conjunto estructurado de sugerencias sobre cómo cambiar y desarrollar modos refutables del programa de investigación, y sobre cómo hacer más complejo o como modificar al cinturón protector. Gracias a la heurística

positiva es que se puede orientar un científico a pesar de las anomalías, pues establece un programa que enumera una secuencia de modelos cada vez más complicados que simulan la realidad. Gracias a ello es posible ignorar los contraejemplos identificados por la observación (Lakatos, 1993: 55).

Un programa de investigación no está completo desde un principio, algunas partes consisten en *modelos* que se sabe que deben ser sustituidos en el futuro. Pero es gracias a la heurística positiva que se sabe cómo debe sustituirse. Entendiendo esto, Lakatos dice que las refutaciones son irrelevantes (Lakatos, 1993: 56): aunque algo parezca falsable, es porque no está terminado aún, por decirlo de otra manera.

Según Lakatos, debido a la metodología de los programas de investigación existe una *autonomía relativa de la ciencia teórica*, que reside en el hecho de que los problemas que deben realizar los científicos son definidos por la heurística positiva y no por las anomalías psicológicamente embarazosas o por las urgencias tecnológicas (Lakatos, 1993: 57).

La heurística positiva indica cuándo es necesario sustituir alguna teoría, no necesariamente deben existir refutaciones. Las interpretaciones muy refutables de una teoría en crecimiento pueden ser una crueldad metodológica. El trabajo teórico para llegar a hechos nuevos puede requerir décadas de trabajo (Lakatos, 1993: 71).

Los programas de investigación no deben ser abandonados cuando se crea que su poder heurístico esté agotado y esté alcanzado un nivel de regresión; tampoco si existe un programa rival. Para Lakatos, lo que Kuhn llama ciencia normal es un programa de investigación monopolizado, aunque dice que eso ha sucedido pocas veces en la historia y por cortos periodos de tiempo. Entonces la historia de la ciencia es una historia de programas de investigación que compiten, pero no una sucesión de periodos de ciencia normal. La competencia entre programas de investigación es benéfica para el progreso (Lakatos, 1993: 75). Pero entonces, debe surgir la duda, ¿cómo es que se elige un programa de investigación en vez de otro? La respuesta es que un programa es preferible a otro cuando explica el éxito de su rival y lo supera mediante un despliegue adicional de poder heurístico, de la capacidad de anticipar hechos que son teóricamente nuevos. Sin embargo, debe pasar el tiempo para que este hecho sea notorio: *frecuentemente la novedad de una proposición fáctica sólo puede apreciarse cuando ha transcurrido un largo espacio de tiempo* (Lakatos, 1993: 76).

Un programa de investigación es progresivo mientras su crecimiento teórico se anticipa al crecimiento empírico; es decir, mientras prediga hechos nuevos. Si no sucede

de ese modo y el crecimiento empírico avanza más rápido, se puede decir que el programa está estancado. Si un programa de investigación predice más hechos que su rival, lo supera y aquel puede ser rechazado o archivado (Lakatos, 1993: 121)

Un programa de investigación nuevo puede iniciar por explicar hechos antiguos de una forma nueva, tal vez mucho tiempo después llegue a producir hechos genuinamente nuevos (Lakatos, 1993: 77).

En comparación con las revoluciones científicas, Lakatos dice que éstas consisten en el reemplazo de programas de investigación, por lo que, al consistir en una guía entre elecciones racionales, la ciencia puede ser reconstruida racionalmente (Lakatos, 1993: 119). Pero también recuerda, al modo en que Feyerabend y Kuhn intentaron falsar su metodología, *ningún conjunto de juicios humanos es completamente racional, y por tanto ninguna reconstrucción racional puede coincidir nunca con la historia interna* (Lakatos, 1993: 140) Acepta este intento de falsación porque reconoce que los seres humanos no somos seres totalmente racionales, incluso a veces se puede aceptar una teoría falsa siguiendo meros actos racionales (Lakatos, 1993: 123).

El desarrollo teórico de Imre Lakatos es considerado aquí como uno de los más progresistas en el debate, pues al ofrecer una contemplación de lo "racional" que sostiene y es llevado a cabo por la ciencia, se puede establecer un punto intermedio entre las creencias más positivistas y retrógradas, y las más radicales sobre la ciencia. Llamar "racional" a un conjunto de actos o maneras de pensar no debe significar que por su conducto se pueda conocer la verdad de la naturaleza; es un acto humano establecido por el consenso. Pero una vez que se reconoce un tipo particular de pensamiento, se puede decir que un grupo trabaja, al menos en cierta medida, en base a él.

### **1.10 Cuestiones internas y externas de la ciencia. Un debate**

En una edición de la revista *Social Studies of Science* de 1986 se presenta un artículo de Dudley Shapere en el que trata las cuestiones internas y externas de la ciencia. En la misma publicación aparecen las críticas del artículo que realizan Stephen Turner y Thomas Carroll. En esta sección se exponen las ideas principales de Shapere y las críticas que hacen los otros investigadores. Esto se hace con el objetivo de rescatar o de rechazar parcialmente las observaciones que deban ser consideradas para moldear un concepto de autonomía de la ciencia.

### 1.10.1 Shapere

De acuerdo con una visión tradicional, la ciencia es una empresa distintiva, demarcada de otros ejercicios humanos. La demarcación es respaldada por el método experimental, o por su construcción sobre hechos observables irrefutables, o por las reglas distintivas por las que adopta una superestructura teórica basada en esos hechos, o por sus metas de obtener conocimiento sobre la naturaleza, o una combinación de muchos de estos factores. De acuerdo a esta tradición, es la inalterabilidad, la inviolabilidad, la eternidad, atribuida a las distinguibles señales de la ciencia, lo que ha detenido los avances de su estudio. De acuerdo a estos enfoques, las características que distinguen a la ciencia deben distinguirla siempre, sin ser afectadas por los resultados de las investigaciones. Si fuera el método lo que separa a la ciencia de otras actividades humanas, éste sería concebido como si desde su introducción hubiera sido aplicado para aproximarse cada vez más hacia la verdad, sin ser alterado por ningún descubrimiento, y siempre se mantendría inalterable en sus aplicaciones futuras.

Shapere (1986: 1) encuentra vergonzosa a esa tradición, y dice que ahora se encuentra rechazada universalmente. Desde 1950 han resultado fallidos todos los intentos por exponer a la ciencia como poseedora de características eternas e inviolables. Todos los intentos de dar una caracterización precisa al método científico, lógico o experimental, dentro de la lógica inductiva o deductiva, resultaron abandonados o vistos con pesimismo por un número cada vez más grande de los que se dedicaban al estudio de la ciencia.

Las filosofías posteriores enfatizaron que las teorías siempre están sobredeterminadas por la observación, que lo que era entendido como observación, lejos de ser libre de interpretaciones, era pesadamente cargada de teoría. Desde esas épocas, los estudios históricos han indicado cada vez más que los cambios en el desarrollo de la ciencia van más allá y son más profundos que los meros cambios de teoría.

Los cambios parecían extenderse también a lo que era entendido como evidencia, o aquellas observaciones o hechos, y hasta lo que contaba como explicación de la evidencia; el método parecía no ser una sola cosa sino una variable multiplicidad de un periodo a otro, de una persona a otra. Los estudios expusieron la presencia de campos de estudio más amplios y profundos que guiaban la construcción de la evidencia,

observación, hecho, explicación y teoría. Y parecía que los marcos interpretativos diferían fundamentalmente en las maneras en que las distintas tradiciones y grupos los utilizaban.

Las implicaciones de ello eran profundas, si los hechos determinaban las teorías, entonces otras consideraciones llenaban los espacios entre las limitaciones y las creencias científicas. Y había pensamientos más extremos: si los hechos, las observaciones, parámetros, etc., dependían de presuposiciones que variaban entre un grupo y otro, entonces no existían límites científicos independientes de las interpretaciones, y entonces todo lo que era ciencia eran objetos de consideraciones externas, tal vez socialmente condicionadas. Desde esta perspectiva no existía nada que fuera “interno” a la empresa científica que se distinguiera de lo “externo”.

Shapere (1986: 2) dice entonces que la obtención y prueba de las teorías es más complicado que las leyes de una lógica formal. Por ello, propone que lo que cuenta como observación, lo que debe tomarse como objeto de estudio, los problemas que se analizarán de esos objetos de estudio, los métodos por los que se responderán las preguntas planteadas, las metas alcanzadas, etc., son parte de unos conocimientos anteriores y formativos (background) que varían de acuerdo a los periodos de tiempo. Siendo así, la ciencia es construida sobre un background de creencias presupuestas que dan base a las interpretaciones de la naturaleza.

De estas ideas sobre la ciencia tomadas en cuenta por Shapere se desarrollan las siguientes tesis:

- 1) Que no existen factores “internos” que guían el desarrollo científico independientemente de factores no-científicos.
- 2) Que aunque existan factores “internos”, son insuficientes para guiar la ciencia y requieren de factores “externos” para complementarse.

Tomando en cuenta estas tesis, Shapere se propone plantear una distinción entre factores internos y factores externos en la ciencia; por otra parte, afirma que los factores internos son suficientes para explicar la ciencia y su desarrollo, y que éstos van aumentando a lo largo del tiempo.

Los factores internos de la ciencia constituyen el proceso de “aprender a aprender” sobre la naturaleza. En un principio, entre los siglos XVI y XVIII, surgió el enfoque sobre objetos específicos, como los cuerpos en movimiento, las sales, los gases, etc., dejando a un lado otras cuestiones de la naturaleza. Estos se convirtieron con el tiempo en los

dominios de investigación. Gracias al tiempo y a las constantes preguntas sobre qué era importante estudiar, cómo debía clasificarse lo estudiado, qué conocimientos se iban obteniendo que fueran importantes y cuáles resultaban sin importancia, se pudo ir generando una materia propicia de ser estudiada científicamente y cómo debía ser estudiada. Así, lo que alguna vez pertenecía al reino de los factores externos de la ciencia, se fue convirtiendo en sus factores internos.

Mientras se iban convirtiendo en internos algunos factores externos, se veía que algunas ideas, hipótesis o teorías no resultaban incorrectas, sino tan solo incompletas. Shapere (1986:5) dice que algunas teorías que parecían incompletas han sido adoptadas por campos del conocimiento externos de donde fueron creadas. De esta manera, en el siglo XX se observa cómo se han complementado algunas teorías, como el electromagnetismo con la mecánica de la relatividad, también se han unido la estructura atómica, la valencia química y demás hasta llegar a la teoría cuántica y a la mecánica cuántica, dando paso a la teoría electrodébil.

Dentro del estudio de Shapere, lo anterior representa que además del éxito de una teoría en su dominio, puede además ser juzgada en cuanto a su compatibilidad con teorías de otros dominios. Para Shapere, esto representa una acumulación de creencias en las que los científicos pueden y han aprendido a confiar. Sin embargo, este proceso no es sólo acumulativo, pues en él también muchos conocimientos han sido rechazados. El proceso por el que se han edificado las creencias científicas representa la manera en que se diferencian las consideraciones internas y externas de la ciencia. Pero debe notarse que este proceso ha sido realizado durante la investigación de la naturaleza, no tomado de algún mandato divino o de alguna filosofía que diga qué es científico y qué no lo es. Todas las demás consideraciones se vuelven externas (Shapere, 1986: 6,7).

En el curso de las investigaciones, los dominios son cada vez más formulados a la luz del background de creencias que han probado no ser dudosas y relevantes para lo que está siendo investigado. Pero estas creencias también llevan a cambios en la concepción sobre otras ideas y pueden causar alteraciones en otras partes de la "fábrica" de la ciencia. A veces es necesario rechazar o modificar algunas de las ideas más confiadas (Shapere, 1986:7).

Con el proceso de internalización, la ciencia ha podido obtener mayor autonomía de influencias externas para construir sus propias creencias futuras, métodos, problemas, reglas de razonamiento, patrones explicativos, estándares y metas. Lo ha logrado confiando en creencias anteriores seleccionadas por su éxito en su propio campo y en la

compatibilidad con otras teorías pertenecientes a otros: 'ha aprendido cómo aprender' (Shapere, 1986: 7).

Debe tomarse en cuenta que como esta autonomía es una función de la disponibilidad de creencias anteriores, es evidente que la información será insuficiente en algunos casos para guiar la construcción de nuevas creencias y programas de investigación. Y donde las creencias "internas" son inadecuadas, se debe buscar la orientación en otro lugar. A veces se volteará hacia creencias menos fiables o no tan tratadas; y aún en algunas ocasiones, no habrá nada mejor que buscar orientación en apelaciones externas (Shapere, 1986: 8).

### 1.10.2 Turner

En oposición a lo que opina Shapere, Turner (1986: 16) dice que los contrastes no son contrastes reales, sino descripciones contrastantes. Uno debe tratarlos como encarnaciones del problema de muchas descripciones, y declinar por suponer que hay un punto de "decisión" entre ellas.

Algunas habilidades cognitivas y prácticas pueden hacerse constitutivas de la competencia científica en algún área dada y por ello, hacerse "universales". Pero antes de que lo hagan, serán características de escenarios particulares, tipos particulares de biografías personales, o tipos particulares de cualidades naturales. Los juicios y expectativas, que Turner llama "sub-creencias", siempre variarán entre las personas, debido a que sus creencias anteriores varían, así como también sus decisiones sobre cómo invertir sus esfuerzos (Turner, 1986: 16).

Las decisiones y las estrategias de los científicos varían biográficamente, y las variaciones pueden resultar por factores familiares "externos", como las diferencias en las limitaciones organizativas, los recursos y las oportunidades. La estrategia racional de un científico para hacer una decisión puede variar de la de otros. Las "sub-creencias" escapan de la dificultad de la no comparabilidad. Además, su rol en el proceso de formación de creencias en la ciencia amenaza la distinción interno-externo, por ellas no pueden ser situadas bajo ninguna categoría (Turner, 1986: 16).

La noción de que las consideraciones internas son las que son "internalizadas" en el sentido de que son tomadas como ciertas, esta tesis se cae al decir que sólo lo que influencia la selección de hipótesis, conceptualización del problema, y configuraciones del método, son "obtenidas de" lo que se tomaba como cierto. Turner (1986: 17) narra el

comentario de un científico (editor de una serie en una de las revistas de física más prestigiosas), quien le decía que la ciencia es guiada actualmente por la tecnología, es decir, que los problemas en su área de especialización llegan de las oportunidades creadas por nuevas plataformas y nueva instrumentación – que es diseñada por ingenieros y no por físicos, y que son construidas para fines no científicos. Esto sería, al modo de Shapere, que la ciencia toma alguna dirección de una cuestión “externa”, que sería la tecnología; pero en cambio, esto puede resultar un rechazo a la necesidad de distinguir entre lo externo o lo interno de la ciencia.

### 1.10.3 Carroll

Carroll (1986: 10) inicia la exposición de su crítica reconociendo que en el fanatismo por liberarse de las nociones del cambio científico, positivistas, lineales y cumulativas, a veces se falla en enfatizar suficientemente – o en reconocer – el tamaño, el grado de articulación, sutileza, integración sistemática, y poder explicativo palpable de las ciencias occidentales modernas.

No hay duda en que con la profesionalización (y la educación especializada que la acompaña), las ciencias han logrado un grado remarcable de autonomía y productividad intelectual (Carroll, 1986:11).

Si los historiadores de la ciencia dan señales de estudiar las evidencias del caso de Shapere, como la internalización, ¿por qué no llegan a las mismas conclusiones que él? Carroll ofrece dos ideas. Primero, en un grado impropio, los historiadores de la ciencia han sido entrenados, en un primer momento, como historiadores. Esto implica mucho menos confianza sobre el significado de la evidencia histórica, más dependencia sobre distintas evidencias, incluyendo fuentes manuscritas y archivísticas sustanciales, mayor exhibición de grandes contextos culturales particulares de los desarrollos científicos, y una renuencia sana a los malestares que afectan el oficio. Desde esta postura, hay algunas bases para dudar de la historia que realiza Shapere. ¡Es difícil confiar en la verdad histórica! Hacerlo supone un retorno hacia el positivismo.

Muchas personas están dispuestas probablemente a concordar con las medidas de autoridad, eficacia y autonomía del conocimiento científico moderno, pero Shapere defiende más que eso. Carroll comparte con Shapere la fe en que la naturaleza no es ni caprichosa ni totalmente inescrutable. Sin embargo, ¿cuántas otras visiones fundamentales en el trabajo de la naturaleza deben ser descubiertas, que pudieran haber

alcanzado un nivel “internalizado” de la ciencia sin haber mostrado preocupación alguna hacia la relación entre fuerza, masa y aceleración? Ahí se encuentra también el problema usual nominalista con estos conceptos: masa, después de todo, no es “realmente” masa, sino es otra cosa – ni materia ni energía – medida en volts. Entonces “ $f = m a$ ” no representa “realmente” cómo es la naturaleza, sino un modelo de algo que no se entiende totalmente. Si así ha sido siempre, se pregunta Carroll, ¿estamos más “internalizados” en algún sentido epistemológico sustantivo de lo que alguna vez hemos estado?

Debido a que las creencias en las cabezas saturadas de los hombres de carne y hueso, incluidos los científicos, no trabajan necesariamente en una manera de A-causa-B, muchos historiadores – entre los que Carroll se ubica a él mismo – se posicionan en una especie de proceso de interdependencia mutua, es decir, ecológicos. Desde este punto de vista ecológico, la búsqueda de “determinantes causales” sean internos o externos, parece ser un peso innecesario, un reduccionismo que no se requiere para preservar la integridad del conocimiento científico. No importa que tan grande, interconectada, útil o fiable sea, la tradición cumulativa nunca dará certeza al conocimiento científico, ni garantizará su superioridad sobre otras alternativas; y como no puede hacerlo, los científicos fallan en ser complacientemente internalistas (Carroll, 1986: 13).

#### 1.10.4 Sumario del debate

Shapere dice que realmente puede existir una distinción entre lo interno y lo externo de la ciencia, que lo interno va creciendo con el tiempo y que lo externo es eso mismo hasta que, por un proceso llevado a cabo a lo largo del tiempo se vuelve interno. De cualquier manera, cuando lo interno es insuficiente, se recurre a lo externo. Lo anterior pudiera dar a notar que entonces no hay una gran distinción entre lo interno y lo externo de la ciencia, pues lo que se ubica de cada lado de la distinción, puede pasar al otro en algún momento dado según las circunstancias.

Resulta interesante el comentario de Turner sobre la relación entre ciencia y tecnología, y sobre cómo la primera resulta dirigida por la segunda. Este hecho indica que de una manera u otra, la ciencia necesita y se sirve de lo que pudiera ser considerado no-ciencia: de lo externo. Entonces, notar particularidades en la ciencia, que sean totalmente científicas parece ser innecesario; en cambio, la construcción de la ciencia debe ser visto como un proceso, no como algo que es, como algo terminado y con reglas de juego propias.

Carroll dice que aunque se haya demostrado que la ciencia ha sido afectada y formada por cuestiones no científicas, provenientes de distintos intereses, como la formación de las personas que la realizan, cuestiones políticas, ideológicas u otras, no debe perderse de vista el poder explicativo *real* de la ciencia ni su capacidad para resolver problemas. De aquí debe entenderse que la ciencia es, realmente, algo más.

Fuerza igual a masa sobre aceleración no es lo que “realmente” es la naturaleza, sino una manera de concebirla y, recordando a Feyerabend, ciencia es lo que parezca funcionar: si la manera de concebirla parece mostrar resultados satisfactorios, se siguen tomando esas maneras como seguras. Aquí también se puede recordar la exposición de Woolgar sobre la *representación*, y ver que en la relación entre objeto y representación, el objeto es creado también por la representación. Con esto, dice Carroll que no existe tal proceso de *internalización*, como defiende Shapere.

Todos los factores que se relacionan con la construcción de la ciencia, y con el conocimiento científico, deben ser vistos en interdependencia, como dice Carroll, y aquello vuelve innecesario que haya una distinción entre cuestiones internas y externas en la ciencia, pues de cualquier modo en que sean vistas o identificadas unas y otras, todas son necesarias.

En la discusión que gira en torno a la exposición de Shapere se puede aportar al concepto aquí buscado que, debido a que no existe una distinción entre factores internos y externos en la ciencia, la autonomía no debe tener el objetivo de hacer la diferencia entre ciencia y no-ciencia, o al menos no debe considerarse muy importante ese criterio, pues todos los elementos son necesarios e influyen en un cierto momento y en un cierto nivel de la construcción de la ciencia, ésta vista como práctica social, empresa, organización, método o conjunto de conocimientos.

## CAPÍTULO 2. ORIGEN DE LOS ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA

### *2.1 La(s) dimensión(es) social(es) de la ciencia*

Estudiar socialmente a la ciencia y a la tecnología ha resultado ser un campo tan amplio como ha sido el estudio de la política, del poder, y de la cultura, pues, como sistema social con una estructura específica, se integra al sistema social sociedad<sup>2</sup> y de esta manera adquiere rasgos estructurales pertenecientes a otros sistemas sociales. Es así que la ciencia es atribuida con características y funciones únicas e independientes de otras instituciones y prácticas sociales; sin embargo, hereda de las otras distintas maneras trabajar. Dicho esto puede comprenderse que la ciencia, además de ser una institución que investiga el mundo físico, químico, biológico, etc., es también una práctica social que conlleva distinciones entre géneros, estructuras de prestigio y de posesión de poder político (¿o poder científico?); es a la vez una práctica única y a la vez una que envuelve o envuelta en otras. Así, la ciencia es una forma de trabajo que requiere una preparación específica; ser un científico implica una identidad social, reconocida por los que dedican su vida a la investigación científica, como por las personas que sin hacerlo, los sitúan bajo tal clasificación.

Debido a la exposición anterior, la ciencia tiene implicaciones sociales, económicas, políticas y cognitivas. Así, el objeto y los sujetos de estudio de esta corriente pueden ser abordados desde un sin fin de posibilidades distintas. Además, la ciencia es una actividad social que desde la formación de la sociedad moderna no se realiza de manera aislada y forma un grupo social y una organización específica que interactúa con la sociedad, tanto interna como externamente, envolviendo con ello distintas aportaciones que alimentan y retroalimentan otras esferas sociales. La historia y la sociología de la

---

<sup>2</sup>. La sociedad se diferencia progresivamente, a lo largo de la evolución temporal, en diferentes subsistemas sociales tales como el derecho, la economía, la política, la religión, la educación, la ciencia, etc. Cada uno es un sistema autorreferente y autopoietico y tiene a los demás subsistemas como su entorno, manteniendo su clausura y su propia independencia. Cada sistema social especializa el ámbito de sus comunicaciones y de sus selecciones de modo que cada uno de ellos resuelve un determinado segmento de complejidad. Debe tenerse en cuenta que cada sistema social puede observarse a sí mismo, observar a los otros y dirigir sus propias operaciones para reducir el ámbito de complejidad en que está especializado. Existe un tipo de relación entre los sistemas que respeta su independencia y su clausura, que es la interpenetración: operación por la que un sistema pone a disposición de otro su propia estructura para que pueda seguir construyéndose su propia complejidad (Luhmann, 1997: 23-29).

ciencia sostiene que ésta es una actividad humana, no un proceso automatizado capaz de ser llevado a cabo por medio de una super computadora. La manera en que los científicos construyen y promueven sus modelos han sido formados e influidos por compromisos filosóficos, creencias religiosas, valores políticos e intereses profesionales (Bowler y Morus, 2007: 21).

Debido a las consternaciones heredadas por la filosofía y la historia de la ciencia, la sociología de la ciencia inició sus estudios poniendo atención exclusivamente al contexto social que permitió el desarrollo de la ciencia. Sin embargo, en cierto momento esta nueva disciplina dirigió su mirada hacia las estructuras y relaciones sociales generadas dentro de la institución científica, o posteriormente, a los mecanismos sociales influyentes sobre la producción y validación del corpus cognitivo científico (Torres Albero, 1991:7), como las investigaciones llevadas a cabo por David Bloor, Barry Barnes y Steve Woolgar, entre otros.

Como se decía anteriormente, la ciencia es una institución que está inundada de manifestaciones y distintos tipos de implicaciones sociales, por lo que un estudio sociológico de ésta puede enfatizar sus distintos rasgos. Imaginemos la ciencia como una esfera, con funciones específicas en su interior; y de esta manera puede un estudio enfocarse sobre lo que sucede universalmente al interior de esta esfera o de este sistema social. Pero también puede observarse que esta esfera de la ciencia no es una sola, sino que se encuentra de manera dispersa por todo el mundo, incluso poniendo atención a cada región o país donde esta presente. Entonces, aunque se observe a la ciencia *internamente*, hay una distinción entre 1) el conjunto de toda la actividad identificada como científica, ubicada en distintas organizaciones, en distintos países y constituida por distintos centros de estudio; como también 2) tomando en cuenta el interior de cada organización donde se practica la actividad científica.

Otra manera de considerar el interior de la ciencia, pero alejado de la distinción anterior, es la que toma por objeto de estudio la llamada *sociología del conocimiento científico* – expuesta posteriormente –, donde se atiende la manera en que es creado, apoyado y difundido el contenido del trabajo científico, esto es, poniendo atención a los lineamientos, creencias verídicas o refutables, métodos, teorías y herramientas de medición, pues también estos rasgos que parecieran ser absolutamente racionales, tienen su origen en un consenso social.

Regresando al ejemplo de la ciencia como una esfera, ahora debe contemplarse que existe un estudio sociológico de la ciencia de acuerdo con la relación entre el interior

y el exterior. Esto es, entre lo que se hace dentro de la esfera, como lo que sucede fuera de ella, que puede influir en momentos determinados sobre lo que se hace dentro de la esfera, y viceversa: la manera en que influye al exterior de la esfera lo que fue construido dentro de ella.

Una vez habiendo considerado las distintas perspectivas que pueden ser tomadas por un estudio sociológico de la ciencia, es posible elaborar de una manera a la vez cronológica, a la vez analítica, el desarrollo de los estudios sociales de la ciencia y de la sociología de la ciencia.

## **2.2 Las aportaciones de los clásicos de la sociología al conocimiento**

La mayoría – si no es que todos – de los fundadores de la sociología, como Comte, Weber, Marx, Durkheim, Mannheim y Sorokin, dedicaron parte de sus obras a la reflexión social del conocimiento y de la ciencia: Con Comte, la ley de los tres estados de progreso de la sociedad presenta la reflexión sobre cómo es más progresiva la sociedad en general cuando en ella se desarrollan la ciencia y el autocuestionamiento; en el estudio clásico de Weber, *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*, la tesis fundamental es que el desarrollo de la ciencia se debió a la influencia del puritanismo, y con ello, la relación existente entre ciencia y sociedad; Durkheim y Mannheim, en sus obras *Las formas elementales de la vida religiosa* e *Ideología y utopía*, respectivamente, exponen los primeros trabajos sobre análisis del conocimiento (Martin, 2003). Pero quien es considerado fundador de la sociología de la ciencia, debido a la dedicación a ella de todo su trabajo empírico, y quien empezó a clasificarla de esta manera, es el sociólogo norteamericano Robert K. Merton. El primer estudio sobre sociología de la ciencia es el por él elaborado *Ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII*. Con la intención de atender el estudio social de la ciencia de una manera tanto cronológica como analítica, pongamos primero atención a los clásicos de la sociología y volteemos sólo después de ellos hacia las aportaciones de Merton.

La sociología del conocimiento que Marx presentaba es que el ser social – entendido como la situación de clase y la relación con los medios de producción – del hombre define su pensamiento y su conciencia. Es de ahí que surgen términos marxianos como conciencia de clase y falsa conciencia, utilizados o redefinidos por Lukacs y Althusser, entre otros (Ritzer, 2005).

Posteriormente, Karl Mannheim propuso ampliar el número de categorías que Marx relacionaba con el contexto social. Para él, el estatus, la pertenencia al grupo y el rol social son factores que influyen en la determinación del conocimiento. Pero Mannheim no pretendió extender su estudio a la ciencia y a las matemáticas.

Durkheim puso atención a aspectos del pensamiento como la moral, las ideas religiosas, las formas de clasificación y categorías del pensamiento humano, al espacio y al tiempo. En su opinión, todos estos tipos de conocimientos, creencias e ideas, forman parte de la creencia colectiva, sin posibilidad de existir fuera de la existencia social del hombre. Así, el conocimiento y las creencias mantienen un isomorfismo con la sociedad, que los producen y los mantienen. El isomorfismo entre el mundo físico y el social muestran la posibilidad de entender la estructura del primero a través del último. Pero para Durkheim, la ciencia escapaba al contexto social, convirtiéndose así en un caso especial fuera del alcance de la sociología y de la antropología.

### ***2.3 Los Estudios Sociales de la Ciencia como tales***

Los Estudios Sociales de la Ciencia ponen su interés tanto en la institución como en la práctica de la ciencia, no limitándose a las relaciones sociales entre sus practicantes, medios de comunicación, sistemas de remuneración, etc., sino también en lo que sucede en el quehacer diario de la ciencia. Sin limitarse a la organización y situación social de la ciencia, también la observa como fenómeno cultural. Así, pretende lograr la comprensión de un sistema de creencias que no se limita a lo que sucede en los laboratorios (Woolgar, 1991: 16, 17).

Estudiar socialmente la ciencia comienza con reconocer que ésta constituye un fenómeno altamente variable, pues existen muy diversas maneras de concebir qué es la ciencia y qué debe ser considerado como científico (Woolgar, 1991:23).

De distinta manera a los estudios filosóficos, los Estudios Sociales de la Ciencia sostienen la postura de que no se puede distinguir la ciencia de la no-ciencia por medio de reglas de decisión. Verificar o falsear una hipótesis es el resultado de procesos sociales complejos desarrollados en un medio ambiente determinado. Para éstos, el conocimiento científico no es el resultado de la aplicación de reglas de decisión preexistentes a hipótesis o a generalizaciones (Woolgar, 1991: 26, 27). Los Estudios Sociales de la Ciencia observan las reglas de funcionamiento de la ciencia como si éstas hubieran sido creadas posteriormente, no como un conjunto de procedimientos que

definan la actividad científica. Pero dentro de esta disciplina existen otros puntos de vista no tan escépticos, donde se considera que las reglas de funcionamiento de la ciencia pasan a ser solo uno de los elementos que le dan definición. Así, el conocimiento científico no es totalmente determinado por la evidencia observacional ni por las reglas de decisión. La aportación filosófica de la determinación (qué es ciencia y qué no) deja un hueco sin cubrir donde pueden actuar los factores sociales para tener influencia en la evaluación de las afirmaciones cognoscitivas (Woolgar, 1991:28).

## ***2.4 Desarrollo y tradiciones en los Estudios Sociales de la Ciencia***

El estudio social de la ciencia surge a partir de que, después de la segunda guerra mundial, las naciones implementan una política a favor del desarrollo de la ciencia. Las causas de ello no fueron las mismas en los distintos países, pero los resultados parecen ser los mismos: una conciencia en distintos sectores de las sociedades sobre la importancia de la función de la ciencia y de estudiar los efectos recíprocos ciencia-sociedad, además de los mayores apoyos financieros destinados a la investigación científica (Rodríguez, 1975: 17).

Hilary Rose (1975: 83) indica que a lo largo de la década de los sesenta, tanto en universidades, como en organizaciones supranacionales, como la OCDE y la UNESCO, se establecieron unidades de investigación interesadas en “estudios de la ciencia”, “ciencia de la ciencia”, “política de la ciencia”, “ciencia y gobierno”, dedicadas a encontrar información que resultara de interés para políticos y para sectores dedicados a la investigación científica y a su manejo.

González, López y Lújan (2000), observan en el desarrollo del movimiento de los Estudios Sociales de la Ciencia, o CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) tres etapas principales:

1) Optimismo. Desde la segunda guerra mundial hasta 1955, con el manifiesto de Russell y Einstein sobre la responsabilidad social de la ciencia. La ciencia y la tecnología son vistas con optimismo en su camino unívoco hacia el progreso. El apoyo público a la ciencia y tecnología es incondicional.

2) Alerta. Desde mediados de los cincuenta hasta 1968, periodo en el que se lanzó el Sputnik, sucedió el primer accidente nuclear grave y hubo manifestaciones contra la

guerra de Vietnam. Salen a la luz pública los primeros grandes desastres producidos por fallas tecnológicas. Los movimientos sociales ponen bajo su mira a la ciencia y a la tecnología.

3) Reacción. Desde 1969 hasta finales del siglo XX. Se consolida académica y administrativamente el movimiento CTS como respuesta educativa y política a la sensibilización social sobre los problemas emergentes de la relación tecnología-medio ambiente. Se hace evidente la necesidad de corrección del modelo unidireccional del progreso como base para el diseño de la política de ciencia y tecnología (González et. al., 2000: 58, 59).

Dentro del campo de los Estudios Sociales de la Ciencia, o de CTS, se pueden distinguir dos tradiciones distintas. Existe una europea, llamada normalmente *Science and Technology Studies*, y una americana, identificada como *Science, Technology and Society*. Las siglas de ambas queda igual: STS. En España y Latinoamérica, una derivación de estos estudios es llamada, como se ha mencionado antes, *CTS, Ciencia, Tecnología y Sociedad*.

La tradición europea y la americana coinciden en la atención hacia la dimensión social de la ciencia y la tecnología, oponiéndose a lo que ha venido siendo llamado la concepción heredada o tradicional de la ciencia, que la ve como una forma particular de conocimiento, y a la tecnología como sólo ciencia aplicada. Sin embargo, existen diferencias importantes en la manera de ver la dimensión social de la ciencia y la tecnología:

a) la dimensión social como las condicionantes sociales, o la manera en que los factores sociales contribuyen a la generación y consolidación de conocimiento científico y tecnológico;

b) la dimensión social como las consecuencias sociales, o la forma en que los productos científico-tecnológicos modifican la vida y la organización social.

En los inicios de la tradición europea esta se centraba en la explicación del origen de las teorías científicas, de la ciencia como proceso. Posteriormente se aplicaron los esquemas resultantes al caso de la tecnología (González et. al., 2000: 67).

La tradición americana, en cambio, enfatiza las consecuencias sociales de la innovación tecnológica, su influencia sobre las formas de vida y las instituciones sociales.

La tecnología es entendida como un producto que tiene la capacidad de influir sobre las estructuras y dinámicas sociales. La ciencia es un estudio de observación menos importante. Esta tradición también incluye la reflexión educativa y ética, y se enfatiza en la democratización de los procesos de toma de decisiones en políticas tecnológicas y ambientales (González et. al., 2000: 68).

La tradición americana fue impulsada por los movimientos de protesta emergentes de la agitación de la población estadounidense de los años sesenta. Estos movimientos tenían una orientación pro tecnología alternativa – menos dañina para el medio ambiente, más flexible, de control local, entre otras características – y distintas corrientes ecologistas y pacifistas. De aquí surge el interés por el estudio de las consecuencias sociales de la innovación tecnológica y la defensa de un control social eficiente sobre ella.

En esta tradición la tecnología es vista como un producto final activo sobre la sociedad y no se centra la atención sobre los factores que condicionan su construcción. De este modo, la tecnología es abordada desde perspectivas muy relacionadas con la filosofía y con la teoría política, con un interés en las implicaciones políticas, educativas y sociales, del contexto social de la tecnología (González et. al., 2000: 93).

Algunas de las corrientes de estudio inmersas en la tradición americana del estudio social de la ciencia y la tecnología son las siguientes:

- Historia de la cultura tecnológica. En ésta se exploran las diferencias entre tecnología contemporánea y técnicas antiguas, con la intención de establecer periodos distintos en el desarrollo histórico de la tecnología.
- Filosofía general de la tecnología. En esta corriente se realizan estudios conceptuales y epistémicos que abordan cuestiones como la definición de la tecnología, su relación con la ciencia, o los criterios para medir su efectividad.
- Ética de la ciencia y de la tecnología. Los avances científico-tecnológicos hacen surgir distintos interrogantes éticos relacionados con la imposición de límites al crecimiento tecnológico en función de los valores humanos que se intentan o debería intentarse preservar, que son amenazados por estos avances.
- Autonomía de la tecnología y determinismo tecnológico. La cuestión es la meditación sobre la posibilidad o capacidad de la tecnología de tener leyes propias de desarrollo inherentes e inevitables que están separadas del control humano.

- Crítica política de la tecnología. En esta corriente se examinan las relaciones entre tecnología y humanidad, poniendo atención sobre las implicaciones y los problemas políticos que lleva consigo la tecnología moderna.
- Evaluación y control social. La reflexión política sobre la tecnología se origina en los modelos de gestión y manejo más apropiados para el control más eficaz del desarrollo científico-tecnológico. Así, son habituales las propuestas de democratización de la política tecnológica.
- Críticas religiosas de la tecnología. Aquí se analizan las implicaciones y los problemas religiosos de la tecnología moderna. Se trata la relación entre tecnología y naturaleza humana, viendo esta última desde su dimensión religiosa (González et. al., 2000: 94).

Por supuesto, la clasificación geográfica de los estudios de la ciencia y la tecnología sólo sirven como un criterio externo con fines expositivos. Se hace la distinción porque así eran las distintas naturalezas de los trabajos realizados durante las primeras décadas de existencia de la disciplina.

## ***2.5 La sociología de la ciencia de Robert K. Merton***

En esta sección es expuesta y analizada la obra de Robert K. Merton, sociólogo norteamericano, concerniente a la sociología de la ciencia. Merton ha sido considerado el fundador de este campo de estudio, extendiéndolo desde argumentos generados por la sociología del conocimiento alemana, en la que figuran estudios de Marx hasta los de Karl Mannheim. Mientras la sociología del conocimiento se dedicaba al estudio y a la crítica de la ideología, Merton se dirigió hacia el sistema moral que existe en la ciencia o que debería existir para que ésta tuviera un desarrollo pleno. Con el objeto de conocer la orientación con la que Merton se sumergió en el estudio social de la ciencia, debemos conocer sus influencias, por ello se empieza aquí con las anotaciones que realizó sobre las aportaciones de sus antecesores.

Merton toma en cuenta que la sociología del conocimiento comenzó con la hipótesis de que incluso las verdades tenían que considerarse explicables, que había que ponerlas en relación con la sociedad histórica en la que aparecían (Merton, 2002: 545).

Las implicaciones de las influencias existenciales sobre el conocimiento para la situación epistemológica del mismo fueron debatidas desde el comienzo. Las soluciones iban desde decir que la génesis del pensamiento no tiene relación con su validez, hasta la posición relativista de decir que la verdad es sólo una simple función de una base social o cultural, sostenida por el consenso social y que por ello, toda teoría de la verdad culturalmente aceptada tiene iguales títulos a la validez de cualquier otra (Merton, 2002: 546). Con esto es posible decir que Merton conocía desde un principio la noción de que la ciencia es verdadera sólo en el contexto en que fue realizada.

Merton hace la generalización entre todas las sociologías del conocimiento debido a que en ellas se parte de la idea de que el pensamiento tiene una base existencial en tanto que no es determinada inmanentemente y en cuanto uno u otro de sus aspectos puede derivarse de elementos extra-cognoscitivos (Merton, 2002: 547).

A pesar de las afirmaciones dichas hasta el momento, Merton reconoce que “conocimiento” se ha utilizado de muchas maneras, que en él se puede clasificar a todo tipo de ideas y modos de pensamiento: desde creencias populares, hasta ciencia positiva. Incluso, como se han utilizado como equivalentes la palabra conocimiento y la de cultura, conocimiento ha significado también convicciones éticas, postulados epistemológicos, predicaciones materiales, juicios sintéticos, creencias políticas, categorías de pensamiento, normas morales, etc., todos ellos considerados “existencialmente condicionados”. El problema que encuentra Merton en esto es qué tan relacionados están con sus bases sociológicas, o con la estructura social: de igual o de distinta manera (Merton, 2002: 552).

En relación con los escritos de Marx, nota Merton que la filosofía, la religión y la ciencia son particularmente coaccionados por el depósito preexistente de conocimientos y creencias, y sólo indirecta y últimamente son influidas por factores económicos. En éstas no es posible derivar el contenido y el desarrollo de la creencia y el conocimiento por medio del análisis de la situación histórica (Merton, 2002: 553). También reconoce que Marx había indicado algo más sobre la ciencia natural. Al decir que la ciencia natural y la economía política, ambas precisas, comprenden situaciones distintas de la ideología, sus contenidos conceptuales no son atribuidos a una base económica, sino sólo sus objetivos y su material (Merton, 2002: 554). Esta idea de Marx es interesante, pues supone que la parte epistemológica de la ciencia es independiente de la economía, pero no sucede lo mismo con sus objetivos y su material. Esto es equivalente a decir que no importa de

donde provengan los principios de la ciencia, porque los problemas por resolver serán implantados por otra institución.

Engels había sostenido que la teoría socialista es un reflejo proletario del antagonismo de clases moderno, y entonces el contenido mismo del pensamiento científico es socialmente determinado, lo cual no quiere decir que no sea válido (Merton, 2002: 555).

Como conclusión sobre el pensamiento de Marx y Engels, Merton comprende que hay una relación entre la ciencia natural y la base económica, pero ésta es distinta a la de otras esferas del conocimiento y de la creencia. En la ciencia el foco de atención puede ser determinado socialmente, pero no el aparato conceptual (Merton, 2002: 555).

Retomando a Marx, Mannheim separa de otro tipo de conocimiento y creencias a las ciencias exactas y el conocimiento formal de la determinación existencial, pero no al pensamiento político, histórico, a las ciencias sociales y al pensamiento de la vida diaria (Merton, 2002: 555).

Merton distingue en Durkheim una aplicación de la investigación sociológica que incluye a la génesis social de las categorías de pensamiento, sosteniendo su hipótesis con la siguiente evidencia: a) El hecho de la variación cultural en las categorías y las reglas de la lógica demuestra que dependen de factores que son históricos, y por ello, sociales; b) como los conceptos están encastrados en el lenguaje que el individuo adquiere (también válido para la terminología de los científicos) y como algunos de los términos se refieren a cosas que los individuos nunca hemos experimentado, es indudable que son producto de la sociedad; y c) la aceptación o rechazo de conceptos no está determinado solamente por su validez objetiva sino también por ser congruentes con otras creencias vigentes.

Merton critica lo anterior, debido a que *el origen social de las categorías no las hace completamente arbitrarias en cuanto a su aplicabilidad a la naturaleza. Son, en grado variable, adecuadas a su objeto. Pero como las estructuras sociales varían, hay elementos subjetivos inevitables en las construcciones lógicas particulares corrientes en una sociedad* (Merton, 2002: 558). Las cosas no pueden estar contenidas en los moldes con los que fueron clasificadas; deben ser organizadas conforme sus propios principios. Entonces la organización lógica es distinta de la organización social y se hace autónoma (Merton, 2002: 558).

Merton reconoce que además de tener explicaciones causales, el conocimiento tiene funciones sociales, que pudieran explicar su persistencia o su cambio. Desde el

punto de vista marxista, la función de la ciencia y de la tecnología que surge de ella es la de convertirse en un instrumento de control para la clase dominante. De acuerdo con esto, al indicar los determinantes económicos del desarrollo científico, los marxistas han hecho notar que los resultados científicos permitían solucionar alguna necesidad económica o tecnológica. Contra esto, dice Merton que la aplicación de la ciencia a una necesidad no significa que la necesidad haya estado implicada con ese resultado (Merton, 2002: 568, 569).

Ante abundantes razones para creer que la estructura social no influye en la ciencia, Merton reconoce que la teoría de la selección de Darwin fue realizada de acuerdo con la noción de la economía de la competencia, a la que se le atribuyó, a su vez, una función ideológica a través del supuesto de una identidad natural de intereses (Merton, 2002, 571).

Atendiendo al curso de los acontecimientos que observaba en su tiempo, Merton se oponía a las consideraciones de que el desarrollo de la ciencia y la tecnología era completamente independiente de la estructura social (Merton, 2002: 572).

Conociendo lo que Merton comprendía sobre la ciencia y la tecnología antes de realizar él mismo sus investigaciones, es útil para demostrar en qué postura se encontraba. Conociéndolo, es posible saber a qué se refería cuando hablaba de autonomía de la ciencia, pues el término es confuso si uno se centra en su trabajo sobre el ethos científico sin conocer lo que lo originó. Es posible percibir que Merton no contemplaba la ciencia como independiente de la sociedad y que conocía las consideraciones sobre el origen social de la verdad; por lo tanto, sería incorrecto situar las ideas de Merton dentro o cerca de la concepción heredada de la ciencia.

De acuerdo con Merton, la materia de la sociología de la ciencia es la interdependencia dinámica entre la ciencia, actividad cultural que crea productos culturales, y la estructura social que la envuelve. Y reconoce que se ha puesto más atención a la ciencia sobre la sociedad que a la sociedad sobre la ciencia. Dice que muy pocos físicos y no muchos científicos sociales han puesto atención a las distintas influencias de la estructura social sobre el ritmo de desarrollo, los intereses y el contenido de la ciencia. Tal desatención, piensa Merton, proviene de la creencia errónea de que *admitir el hecho sociológico sería comprometer la autonomía de la ciencia*. La frase "contextos sociales de la ciencia" podría significar para los científicos la intromisión de intereses ajenos a la ciencia propiamente dicha (Merton, 2002: 617, 618). Esto lleva a

pensar que a pesar del impacto social sobre la ciencia, Merton considera la existencia de una cierta autonomía.

En general, el estudio de la ciencia de Merton está dedicado a inquirir los diferentes modos de interdependencia de la ciencia y la estructura social, tratando a la ciencia como una institución social diversamente relacionada con otras instituciones. Y por otra parte, intentan un análisis funcional de tal interdependencia, atendiendo las cuestiones de la buena y de la mala integración (Merton, 2002: 619).

Un elemento clave en la sociología de la ciencia de Merton es el *ethos científico*. Éste comprende criterios *universales* de validez y de valor científico, conteniendo valores unificados con los valores de una sociedad libre que da importancia a los talentos y triunfos de los hombres en general, no a la situación o a los orígenes. Otro ingrediente es el *comunismo*, en el sentido de que las normas institucionales de la ciencia convierten sus productos en parte del dominio público, compartidos por todos y propiedad de nadie. La idea es que la ciencia florece y los científicos la hacen progresar dentro de un ambiente de investigación libre y de libre intercambio de ideas; imponer el secreto a la ciencia es como aplicar un freno al progreso (Merton, 2002: 620).

Merton también realizó un estudio sobre la maduración de la ciencia de Inglaterra en el siglo XVII en el que adoptó las ideas de Max Weber y su estudio sobre *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*. El resultado es que la ciencia, como cualquier institución social, debe ser apoyada por valores de un grupo si ha de desarrollarse. Con esto, no hay duda de que *hasta una actividad tan racional como la investigación científica se basa en valores irracionales* (Merton, 2002: 621).

En su ensayo sobre *La ciencia y el orden social*, Merton reconoce la importancia de examinar los controles que dan impulso a las carreras científicas, que seleccionan y dan prestigio a ciertas disciplinas y rechazan u oscurecen a otras. Dice que los cambios en la estructura institucional pueden restringir, modificar o impedir el desarrollo de la ciencia (Merton, 2002: 623).

Como cualquier otra institución social, en la ciencia puede haber fuentes de hostilidad que surgen de dos conjuntos de circunstancias. Por el lado de la conclusión lógica, los resultados o los métodos de la ciencia pueden ser contrarios a la satisfacción de valores importantes. Por otro lado, relacionado con los elementos no lógicos, puede haber conceptos científicos incompatibles con los de otras instituciones (Merton, 2002: 623). Entonces, la posición de la ciencia en el mundo puede considerarse resultado de

dos conjuntos de fuerzas contrarias, que la aprueban y desaprueban como actividad social en gran escala.

Desde el punto de vista de la sociología, el lugar de la ciencia en un régimen totalitario es el mismo que el de las demás instituciones, con excepción del Estado, que es predominante. El cambio consiste en colocar a la ciencia en un contexto social nuevo en el que pareciera competir con la lealtad del Estado. En un régimen liberal, la limitación de la ciencia no sucede así, ya que las instituciones no políticas gozan de una esfera sustancial y variable de autonomía. En el estado totalitario, el conflicto nace de la incompatibilidad entre la ética de la ciencia y el nuevo código político que se le impone.

El ethos de la ciencia requiere que las teorías o generalizaciones sean valoradas en relación con su congruencia lógica y su consonancia con los hechos. En cambio, el Estado podría implementar otros criterios, como la raza o el credo político. El ethos de la ciencia surgió porque se consideraba que el coeficiente personal era una fuente potencial de error, y para limitarlo, era necesario contar con criterios impersonales (Merton, 2002: 627).

A los científicos, desde el principio de su preparación se les inculca el sentimiento de la pureza de la ciencia, que tiene la función de mantener la autonomía de la ciencia. Si se adoptan otros valores, la ciencia se hace aceptable en la medida en que cumpla con los criterios requeridos por otros (Merton, 2002: 629).

El interés de los científicos por la meta primordia, que es la promoción de los conocimientos, se une a la indiferencia hacia las consecuencias que caen más allá del interés inmediato, pero los resultados sociales perturban los objetivos originarios. Tal conducta puede ser racional en tanto que puede esperarse de ella que conduzca a la satisfacción del interés inmediato; pero es irracional en tanto que anula otros valores que no son, bajo cierta postura, tan importantes, pero que no dejan de formar parte de la escala social de valores. Para simplificar: los científicos se preocupan por la promoción de los conocimientos principalmente; pero éstos pueden tener consecuencias secundarias que afecten la idea del público, y entonces éste desacredita a la ciencia. Entonces, la autonomía de la ciencia es necesaria, pero también puede llevar a los científicos a desatender otros intereses generales.

En las conclusiones de este ensayo, Merton dice que la ciencia tiene conflictos cuando: a) los efectos sociales de las aplicaciones de los conocimientos científicos se consideran indeseables, b) el escepticismo de hombre de ciencia se dirige hacia los valores fundamentales de otras instituciones, c) la ampliación de la autoridad política,

religiosa o económica limita la autonomía del hombre de ciencia, d) se introducen criterios no científicos para elegir el campo de la investigación científica.

En otro ensayo, *La ciencia y la estructura social democrática*, Merton reconoce que la palabra ciencia denomina diversas cosas distintas, aunque relacionadas, como son: 1) Un conjunto de métodos característicos por medio de los cuales se certifica el conocimiento; 2) un depósito de conocimientos acumulados procedentes de la aplicación de esos métodos; 3) un conjunto de valores y costumbres culturales que gobiernan las actividades llamadas científicas; 4) cualquier combinación de lo anterior. El estudio que él realiza se centra sobre la estructura cultural de la ciencia, la ciencia como institución. No examina los métodos, sino las costumbres.

El ethos de la ciencia es el complejo de valores y normas que son obligatorios para el hombre de ciencia; las normas se expresan como prescripciones, proscipciones, preferencias y autorizaciones. Tales imperativos son interiorizados en distintos grados por los científicos y forman su conciencia científica (Merton, 2002: 637).

Merton reconoce que la ciencia se desarrolla en estructuras sociales diferentes, y su intención es conocer en cuál de ellas se proporciona un ambiente institucional para el mayor grado posible de desarrollo.

La meta institucional de la ciencia es la ampliación de los conocimientos comprobados. Los métodos técnicos empleados para ello proporcionan la definición adecuada del conocimiento: predicciones comprobadas empíricamente y lógicamente congruentes. Los imperativos institucionales se derivan de la meta y de los métodos. Toda la estructura de normas técnicas y morales lleva a la consecución de un objetivo final (Merton, 2002: 638).

El ethos de la ciencia esta compuesto principalmente por cuatro valores fundamentales: *universalismo, comunismo, desinterés y escepticismo garantizado*. A continuación se presenta en qué consiste cada uno.

El *universalismo* indica que los títulos a la verdad, sin importar su fuente, deben ser sometidos a criterios impersonales preestablecidos, sustentados por las observaciones y por los conocimientos confirmados anteriormente. La aceptación o el rechazo del derecho de entrada a las nóminas de la ciencia no deben depender de los atributos personales o sociales de su protagonista; no tienen importancia la raza, nacionalidad, religión, case social u otro atributo. La objetividad excluye el particularismo (Merton, 2002: 639).

*Comunismo.* Los resultados de la ciencia son producto de la colaboración social y están destinados a la comunidad. La ganancia del productor individual esta limitada. Una ley o teoría no es propiedad del descubridor y sus herederos, las costumbres no les conceden derechos especiales de uso y disposición. Los derechos de propiedad son reducidos al mínimo. El derecho del científico a la propiedad intelectual se limita a la gratitud y la estimación que son proporcionadas a los aumentos al conjunto común de conocimientos (Merton, 2002: 642).

*Desinterés.* Las actividades de los científicos están sometidas a una política rigurosa, en un grado quizá sin paralelo en ningún otro campo de actividad. La demanda de desinterés tiene una sólida base en el carácter público y comprobable de la ciencia, y puede suponerse que esta circunstancia ha contribuido a la integridad del hombre de ciencia (Merton, 2002: 645).

*Escepticismo organizado.* Está interrelacionado con los otros elementos del ethos científico. Es un mandato metodológico e institucional. Suspender el juicio hasta que se hayan obtenido los hechos o resultados, y la limitación de las creencias a los criterios empíricos y lógicos han hecho que la ciencia entre en conflicto con otras instituciones.

## **2.6. Panorama cuantitativo y colegios invisibles**

Es importante mencionar además que durante esos años se desarrolló otra corriente de estudios de la ciencia, consistente en aplicar los mismos principios metodológicos de la ciencia hacia ella misma. Esta fue desarrollada por Derek de Solla Price y por John Desmond Bernal. Price dirigió sus estudios hacia el conteo de producción científica y los relacionó con otras instituciones en lo que corresponde a los financiamientos de la ciencia (Martin, 2003: 47).

La cientometría, o ciencia de la ciencia, nacida en 1979 consiste en el análisis cuantitativo del trabajo de investigación científica y tecnológica. Estudia recursos y resultados, además de las formas de organización de la producción de conocimientos y *savoir faire* (know how o saber hacer). Por ello, se interesa en el análisis de los documentos realizados por científicos y tecnólogos. Esta es la manera en que Callon y sus colegas la entienden (Callon et. al., 1993: 7-12)

La ciencia ha crecido de manera exponencial debido a su utilidad para los gobiernos y la industria, y ese crecimiento se ha presentado mostrando ese objetivo. Price

propuso la distinción entre microciencia y macrociencia: la primera era llevada a cabo como pasatiempo costeadado por los que la realizaban; la segunda requiere de equipos de investigación e instrumentos costosos, posibles de ser financiados solo por gobiernos y empresas que tienen la intención de obtener beneficios de la ciencia. La organización de la ciencia cambia con el objeto de responder a las diferentes necesidades que los profesionales se han comunicado y con el de abrir territorios disciplinarios definidos por ellos mismos (Bowler y Morus, 2007: 402).

Además, De Solla Price desarrolló la idea de los *colegios invisibles*, que permitieron el inicio del estudio de los procesos de estructuración formal e informal de la ciencia. El trabajo de Price es relevante en el estudio social de la ciencia '*tanto por sus descubrimientos acerca de las regularidades específicas del crecimiento científico como por su contribución al alumbramiento de una perspectiva cuantitativa.*' (Torres Albero, 1991: 10,11).

Los colegios invisibles son organizaciones en las que circula información, se intercambian versiones preliminares de artículos y se traban relaciones, sin mantener criterios de permanencia bien establecidos. Price (1972, citado en Martin, 2003) muestra que estos grupos tienen gran capacidad para circular información científica, pero no se limitan a ello; además son fuentes de apoyo mutuo que pueden modificar profundamente el espacio científico. Asociaciones informales como ésta, desempeñan un papel importante en la actividad científica: editan boletines de información, reúnen investigadores de distintos estatus, favorecen el proceso de socialización de los investigadores jóvenes, entre otras. Es de este modo que pueden contribuir a la regulación de la ciencia y a la construcción del conocimiento científico. Existe incluso la concepción radical de este tipo de organizaciones, que presenta las formas instituidas de organización como simples instrumentos, marcos materiales que les ofrecen recursos financieros y logísticos para sus investigaciones.

## **2.7 Sociología del conocimiento científico y el Programa Fuerte**

En la tradición europea, surgió como una alternativa a la sociología de la ciencia mertoniana la *sociología del conocimiento científico* (SSK por su nombre en inglés: Sociology of Scientific Knowledge), para la que el contenido del conocimiento científico, y no sólo su organización social, es objeto de análisis sociológico. Desde su perspectiva, la

lógica pasa a ser resultado de los procesos sociales de la ciencia, en vez de ser su punto de partida. De esta manera la ciencia deja de ser un tipo privilegiado de conocimiento fuera del alcance del análisis empírico y sociológico. La ciencia es retirada de su pedestal de objetividad; y distintos factores no epistémicos, como políticos, económicos, sociales, psicológicos, etc., son enfatizados en la dilucidación del origen y cambio de las teorías científicas.

Los principales exponentes de la Escuela de Edimburgo (Bloor, Barnes, Shapin, Henry) afirman que la ciencia es una actividad social como las demás y por ello debe ser analizada por medio de métodos sociológicos (Bowler y Morus, 2007: 19).

La sociología del conocimiento científico se relaciona con el pensamiento post-wittgensteniano en cuanto al escepticismo respecto a la idea de que la práctica, como las acciones y los comportamientos, puede entenderse en términos de reglas a seguir (Woolgar, 1991: 68). Así, las reglas y los razonamientos no determinan ellos mismos la posición que se adopta en una discusión, cualquier justificación de una conexión lógica es susceptible de ser justificada. 'La lógica obliga a través de las sanciones de nuestros colegas' (Woolgar, 1991: 70).

El lugar de nacimiento de la SSK fue la Universidad de Edimburgo, dentro de la *Science Studies Unit*, a cargo de Barry Barnes durante los años setenta. El trabajo de Barnes tuvo como principales influencias la filosofía de Wittgenstein, la antropología cognitiva de Mary Douglas y la filosofía e historia de la ciencia de Kuhn y Hesse. Estas fuentes tienen en común la relativización, la contextualización y el carácter convencional de todas las afirmaciones de conocimiento que forman las teorías científicas (González et. al., 2000: 75). El programa de investigación que surgió de la Science Studies Unit fue objetivado en el *Programa Fuerte* (Strong Programme) de David Bloor. Este Programa Fuerte establece los principios de explicación de la naturaleza y el cambio del conocimiento científico.

En su obra más famosa, *Conocimiento e imaginario social*, Bloor (1991:33) parte de la pregunta de si la sociología del conocimiento tiene la capacidad de explicar el contenido y la naturaleza del conocimiento científico, y dice que éste no tiene limitaciones originadas en su carácter absoluto; en cambio, la validez, la verdad o la objetividad no tienen alguna esencia que los haga especiales.

Bloor (1991: 35) opina que la ciencia, como conocimiento, no ha sido puesta como objetivo de examen sociológico sólo por falta de valor y voluntad. Pero afirma que el conocimiento es cualquier cosa que la gente tome como conocimiento. Es decir, el

conocimiento es cualquier creencia tomada por cierta, que están institucionalizadas y a las que se les dota de una cierta autoridad.

El Programa Fuerte surge de la consideración de distintos estudios que se realizaron antes que él para estudiar la ciencia, dice Bloor (1991: 37,37),

*Se han hecho estudios sobre las conexiones entre la estructura social general de los grupos y la forma general de las cosmologías que sostienen. Los antropólogos han encontrado ciertas correlaciones sociales y las posibles causas por las cuales los hombres tienen concepciones del mundo antropomórficas y mágicas que no son la concepción impersonal y naturalista. Segundo, se han hecho estudios que han trazado las conexiones entre el desarrollo económico, técnico e industrial y el contenido de las teorías científicas. Por ejemplo, se ha estudiado con mucho detalle el impacto de los desarrollos prácticos de la tecnología hidráulica y de vapor sobre el contenido de las teorías termodinámicas. El nexos causal no es objeto de discusión. Tercero, hay muchas pruebas de qué características culturales, que usualmente se consideran no científicas, influyen en gran medida tanto en la creación como en la evaluación de teorías y descubrimientos científicos.*

Debido a lo anterior, la sociología del conocimiento debe estar basada en los siguientes puntos, que representan en qué consiste el Programa Fuerte:

*1. Debe ser causal, es decir, ocuparse de las condiciones que dan lugar a las creencias o a los estados de conocimiento. Naturalmente, habrá otros tipos de causas además de las sociales que contribuyen a dar lugar a una creencia.*

*2. Debe ser imparcial con respecto a la verdad y falsedad, la racionalidad y la irracionalidad, el éxito o el fracaso. Ambos lados de estas dicotomías exigen explicación.*

*3. Debe ser simétrica en su estilo de explicación. Los mismos tipos de causas deben explicar, digamos, las creencias falsas y las verdaderas.*

*4. Debe ser reflexiva. En principio, sus patrones de explicación deberían ser aplicables a la sociología misma. Como el requisito de simetría, éste es una respuesta a la necesidad de buscar explicaciones generales. Se trata de un requerimiento obvio de principio porque, de otro modo, la sociología sería una refutación viva de sus propias teorías. (Bloor, 1991: 38).*

Este programa teórico fundado en Edimburgo fue después adoptado en la Universidad de Bath, en el Reino Unido, donde se desarrolló el EPOR, *Empirical Programme of Relativism* (Programa Empírico de Relativismo), presentado por H.M. Collins, Pinch, Travis y Harvey, que plantea las siguientes etapas de investigación: En la primera se muestra la flexibilidad interpretativa de los resultados experimentales; en la segunda, se revelan los mecanismos sociales que limitan la flexibilidad interpretativa; por último, los “mecanismos de clausura” de las controversias científicas son relacionados con un contexto sociocultural y político (González et. al., 2000: 77).

## **2.8 Etnografía de la ciencia**

A finales de los años setenta, surgió la propuesta de estudiar socialmente la ciencia de una manera distinta, centrándose sobre la misma práctica que ejercen los científicos dentro de los laboratorios. Estos estudios tienen como influencia general la etnometodología de Alfred Shutz y los autores principales son Steve Woolgar y Bruno Latour, con su libro *Laboratory Life*, de 1979. La propuesta es entrar al laboratorio como si se entrara en una tribu primitiva alejada de la realidad social de los observadores. Cuando se describe antropológicamente la vida en el laboratorio se muestra un mundo desordenado, confuso e indeterminado, en consecuencia, desaparece la fe en la objetividad y en la neutralidad de la ciencia, pues no se le encuentra muy distinta de cómo son la política o la literatura (González et. al., 2000: 80).

Los resultados de los estudios etnográficos en los laboratorios muestran que las clases de experimentos a realizar y los modelos de interpretación dependen en gran medida de condiciones, circunstancias y oportunidades configuradas localmente (Woolgar, 1991: 133).

La actividad científica es social en tres sentidos: primero, es social en el sentido de que la mayor parte de la ciencia requiere trabajo en equipo, incluso la actividad individual se orienta necesariamente a una comunidad de pensamiento, acción y reflexión; en segundo lugar, es social ya que toda acción está impregnada de preselecciones, no es posible distinguir entre dimensión social y dimensión técnica. En tercer lugar, en el sentido de que las actividades son orientadas hacia las operaciones y argumentos de otros científicos, no hacia la naturaleza o la realidad. De este modo se observa que la ciencia está impregnada de política más allá del sentido de la financiación o de intereses

gubernamentales, también respecto a distintas y variadas estrategias de argumentación, movilización de recursos, etc. (Woolgar, 1991: 135, 136).

## CAPÍTULO 3. AUTONOMÍA DE LA CIENCIA

### **3.1 Estudios enfocados en la autonomía de la ciencia**

En las siguientes páginas se exponen algunos trabajos que han sido elaborados con el interés de esclarecer el aspecto autónomo de la ciencia. Estas publicaciones son las que comúnmente se publican en revistas especializadas en el estudio social de la ciencia, como son *Social Studies of Science* y *Science, technology and human values*. En ellos es posible apreciar la ausencia de un concepto generalizado sobre la autonomía de la ciencia.

#### **3.1.1 Presiones sobre la autonomía de la ciencia**

Stephen Cotgrove publicó en 1970 un artículo en el que menciona en distintas ocasiones la autonomía de la ciencia y las presiones a las que debe responder este sistema social.

En dicho trabajo, el problema principal es la posibilidad de distintas fuentes de conflicto entre los científicos y los que administran los laboratorios de investigación industriales. Un área de desacuerdo es sobre la autonomía científica, y una segunda, sobre las publicaciones. Específicamente, una compañía buscará suprimir los proyectos que no parezcan tener algún futuro comercial, y terminará incluso con proyectos exitosos en el momento en que pueda ser exitoso comercialmente, aunque se necesite más tiempo para que el trabajo sea capaz de ser presentado en una publicación. Pero aún cuando la publicación es posible, la industria preferirá proteger sus descubrimientos por medio de patentes antes de que lleguen a disposición de otros. Este tipo de limitaciones a la autonomía profesional y a la publicación son contrarias a los valores de la ciencia y los científicos se enfrentan a estas con serias repercusiones (Cotgrove, 1970:6).

El trabajo de Cotgrove demuestra que los científicos más dedicados tienen más publicaciones, y que la productividad está relacionada con el grado de autonomía que se tiene.

*Resulta más instructivo buscar las razones por las que los estudiantes más capaces prefieren trabajar en las universidades que en la industria. Parece que ellos ven en las universidades un ambiente más favorable para la investigación. Están al tanto de*

las limitaciones de los laboratorios industriales, y les atrae la mayor extensión que tienen las universidades para impulsar la creatividad. Dos posibilidades pueden ser sugeridas a partir de las evidencias. Primero, que la industria debe examinar los usos que den a los científicos y ver cuándo pueden dotarlos de mayor autonomía. Nuestros datos sugieren que algunos laboratorios son más exitosos que otros para ofrecer ambientes propicios para la autonomía, y que hay una ausencia de precaución en muchas compañías sobre el tipo de ambiente y reconocimientos que deben proveer a los científicos más dedicados. En efecto, ha habido una tendencia para algunos de los mayores empleadores de científicos en Gran Bretaña para cerrar sus laboratorios de investigación básica que proveían condiciones similares a las de las universidades. Un científico proporcionó el siguiente testimonio:

*Mis empleadores iniciaron una unidad de investigación fundamental que ganó rápido una reputación internacional en varias áreas de la ciencia. Sin embargo, los directores decidieron que no estaban obteniendo el tipo de resultados que esperaban y disolvieron la unidad, transfiriendo a mucho del personal hacia donde había tendencias más tecnológicas. De esta manera, finalizaron con una feliz comunidad, creando muchos problemas personales, destrozando la autoestima de muchos científicos y causándoles la pérdida de interés en su trabajo (Cotgrove, 1970: 10,11).*

Cotgrove (1970:11) citando a Storer, dice que *la completa independencia de la actividad científica de las influencias externas puede llevar eventualmente a una especie de escolasticismo en el que preguntas más y más pequeñas toman mayor y mayor importancia.*

Lejos de cualquier política deliberada para llevar a la ciencia a una relación más cercana con asuntos prácticos, hay señales de presiones dentro del sistema social de la ciencia que pueden tener muchas consecuencias. La ciencia ha incrementado la cualidad de convertirse en noticias. El trabajo que atraiga al ojo público puede ganar mucho reconocimiento en televisión y ocasionar apariciones en ella, membresía en comités influyentes y en las clases altas de la comunidad científica. Este tipo de presiones puede atraer a algunos científicos hacia campos aplicados que estén de moda. La creciente tendencia para ganar reconocimiento antes de la publicación ha llevado al editor de la *Physical Review Letters* en Estados Unidos a condenar estas prácticas y a amenazar a los científicos de rechazar papeles que hayan publicado previamente de esa manera (Cotgrove, 1970: 12).

### 3.1.2 El estudio de caso del Lawrence Livermore Laboratory

Un estudio empírico realizado por John R. Sutton sobre la autonomía organizacional y las normas profesionales de la ciencia, presenta aspectos novedosos y sugerentes para ampliar la teoría sobre el orden de la ciencia y sobre su autonomía, sugiriendo una alternativa a las creencias sobre este aspecto expuestas anteriormente por Merton, Hagstrom, Polanyi y otros, que parecen ser muy restrictivas. Si bien el grado de autonomía de la ciencia es un elemento interesante para el estudio de las instituciones científicas, no puede suponerse que la falta de autonomía conlleve a un estancamiento sobre el avance del conocimiento científico, la identificación de metas establecidas únicamente por intereses propios de la ciencia, y la satisfacción y el prestigio de los investigadores.

El estudio es llevado a cabo en el Lawrence Livermore Laboratory en los Estados Unidos, uno de los dos laboratorios de desarrollo de armamento nuclear más importantes de este país, siendo el otro el de Los Álamos, donde fue creada la bomba atómica. Es importante mencionar algunas de las características de esta institución de investigación científica, pues, si bien se pudiera creer que todo tipo de investigación aplicada pudiera carecer de autonomía, debido a los diversos intereses en juego, a las diversas fuentes de financiamiento, y a la reputación que pudiera llegar a tener la investigación orientada hacia fines bélicos, no por ello se dejan de identificar aspectos que pudieran considerarse puramente científicos: autónomos.

En este laboratorio se desarrollan distintos productos, distinguidos entre armamentales y no armamentales, con la participación de distintas disciplinas científicas como bioquímica, biomedicina, física, ingenierías enfocadas a los sistemas computacionales y de comunicaciones, otras enfocadas a la energía, etc. Además, el conocimiento técnico y científico producido en este laboratorio puede presentar dos tipos de naturalezas restrictivas, es decir, información clasificada y no clasificada.

El estudio surge de la necesidad de rechazar los enfoques funcionalistas de la sociología de la ciencia, que presentan una distinción muy rígida entre investigación básica y aplicada, presentando ser aquí el objeto del estudio de caso un ejemplo de institución científica ni solamente aplicada ni básica.

En el estudio se critican las ideas de Michael Polanyi, quien considera que la autonomía absoluta de la ciencia es necesaria para entender el mundo natural; a Talcott

Parsons, que opina que la universidad, secular y apolítica, funciona como garantía de la autonomía disciplinaria; y a Robert Merton, por no presentar de una manera clara la diferencia entre autonomía institucional y estructura normativa de la ciencia, para que la comunidad científica labore de una manera metodológica y epistemológica específica. En general, Sutton (1984: 199) identifica dos ideas falsas sobre ese tipo de investigación y creencias sobre la ciencia: la primera es que la ciencia es vista como un proceso lineal de acumulación de conocimiento, en el que la presencia de actividades externas sólo pueden retrasar el proceso; la segunda es que la ciencia es idealmente democrática. Así, se cree que la ciencia trabaja como un mercado libre que opera más efectivamente en un contexto político democrático.

Dentro de la teoría de organizaciones formales, los teóricos de los sistemas abiertos sugieren, dice Sutton, que el ambiente es menos un mercado perfecto que una arena política, y que las organizaciones desarrollan estrategias con el fin de controlar su entorno para obtener recursos. Estas estrategias son importantes en el estudio de Sutton aquí tratado, y de entre ellas, la más importante es la de cooptación, sugerida por Phillip Selznick (*TVA and the Grass Roots*, Nueva York, 1965). La cooptación ocurre en dos niveles: la organización incorpora y transforma elementos de la ideología de la profesión científica, entre ellas, la demanda de autonomía de la investigación; y también, los niveles más altos de la organización son a la vez cooptados por su dependencia en un rango limitado de agencias federales de financiamiento.

Según Hagstrom y Merton, la autonomía de la investigación es la norma más fundamental de la profesión científica. En la ciencia hecha en las universidades, la autonomía significa la libertad de elegir problemas de investigación. Este tipo de independencia parece obviamente ser amenazado en la investigación aplicada; no obstante, los entrevistados en el estudio de Sutton respondieron afirmativamente cuando se les preguntó si estaban satisfechos con la cantidad de libertad que se les otorgaba. El LLL promete a sus científicos la libertad de hacer investigación que no tenga algún objetivo en particular. Cuando respondían tener menos libertad para seleccionar problemas de investigación, mencionaban tres tipos de compensación por la escasez de autonomía: primero, la satisfacción de tener una meta visible en el proyecto; segundo, la atracción de los grupos de colaboración, pues la orientación del producto a desarrollar minimiza la competencia, y con ello, la estratificación. Así, la eliminación de la lucha por el prestigio reduce la demanda de autonomía. El tercer tipo de compensación es, debido a la sujeción que los investigadores en Estados Unidos tienen, de buscar los fondos para sus

investigaciones, el no tener que estar sujetos a ello, presenta ser una compensación. Así, los investigadores del LLL se sienten en una mayor libertad que las que tienen sus iguales en la academia o en la industria.

Los científicos de todas las áreas del laboratorio interpretan la autonomía no como un problema sobre el qué estudiar, sino sobre el cómo estudiar un problema dado. Si bien se plantea como objetivo el desarrollo de un detonador nuclear, la construcción de los dispositivos de medición depende de la creatividad y la libertad que los investigadores tienen para realizarlo. Es por esas razones que Sutton reconoce el gran flujo de limitaciones inherentes a la concepción “clásica” de autonomía.

La manera en la que la organización es financiada y la extraordinaria disponibilidad de herramientas de investigación son vistas como factores importantes en el apoyo de la autonomía normativa de la organización.

Para concluir, los descubrimientos de este estudio sugieren que el modelo funcionalista de la ciencia no es apropiado para entender la relación entre ciencia y sociedad de estos tiempos. La teoría funcionalista predice la continua independencia institucional de la ciencia o la corrupción de la ciencia si esta cae bajo el control de autoridades seculares. No permite la posibilidad de que la autoridad política pueda promover el desarrollo de instituciones paralelas de ciencia cuyo trato sea estructuralmente limitado. Esto es, el problema no es si la ciencia es controlada sino cuáles son las condiciones bajo las que la investigación científica puede ser dirigida con éxito, y qué metas políticas esta sirviendo.(Sutton, 1984: 221).

### **3.1.3 Libertad y responsabilidad de las sociedades científicas**

Muzza Eaton realizó un estudio de las sociedades científicas después de que la American Association for the Advancement of Science, por parte de su Committee on Scientific Freedom and Responsibility, dio a conocer distintas recomendaciones para los científicos que estuvieran expuestos a censuras económicas y/o profesionales. Además, el comité insistió en difundir información científica en áreas donde la ciencia se relaciona con problemáticas sociales, apoyada con un código de ética y arbitrariedad. Los resultados que obtuvo demostraron que los científicos evalúan, monitorean y censuran ciertas conductas en la ciencia, y que en algunos casos las restricciones son necesarias.

Por otra parte, las sociedades científicas, están comprometidas en la promoción de la ciencia. Aunque las acciones de los científicos que trabajan con la estructura del ADN

son con frecuencia un ejemplo de casos que necesitan demostrar relaciones con problemáticas sociales, una de las mayores preocupaciones de las sociedades científicas sobre este problema es la aseguración de la regulación autónoma de la investigación del ADN por parte de los mismos científicos y no por no-científicos (Eaton, 1979: 30).

### ***3.2 Maneras de comprender la autonomía de la ciencia***

La autonomía de la ciencia es un concepto que, aunque ha sido utilizado desde los inicios de los estudios sociales de la ciencia, no ha llegado a establecerse como una idea general. Las definiciones que han existido o que han sido orientadas por ella han sido también contradichas y se han identificado distintas limitaciones.

Los trabajos de Robert Merton, algunas consideraciones de Karl Popper, y de Pierre Bourdieu, entre otros, han dado señalamiento de la existencia de una cierta autonomía que posee la ciencia. El Programa Fuerte desarrollado por la Science Studies Unit de la Universidad de Edimburgo significó, en ciertos niveles, una limitación importante para la consideración del concepto aquí trabajado. En este apartado se exponen las distintas ideas que han girado en torno al concepto de autonomía de la ciencia para poder ser comparados, se rechacen las ideas que parezcan ser inadecuadas, se rescate lo relevante, y finalmente se hace el intento por encontrar rasgos significativos que expongan la validez del concepto para cualquier estudio sobre la ciencia.

### ***3.3 Autonomía de la ciencia como un estado ideal***

El concepto de autonomía de la ciencia, desde la década de los sesenta y los años siguientes, e incluso a lo largo del siglo XX, ha sido comprendido como los ideales que permitirían a la ciencia estar mejor manejada o proveída de una cierta libertad para no perder su trayecto hacia la búsqueda de la verdad. Por supuesto, las ideas desarrolladas de esa manera denotan rasgos presentes de la concepción heredada de la ciencia.

Norman Storer, en una publicación de 1966, argumenta sobre lo que deben desempeñar los científicos en la organización y regulación de sus profesiones: 1) deben asegurar de manera autónoma el reclutamiento, la formación y el progreso de las personas; 2) deben disponer de un sistema propio de recompensas orientado a motivar a los miembros de su comunidad; 3) deben estar a cargo de la transmisión, del

mantenimiento y de la ampliación del cuerpo de conocimientos; 4) a cambio de un apoyo financiero y de protecciones, deben proponer a la sociedad la formación, la enseñanza y los conocimientos. Dentro de dicho esquema, la sociedad no debe intervenir en la administración de las carreras y de las profesiones, sólo debe proporcionar una asistencia financiera a los científicos que son los únicos dueños de la gestión interna de su comunidad (Martin, 2003: 49). Esta visión de autonomía resulta estar limitada a la ciencia que se hace dentro de la institución académica; la asistencia financiera parece ser aquí el único punto de encuentro entre ciencia y sociedad, y pensar de esa forma tapa la vista a todas las manifestaciones políticas, sociales, ideológicas y culturales que se pueden encontrar en la estructura y la conformación de la ciencia. Lo mismo sucede con la idea de autonomía de Polanyi.

Michael Polanyi sugiere que el objetivo de la ciencia es la verdad científica, y que esta se encuentra cuando no está influenciada por problemas prácticos. Al enfocar la ciencia hacia fines prácticos y políticos, se excluyen los criterios del avance del conocimiento. El control de la ciencia pura y del crecimiento del conocimiento debe estar limitado a la comunidad científica, que es la única que tiene la capacidad de evaluar el valor de nuevas ideas y desarrollos. Cualquier intento externo de planear o dirigir el progreso de la ciencia está destinado al fracaso (Krige, 1978: 293). Polanyi indica que la coordinación de la ciencia y de la comunidad científica son guiadas por una mano invisible, similar a la que movía la economía según la corriente del *laissez-faire*.

El interés principal de Polanyi es el avance de la ciencia, y enfatiza que éste sólo puede ser alcanzado por medio del pensamiento crítico de la comunidad científica. Siendo el objetivo de la ciencia la obtención de la verdad, el criticismo proveniente del exterior sólo puede significar obstáculos para este fin, debido a sus prejuicios políticos o económicos; de igual manera, la ciencia debe ser evaluada en términos de la verdad y no por su utilidad práctica o por la necesidad social (Krige, 1978: 294). Esta manera de contemplar la ciencia pone de manifiesto una similitud con la concepción heredada de la ciencia. Además, limitar la ciencia a la evaluación en términos de la verdad, desligada de la utilidad práctica y de la necesidad social, priva de la contemplación de los efectos de la ciencia en la sociedad.

En un trabajo de Jerry Gaston se trata la cuestión de la autonomía en el rol de la investigación. Parecería que la ciencia como institución necesita autonomía para el mejor cumplimiento de su propósito de extender el conocimiento certificado. Si criterios distintos a los requerimientos lógicos de la ciencia son envueltos en la producción, evaluación y

publicación de los resultados científicos, se cree que la ciencia no progresa tan rápido y tan eficientemente como podría hacerlo (Gaston, 1975: 228).

La autonomía de interferencias y acosos externos no debe ser confundida con la completa independencia de todos los asuntos que afectan la investigación. Gaston formula las siguientes preguntas para su investigación: 1) ¿los científicos académicos son tan autónomos como se cree?; y 2) ¿están preocupados por su autonomía como uno esperaría?

Los departamentos universitarios pueden proveer una autonomía considerable, pero nunca completa. Si la investigación científica prospera de cualquier manera, uno debería preguntarse que tan necesaria es la completa autonomía para la investigación. Pero sigue presente la problemática, ¿qué debe entenderse por autonomía de la ciencia?

Gaston menciona que en uno de los estudios de Marcson sobre los departamentos académicos, se establece que los científicos necesitan un sistema autoritario en el que puedan buscar, descubrir, analizar y publicar sus hallazgos, en el que sólo estén sujetos al criterio impersonal de la ciencia. Los departamentos son estos sistemas que permiten la autonomía, y la participación en su manejo lo provee.

Simon Marcson (1979: 120) dice que Gaston ha perdido el punto de que el problema de la autonomía requiere la pregunta de la autonomía en el trabajo y el de la participación autónoma en la organización. Según este autor, la autoridad de los colegas limita la emergencia de la rigidez de la organización y posibilita a los miembros ejercer una mayor autonomía.

La autonomía profesional esta basada en la creencia de que los practicantes profesionales están mejor capacitados para determinar cómo debe ser desempeñada su función y que cada practicante debe ser libre de ejercer su propio juicio en cada caso específico. La autonomía profesional choca con el deseo del cliente de ejercer control sobre las acciones que tienen un efecto vital sobre sus intereses (Marcson, 1979: 121).

La participación en la toma de decisiones no es sólo un aspecto de la autonomía. Para los científicos, el problema más importante en la autonomía de la investigación no es sólo qué tanta es necesaria sino cuánta es requerida. Es una diferencia entre cuánta es requerida y cuánta está presente, en vez de cuánto progreso puede realizarse con un poco de autonomía personal.

En estas consideraciones de la autonomía de la ciencia habita una creencia en que ésta exista como propuesta política e institucional, como si sólo por ese medio pudiera existir. La autonomía de la ciencia no debe limitarse a los lineamientos que se

expongan de manera explícita, sino que debe ser buscada más allá de cualquier planteamiento organizativo.

### **3.4 Autonomía en historia y filosofía de la ciencia**

#### **3.4.1 Autonomía de la ciencia en Popper**

Las ideas de la autonomía de la ciencia en Popper, son expuestas en un ensayo realizado por John Krige, *Popper's epistemology and the autonomy of science*. De acuerdo con este análisis, Popper enfatiza la importancia de la actitud crítica como constitutiva del enfoque científico. La comunidad científica es una "sociedad abierta" modelo en la que el progreso racional es logrado gracias a los argumentos críticos y a la discusión de teorías mantenidas sólo por sus protagonistas. La manera específica en la que la epistemología de Popper limita la amplitud del criticismo racional provee una justificación filosófica de la libertad de la comunidad científica del control no racional (Krige, 1978: 287). Entonces, en primer lugar debe ser extraído de aquí que la autonomía de la ciencia puede servir para hacer la demarcación entre lo que es ciencia y lo que no lo es, es decir, la distinción entre lo racional y lo no racional.

La ciencia empírica, para Popper, es distinta de otros sistemas de pensamiento no sólo por su estructura lógica sino también por su método. El requerimiento de la falsabilidad puede ser puesto en dos partes, por un lado sobre el postulado metodológico, y por otro, sobre el criterio lógico. Como ejemplo dice que un sistema como la mecánica clásica es científico en cualquier nivel que se quiera; pero los que lo sostienen dogmáticamente, creyendo tal vez que su empresa es defender este sistema contra las críticas mientras no sea desaprobado totalmente, estarían actuando al contrario de la actitud crítica que es propia de los científicos. La ciencia empírica debe estar caracterizada por su método, por la manera en que se trata a los sistemas científicos, por lo que se hace de ellos y por lo que se hace con ellos (Krige, 1978: 288-289). La falsabilidad es observada como uno de los pasos seguidos por el método científico. Así, cuando en el método se intenta que las teorías sean rechazadas mediante argumentos lógicos, se mantiene el criticismo propio de la ciencia, que hace que la empresa llevada a cabo sea científica. De manera contraria, si no se es crítico, entonces no se es científico.

El enfoque crítico es el criterio de demarcación de Popper. Una teoría falseable pierde su estatus científico si sus adherentes se rehúsan a eliminarla cuando no concuerda con la experiencia; si esto sucede, se convierte en una forma de metafísica (Kriger, 1978: 289). Entonces, para Popper, la ciencia es autónoma sólo en el sentido en que se mantiene crítica hacia los conocimientos con los que se cuenta. De manera contraria, cuando alguna teoría científica es defendida de manera no crítica, ésta deja de ser científica; es decir, se pierde el objetivo de autonomía que caracteriza a la ciencia.

### **3.4.2 Autonomía de la ciencia en Kuhn**

Los cambios paradigmáticos surgen gracias a que éstos son cerrados y específicos. Gracias a dicha cerradura es que se puede hacer conciencia sobre los errores o anomalías que llevan a los ajustes teóricos. Así, aunque el principal objetivo de la ciencia normal no sea la producción de novedades e incluso se base en suprimirlas, es esa misma situación la que hace que se generen nuevas ideas o nuevos paradigmas.

Además del evento anterior, dice Kuhn que las revoluciones científicas son observables porque los científicos son los únicos que pueden causarlas. Si hubiera relación con otras instancias, o como sucede para otras distintas, el cambio no sería visible. Una comunidad científica tiene la capacidad de resolver problemas porque ella misma los especifica y les busca solución. Los miembros de la comunidad son los únicos que pueden aceptar o rechazar paradigmas basándose en lo que observan en la naturaleza; dice Kuhn que las soluciones no resultan de decisiones personales sino que deben ser aceptadas por muchos. Estas señales hablan de una noción que Kuhn formula para mostrar la particularidad de la ciencia y de sus comunidades.

Los razonamientos anteriores que pueden ser rescatados de la obra de Kuhn demuestran la existencia de una cierta autonomía de la ciencia, de una peculiaridad que la cierra ante otro tipo de influencias. Se puede argumentar en contra diciendo que los juicios pueden provenir de medios no racionales, pero finalmente son los miembros de la comunidad y nadie más los que deciden los cambios, basándose en su posición, en su experiencia y en su manera de observar la naturaleza. Pero el rasgo autónomo más importante que se descubre en Kuhn es el hecho de que aunque la ciencia normal rechace las novedades, es por ese mismo rechazo y por el dogma que produce, que surgen anomalías, revoluciones y cambios paradigmáticos, porque habla de una manera

propia y particular de progreso. No un progreso hacia la verdad, sino uno hacia el mantenimiento de la misma actividad.

### **3.4.3 La No autonomía de la ciencia en Feyerabend**

A diferencia de la obra de Kuhn, y de Lakatos, como se verá en el siguiente apartado, la propuesta filosófica de Feyerabend puede considerarse incompatible con cualquier idea de autonomía de la ciencia.

Lo que más pudiera aproximarse a ella es lo que critica el método anarquista: El hecho de definir un dominio de investigación separado de los demás, dotarlo de una lógica propia y un entrenamiento bajo ésta (donde se puede leer 'dotarlo de autonomía'), son todos ellos elementos que inhiben los rasgos individualistas, que para Feyerabend es lo único que puede desarrollar al ser humano.

La metodología anarquista y la autonomía de la ciencia son incompatibles por el hecho de que la primera indica el rechazo de todo lo que sea considerado conocimiento verificado o científico, mientras que la segunda se refiere a particularidades propias de la ciencia que permiten su desarrollo.

Si bien Feyerabend propone una manera de permitir el desarrollo humano, la libertad y el progreso científico, por medio de la contrainducción, sería incorrecto interpretarla como una señal de la autonomía de la ciencia.

Recordemos la exposición de Kuhn: existe ciencia normal y ciencia revolucionaria; en una hay dogma, en la otra no lo hay. Feyerabend prefiere no hacer caso al hecho de que la ciencia normal, aunque sea cerrada, es absolutamente necesaria para las revoluciones, lo que la hace referirse a un proceso propio, autónomo. Al rechazar esto, considera negativo cualquier elemento dogmático en las creencias. De manera contraria, Lakatos parece estar de acuerdo con lo aquí rechazado, lo cual se demuestra a continuación.

### **3.4.4 Autonomía de la ciencia en Lakatos**

Identificar las nociones de autonomía de la ciencia en Lakatos es sencillo, tomando en cuenta que él mismo llama de tal manera a una cierta idea. En el apartado que se hablaba sobre Feyerabend se finalizó diciendo que mientras él no había hecho caso al progreso

que existe en la complementariedad de ciencia normal y revolucionaria, y que por tanto no era posible conciliar el método anarquista con la idea de autonomía de la ciencia, en Lakatos es distinto el caso y es posible la conciliación.

Es dentro de las direcciones que marca una estructura, o programa de investigación en el caso de Lakatos (o el conjunto de ciencia normal y revolucionaria de Kuhn), hacia lo que se debe seguir haciendo o abandonar y sustituir, donde reside la noción de la autonomía de la ciencia.

En el desarrollo teórico de Lakatos existe una heurística positiva, que es un conjunto estructurado de sugerencias sobre cómo cambiar el programa de investigación; gracias a éste el científico se puede orientar y saber que investigaciones realizar. Entonces, al venir los problemas y las soluciones del mismo programa de investigación, y no de caprichos psicológicos o necesidades tecnológicas, es que se nota la existencia de una autonomía de la ciencia.

### ***3.5 Ethos científico y autonomía de la ciencia***

Una interpretación de la teoría mertoniana en cuanto a la autonomía de la ciencia debe comenzar por atender cuál era su entendimiento sobre esta, su objetivo, su manera de trabajar y la manera que podía desarrollarse. Reconocer la influencia de la estructura social sobre la ciencia no se interpone con su autonomía, entonces ésta existe a pesar de la influencia de la sociedad y de otras instituciones. Debe haber una distinción entre ethos científico y autonomía de la ciencia, éstos no pueden ser confundidos por más que vayan de la mano.

La ciencia es una institución social dedicada a la creación de productos culturales. Su objetivo, o su meta institucional, es la ampliación de los conocimientos comprobados, crear más conocimientos comprobados. La comprobación es realizada por métodos específicos, que son protegidos y establecidos por distintas normas y valores, las cuales, pueden llevar a un pleno desarrollo de la ciencia.

Cuando realizó el estudio que comprobaría la idea de Weber sobre la relación entre protestantismo y desarrollo científico, Merton reconoce el origen irracional sobre algo racional, entonces la autonomía de la ciencia no es un elemento que permita la racionalidad, y su ausencia no originará la irracionalidad.

Merton dice que la posición de la ciencia en una determinada sociedad dependerá de qué tan aprobada o desaprobada es, pero de esta idea no se puede obtener una noción de autonomía porque trata de los valores de otras instituciones.

El ethos de la ciencia tiene la función de valorar teorías de acuerdo con su congruencia lógica, y fue creado como medida de objetivar los resultados, poniendo límite al coeficiente personal. Dice Merton que el ethos es transmitido desde la preparación de los científicos y que tiene la función de mantener la autonomía de la ciencia; luego dice que si se aceptan otros valores, la ciencia se hace aceptable si cumple con los criterios que otras instituciones requieren. Entonces el ethos no es la autonomía sino que sirve para mantenerla.

Entre los conflictos que puede tener la ciencia están la ampliación de la autoridad política o religiosa, que puede limitar la autonomía de la ciencia; y que el campo de la ciencia sea dictado por otra institución. Se puede entender que la autonomía de la ciencia sirve para decidir los criterios de validez y la definición del campo, o problemas por resolver. El ethos protege tales funciones por medio de la idea que los científicos tienen de su profesión.

Para concluir, es posible distinguir la relación que Merton atribuye al ethos científico y a la autonomía de la ciencia, lo cual no quiere decir que la autonomía no exista en la ausencia del universalismo, comunismo, desinterés y escepticismo organizado. El ethos es la protección de ciertos medios técnicos y definiciones que sirven para ampliar conocimientos científicos. La autonomía de la ciencia es la expansión de los conocimientos que utilizan cierto tipo de medios y técnicas para su obtención, que son salvaguardados por una comunidad que comparte el mismo ethos.

### **3.6 Programa Fuerte y autonomía de la ciencia**

Ya se mencionó antes en este trabajo en qué consiste el Programa Fuerte en Sociología del Conocimiento Científico. En él existe tal vez una subestimación de la lógica, la ciencia deja de ser un tipo privilegiado de conocimiento, y pone al descubierto distintos factores no epistémicos que dan origen a la ciencia, como los económicos y los políticos.

En una sección de su obra *Conocimiento e imaginario social*, Bloor dedica un espacio de crítica a la conocida *autonomía del conocimiento*, en la que es planteado cómo distintas concepciones anteriores de lo que es la ciencia son rechazados por las reglas

que conforman al Programa Fuerte. Se toma en cuenta esa sección para observar lo que debe estar incluido en el concepto de autonomía de la ciencia que aquí se pretende reconstruir.

Bloor comienza esa sección diciendo que hay un modo distinto de definir el conocimiento entre filósofos y sociólogos. Independientemente de la concepción de los filósofos, para los sociólogos, el conocimiento es cualquier cosa que se tome por conocimiento, creencias que la gente sostiene y que vive mediante ellas. La sociología del conocimiento se ocupa de las creencias que están institucionalizadas y están dotadas de autoridad (Bloor, 1991: 35). Más adelante dice que ha habido muchas pruebas de que algunas características culturales, consideradas no científicas, influyen mucho en la creación y en la evaluación de teorías y descubrimientos científicos (Bloor, 1991: 36).

Las principales objeciones que se presentan a la sociología del conocimiento parten de que existen creencias que no necesitan explicación causal, principalmente las que son tomadas como verdaderas, racionales, científicas u objetivas (Bloor, 1991: 39). Pero dice Bloor que esto surge de una división de las creencias entre verdaderas o falsas, correctas o equivocadas, racionales o irracionales. Luego, una vez que se consideran negativas, se busca una explicación psicológica o sociológica para explicar lo negativo. En cambio, en el lado positivo, la explicación de estas creencias parece ser sólo la racionalidad y la lógica, sin que se ponga atención a causas psicosociales (Bloor, 1991: 40). De ese modo, las creencias del lado positivo pasan a formar un cuerpo de conocimientos en un 'reino autónomo'. Así, la actividad intelectual acertada es tomada como auto-explicativa y auto-impulsada. No hay lugar para otra explicación.

Bloor recuerda una observación de Lakatos (que recordará los puntos expuestos por Shapere en su artículo debatido con Carroll y Turner), donde la ciencia tiene ciertos principios metodológicos, llamados por él *reconstrucción racional o historia interna*. Después dice que hay un complemento de ésta debido a que no es posible capturar en ella toda la práctica científica; es decir, la historia interna siempre necesita a la *historia externa*. Esta historia externa debe ser tratada por el sociólogo. Bloor dice que en ese enfoque se debe destacar que la historia interna es autosuficiente y autónoma: mostrar el carácter racional de la ciencia es suficiente para explicar los hechos ocurridos; también, las reconstrucciones racionales no son sólo autónomas, además de ello tienen más importancia que la historia externa. Estas consideraciones son rechazadas por el programa fuerte y por algunos de sus principios en específico. Se mencionan éstos nuevamente para utilizarlos a manera de guía.

1. *Debe ser causal, es decir, ocuparse de las condiciones que dan lugar a las creencias o a los estados de conocimiento. Naturalmente, habrá otros tipos de causas además de las sociales que contribuyen a dar lugar a una creencia* (Bloor, 1991: 38).

Con este principio quedan en un mismo plano todas las creencias, todas son sujetas a otras causas, además de las científicas, racionales o lógicas. El conocimiento científico no puede ser pensado como realizado por la simple capacidad humana de descubrir la naturaleza, siempre hay causas que impulsan a la búsqueda de ese conocimiento.

2. *Debe ser imparcial con respecto a la verdad y falsedad, la racionalidad y la irracionalidad, el éxito o el fracaso. Ambos lados de estas dicotomías exigen explicación* (Bloor, 1991: 38).

3. *Debe ser simétrica en su estilo de explicación. Los mismos tipos de causas deben explicar, digamos, las creencias falsas y las verdaderas* (Bloor, 1991: 38).

Estas dos últimas ponen de manifiesto que la sociología debe tomar como objeto de estudio a las creencias verdaderas también, no sólo a las falsas.

Debido a la causalidad, defendida por el primer principio, el conocimiento no es autónomo, desde la perspectiva de Bloor.

Tomar en cuenta el Programa Fuerte para intentar una formulación de la autonomía de la ciencia parecería un proyecto destinado al fracaso, pero en cambio, aquí se intenta tomar en cuenta a este cuerpo teórico para saber de qué dificultades o contradicciones debe cuidarse el concepto reconstruido. De este modo, el concepto debe poner atención en que no sólo porque una creencia sea correcta, debe ser pensada como autónoma; pero por otra parte, el que sea falsa alguna otra, no hace que el resultado sea causa de su falta de autonomía.

En vez de trabajar de la manera anterior, y por observar que la verdad o la falsedad tienen ambas sus causas sociales, la autonomía de la ciencia debe buscarse en otra parte, no en los resultados ni en la presencia o ausencia de racionalidad.

### **3.7 Las observaciones de Pierre Bourdieu hacia la ciencia**

El sociólogo francés Pierre Bourdieu, quien desarrollo fuertes elementos teóricos para la sociología, trabajó empíricamente sobre muy diversas problemáticas sociales. El campo científico (identificado por él de esta manera, utilizando el concepto de campo social que elaboró) no fue una excepción y, como un miembro muy distinguido de la academia científica francesa, opinó sobre cuestiones preocupantes de este campo identificándolo en diferentes organizaciones e instituciones francesas y europeas. Bourdieu ya había opinado sobre la manera del funcionamiento pleno del campo científico, identificando los poderes internos y externos que lo permitían, que podrían hacerlo posible; o las fuerzas que hacían y podrían hacerlo decrecer. Como él lo indica en suficientes ocasiones, la lucha específica de un campo debe ser luchada con armas específicas, no con otras armas ajenas. A partir de estas observaciones, Bourdieu propone un elemento teórico que es de mucha importancia para este trabajo, el concepto de la autonomía del campo científico.

Se debe partir del sentido que Bourdieu da al concepto de campo: el universo en el que se produce un cierto tipo de capital simbólico, como puede ser el arte, la literatura o la ciencia, obedeciendo a leyes sociales más o menos específicas (Bourdieu, 2000: 74). Un campo es un espacio relativamente autónomo que, aunque esté sometido a leyes sociales del macrocosmos, las leyes bajo las que trabaja son propias. Es verdad que no está absolutamente liberado de estas leyes sociales del macrocosmos, pero dispone de una autonomía parcial con respecto a ellas.

Los campos científicos son campos específicos debido a que los competidores (los investigadores) acuerdan sobre los principios de verificación según unos métodos comunes de convalidación de las tesis y las hipótesis, proceso que es a la vez político y cognitivo (Bourdieu, 2000: 86). Pero estos métodos, que son construcciones sociales, pueden ser antagónicos. Se puede defender ciertos métodos, instrumentos y técnicas, u otros, dependiendo de las censuras instauradas por la misma práctica y las disciplinas.

Para Bourdieu las mejores condiciones de operación del campo científico son las que debieran estar fundadas sobre la lógica puramente científica, basada en la fuerza de las razones y los argumentos sin que estos fueran afectados y anulados, en algunos casos, por fuerzas y coacciones externas.

La autoridad científica, que es para Bourdieu un tipo de capital social que otorga poder sobre los mecanismos de funcionamiento del campo – que también puede

convertirse en otras especies de capital – , tiene como característica esencial que los productores, que son quienes lo poseen, no tienen otros clientes posibles que los de su mismo campo, mientras sea más autónomo éste. Así, en un campo científico autónomo, un actor solo puede esperar el reconocimiento de otros productores de conocimiento científico, debido a que estos son quienes evitarán, más que ningún otro actor, otorgárselo sin discusión ni examen (Bourdieu, 2007: 81).

### **3.7.1 La autonomía de los campos científicos**

Bourdieu (2000: 75) indica que una de las grandes cuestiones que se plantean con referencia a los campos científicos, es el grado de autonomía de la que disfrutan. No todos los campos científicos, identificándolos como disciplinas o como instituciones, poseen el mismo grado de autonomía. De esta cuestión se originará la curiosidad por la naturaleza de las coacciones externas, identificadas como la manera en que se ejercen créditos, órdenes, encargos, contratos, etc., y la manera en que el microcosmos del campo científico activa mecanismos para liberarse de esas coacciones externas para así responder a sus propias determinaciones internas.

Un campo científico que exista bajo condiciones propias de autonomía es identificado como “puro”, a diferencia del que tenga una gran heteronomía (muy afectado por cuestiones externas). La ciencia más pura debe ser vista como cualquier otro campo social, donde existen también relaciones de fuerza, monopolios, luchas, estrategias, intereses y beneficios, pero estos existen de una manera específica. Para Bourdieu, la sociología de la ciencia debe partir de que la “verdad del producto”, es decir, la verdad científica, se encuentra afectada por las condiciones sociales de producción.

La autonomía de un campo es la que le permite retraducir o “refractar” las demandas externas de una forma específica, es decir, bajo su propia lógica. Así, mientras más autónomo sea un campo, mayor poder de “refracción” tendrá y más transfiguradas serán las coacciones externas, hasta el punto en que sean irreconocibles. Al contrario, mientras menos autónomo sea un campo, o más heterónimo sea, los problemas exteriores se manifestarán de manera más directa sobre éste (Bourdieu, 2000: 76).

Habiendo entonces comenzado a elucidar en qué consiste un campo social como el campo científico, se puede seguir ahora con las particularidades que le son proveídas a éste gracias a sus condiciones de autonomía. Un campo autónomo traduce a su propio lenguaje los mensajes que son emitidos desde el exterior, hasta el grado de ser

irreconocibles. Pero siendo también un campo social como cualquier otro, el campo científico está compuesto por diferencias de poder, prestigio, mayor control sobre el conocimiento y sobre los temas que van a ser más interesantes, importantes, relevantes, etc. Las condiciones propias del campo científico determinarán quién tiene mayores posibilidades de ser publicado, financiado, premiado, ascendido en la jerarquía, etc.

La autonomía del campo científico da la posibilidad de una competencia pura y perfecta, y hace que sea puramente científica la censura, esto es, excluyendo los rasgos externos, políticos, religiosos o de cualquier otra fracción dominante de la sociedad (Bourdieu, 2000, 85). Ejemplificando esto, uno puede referirse al juicio de Galileo Galilei, donde la verdad científica no estaba dictaminada por cuestiones puramente científicas debido a que la iglesia ejercía un control sobre lo que se comprendía en esos tiempos sobre el orden del universo. De esta manera, la existencia de ideas eclesiásticas sobre las verdades científicas ejemplifica la heteronomía que puede existir en el campo científico.

La necesidad de recursos económicos del campo científico para su desenvolvimiento, el grado en que se encuentra protegido contra intrusiones, y la capacidad que tiene para imponer sanciones positivas o negativas, son elementos determinantes de la autonomía del campo científico. (Bourdieu, 2000: 87).

Mientras más limitada e imperfecta sea la autonomía de un campo científico, los poderes externos pueden intervenir en las luchas específicas teniendo control sobre los puestos, los subsidios, los contratos, etc. (Bourdieu, 2000: 94).

Debido a que la autonomía con respecto a los poderes externos nunca es total, los conflictos intelectuales siempre son también conflictos de poder. Mientras más heterónimo sea un campo, más grande será el desfase entre la estructura de la distribución en el campo de los poderes no específicos (políticos), y la estructura de los poderes específicos, puramente científicos (Bourdieu, 2000: 95), como el prestigio y el reconocimiento. Para que en estos casos progrese la científicidad debe progresar la autonomía, junto con las condiciones prácticas de ésta: restringiendo la entrada de actores no científicos, de armas no específicas y de formas reguladas de competencia, restringidas sólo por coherencias lógicas y verificación experimental (Bourdieu, 2000: 96).

Los campos científicos son financiados por el Estado, presentándoles esto una relación de dependencia, a pesar de así no estar sometidos a las exigencias del mercado. Consecuentemente, el Estado puede ser tanto otorgador de condiciones de autonomía como de heteronomía (Bourdieu, 2000: 111).

Cuando se interesan en una investigación individuos e instancias externas, el resultado siempre es ambiguo, pues pudiendo aportar recursos políticos y económicos importantes, difíciles de conseguir por los investigadores, siempre existe la pretensión por parte de los externos de evaluar y orientar la investigación (Bourdieu, 2000: 106).

Es importante determinar y conocer la autonomía de un campo intelectual porque ésta aumenta junto con el estatus social de los productores de bienes simbólicos; con esto, los intelectuales entran progresivamente en los juegos de conflictos de la clase dominante (Bourdieu, 2007: 32). Es decir, mientras mayor sea la autonomía de un campo intelectual, sea artístico o científico, los actores posicionados dentro de él tienen una mayor importancia sobre las tomas de decisiones que afectan su propio campo. Por grande que sea la autonomía de un campo intelectual, su estructura y su posición están determinadas por disposiciones sociales ajenas, es decir, de la estructura total de otras instancias (Bourdieu, 2007: 30).

La autonomía del campo permite que el prestigio de un investigador sea principalmente producto del reconocimiento de sus pares, de los otros investigadores con los que trabaja o con los que se relaciona: aquellos quienes conocen su trabajo (Bourdieu, 2007:76).

El grado de autonomía del que goce un campo científico – sea tomado como disciplina o como organización – conduce a la configuración de su *estructura*, a la estratificación y a la jerarquía de los que la componen, y con esto, sobre las posibilidades de acción, de obtenciones y de decisión que ellos tengan.

### **3.7.2 Estructura de los campos científicos**

En un campo científico dotado de una fuerte autonomía, los actores, o bien dicho los científicos, se encuentran sujetos a la posición que ocupan en una estructura de relaciones objetivas. Ésta va a gobernar los puntos de vista, los lugares de publicación, los temas de investigación, etc. La estructura de relaciones objetivas determina lo que los investigadores pueden o no hacer. Sólo se pueden comprender las acciones de un investigador si se es capaz de referirse a la posición que éste ocupa en el campo, es decir, si se sabe “desde dónde habla” (Bourdieu, 2000: 77). Cada agente actúa según el lugar que ocupa en la estructura del campo, según el peso que tiene debido a su posición. Esta estructura está determinada por la distribución de *capital científico* que posee cada investigador o agente. (Bourdieu, 2000: 78). Los investigadores que ocupan una posición

importante en la estructura del campo científico tienen la capacidad de definir cuáles son las cuestiones que deben importar a los demás investigadores: qué temas, que metodologías utilizar, qué técnicas, qué paradigmas seguir, etc.

La posición en la estructura determina las estrategias que realizan los actores para transformar o conservar dicha estructura, y mientras más favorecida sea la posición, más se tiende a conservar la forma presente de la estructura (Bourdieu, 2000: 82).

Debido a la estructura de relaciones objetivas, los análisis del campo científico no deben reducirse únicamente a la dimensión política, como tampoco hacia dimensiones científicas “puras”. Los que se encuentran a la cabeza de las organizaciones de investigación científica ocupan esa posición tanto por cuestiones políticas como científicas; así, sus victorias forman parte de las victorias de la ciencia. Y son precisamente ellos quienes cuentan con mayor posibilidad para conseguir créditos significativos, equipamiento poderoso, mano de obra abundante, etc., explotando de tal manera sus capacidades personales “científicamente puras” e institucionales (Bourdieu, 2007: 78). Para Bourdieu, la auténtica ciencia de la ciencia no puede limitarse a los análisis internos de ésta, debido a que siempre incluye cuestiones políticas y sociales, así sea el caso de una investigación sobre cuestiones epistemológicas, debido a que la ciencia ‘engendra sus propios problemas con sus condiciones sociales de producción’ (Bourdieu, 2007: 80).

La lucha por la legitimidad científica, que es siempre al mismo tiempo política y científica, depende de la estructura del campo, de la estructura de la distribución de capital científico (de reconocimiento científico) entre los actores que componen el campo. Esta estructura puede encontrarse en algún punto intermedio entre dos límites nunca alcanzados: primero, en un monopolio de capital específico de autoridad científica; segundo, una situación de concurrencia perfecta donde el capital es distribuido en igual cantidad entre todos los actores. El campo científico, dice Bourdieu (2007: 91),

*es siempre el lugar de una lucha, mas o menos desigual, entre agentes desigualmente provistos de capital específico, por lo tanto, en condiciones desiguales para apropiarse del producto del trabajo científico (y también, en ciertos casos, de los beneficios externos, tales como las gratificaciones económicas o propiamente políticas) que producen, por su colaboración objetiva, el conjunto de los concurrentes, poniendo en práctica el conjunto de los medios de producción científica disponibles.*

Por lo tanto,

*En todo campo se oponen, con fuerzas más o menos desiguales según la estructura de la distribución del capital en el campo (grado de homogeneidad), los dominantes, que ocupan las posiciones más altas en la estructura de la distribución del capital científico, y los dominados, es decir, los recién llegados, que poseen un capital científico tanto más importante (en valor absoluto) cuanto los recursos científicos acumulados en el campo son más importantes.*

Mientras los recursos científicos acumulados incrementan, y así el derecho de entrada se hace más difícil, los actores que forman el campo científico obtienen un mayor grado de homogeneidad y entonces la competencia científica puede distinguirse como tal, perdiendo similitud con campos donde el grado de heterogeneidad es mayor (Bourdieu, 2007: 91). Estos grados de homogeneidad y heterogeneidad surgen de la cantidad de tipos de productos y de capitales simbólicos producidos por algún campo específico, además de la profesión y los intereses de los actores. Así, hay una relación entre homogeneidad y autonomía.

Como se mencionó anteriormente, la estructura del campo está determinada por la distribución de *capital científico* que posee cada investigador, por ello, es necesario explicar en qué consiste este tipo específico de capital simbólico.

### **3.7.3 Capital científico**

El capital científico consiste en el reconocimiento que es otorgado por el conjunto de pares competidores dentro del campo científico. El capital simbólico es siempre lo que lleva a reconocer quién tiene poder, y el que es reconocido por quienes tienen poder, puede ser identificado como receptor y poseedor del poder de quienes lo reconocen (Bourdieu, 2000: 79). El capital científico otorga autoridad a quien lo posee, quien, al poseerlo, está en la capacidad de definir las reglas de juego, las regularidades del juego, pero también le otorga la capacidad de decidir cómo se distribuirá este capital, junto con las ganancias y las leyes que dictaminarán si es más importante investigar un tema u otro, publicar en un lugar o en otro (Bourdieu, 2000, 80).

### 3.7.4 Tipos de capital científico

Bourdieu (2000: 89) identifica dos tipos de capital científico: uno temporal, ligado a la ocupación de posiciones importantes en las instituciones científicas, en la dirección de los laboratorios o departamentos, pertenencia a comisiones y comités, entre otros. Sobre este tipo de capital, puede decirse que es institucional y que está institucionalizado. Los que poseen este tipo de capital científico tienen poder sobre los medios de producción ya que tienen la posibilidad de firmar contratos, otorgar créditos y nombramientos para los puestos importantes dentro de las organizaciones. El segundo tipo de capital científico está relacionado con el prestigio personal, independiente de las condiciones anteriores, y basado casi únicamente en el reconocimiento de los pares (Bourdieu, 2000: 89). Este tipo de capital científico se refiere al “talento” y a la fama de buen investigador que se pueda tener, en reconocimiento de otros investigadores que pueden laborar en el mismo y en otros centros de investigación, por lo que se dice que éste tipo de capital científico no es “institucionalizado”.

Cada tipo de capital científico tiene sus propias leyes de acumulación: El capital científico de institución, el del primer tipo, se adquiere mediante estrategias políticas específicas principalmente, como la participación en jurados, comisiones, coloquios, ceremonias, reuniones, etc. El segundo tipo, que es el más “puro”, científicamente hablando, se adquiere en cuanto a los aportes reconocidos al progreso de la ciencia, invenciones, descubrimientos, publicaciones (que marcan un reconocimiento importante dependiendo de la importancia que tenga el lugar de publicación). La segunda especie está poco objetivada, puede ser vaga e indeterminada; y al estar relacionada con el carisma personal, presenta dificultades para ser transmitido (Bourdieu, 2000: 90). Sin embargo, un investigador que posea un gran capital “puro” puede transmitir su prestigio después de mucho tiempo de colaboración con otros investigadores, formándolos, construyendo su reputación, publicando con ellos, presentando sus trabajos, etc. (Bourdieu, 2000: 90-91).

El capital científico institucionalizado se transmite de manera similar a cualquier otro capital burocrático, aunque a veces aparezca como “elección pura”. Pero aquí los poseedores de capital científico institucionalizado procuran perpetuar el orden presente debido a que son ellos quienes tienen la capacidad de organizar los concursos, los procedimientos de selección (Bourdieu, 2000: 91), y sobre todo, la posibilidad de firmar contratos.

Los dos tipos de capital científico pueden coexistir en la misma organización, como lo indica Terry Shinn: por un lado, el director del laboratorio puede producir trabajos orientados según el estado de alguna investigación, gracias a su asistencia en comités y comisiones; y por otro, el investigador prestigioso aporta a sus compañeros un tipo de imaginación creativa para las investigaciones (Bourdieu, 2000: 91-92).

### **3.7.5 Examen de la sociología de la ciencia de Pierre Bourdieu**

Una dificultad es saber si Bourdieu se refiere al poder de la lógica, o a la organización, o al sistema científico sumado de todos los cuerpos científicos del mundo, tomando en cuenta de dónde provienen las premiaciones y qué estatutos se siguen para elegir a los premiados. Parece que además de la dificultad anterior, siempre está presente el asunto de la estratificación del campo científico, que se relaciona con el prestigio y la dominación. Al voltear hacia ese lado y poner mucha atención ahí, Bourdieu parece quedarse detenido en sólo un aspecto de todo el proceso por el que la ciencia crea y se crea ella misma.

Se puede pensar que Bourdieu se desprende un tanto de la realidad al suponer que el campo científico debe ser evaluado, puesto en práctica y reconocido por sus productores. La ciencia tiene otros clientes posibles además de los científicos. También comete un error al creer que pueda haber campos científicos “puros”, pues hasta el más puro está cargado de implicaciones no epistemológicas o científicas, recordemos al Programa Fuerte. Puede observarse que Bourdieu hace un retroceso al pensar en la verdad científica, que lo lleva hacia la concepción heredada de la ciencia.

Acierta en decir que no todos los campos científicos gozan de la misma autonomía, así que esto debe ser tomado en cuenta para la reconstrucción del concepto, aunque se aplique a fenómenos distintos a los que a él le preocupaban. Para un concepto de autonomía de la ciencia, será necesario pensar en un contra-concepto, el de heteronomía parece ser indicado.

El efecto de la refracción o retraducción a términos propios del campo científico pudiera ser importante, pero cae dentro de las mismas dificultades que el concepto de internalización que propone Shapere. Aunque hay que tomar en cuenta que con esto, la ciencia puede elaborar su propio lenguaje, o maneras de premiación que no tengan interés para nadie más que para los científicos.

### **3.8 Ecología del conocimiento**

Un enfoque muy novedoso que se ha tomado para el estudio social de la ciencia y la tecnología es la *ecología del conocimiento*. Esta herramienta teórica y metodológica fue encontrada en un número de *Social Studies of Science* de 2007 publicado por Atsushi Akeru. La fuente principal que propone este enfoque y de donde parte Akeru es la publicación de Charles Rosenberg, *Toward an Ecology of Knowledge: Discipline, Context and History* (1997). Además de valerse de este trabajo, Akeru propone al enfoque el concepto de *metonimia*. En este apartado se analiza el estudio de Akeru y se buscan elementos útiles para el concepto de autonomía de la ciencia.

Dentro del interés creciente por la circulación del conocimiento, dice Akeru (2007: 414), la ecología del conocimiento surge como una metáfora poderosa. Específicamente, cuando los estudios se apartan de simples laboratorios, instituciones, e incluso redes, y se dirigen hacia intercambios técnicos más amplios, que han mostrado su importancia para el descubrimiento científico y el trabajo de ingeniería, la visión ecológica del conocimiento se vuelve pertinente.

Este enfoque es principalmente una metáfora, no es una transportación del cuerpo entero de teoría ecológica y evolutiva hacia el dominio del conocimiento humano.

La metonimia, como la utiliza Akeru, es entendida para referirse a una parte que sostiene el todo. Precisamente, una hoja es a un árbol como éste es al bosque; el conocimiento de los quarks constituye a la física como disciplina, y ésta sostiene a la ciencia como una institución social.

El objetivo principal en el trabajo de Akeru es la descripción de cómo una gran variedad de entidades sociotécnicas distintas, como actores, artefactos, instituciones, etc., pueden ser organizadas dentro de una institución social como la ciencia o la ingeniería, con una relación de contigüidad para constituir un cuerpo de práctica coherente. Específicamente, cómo científicos e ingenieros construyen estas relaciones de contigüidad que resultan de la coproducción de conocimiento y de las formas institucionales y organizacionales que lo sostienen. Enfocándose en la metonimia se hace un intento por alejarse de la causalidad para enfocarse sobre la reproducción de relaciones y prácticas existentes. Dice Akeru (2007: 415) que en esto el reto principal es no observar elementos internos y externos a la ciencia, sino entender la estructura de su integración.

La metáfora de la ecología del conocimiento ofrece una manera de pensar sobre las complejas interacciones que caracterizan la acción humana. A pesar de ese uso específico, el concepto es utilizado para enfatizar que la ciencia es una forma de práctica social, y se intenta describir las complejas interdependencias entre las dimensiones sociales de la ciencia, el conocimiento y las prácticas materiales.

El marco teórico de la ecología del conocimiento revisado por Akerá contiene algunas observaciones que pueden ser útiles para ser transportadas a la tarea que aquí se pretende realizar. Akerá menciona que Fujimura utiliza el concepto de *ecología de la acción* para describir cómo el nuevo conocimiento puede surgir de otra manera que de proyectos orientados hacia un fin establecido. En el contexto que maneja Akerá, la metáfora ecológica es utilizada como referencia general de la complejidad, contingencia e indeterminación asociadas al proceso de producción de conocimiento.

Según este autor, la ecología del conocimiento puede ser distinta a la ecología de la naturaleza, pero el valor real de la metáfora se encuentra en la defensa de la distinción entre diferentes escalas de análisis. La metonimia representa una herramienta crítica para hacer esta distinción; en vez de hablar de causalidad, la perspectiva metonímica permite pensar en términos de una extensión sucesiva de prácticas institucionalizadas, aun si las instituciones obtienen nuevos significados a través de esta difusión. Además, es posible que surjan nuevas instituciones de la transformación de prácticas prevalecientes, apropiándose y recombinando prácticas de otras esferas. Las relaciones metonímicas son tomadas en cuenta para poder hacer una interpretación sociotécnica de todas las entidades que se toman en cuenta (Akerá, 2007: 416).

Un buen ejemplo que se incluye en esta bibliografía para ilustrar la intención de Akerá: no puede haber una profesión de contadores si no existiera el conocimiento, las habilidades y los instrumentos con los que realizan su trabajo; tampoco podría existir la profesión si no existieran las instituciones financieras ni el desarrollo histórico del capitalismo mercantil e industrial. Dice Akerá (2007: 418), *en todos los niveles, no podría haber bosques sin árboles, y viceversa.*

La visión ecológica del conocimiento hace posible estudiar las relaciones dinámicas entre el conocimiento y su infraestructura material, o sus instituciones sociales. Akerá toma un diagrama elaborado por Rosenberg donde existen conjuntos representados en distintos niveles, en el que se pueden ubicar objetos de distintas escalas representativas correspondientes a eventos históricos, instituciones sociales, ocupaciones y disciplinas, organizaciones, conocimiento técnico, habilidades, artefactos

materiales y actores humanos. En este diagrama, los objetos de cualquier nivel pueden ser conectados a otros ubicados en distintos niveles para indicar relaciones metonímicas (Akera, 2007: 18,19). Las asociaciones metonímicas pueden ofrecer una imagen de las prácticas y procesos que existen en la relación entre ciencia, tecnología y contexto social.

Dice Akera que, a diferencia de los esquemas utilizados en la teoría del actor-red (actor-network theory), la representación metonímica puede tomar en cuenta distintas entidades históricas que sirven como antecedentes importantes para la reconstrucción y estabilización de hechos (Akera, 2007: 424).

Debe tomarse en cuenta que los procesos por los que el conocimiento y las prácticas asociadas a alguna institución son trasladadas a un nuevo sitio de prácticas suceden raramente de manera lineal; éstos envuelven distintas contingencias y adaptaciones en respuesta a situaciones y circunstancias locales. Estas extensiones y realineamientos aseguran que el proceso por el que las instituciones sociales construyen nuevas instancias no son sólo un proceso de difusión, sino un proceso más contingente de extensiones sintagmáticas que producen nuevas relaciones. Esta complejidad es esencial para una contemplación ecológica del conocimiento (Akera, 2007: 427). Las nuevas asociaciones son comúnmente forjadas a través de actividades creativas en la coyuntura entre distintas instituciones.

Otro componente crucial de la ecología del conocimiento que puede contribuir a la comprensión de la circulación del conocimiento es cómo ciertas asociaciones metonímicas pueden ser perdidas u olvidadas durante la transmisión de un cuerpo de conocimiento. En vez de la simple difusión o incremento de conocimiento, con sus prácticas y artefactos, puede haber una apropiación más selectiva en esa transmisión (Akera, 2007: 428).

Los procesos asociativos y disociativos que acompañan a la difusión del conocimiento hacen posible a las extensiones metonímicas ir en ambas direcciones. Así, lo que es un factor clave es no sólo la reproducción de instituciones existentes, sino la articulación de otras nuevas. Esto no ocurre de manera simple, por lo tanto la visión ecológica del conocimiento es importante para entender cómo es que nuevas instituciones emergen dentro de una gran estructura de asociaciones metonímicas preexistentes (Akera, 2007: 428).

Atsushi Akera recuerda un comentario de Rosenberg donde menciona que no existe nada más el surgimiento de nuevo conocimiento de las configuraciones institucionales existentes, además nuevas instituciones de enseñanza, profesionalismo y

progresivismo surgen de la generación de nuevo conocimiento. En la nota al pie de página dice que Rosenberg

*'nota específicamente que el conocimiento debe ser visto como el elemento central que da forma a la estructura de culturas y subculturas disciplinarias, y que es un elemento estructural que da forma a arreglos y prioridades institucionales'* (pie de página no. 26. Akera, 2007: 431).

### **3.8.1 De la ecología del conocimiento a la autonomía de la ciencia**

Es interesante notar que muchos argumentos presentes en la ecología del conocimiento de Akera pueden ser tomados en cuenta para la configuración del concepto de autonomía de la ciencia. En principio, puede rescatarse la noción de que el enfoque, una vez que se aleja de laboratorios u organizaciones individuales, se traslada hacia los amplios intercambios técnicos que son importantes para los descubrimientos científicos. Si es dentro de ese complejo objeto de estudio donde la ecología del conocimiento se hace pertinente, entonces debe ser en ese nivel donde se busque la autonomía de la ciencia, no limitándose hacia una sola disciplina, un solo equipo de trabajo, o una sola organización dedicada a la investigación científica.

La autonomía de la ciencia no debe describir o funcionar como una línea de demarcación entre lo que es ciencia y lo que no lo es, esto es, la búsqueda de elementos internos y externos. En vez de eso, debe tomar en cuenta las complejas interdependencias entre las dimensiones sociales de la ciencia, el conocimiento y las prácticas materiales.

La adaptación de la metonimia a la ecología del conocimiento sirve a la concepción de la autonomía de la ciencia. Tomar en cuenta que existen distintas escalas o niveles de análisis es importante para no limitar la autonomía a una sola institución, que establezca su autonomía de forma conocida o legalizada. La autonomía de la ciencia no es conocida por los involucrados en el proceso de la ciencia, no la perciben porque no atienden esas distintas escalas de análisis. Descubirla es el trabajo del dedicado a los estudios sociales de la ciencia.

Hablar de distintas escalas de análisis significa tomar en cuenta en la investigación a las distintas entidades relacionadas a la ciencia: actores, instrumentos, conocimientos, institutos de investigación, organizaciones, fuentes de financiamiento, contextos políticos

y estructuras históricas. Si la autonomía de la ciencia quiere ser descubierta o definida, se debe atender a todos estos elementos, o al menos a los que puedan encontrarse.

Si existen tantos elementos involucrados en el ejercicio de la ciencia y en la creación del conocimiento científico, y si es impredecible el conocer qué organizaciones y actores adoptarán qué prácticas en específico, es fácil descubrir que la ciencia y el conocimiento científico escapan de cualquier tipo de limitación que se le quiera interponer. ¿No hace esto que la ciencia sea autónoma?

Un elemento importante para ser considerado en la contemplación de la autonomía de la ciencia es la articulación de nuevas instituciones u organizaciones. Si esto es impredecible, es incontrolable, y si no se le puede dar control, es un rasgo de autonomía. Este factor es importante para comprender la circulación de conocimiento, así que debe ser importante – si no decisivo – para la autonomía de la ciencia.

El conocimiento crea nuevas instituciones, que a su vez crearán nuevos conocimientos, diseñarán instrumentos necesarios para llegar a estos conocimientos, formarán personal, y seguirán formando parte del mismo esquema, entonces ahí radica la autonomía de la ciencia.

Con estos elementos heredados de la visión ecológica del conocimiento, es posible alejarse de limitaciones anteriores que se presentaban al concepto de autonomía de la ciencia, y es ahora que un nuevo concepto puede ser definido.

### ***3.9 Un nuevo concepto de “Autonomía de la Ciencia”***

Un concepto de autonomía de la ciencia es necesario para comprender mejor el funcionamiento de esta institución y actividad social. Podría la posibilidad de llamar de otro modo lo que se quiere decir aquí bajo ese término, pero muchas de las necesidades de precaución – para no incluir concepciones que ya hayan sido rechazadas – surgen de lo que ha sido llamado así.

Debe hacerse notar antes de cualquier otra idea, que para reconstruir el concepto de autonomía de la ciencia, el primer paso es alejarse de la influencia de la concepción heredada o tradicional de la ciencia. A pesar de que su objetivo parece ser la búsqueda de verdades absolutas de la naturaleza, la ciencia no puede cumplir una tarea tan ambiciosa, debido a que las teorías científicas son modeladas por factores no epistémicos, sino sociales y técnico-instrumentales (González et. al., 2000: 47).

De igual forma, la autonomía de la ciencia no puede ser influenciada por el esencialismo. Se recuerda que la reacción esencialista define la ciencia como un objeto, una entidad o un método coherente, como si la ciencia fuera exterior a las demás actividades sociales, y por ello deba buscarse una respuesta definitiva sobre lo que ésta es, a pesar de ser tan compleja y cambiante (Woolgar, 1991: 32).

Alejarse de estas concepciones sobre la ciencia deja el paso libre hacia una definición de autonomía que tome principios de una cualidad más nominalista; es decir, ver a la ciencia como una práctica sujeta a la renegociación y a la reclasificación, que no es distinta a otras actividades sociales y que, por lo tanto, es difícil trazar una línea que divida a la ciencia de la no ciencia.

A pesar del buen funcionamiento que han demostrado los resultados de la ciencia, tan benefactores en muchos aspectos para la humanidad, debe pensarse que todos los objetos del mundo son construidos a través de su estudio, no descubiertos como si estuvieran ahí esperando para ser observados. Por ello, cualquier aproximación a una verdad científica ya está cargada de percepciones y pensamientos humanos y sociales<sup>3</sup>. Entonces, la autonomía de la ciencia debe tomar en cuenta el principio de *inversión* y el de *retroalimentación*: considerar el valor de mantener que los objetos descubiertos son constituidos gracias a su descubrimiento, no revelados gracias a él; y oponerse a la idea de la ciencia como un objeto situado en el mundo externo, “afuera”, como algo separado y diferente de nuestras propias prácticas.

La autonomía de la ciencia no debe tomarse como los ideales buscados para dar una mejor gestión a la ciencia. Si la ciencia es autónoma, no es por las decisiones que se tomen sobre ella, sino lo que ésta va generando sin que alguien lo haya propuesto. Ello reducirá los estudios a una sola dimensión de la ciencia, que será irrelevante si se extiende el enfoque hacia las demás distintas escalas que intervienen en la creación y práctica de la ciencia.

La búsqueda de cuestiones internas y externas a la ciencia resulta innecesaria en la concepción de autonomía de la ciencia, pues se ha demostrado cómo ambas son necesarias para la existencia y el desarrollo de esta actividad. Dicho de otra manera, la autonomía de la ciencia puede ser identificada a pesar de la existencia de elementos externos que sean influyentes en la creación de esta institución social y del conocimiento

---

<sup>3</sup> Se sugiere regresar al apartado 2.4 de este trabajo para atender la explicación de Woolgar sobre la relación entre objeto y representación.

que sustenta. Por el contrario, debe atender la interdependencia de los elementos que se relacionan con la ciencia.

El análisis de las ideas de Popper concernientes a la autonomía de la ciencia demuestra que ésta existe cuando la actitud crítica está presente, cuando la ciencia y algunas teorías, son sostenidas sin actitudes dogmáticas. Cuando éstas aparecen, se ha perdido la crítica, y con ella, la autonomía.

De manera contraria, Kuhn sostiene que tal actitud dogmática es positiva para la ciencia, pues el hecho de defender algunas reglas y creencias por algún tiempo es que es posible notar sus errores y trabajar sobre ellos. La ciencia normal es muy buena para trabajar sobre novedades aunque ese no sea su propósito. Parece que la sugerencia de Kuhn es superior a la de Popper. Pero dice también que los únicos que pueden decir que algo es erróneo son los científicos, basándose en observaciones, métodos y experiencia.

Similar a Kuhn, Lakatos veía en los programas de investigación una heurística positiva que indicaba a los científicos qué problemas debían resolver, que elementos del programa debían ser cambiados, cómo debían ser cambiados, etc. Entonces, el origen racional de las necesidades de cambios y las direcciones, era lo que Lakatos identificaba como autonomía de la ciencia.

Un rasgo de la ciencia que debe ser muy considerado, que es sostenido por Robert K. Merton, como se ha señalado en otros lugares de este trabajo, es que la ciencia tiene el objetivo de ampliar los conocimientos comprobados. Cualquier idea que se quiera formar sobre autonomía de la ciencia, debe tomar en cuenta que su existencia es debida a la expansión del conocimiento científico, conocimiento comprobado por medios específicos dictaminados por una comunidad en particular.

La contemplación del Programa Fuerte muestra que los resultados falsos o verdaderos son consecuencia de causas sociales similares, entonces no debe hacerse una distinción entre ambos. En ese sentido, la búsqueda de autonomía de la ciencia no debe enfocarse en los resultados de una investigación. Al igual que con el ethos normativo, preocuparse por los resultados lleva a no tomar en cuenta todos los elementos que conforman a la ciencia, pues no consiste sólo en resultados.

Gracias a los estudios de Bourdieu sobre la ciencia, se puede apreciar que no todos los campos científicos tienen el mismo grado de autonomía, sean disciplinas, personas o instituciones. De Bourdieu también se puede agregar al concepto de autonomía de la ciencia que existan maneras de comprender y de actuar sobre el mundo que provengan de la refracción o de la retraducción. Estas maneras pueden incluir

maneras de premiación o recompensas que sean importantes sólo para los que hacen ciencia, pues si esto existe habla ya de una cierta autonomía de la que goza esta institución.

Gracias a la visión ecológica del conocimiento se puede incluir en la práctica de la ciencia a todo el conjunto de entidades que participan en ella, la visión que se deba realizar para capturar la esencia de la autonomía de la ciencia debe ser entonces similar a ésta. La idea de metonimia también debe considerarse para observar la autonomía de la ciencia, pues así, una vez expandido el enfoque que ésta tome, puede diferenciar entre categorías de entidades participativas en la ciencia.

Como es mencionado en el apartado correspondiente a la ecología del conocimiento y su relación con la autonomía, el surgimiento de nuevas instituciones y organizaciones, junto con instrumentos y nuevos conocimientos, es un resultado de la autonomía de la ciencia. Aquí finalmente se puede decir que, cuando existe una emergencia de elementos como los mencionados, la ciencia está presentando su autonomía. Por supuesto, la ciencia vista como proceso de interdependencia entre distintos elementos, no como cada uno de los científicos, resultados, disciplinas u organizaciones.

En este momento es posible presentar un concepto de *autonomía de la ciencia*.

*“La autonomía de la ciencia es la capacidad que tiene esta práctica social – que envuelve instituciones, organizaciones, conocimientos, instrumentos, artefactos, investigadores y contextos históricos específicos – para formar nuevas instituciones, organizaciones, instrumentos, artefactos, y nuevos investigadores, que hacen posible la ampliación del conocimiento científico. La autonomía reside en que este hecho depende absolutamente de los conocimientos científicos y técnicos anteriores, y de la intención de ampliarlos.”*

La definición supera todos los obstáculos antes mencionados, pues el proceso del que se habla, y los conocimientos, pueden ser falsos o verdaderos, la sociedad es la que los sostiene como tales; es un proceso que sucede de manera impredecible que no puede ser provocado por lineamientos o normatividades; las premiaciones a los científicos no son monetarias y no tienen otro fin que el de hacer posible el proceso, o aunque incluyan una premiación de prestigio o material, en últimos términos es un premio que asegura que el proceso siga su curso, que haga surgir nuevos conocimientos que lleven a la creación

de nuevas organizaciones, instrumentos, que atraigan a nuevos investigadores, etc. Estos premios representan la retraducción de la que habla Bourdieu.

## **CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DEL GRAN TELESCOPIO CANARIAS**

### ***4.1 Gran Telescopio Canarias***

El Gran Telescopio Canarias (GTC), también conocido como Grantecán, es un instrumento utilizado para realizar investigación astronómica. Es un telescopio de espejo primario segmentado de 10.4 metros de diámetro, que lo convierte en el más grande del mundo, uno de los más avanzados y con mejores prestaciones para la investigación astronómica. Su espejo primario está compuesto por 36 piezas hexagonales. Aparte de éste, utiliza un espejo secundario y un terciario para enviar la luz a los focos, donde se ubican los instrumentos científicos. Este telescopio observa la luz visible y la infrarroja emitida por los objetos celestes. Por ser el último de la generación de telescopios de entre 8 y 10 metros, ha intentado mejorar el diseño de sus predecesores, aprendiendo de su experiencia. En operación, es el telescopio con mayor superficie colectora de luz: 75.7 metros cuadrados.

Además de la superficie colectora, en un telescopio es importante la calidad de imagen, y el GTC utiliza dos técnicas para optimizarla: la óptica activa y la óptica adaptativa o adaptiva. Con la óptica activa se alinean, deforman y mueven los segmentos del espejo primario, además de mover y alinear el espejo secundario, con el fin de mantener de un modo preciso su posición, independientemente de condiciones como el clima, la temperatura y la gravedad, de manera que no influyan en la imagen. La luz emitida por las estrellas es perturbada al atravesar la atmósfera; el objetivo de la óptica adaptativa es corregir esas perturbaciones por medio de espejos deformables. Un elemento también importante para los telescopios es la cúpula, que lo protege y ayuda a evitar turbulencias externas e internas que puedan reducir la calidad de las imágenes recibidas.

La construcción del proyecto inició en el año 2000, ubicándose en el Observatorio Roque de los Muchachos, La Palma, Islas Canarias; en este sitio existen ventajas muy considerables para realizar investigación astronómica. El Observatorio Roque de los Muchachos y el Observatorio del Teide constituyen el Observatorio Norte Europeo.

En un principio el proyecto fue una propuesta del Instituto Astrofísica de Canarias (IAC) apoyada por el Gobierno español a través del Ministerio de Educación y Ciencia, y

el Gobierno Autónomo de Canarias. El apoyo económico surgió del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), perteneciente a la Comunidad Europea. Debido a distintas necesidades (experiencia, conocimientos, técnicas, personal) se invitó a instituciones de otros países para formar parte del Consorcio. Entre ellas se encuentra el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM), el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), y el Departamento de Astronomía de la Universidad de Florida (<http://www.gtc.iac.es/>).

## **4.2 Comité Científico Asesor**

Una cuestión fundamental del GTC es que durante su planeación se estableció la necesidad de contar con un Comité Científico Asesor (SAC por sus siglas en inglés), formado por miembros provenientes de distintas instituciones (entre ellas el Instituto de Astronomía, UNAM; la Universidad de Florida; el Instituto de Astrofísica de Andalucía, Granada; el Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental, Madrid; la Universidad de California, Santa Cruz) que son relevados cada dos años. Este comité tiene la tarea de asesorar al Consejo de Administración y al Director sobre los requisitos científicos del GTC, evalúa el cumplimiento de estos requisitos y da recomendaciones sobre las prioridades científicas que se deban seguir en el diseño, la construcción y las pruebas del telescopio y de sus instrumentos. Además, funge como mediador entre la Oficina de proyecto y la Comunidad Astronómica (<http://www.gtc.iac.es/>).

## **4.3 Instrumentos adicionales del GTC**

El Gran Telescopio Canarias consta de distintos instrumentos adicionales para ofrecer una variedad de funciones distintas a los investigadores que lo utilicen. En 1998, se publicó un Anuncio de Oportunidad con el objetivo de seleccionar instrumentos adicionales al telescopio. Las propuestas recibidas fueron realizadas por distintos equipos de investigación interinstitucionales. Los instrumentos están divididos en fases de acuerdo al tiempo que requieren para ser entregados; los primeros, que comprenden el Día Uno, son OSIRIS (cámara y espectrógrafo multiobjeto en el visible) y CanariCam (cámara y espectrógrafo, con capacidades de polarimetría y coronografía, en el infrarrojo térmico). El primero de ellos fue realizado por el Instituto de Astrofísica de Canarias, el Instituto de

Astronomía de la UNAM, el Instituto de Física de Cantabria y el Instituto de Astrofísica de Andalucía. CanariCam fue desarrollado por la Universidad de Florida. OSIRIS es un proyecto terminado; CanariCam empezará a funcionar en 2010 (<http://www.gtc.iac.es/>).

Además de los instrumentos que conforman Día Uno, existen otros que requieren de más tiempo para ser completados. Uno de ellos es EMIR, una cámara de gran campo y espectrógrafo multiobjeto de resolución intermedia en el infrarrojo cercano; diseñado por el Instituto de Astrofísica de Canarias, el Laboratorio de Astrofísica de los Pirineos, y la Universidad Complutense de Madrid.

CIRCE (Canarias InfraRed Camera Experiment) es diseñada por la Universidad de Florida, y su objetivo es realizar tareas similares a las de EMIR hasta que éste instrumento sea finalizado.

FRIDA (inFRared Imager and Dissector for Adaptive optics) es un espectrógrafo infrarrojo cercano de campo integral con capacidad de imagen para uso del sistema de óptica adaptativa del telescopio. Este instrumento es desarrollado por la el Instituto de Astronomía de la UNAM, que es líder en el proyecto, la Universidad de Florida, el Instituto de Astrofísica de Canarias, el Laboratorio de Astrofísica de los Pirineos, la Universidad Complutense de Madrid, y el CIDESI, (Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial), de Querétaro, México. Se pretende que este instrumento sea entregado en el Observatorio de Roque de los Muchachos en 2011.

#### ***4.4 Fondo Europeo de Desarrollo Regional***

Los FEDER cuentan con la mayor parte del presupuesto de la Unión Europea. Su objetivo es reducir las diferencias en el desarrollo de las regiones menos favorecidas del continente, por ello contribuye al desarrollo equilibrado y duradero de las actividades económicas de estas regiones, de manera que sean altamente competitivas, fuentes de empleo efectivas y que protejan al medio ambiente, además de promover la igualdad de género. Por medio de estos fines buscan fomentar el desarrollo del entorno productivo, la investigación y el desarrollo tecnológico, impulsar hacia la sociedad de la información, proteger el medio ambiente y la cooperación transfronteriza, transnacional e interregional. La ambición principal es lograr el desarrollo económico y la cohesión social por medio de la promoción del conocimiento ([http://europa.eu/legislation\\_summaries/employment\\_and\\_social\\_policy/job\\_creation\\_measures/l60015\\_es.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/employment_and_social_policy/job_creation_measures/l60015_es.htm)).

## **4.5 Ley del cielo**

Las condiciones que benefician la observación astronómica, es decir, para que sea posible observar una gran cantidad de objetos en el cosmos, se necesita de una atmósfera sin turbulencia, bajos niveles de humedad, un cielo libre de nubes, polvo y gases contaminantes, y un cielo nocturno oscuro (IA-UNAM, 2009).

Además de contar con las condiciones anteriores, uno de los rasgos que hacen tan propicio el lugar para la observación astronómica en las Islas Canarias es la Ley del cielo, que plantea un conjunto de lineamientos que benefician la actividad de la investigación. El objetivo de esta Ley es regular las emisiones de luz del que puedan ser perjudiciales para la observación del cosmos, además de las instalaciones de las emisoras de radio, establecimientos industriales y actividades que contaminan la atmósfera.

Cuando los sistemas de alumbrado exteriores son abundantes, se vuelve difícil apreciar el cielo estrellado. El crecimiento urbano de todo el mundo ha ocasionado problemas para la observación astronómica. Un ejemplo de este fenómeno es cuando el Observatorio de Tonanzintla, Puebla, se vio afectado por el crecimiento de la ciudad de Puebla; en consecuencia, se tuvo que buscar un mejor lugar para realizar observación astronómica y se construyó el Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir, Baja California, 240 kilómetros al sur de Ensenada (IA-UNAM, 2009). Contando con la Ley del cielo se asegura un mejor desempeño de la astronomía en las Canarias<sup>4</sup>. En la actualidad se está intentando publicar una ley similar para la protección del cielo de Ensenada, Baja California.

## **4.6 Asociaciones metonímicas en el desarrollo del GTC**

Ya se ha mencionado que las representaciones metonímicas permiten observar un proceso desde distintos niveles de análisis o escalas representativas. En este sentido, el desarrollo del Gran Telescopio Canarias puede verse como un complejo en el que existen distintos niveles, dependiendo del tipo de elementos que son requeridos para que el proceso sea llevado a cabo. Tomando como ejemplo el diagrama de Rosenberg del que se habló en el apartado 4.9, la presentación del proceso de desarrollo del GTC debe

---

<sup>4</sup> En los anexos se puede encontrar la Ley del Cielo y las disposiciones generales, tomadas del sitio <http://www.iac.es/proyecto/otpc/ley.htm>

distinguir – o tomar en cuenta – elementos como eventos históricos o contexto histórico, instituciones u organizaciones, conocimientos, técnicas y disciplinas, instrumentos, y finalmente actores humanos. Teniendo elaborada la distinción se pueden buscar conexiones entre elementos de mismos y diferentes niveles de análisis. Esto demostrará cómo puede encontrarse la autonomía de la ciencia – como es aquí definida – en el proceso que fue necesario – y posible gracias a la autonomía – para que este instrumento de observación astronómica fuera elaborado. Las entrevistas realizadas sirven para encontrar las conexiones existentes en el proceso.

#### **4.6.1 Contexto social y elementos históricos**

Si la mayor parte del financiamiento del proyecto proviene del Fondo Europeo de Desarrollo general, debe ser tomado en cuenta el proceso por el que éste emerge. Si son fondos pertenecientes a la Comisión Europea, su conformación representa el contexto histórico que da posibilidad a la iniciativa del Gran Telescopio Canarias. De acuerdo con la información disponible en Wikipedia (<http://es.wikipedia.org>), la Comisión de las Comunidades Europeas es la rama ejecutiva de la Unión Europea. Por su lado, los orígenes de la Unión se encuentran al finalizar la Segunda Guerra Mundial, cuando se forma la Comunidad Europea del Carbón y del Acero con el fin de someter a una autoridad común el manejo de estos elementos; equilibrando la producción de los países, tanto vencidos como vencedores, de la gran guerra. Además, había sido creada anteriormente la Unión Europea Occidental, dedicada a la defensa y seguridad de los estados europeos. La Unión Europea es el resultado de la conjunción de distintas organizaciones como las anteriores, creadas después de la reconstrucción del continente tras la Segunda Guerra Mundial. Debido a ello, estos son elementos históricos influyentes para la creación de un proyecto como el GTC.

Otros elementos históricos pueden ser muchos de los descritos en el subcapítulo 1.1 de este trabajo, pues si no son tomados en cuenta no es posible dar explicación a la manera en que la ciencia funciona, es impulsada y sostenida en el presente, de la manera en que lo hace.

#### **4.6.2 Instituciones y organizaciones**

En el nivel de las instituciones y organizaciones que son necesarias para el proceso de desarrollo del GTC, se pueden localizar a todas las universidades y organizaciones de investigación científica y de desarrollos de ingeniería que forman parte del Consorcio o que colaboran en la construcción del telescopio, de la cúpula o de los instrumentos adicionales que, como se ha expuesto antes, son muy diversas.

Además de aquellas, también deben ser consideradas las organizaciones gubernamentales: desde la Unión Europea, hasta la Comunidad Autónoma de Canarias, pasando por el Ministerio de Educación y Ciencia de España, e incluso el CONACYT, que otorga parte del financiamiento que conforma el 5 por ciento del presupuesto destinado por México al GTC. Siendo que el caso particular más conocido es el de la participación de México, y del IA-UNAM en específico, deben considerarse el Consejo Universitario, el Consejo Técnico de la Investigación Científica, la Coordinación de la Investigación Científica, y el Subsistema de la Investigación Científica, todas estas pertenecientes a la UNAM (La ciencia en la UNAM a través del Subsistema de la Investigación Científica 2007, 2007: 10-21). Por otra parte, como la Ley del Cielo es sostenida por el Gobierno español, debe ser ubicada en este nivel.

#### **4.6.3 Conocimientos, técnicas y disciplinas**

En el nivel de los conocimientos, técnicas y disciplinas, se pueden ubicar – además de la física, astronomía, astrofísica, electrónica, mecánica y óptica, por supuesto – a los que corresponden necesariamente a las especificaciones del Gran Telescopio Canarias. Así, deben situarse aquí conocimientos y desarrollos técnicos y científicos como la segmentación de espejos, el conocimiento de la luz visible y la infrarroja, la óptica activa y la adaptativa, conocimientos y técnicas arquitectónicas y mecánicas que cubren las especificaciones de la cúpula, la espectrografía, la coronografía, entre muchas otras que deben estar presentes.

#### **4.6.4 Instrumentos**

Los instrumentos que deben ser considerados como necesarios para que fuera posible llevar a cabo el proyecto del GTC, deben ser lógicamente, los que permitieron que existieran los conocimientos y la experiencia que llevaron a las instituciones y a los investigadores a formar parte del proyecto. En el caso de México pueden ser considerados los telescopios de los Observatorios Nacionales de Tonanzintla y San Pedro Mártir, y de este último, el Dos metros. En este nivel también deben estar presentes los instrumentos adicionales, como OSIRIS, FRIDA, CanariCam, EMIR, etc.

#### **4.6.5 Actores**

El nivel de los actores se conforma por todos los investigadores, ingenieros e instrumentistas que han estado involucrados en el diseño del GTC: los que forman parte de las diversas instituciones, los que conforman y han conformado el Comité Científico Asesor, y los directores de proyectos. Se pensaría que si en el nivel de las instituciones y organizaciones se considera al Gobierno de España, los ministerios, CONACYT, etc., deberían incluirse aquí a los que pertenecen a dichas organizaciones, como el rector de la UNAM o Juan Carlos I de España. Sin embargo, estos no son los que permiten la autonomía de la ciencia en este caso específico; no se pueden seguir asociaciones mentonímicas a través de ellos.

## **CAPÍTULO 5. INTERPRETACIÓN DE LAS ENTREVISTAS**

Los entrevistados en esta investigación forman parte del equipo o de los distintos equipos que trabajan y que han trabajado en el GTC, y a través de ellos se pueden identificar algunas asociaciones metonímicas. Este es el objetivo que tienen las entrevistas. A continuación las entrevistas son analizadas para descubrir entre qué elementos, de cualquier nivel, se establecen estas asociaciones.

### ***5.1 Entrevista 1: Instrumentista 1***

Los conocimientos y experiencias que ligan al primer entrevistado con el GTC son, fundamentalmente, sus estudios en física y en electrónica y control; por otra parte, los 22 años de trabajo demuestran su experiencia en el campo de la actividad de investigación.

Pertenecer al Instituto de Astronomía le ha permitido vincular su trabajo con los instrumentos de los observatorios de Tonanzintla y San Pedro Mártir. Existe una asociación metonímica ahora entre los niveles de conocimientos, instituciones e instrumentos.

Los conocimientos y la experiencia llevaron a este entrevistado a participar en los proyectos de los instrumentos OSIRIS y FRIDA, elementos donde se hace una asociación entre el CIDESI, UNAM, GTC, la Universidad de Florida, el Laboratorio de Astrofísica de los Pirineos, la Universidad Complutense de Madrid y el Instituto de Astrofísica de Canarias. Aquí se forma una conexión entre instituciones, instrumentos y actores. Por supuesto, los elementos históricos ya están presentes. Su puesto en el IA-UNAM le permitió colocarse en la posición que ocupa ahora en los proyectos vinculados al GTC. No tenía que ser así necesariamente, pero por la manera en que evolucionó el proceso, devino coordinador de proyecto. Pero esto es lo que hacía en el Departamento de Instrumentación del Instituto, entonces aquí hay una asociación entre experiencia y conocimientos, y el actor.

En esta entrevista se pudo identificar la manera en que trabaja el aspecto financiero del proyecto, pues, al menos en el caso de OSIRIS, el entrevistado menciona que los gastos iniciales eran cubiertos por el GTC y por el Instituto de Astrofísica de Canarias en cuanto a gastos adicionales.

También se puede observar que existe un intercambio con fines científicos en este tipo de proyectos: el *tiempo garantizado*. Este significa que los equipos de trabajo involucrados en el diseño de un instrumento tienen la posibilidad de utilizarlo una vez que esté disponible. Esto es un elemento que permite dar continuidad al proceso que sigue la ciencia al responder a su autonomía. Con el tiempo garantizado los astrónomos pueden utilizar los instrumentos y obtener datos científicos, además de que de esta manera se puede adquirir mayor experiencia en el manejo y el diseño de los instrumentos, que es beneficioso para el trabajo de los ingenieros e instrumentistas.

Cuando el entrevistado habla de seguir las especificaciones del proyecto, se hace una conexión entre el equipo de trabajo de FRIDA y OSIRIS con el Comité Científico Asesor del GTC; es decir, hay una asociación entre instituciones y organizaciones, y actores en ambos lados: por uno, los del Comité; por otro, los que diseñan los instrumentos. Ambos lados de la asociación llevan a los instrumentos, tanto a los del GTC, como a los que proveyeron de la experiencia necesaria para su diseño y elaboración.

Al trabajar con otros equipos de trabajo, uno en específico puede darse cuenta de las capacidades propias, lo cual puede llevar a desarrollos de nuevos conocimientos o instrumentos. Recuérdese la relación entre este hecho y el concepto de autonomía de la ciencia.

Cuando el entrevistado habla de su decisión por participar en un proyecto más grande, dice que ello puede beneficiar a su propia institución, lo cual demuestra una asociación entre el GTC y el IA-UNAM por medio de los niveles de conocimientos y de instrumentos. Esto da posibilidad para que se desarrollen posteriormente otros proyectos en el Instituto de Astronomía que contengan elementos provenientes del GTC y de la experiencia que los actores tomen de él. Un ejemplo de esto es la remotización o la observación remota, que fue incorporada en el telescopio de un metro de Tonanzintla.

En esta entrevista se muestra también que la experiencia proveniente de trabajar con un instrumento similar – en técnicas, no en tamaño – al GTC, como con el Dos metros de San Pedro Mártir, dio al IA-UNAM la posibilidad de trabajar en ese proyecto. Sería interesante conocer si el CIDESI seguirá trabajando con el IA-UNAM en proyectos destinados a los observatorios mexicanos.

Un elemento muy interesante que se obtiene de esta entrevista es que algunos investigadores del IA-UNAM decidieron desarrollar la óptica adaptativa por medio de instrumentos, y estos conocimientos o técnicas significaron un impulso y una posibilidad para poder desarrollar FRIDA; y además, de ser desarrollado de cierta manera. Esta

asociación entre conocimientos, instrumentos e instituciones pueden demostrar la continuidad del proceso que se menciona en el concepto de autonomía de la ciencia. El IA-UNAM estaba interesado en desarrollar instrumentos que explotaran la óptica adaptativa (aquí se envuelven una institución, con sus distintos actores pertenecientes, y un conocimiento y técnica específica); el GTC (otra institución) se interesa en los conocimientos de la institución anterior y se realizan esfuerzos para desarrollar intereses comunes basadas en ese conocimiento. El interés del IA-UNAM por participar de manera más seria con el GTC lo lleva a desarrollar mejor el conocimiento e incorpora elementos más avanzados de mecánica y control (a causa de un conocimiento y experiencia surge un interés interinstitucional, que a su vez lleva a una de las instituciones a desarrollar más ese conocimiento: crear más conocimiento). Las revisiones extrainstitucionales continuas representan la continuación del proceso: después de que hay conocimiento, nuevos grupos son organizados para revisarlo, utilizarlo haciéndolo más óptimo y desarrollándolo.

## **5.2 Entrevista 2: Astrónomo 1**

La formación de este investigador en física y en astronomía presentan una asociación entre actor y conocimiento; además, el postdoctorado lo lleva a involucrarse en otra institución diferente, involucramiento basado en la experiencia del actor, una experiencia de varios años desarrollada en el campo de interés de las instituciones: observatorios astronómicos.

Las experiencias y conocimientos de este actor son principales en el desarrollo de FRIDA, un instrumento nuevo desarrollado por varias instituciones y varios conocimientos. Pero estos conocimientos son útiles para el desarrollo del instrumento en tanto logran vincular experiencias del grupo científico con las del grupo de ingenieros e instrumentistas.

En esta entrevista se muestra en la pregunta 6 cómo los intereses de una institución (GTC) son respondidas por los actores de otra (IA-UNAM), posibilidad proveniente del conocimiento. Con la experiencia resultante de estos intereses (de GTC en un principio), se crea un impulso hacia el desarrollo de otro instrumento (para el telescopio de Dos metros, del observatorio de San Pedro Mártir). La experiencia en el desarrollo de instrumentos de alta resolución para el GTC vuelve competente a este entrevistado para el proyecto del telescopio de Dos metros.

El entrevistado expone en una de sus respuestas que uno de los beneficios (que son continuidades en el proceso de la autonomía de la ciencia) otorgados por distintas instituciones, la Universidad de Florida y el IA-UNAM, van más allá del dinero: las aportaciones vienen del aprovechamiento de la experiencia, del conocimiento. Es mencionado aquí que el interés de España por que México (sus instituciones) y Florida, formaran parte del proyecto de GTC, era su experiencia en el diseño de telescopios, que España no tenía. Esto representa que los conocimientos de una institución la llevan a formar parte de nuevos grupos.

El entrevistado hace mención de la complejidad que puede tener un instrumento que deba satisfacer necesidades de distintas instituciones, que aunque sean intereses científicos, pueden variar dependiendo de la institución. También dice que existen unos intereses científicos que son más apoyados que otros, cuando resultan de más interés para una mayoría. Pero el proceso de la autonomía de la ciencia, que lleva a unir experiencias y conocimientos distintos e intereses de distintas instituciones, trae como consecuencia una reducción en estas limitaciones, y ésta lleva a una expansión en las funciones del instrumento, lo cual sólo puede significar la creación de más conocimiento. Sin la posibilidad de esta reducción de limitaciones no existe la posibilidad de crear nuevos conocimientos, o al menos no en ese nivel. De lo anterior, se sigue que hay intereses que llevan a recompensas científicas: el tiempo garantizado, que sólo puede significar la posibilidad de continuar el proceso por el que la ciencia, o el conocimiento científico, crea más ciencia.

Para concluir con el análisis de la entrevista, se remarca que este actor reconoce que unos ciertos conocimientos lo llevan a formar parte de una organización, y de esa experiencia, surge la posibilidad de trabajar en el desarrollo de más conocimiento.

### **5.3 Entrevista 3: Astrónomo 2**

En esta entrevista se muestra, como en las anteriores, que la incorporación de un investigador al proceso de la ciencia inicia con sus estudios, en la asociación entre actor y conocimiento. El entrevistado estudió física y se formó en el IA-UNAM, antes de hacer sus estudios en astronomía. Su postdoctorado representa la adquisición de experiencia y más conocimiento en el campo de la astronomía, que le permitió regresar a incorporarse al IA-UNAM.

Sus experiencias y conocimientos lo llevaron a posicionarse en el grupo que definiría los detalles del telescopio. Menciona que los involucrados en esa tarea eran un español, un australiano y él; todos llegaron a esa posición sosteniéndose en sus experiencias, es decir, los conocimientos llevan a la formación de grupos con intereses similares. Desde esta posición el entrevistado recibió la tarea de organizar los congresos, que sirven para conjuntar experiencias y conocimientos acerca del nuevo instrumento.

Es interesante observar que muchos de los conocimientos necesarios no forman parte de los poseídos por los investigadores, pero la meta de obtenerlos los lleva a organizarse y a planear una manera de trabajo. Esto es, no solo los conocimientos llevan a la organización, es también importante el interés por la obtención de éstos lo que lleva a la formación de un grupo. Los conocimientos adquiridos en estas nuevas organizaciones no se limitan al fin por el que fueron obtenidos, sino que son utilizados para el desarrollo o el mejoramiento de instrumentos ya existentes.

El entrevistado reconoce la colisión entre distintos intereses en un proyecto como el aquí analizado, pero se puede observar que estos intereses distintos, políticos y económicos, son lo que permiten de una manera definitoria que el proyecto pueda ser llevado a cabo; sin embargo, los conocimientos – o su búsqueda – son el elemento por el que se pueden materializar dichos intereses. En cuanto a las relaciones entre científicos con otros campos, este astrónomo reconoce que las necesidades en la realización de grandes proyectos llevan a su sensibilizarlos hacia esas necesidades, entonces es posible descartar la antigua idea de autonomía de la ciencia donde todo debe ser decidido sólo desde el “interior” de la ciencia.

La vinculación entre distintos tipos de conocimientos, o disciplinas, presentan una asociación que permite la continuidad del proceso, además de la vinculación existente entre distintas instituciones y distintos intereses. Este entrevistado reconoce la necesidad de esos vínculos para la realización de proyectos científicos grandes, donde queda incluida la necesidad de desarrollar conocimientos distintos a los científicos que lleven a completar el proceso.

Es necesario rescatar que en esta recolección de datos se explica que los conocimientos no son acumulables, sino un ejercicio de rescatar o rechazar lo que sea necesario y lo que no lo es. Si el conocimiento sólo fuera una cuestión de reunir todo lo existente no habría necesidad de analizar en casos específicos el proceso de la autonomía de la ciencia. Y este proceso no tendría sentido pues no habría necesidad de unir a actores e instituciones específicos para proyectos específicos, todo sería realizable

sin necesidad de contar con unos conocimientos en vez de otros. Un aspecto en el que debe poner atención el concepto de autonomía de la ciencia es que son algunas entidades – conocimientos, actores, instituciones, etc. –, no todas o no cualesquiera, las que posibilitan este proceso.

La pregunta 10 plantea cómo fueron necesarios algunos instrumentos anteriores y algunos elementos históricos para permitir que el proceso del que se habla en el concepto de autonomía de la ciencia fuera llevado a cabo. Existieron otros telescopios para que se pudieran realizar nuevos que incluyeran otras especificaciones, es decir; las experiencias no surgen sólo de los actores, sino de un conjunto de sucesos históricos, materializados en instrumentos. También es dicho que el GTC incorpora elementos – conocimientos, técnicas y experiencias – que ya responden a la continuidad del proceso, a la creación de instrumentos y conocimientos tecnocientíficos más novedosos.

#### **5.4 Entrevista 4: Instrumentista 2**

En esta entrevista, como en las anteriores, se muestra que el actor ingresa al proceso desde su formación, donde adquiere los conocimientos y las experiencias necesarias para desempeñarse dentro de él. Este caso es interesante porque el entrevistado obtuvo su formación en disciplinas más relacionadas con la instrumentación que con la astronomía, fundamentales para la elaboración de telescopios: óptica y fotónica. Los años que ha dedicado a su trabajo relacionado con la instrumentación demuestran su experiencia en el campo. Es de notarse que el entrevistado hace una distinción entre la labor de investigación científica y la de la ingeniería, pero muestra que ambas son relacionadas, o más bien son parte necesaria, del proceso que permite el desarrollo de la ciencia.

Es interesante la información que otorga el entrevistado en cuanto al Sistema Nacional de Investigadores, porque pone en cuestión el reconocimiento que se necesita para tomar un trabajo realizado como válido, más allá de una institución. Sean indicados o no los lineamientos necesarios para pertenecer a este sistema, la función latente que proporciona es la de romper los límites que sujetan a los actores y a su trabajo a una sola institución. Esta membresía le da la posibilidad de adquirir apoyos que de otra manera no son obtenibles, mismos que permiten la continuidad del proceso. Así, los afanes de reconocimiento pueden ser más útiles para el proceso que la sola ambición personal.

Lo anterior puede ser analizado para incluir una perspectiva relacionada con el concepto que aquí se trata de ofrecer. La autonomía de la ciencia pudiera envolver las estrategias que son favorables para la continuidad del proceso.

Desde la perspectiva de este actor, el IA-UNAM se relacionó con el GTC y pasó a formar parte de este proyecto al demostrar que podía ofrecer una técnica – conocimiento – para obtener un fin requerido para el instrumento. Aquí se identifica una asociación que va de una institución a otra por medio del vínculo del conocimiento. Este conocimiento había sido obtenido del trabajo en un telescopio (Dos metros) en el que se han implementado conocimientos desarrollados en el GTC, según los otros informantes. Esto representa una asociación que va de un instrumento A, a un instrumento B por medio de un conocimiento A'. Del instrumento B se transmite un conocimiento B' obtenido del instrumento B. Por supuesto, este proceso estuvo sometido a revisión por parte del comité internacional (el SAC) del Grantecán.

Cuando habla de su responsabilidad en el instrumento, el entrevistado dice que incorporó a más gente al proyecto. Esto no representa una necesidad del actor, sino una necesidad del proyecto, entonces, los intereses van más allá de voluntades distintas a las del proyecto, o del proceso.

Al hablar del procedimiento por el que se ideó el instrumento FRIDA se presenta otra manera de asociación metonímica: Se necesitaba un instrumento para la óptica adaptativa, para el que se unió un grupo para que propusiera un proyecto en común. Aquí la asociación se da entre el conocimiento existente sobre la óptica adaptativa, y éste debía ser explotado por medio de un instrumento, propuesto por un grupo formado por actores de distintas instituciones. Entonces, la asociación inicia en el nivel del conocimiento, de ahí pasa al de varias instituciones – las que trabajan en FRIDA: IA-UNAM, Universidad Complutense de Madrid, Instituto de Astrofísica de Canarias, Universidad de Florida, Laboratorio de Astrofísica de los Pirineos, CIDESI – junto con los actores que pertenecen a ellas y que trabajan en el proyecto, y culmina en el nivel de los instrumentos.

El procedimiento con el que se diseñó FRIDA también puede verse por etapas de la siguiente manera, de acuerdo por la información obtenida en esta entrevista: de conocimientos y una organización (propuesta del instrumento, equipo que lo propone) a una organización (comité evaluador) pasando por los conocimientos y experiencias de éste, que han trabajado en el ESO (European South Observatory). El procedimiento termina donde el instrumento está terminado; al producirse los primeros datos y ser

utilizados por los astrónomos, por ejemplo, los que utilicen el tiempo garantizado, se da el inicio de otro proceso – como se dice en la definición de autonomía de la ciencia propuesta. Bien puede decirse que la autonomía de la ciencia son esos elementos que permiten la continuidad del proceso, como el tiempo garantizado.

En esta entrevista se menciona que gracias a que se contó con el conocimiento sobre óptica adaptativa, se pudo idear un instrumento que aprovechara esta técnica, lo cual representa una asociación entre el nivel del conocimiento y el de los instrumentos. La organización del grupo que trabaja en FRIDA representa la continuación de ese proceso hacia el nivel de las instituciones u organizaciones. Un actor que es mencionado en esta parte de la entrevista representa los nuevos actores involucrados para continuar el proceso, como es mencionado en el concepto de autonomía de la ciencia.

Resulta muy interesante una parte de esta entrevista, donde el instrumentista menciona una limitación al progreso de la ciencia. Dice que los espejos de los telescopios no pueden ser mayores a ocho metros, porque si eso sucede es difícil transportarlos, debido al tamaño de las carreteras y al de los contenedores. Esta respuesta puede poner fuera de contexto las viejas e idealistas concepciones de la autonomía de la ciencia. ¿Dónde quedarían los esfuerzos de Merton por la defensa de la autonomía de la ciencia por medio del ethos normativo si él hubiera sabido de este tipo de limitaciones? ¿El tamaño de las carreteras o contenedores puede ser explicado por una ausencia de comunismo, universalismo o escepticismo organizado? No. Pero este ejercicio es una prueba de que la autonomía de la ciencia existe, si se sabe buscar y si se tiene un aproximado de qué es lo que se quiere encontrar. La solución a esta limitación proviene de la misma experiencia técnica y del conocimiento sobre la posibilidad de realizar telescopios con espejos segmentados, no es necesario que un consejo nacional para el apoyo de la ciencia proponga un decreto para la construcción de carreteras más grandes. Y este conocimiento y técnica surge del mismo ejercicio de trabajar con telescopios y sus correspondientes espejos. El GTC colabora con ese proceso.

### ***5.5 Hallazgos en la interpretación de las entrevistas***

Las entrevistas presentaron utilidad para complementar y ejemplificar asociaciones metonímicas en el desarrollo del Gran Telescopio Canarias; además, fueron útiles para reelaborar el concepto de autonomía de la ciencia, de una manera relacionada a la que se había realizado en un capítulo anterior. La necesidad de las entrevistas queda manifiesta

en el hecho de que no todas las partes del proceso pueden ser reconocidas a través de la consulta de los documentos y de los sitios electrónicos de las instituciones, organizaciones y del mismo GTC. Los huecos debían ser cubiertos, en primer lugar, con los datos extra obtenidos en las entrevistas; y en segundo, por la interpretación de estos datos. Principalmente, los datos obtenidos sirven para poder posicionar los elementos en un orden causal.

Hay que poner atención al “tiempo garantizado”, en el que los participantes en la construcción del instrumento o de los instrumentos pueden utilizarlos con el fin de explotarlos y de obtener un beneficio de su participación dentro del proyecto. Los investigadores que utilicen su tiempo garantizado correspondiente obtendrán datos astronómicos originales. Así, el tiempo garantizado es un elemento que posibilita la ampliación de conocimiento científico. Quizá el elemento más importante que pueda ser definido como autonomía de la ciencia sea esta política de recompensa. De ser así, el concepto debe describir elementos de esta naturaleza.

Otro hallazgo interesante es que los conocimientos producidos no son implementados sólo al instrumento para el que fueron producidos en primera instancia, sino que esta experiencia trasciende de él e impacta en otros instrumentos, externos al proyecto. Además, las relaciones entre las distintas instituciones y actores no se limitan al proyecto por el que fueron creadas, además de ello éstas siguen existiendo para llevar a cabo otros proyectos posteriores.

De una de las entrevistas surge que no es sólo el conocimiento lo que lleva a la organización de grupos; la búsqueda del conocimiento sustituye al conocimiento ya obtenido, y eso lleva a esta organización. Este aspecto debe tomarse en cuenta en la redefinición del concepto de autonomía de la ciencia.

Gracias al material obtenido se puede incluir en la redefinición del concepto la especificidad de los elementos, en todos los niveles, pues no son cualesquiera los que pueden incorporarse al proceso, sino sólo los que son seleccionados por el mismo proceso y por sus necesidades.

Cuando se habla de la función que se le puede adjudicar al Sistema Nacional de Investigadores, se hace referencia a una estrategia utilizada para posibilitar el proceso del desarrollo de la ciencia. Debido a esto el concepto debe incluir que no son sólo elementos los que hacen la autonomía de la ciencia, además hay estrategias que se realizan en el aprovechamiento de elementos o instituciones presentes en el proceso.

Una vez retomadas estas observaciones, es posible presentar una propuesta final para el concepto de autonomía de la ciencia.

## CONCLUSIONES

El 24 de julio de 2009 fue inaugurado el Gran Telescopio Canarias en el Observatorio Roque de los muchachos, en la isla de La Palma. Estuvieron presentes los Reyes de España, la Ministra de Ciencia, Innovación y Tecnología, el Presidente del Gobierno de Canarias y autoridades de las instituciones de Estados Unidos y de México participantes en el proyecto. Al evento también asistieron distintos funcionarios de la Unión Europea, astrónomos conocidos y presidentes de los telescopios más importantes del mundo, como el European Southern Observatory, localizado en Chile.

El evento tuvo una gran cobertura debido a la importancia que representa, tanto para la ciencia y la tecnología como para el lugar que ocupa España en cuanto a productor de conocimiento. Ya se ha mencionado que el cielo sobre la localidad geográfica del Observatorio es protegido por una ley que regula las emisiones de luz y otros elementos dañinos para la observación astronómica. La importancia de que un país sea considerado entre los mayores productores de conocimiento científico pudo ser un motivo que condujo a las autoridades del gobierno y de la corona españoles a apoyar dicha ley, pues, con un cielo protegido es posible obtener datos astronómicos de interés para muchas de las grandes potencias mundiales, que puede ser traducido a mayores puntajes para España en los índices de desarrollo internacionales.

Además de lo que representa el proyecto para España, para las instituciones participantes también significa una estrategia de estatus político. Debido a ello, y para ejemplificar la magnitud del proyecto para México, el Rector de la Universidad Nacional Autónoma de México, José Narro Robles, estuvo presente en la inauguración. En su discurso, reconoció la importancia científica del proyecto y agradeció la confianza otorgada a las instituciones mexicanas.

No obstante, los significados políticos y económicos a los que conlleva una plataforma tecnocientífica como la analizada, no ocasionan que la ciencia tenga la posibilidad de cumplir con su objetivo, que ha sido mencionado en bastantes ocasiones a lo largo de estas páginas, por Michael Gibbons y Robert Merton, entre otros, que es la ampliación del conocimiento científico. Este trabajo tenía por objetivo la explicación de un concepto relacionado con tal objetivo.

La autonomía de la ciencia es el medio por el que una especie de conocimiento puede ser expandido, por el que el desarrollo científico es posible. Si bien los esfuerzos

de otras instituciones sociales están destinados a la ciencia, ellas en sí y sus contribuciones no son lo mismo que la ciencia. Podrán aportar recursos económicos, autorizaciones legales y posibilidades instrumentales, pero no crearán más conocimiento científico. En cambio, elementos como el *tiempo garantizado*, que pueden haber sido planeados como manera de adquirir algún beneficio personal o institucional, subjetivo y no racional, como puede ser el afán por utilizar el tiempo de telescopio sin tener que invertir en el costo de un Euro por cada segundo, producirá nuevos datos y nuevo conocimiento científico.

Gracias al análisis de las entrevistas – de observar en la realidad el concepto – es posible reconstruir de una manera más útil o detallada el concepto presentado anteriormente, que había sido expuesto de la siguiente manera.

*“La autonomía de la ciencia es la capacidad que tiene esta práctica social – que envuelve instituciones, organizaciones, conocimientos, instrumentos, artefactos, investigadores y contextos históricos específicos – para formar nuevas instituciones, organizaciones, instrumentos, artefactos, y nuevos investigadores, que hacen posible la ampliación del conocimiento científico. La autonomía reside en que este hecho depende absolutamente de los conocimientos científicos y técnicos anteriores, y de la intención de ampliarlos.”*

Con el análisis de la información obtenida, no ya de la teoría, el concepto puede ser atribuido de distintas observaciones, que ya fueron expuestas en el apartado anterior. Aquí se intenta incorporar dichas observaciones al concepto.

La autonomía de la ciencia no es la capacidad en sí, sino los elementos o las estrategias que crean esta capacidad. Ya se ha dicho que uno de estos elementos es el tiempo garantizado, como es utilizado dentro del proyecto astronómico presentado.

*“La autonomía de la ciencia consiste en los elementos o estrategias que tiene esta práctica social – que envuelve instituciones, organizaciones, conocimientos, instrumentos, artefactos, investigadores y contextos históricos específicos – para formar nuevas instituciones, organizaciones, instrumentos, artefactos, y nuevos investigadores, que hacen posible la ampliación del conocimiento científico. La autonomía reside en que este hecho depende absolutamente de los conocimientos científicos y técnicos anteriores, y de la intención de ampliarlos.”*

Contando con este concepto es posible redactar de una manera más específica la hipótesis propuesta, que si era presentada así:

“El proyecto del Gran Telescopio Canarias presenta elementos específicos que posibilitan que el conocimiento científico produzca más conocimiento científico, entonces éstos representan la autonomía de la ciencia”,

entonces, es posible especificarla del siguiente modo:

*En el caso del Gran Telescopio Canarias, la autonomía de la ciencia, es representada por el “tiempo garantizado”, debido a que la autonomía de la ciencia consiste en los elementos y estrategias que tiene esta práctica social – que envuelve instituciones, organizaciones, conocimientos, instrumentos, artefactos, investigadores y contextos históricos específicos – para formar nuevas instituciones, organizaciones, instrumentos, artefactos, y nuevos investigadores, que hacen posible la ampliación del conocimiento científico. La autonomía reside en que este hecho depende absolutamente de los conocimientos científicos y técnicos anteriores, y de la intención de ampliarlos.”*

Como el concepto al que se llegó no es limitado por la controversia teórica, y como fue posible identificar elementos que lo validaran en el caso analizado, es posible decir que el primer objetivo de la investigación queda cubierto.

Las estrategias y los elementos en los que consiste la autonomía de la ciencia, pueden ser identificados en el tiempo garantizado, de modo que el segundo objetivo de la investigación también es satisfecho.

En este caso, debido a los argumentos anteriores, la hipótesis presentada puede considerarse correcta. Además, es posible que en otros casos – en proyectos científicos enfocados a otros intereses y que presenten dimensiones distintas – se encuentren otros elementos u otras estrategias utilizadas para que sean llevados a cabo. Pueden ser distintas al tiempo garantizado, pero si permiten que suceda lo descrito en el concepto, es decir, que la ciencia cree más ciencia, la manera en que presentamos el concepto es válida.

Una tarea que quedaría pendiente para investigaciones futuras consistiría en encontrar en otros proyectos elementos de la autonomía de la ciencia. Si es posible

encontrarlos, una tarea para los divulgadores de la ciencia sería explicar en qué consisten estos elementos, pues así los investigadores podrían poner más atención a cómo utilizarlos, que son, finalmente, de provecho para la ciencia. Organismos que premian la labor de la investigación científica, como el SNI, podrían ofrecer estímulos a quienes son conscientes de estos elementos. Por último, los gestores de la ciencia, rectores de universidades, directores de institutos de investigación y funcionarios de Consejos Nacionales de Ciencia, podrían encontrar lo positivo de apoyar proyectos orientados al largo plazo, pues en ellos es posible que se desarrollen o que se presenten estos elementos que permiten que el conocimiento científico lleve a la creación de más conocimiento científico, lo cual es favorable para el desarrollo de los países, de acuerdo con distintos organismos internacionales.

## BIBLIOGRAFÍA

### ***Textos consultados***

Akera, Atsushi (2007); "Constructing a Representation for an Ecology of Knowledge: Metodological Advances in the Integration of Knowledge and its Various Contexts". En *Social Studies of Science*. Vol. 37, No. 3. (Junio, 2007), pp. 197-224. Sage Publications, Inc.

Bartolucci, Jorge (2000); "La modernización de la ciencia en México. El caso de los astrónomos". Plaza y Valdés, México, 2000.

Bloor, David (1991); "Conocimiento e imaginario social". Gedisa, Barcelona, 1991.

Bourdieu, Pierre (2000); "Los usos sociales de la ciencia". Nueva Visión, Buenos Aires, 2000.

Bourdieu, Pierre (2007); "Intelectuales, política y poder". Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires, 2007.

Bowler, Peter J.; Morus, Iwan Rhys (2007); "Panorama general de la ciencia moderna". Crítica, Barcelona, 2007.

Callon, Michel; Courtial, Jean-Pierre; Penan, Hervé (1993); "La scientométrie". Presses Universitaires de France, París, 1993.

Carroll, Thomas P. (1986); "Incorrectness and Specific Doubts: Comment on Shapere". En: *Science & Technology Studies*, Vol. 4, No. 1, (Primavera, 1986), pp. 10-14. Sage Publications, Inc.

Cereijido, Marcelino (1997); "Ciencia sin seso, locura doble". Siglo XXI, México, 1997.

Cotgrove, Stephen (1970); "The Sociology of Science and Technology". En *The British Journal of Sociology*, Vol. 21, No. 1 (Marzo, 1970), pp. 1-15. Blackwell Publishing on behalf of The London School of Economics and Political Science.

Cuevas Cardona, María del Consuelo (2002); "Un científico mexicano y su sociedad en el siglo XIX. Manuel María Villada, su obra y los grupos de los que formó parte". Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, 2002.

Eaton, Muzza (1979); "Freedom and Responsibility Activities of Scientific Societies". En *Science, Technology & Human Values*, Vol. 5, No. 29 (Otoño, 1979), pp. 24-33. Sage Publications, Inc.

Feyerabend, Paul K. (1975); "Contra el método. Esquema de una teoría anarquista del conocimiento". Ariel, Barcelona, 1975.

Gaston, Jerry (1975); "Autonomy in the research role and participation in departmental decision-making". En: *The British Journal of Sociology*, Vol. 26, No. 2 (Junio, 1975) pp. 227-241. Blackwell Publishing on behalf of The London School of Economics and Political Science.

Gibbons, Michael; Limoges, Camille; Nowotny, Helga; Schwartzman, Simon; Scott, Peter; Trow, Martin (1997); "La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas". Pomares-Corredor, Barcelona, 1997.

González García, Marta I.; López Cerezo, José A.; Luján López, José L (2000); "Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología". Tecnos, Madrid, 2000.

Ianni, Octavio (2005); "La sociología y el mundo moderno". Siglo XXI, México, 2005.

IA-UNAM (2009); "Folleto de la Ley del Cielo", México, 2009.

Krige, John (1978); "Popper's Epistemology and the Autonomy of Science". En *Social Studies of Science*, Vol. 8, No. 3 (Agosto, 1978), pp. 287-307. Sage Publications, Ltd.

Kuhn, Thomas S. (2006); "La estructura de las revoluciones científicas". Fondo de Cultura Económica, México, 2006.

Lakatos, Imre (1993): "La metodología de los programas de investigación científica". Alianza, Madrid, 1993.

Luhmann, Niklas (2007); "Introducción a la teoría de sistemas", Universidad Iberoamericana, México, 2007.

Luhmann, Niklas (1997); "Sociedad y sistema: la ambición de la teoría". Paidós, Barcelona, 1997.

Martin, Oliver (2003); "Sociología de las ciencias". Ed. Nueva Visión, Buenos Aires, 2003.

Merton, Robert K. (2002); "Teoría y estructura sociales". Fondo de Cultura Económica, México, 2002.

Richards, Stewart (2008); "Filosofía y Sociología de la ciencia." Siglo XXI, México.

Ritzer, George (2005); "Teoría sociológica clásica". McGrawHill, México, 2005.

Rodríguez Sala, Ma. Luisa (1975); "La sociología de la ciencia en México: motivos para su estudio". En: Revista Mexicana de Sociología, Núm. 1, 1975.

Rose, Hillary (1975); "La ciencia manipulada en una sociedad manipulada". En: Revista Mexicana de Sociología, Núm. 1, 1975.

Shapere, Dudley (1986); "External and Internal Factors in the Development of Science". En: *Science & Technology Studies*, Vol. 4, No. 1, (Primavera, 1986), pp. 1-9. Sage Publications, Inc.

Sutton, John R (1984); "Organizational Autonomy and Professional Norms in Science: A case study of the Lawrence Livermore Laboratory". En *Social Studies of Science*. Vol. 14, No. 2. (Mayo, 1984), pp. 197-224. Sage Publications, Inc.

Taylor, S. J.; Bogdan, R. (2000); "Introducción a los métodos cualitativos de investigación". Paidós. Argentina, 2000.

Torres Albero, Cristobal (1991); "Sociología política de la ciencia". Siglo XXI de España. España, 1991.

Trabulse, Elías (1994); "Historia de la ciencia en México. El Colegio de México, México, 1994.

Turner, Stephen (1986); "The Sociology of Science in Its Place: Comment on Shapere". En *Science & Technology Studies*, Vol. 4, No. 1, (Primavera, 1986), pp. 15-18. Sage Publications, Inc.

Woolgar, Steve (1991); "Ciencia: abriendo la caja negra". Edit. Anthropos. Barcelona, 1991.

### **Sitios web consultados**

<http://www.astroscu.unam.mx/ia/>

<http://www.astro.ufl.edu/>

<http://www.colegionacional.org.mx>

[http://europa.eu/legislation\\_summaries/employment\\_and\\_social\\_policy/job\\_creation\\_measures/l60015\\_es.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/employment_and_social_policy/job_creation_measures/l60015_es.htm)

<http://www.gtc.iac.es/>

<http://www.gtcdigital.net/>

<http://www.iac.es/>

<http://www.iac.es/proyecto/otpc/ley.htm>

<http://www.inaoep.mx/>

<http://www.jstor.org/>

<http://www.oecd.org>

<http://es.wikipedia.org>

## **ANEXOS**

### **1. Entrevistas**

#### **1.1 Cuestionario**

Las preguntas básicas de la entrevista son las siguientes

##### **A) Datos del investigador**

1. Formación profesional
2. Años dedicados a la investigación científica
3. Nivel y número de años que ha formado parte del SNI
4. Instituciones (y periodos) donde ha laborado (bajo contrato)

##### **B) Objetivo de la investigación GTC**

5. ¿Qué responsabilidades ha tenido dentro del proyecto GTC?
6. ¿Cómo llegó a adquirir esas responsabilidades (qué posición ocupaba en su institución, con que conocimientos y habilidades contaba, sean estos científicos, institucionales o personales)?
7. ¿Puede explicar a grandes rasgos cómo funciona un proyecto científico de la magnitud del GTC? (tomando en cuenta intereses científicos, fondos, intereses políticos, alguno otro que se tenga en mente)

8. ¿Cómo puede quedar limitado (o beneficiado) el trabajo científico (incluyendo lo técnico, el diseño y la ingeniería), al verse expuesto a tan diversas instituciones con sus intereses correspondientes?

9. ¿Qué conocimientos científicos (o instrumentos) previos a la creación del GTC eran necesarios para la creación de éste? ¿Se obtendrán con el GTC nuevos conocimientos que hagan surgir la necesidad de nuevos instrumentos (junto con todo el entramado institucional, financiero, político, etc., necesario)? .... ¿Alguna idea o algún ejemplo?

10. Con base a su experiencia dentro del trabajo de investigación, ¿es posible decir que el desarrollo de distintos conocimientos científicos, puede llevar a reestructuraciones o a creaciones de nuevos grupos de trabajo? ¿De que manera puede ejemplificarse este proceso (en general y, de ser posible, en el proyecto del GTC)?

## **1.2 Entrevistado: Instrumentista 1**

### **1. ¿Me puedes hablar de tu formación profesional?**

Tuve la formación en Física en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Posteriormente hice un posgrado en ingeniería en la Facultad de Ingeniería de aquí de la UNAM e inicialmente cuando ingresé al Instituto de Astronomía sólo tenía la licenciatura. Ya ingresé directamente al Departamento de Instrumentación. Mi trabajo estaba en ese tiempo dedicado a la electrónica y al control, entonces mi maestría decidí hacerla en electrónica y control.

### **2. ¿Cuántos años has dedicado a la investigación científica?**

Bueno, en el Instituto de Astronomía tengo ya una antigüedad de 22 años, y todo el tiempo he estado vinculada al desarrollo de instrumentación para el Observatorio Astronómico Nacional con el interés de mejorar la infraestructura en términos de instrumentos más novedosos para los dos observatorios, tanto el de San Pedro Mártir como el de Tonantzintla. He invertido el tiempo que he estado en el Instituto a ese desarrollo.

**3. ¿Me puedes decir si estas en el SNI, cuánto tiempo has estado en él?**

Yo entré al SNI cuando saqué la maestría y cuando empezamos los proyectos más relevantes pues quedé fuera precisamente porque la productividad son proyectos más largos entonces tardan más tiempo en obtener lo que al SNI le interesa y entonces actualmente no formo parte del SNI.

**4. ¿En que instituciones has laborado?**

Trabajé en la Facultad de Ciencias antes de venir al Instituto y después en el Instituto de Astronomía

**5. ¿Dentro del proyecto del Gran Telescopio Canarias, o FRIDA en este caso, qué responsabilidades has tenido?**

Aquí podemos separarlo un poco porque en realidad yo tengo trabajando en proyectos que están vinculados con el GTC, eh, se podría decir que diez años, ¿sí? En el primer proyecto que participé fue en OSIRIS, que es el primer instrumento científico que ya actualmente esta puesto en el telescopio de Canarias. Y posteriormente de este proyecto surgió la cuestión de la participación en FRIDA, que fue una licitación abierta por parte de la oficina del proyecto, por Grantecán, y se formó un grupo de trabajo para presentar la licitación y afortunadamente la ganamos. Fue el primer proyecto internacional en el que participa la UNAM, y en ese proyecto tuvimos que formar un grupo de trabajo, no únicamente con personal del Instituto, sino que hubo que buscar alternativas para poder ampliar el trabajo de ingeniería. Tuvimos la buena fortuna de podernos vincular con el Centro de Desarrollo, Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, que es el CIDESI de Querétaro para presentar la licitación internacional para la cámara de verificación para el Gran Telescopio Canarias. Y conjuntamente con el CIDESI también aquí formamos un grupo de trabajo que prácticamente estuvimos dedicados a trabajar en ese proyecto de la cámara de verificación durante cuatro años. Y yo específicamente coordinaba labores tanto de OSIRIS como de FRIDA. He estado encargada de la gestión y de responsabilidades de coordinación de las labores de los grupos de trabajo, de todos los ingenieros, técnicos involucrados que laboramos en ambos proyectos, ¿sí? Y prácticamente, paralelamente fueron caminando.

La cámara de verificación se entregó en 2004, con plena satisfacción del Gran Telescopio Canarias y de hecho, algo que es importante es que fuimos el primer grupo que trabajó en la construcción de OSIRIS hasta su conclusión y entrega. Ese proyecto era un proyecto en donde nosotros fuimos invitados para el diseño óptico. Aunque los que lideraban ese proyecto era el Instituto de Astrofísica de Canarias, pero todo el desarrollo del diseño óptico se hizo totalmente en México y el diseño y la construcción de la cámara de OSIRIS, que concluyó y fue entregada en el Roque de los Muchachos. Prácticamente me aboqué a continuar con el trabajo en OSIRIS y la cámara fue entregada al Instituto de Astrofísica de Canarias en el 2006.

**6. ¿Cómo llegaste a adquirir esas responsabilidades (qué posición ocupaba en su institución, con que conocimientos y habilidades contaba, sean estos científicos, institucionales o personales)?**

Inicialmente, bueno, la cuestión es que cuando se nos invitó a trabajar en estos proyectos que, como te mencioné, el primero fue OSIRIS, a mi me invitaron a participar en la parte de electrónica y control, y posteriormente unos meses después fui jefe del departamento de instrumentación. Y como jefe del departamento de instrumentación, uno de los objetivos principales del Instituto fue que nosotros, bueno, era la época en la que posteriormente el Instituto y, por así decirlo, México, conjuntamente la UNAM, conjuntamente con el apoyo de CONACYT y del INAOE, se hicieron socios del Gran Telescopio Canarias y entonces la relación se hizo más estrecha y entonces ya hubo un mayor interés por que el grupo que estábamos ya trabajando en OSIRIS y que se veía la posibilidad de seguir, y para que tuviera una mayor prioridad fueron realmente proyectos institucionales para poder hacer los contratos a nivel universidad de manera más explícita. Y entonces, pues bueno, propiamente al estar al frente del departamento de instrumentación me permitió poder dirigir y tomar el liderazgo del grupo; pero ahí fue una cuestión de que, no porque yo fuera jefe de instrumentación tenía que ser necesariamente la que iba a tomar ese liderazgo sino que simplemente fue la manera en que se conformaron prácticamente las fuerzas para poder organizarnos y poder llevar adelante los proyectos.

**7. ¿Puedes explicar a grandes rasgos cómo funciona un proyecto científico de la magnitud del GTC?**

En el caso del instrumento OSIRIS, este instrumento fue uno de los proyectos que fue totalmente financiado por el Gran Telescopio Canarias con un presupuesto inicial y que se sabía que si eran necesarios más recursos económicos, a través del apoyo del Ministerio de Educación, y de los planes nacionales en España, formalizamos la colaboración con el Instituto de Astrofísica de Canarias, en el caso de OSIRIS ahí lo que llegamos al acuerdo de que todo lo que vendría siendo la parte de materiales y equipo que fueran necesarios, los viajes para los procesos de revisiones y evaluaciones del proyecto, todo lo cubriría el Instituto de Astrofísica de Canarias. Y la parte en metálico, propiamente dinero en efectivo para poder..., the man-power, las horas hombre de trabajo invertido de todos los ingenieros e investigadores del Instituto que estaban involucrados en el proyecto, iban a formar parte de lo que se llama el "tiempo garantizado". Entonces, además de que todo el proyecto, por así decirlo, teníamos el seguro de que íbamos a tener el financiamiento monetario para comprar todas las partes y viajes que fueran necesarios, también íbamos a tener, una vez que se concluyera y que estuviera el telescopio funcionando con OSIRIS en marcha, el Instituto iba a tener tiempo disponible para utilizarlo. Los criterios son que si son proyectos de interés para el Gran Telescopio Canarias, entonces ellos financian todo lo que viene siendo el Hardware de las cosas y, lo que es las horas hombre de trabajo invertidas por las instituciones que colaboran, se paga con tiempo de telescopio o tiempo garantizado. Entonces en el caso de OSIRIS también tenemos la cuestión de que el instituto cuenta actualmente con una cuarta parte del tiempo de vida del instrumento OSIRIS. Entonces son dos maneras, dos monedas de cambio muy distintas pero que para la investigación y el desarrollo tecnológico van aunadas.

Por un lado es un reto porque la parte científica pone una serie de condiciones y de especificaciones para que el instrumento sea como ellos lo han pensado, la oficina del proyecto, o en este caso el Gran Tecan pone los fondos y las instituciones colaboradoras ponen el trabajo, las horas de investigación científica pudiendo observar. Entonces vemos que es toda una serie de aspectos que si uno va cumpliendo con los objetivos científicos del instrumento, y que prácticamente, se puede decir, el objetivo esencial es tener un instrumento competitivo en el momento en el que se usa el telescopio, con todas las prestaciones que le es de interés al grupo que está proponiendo el instrumento. Creo que

en el caso de OSIRIS cumplimos también ampliamente todas las especificaciones y entonces nosotros, como institución, tenemos el tiempo garantizado del uso del telescopio.

Todas estas son las cuestiones que van involucradas para poder, de alguna manera, siendo del interés de toda la comunidad global, porque hay un interés científico, hay fondos que los hacen, y también tenemos la creatividad, la iniciativa, la fuerza de trabajo para poderlo llevar a cabo.

**8. ¿Cómo puede quedar limitado, o beneficiado, el trabajo científico al verse expuesto a las diversas instituciones con sus intereses correspondientes?**

En los proyectos que han sido proyectos de colaboración, yo creo que lejos de vernos limitados, nos hemos visto realmente beneficiados porque al tener una relación, prácticamente de pares en las instituciones, pues lo que sucede es que uno aprende diferentes formas de trabajo, aprende a tener diferentes estándares, porque estamos colaborando juntos, aunque algunos estamos en México o en España, o incluso en Florida, porque tenemos colaboraciones con Florida; con CIDESI... Y es lo que ha sido beneficioso en este tipo de proyectos, pues uno trabaja con una serie de especificaciones, osea, condiciones que nos van a permitir establecer prácticamente las metas a las que nosotros queremos llegar.

Y entonces aquí, al ir trabajando en paralelo y, además, estar sujetos a revisiones continuas, incluso por nuestros mismos compañeros de los grupos de trabajo, eso enriquece la manera de trabajar. O simplemente nos permite ver el nivel que tenemos, que nos puede estimular a mejorar, a superar, a llevar adelante ciertas cosas que tanto en la forma de trabajar como en la infraestructura que se tiene, pues entonces uno puede tener algo así como un anzuelo que uno sigue para poder mejor.

**9. Hablando del SNI, al no poder realizar publicaciones de una manera tan periódica como el SNI lo esperaría, ¿cómo se vive ese tipo de limitación por trabajar en un proyecto de tan larga duración?**

En este caso, prácticamente fue una decisión personal, yo creo que pude haber decidido en ese momento no involucrarme en este tipo de proyectos, no adquirir una responsabilidad como la que adquirí, pero a mi me interesaba, por un lado, estar trabajando en este tipo de grandes proyectos. Dada la responsabilidad que yo tenía a

nivel institucional, y eso lo vuelvo a reiterar, es una decisión realmente personal, no tiene que ver con alguna otra cosa. Yo pude haber decidido que mi interés estaba en permanecer, tener una producción, cualquiera que ésta fuese, pero para mi en ese momento mi compromiso con la institución en términos de querer mejorar la infraestructura, es algo así como entrar en las grandes ligas, tanto en términos de la exigencia de lo que alcanzan estos proyectos, en primer lugar se está trabajando en un proyecto para un telescopio de 10 metros. Nosotros en México tenemos una realidad de que nuestro mejor telescopio es un telescopio de 2.1 metros. En México no tan sólo tenemos las limitaciones de tener, eh, pues las participaciones dentro del SNI o de las evaluaciones mismas de una institución, que son los proyectos grandes que uno pudiera tener, yo lo puedo decir: no son ni siquiera comprables remotamente con los proyectos con los que he podido participar en el Gran Tecan. Hay montos muy superiores por varios factores ¿si?, tanto en financiamiento como en estos retos de desarrollos tecnológicos, en formación de grupos, y también yo tenía la inquietud de mejorar la infraestructura de este departamento. Al ver que la infraestructura de nuestro Instituto se viera beneficiada, yo creo que para mi era un estímulo mayor el estar participando en estos proyectos que, por decirlo de alguna manera, económico, meramente del SNI.

Además estos proyectos, mientras fueron avanzando, lo puedo decir, ya son diez años de estar participando, de estar colaborando en este tipo de cosas, este..., yo empecé en desarrollos como fue la remotización y la observación remota con el telescopio de un metro, de Tonanzintla, para mi también significó un reto importante, fue una cosa que también me permitió a mi escalar niveles de mi productividad, mi desarrollo, tanto en términos de ingeniería, que pude subir el nivel académico que yo tenía.

Posteriormente ya con los proyectos del GTC subí los niveles de producción que he tenido durante todo este tiempo, me han evaluado con los niveles más altos de productividad. Entonces eso es una compensación que, bueno, se ha buscado que todo el grupo que colabora en estos proyectos podamos al menos tener estos niveles. Entonces, pues bueno, a lo mejor no todos pudimos permanecer en el SNI, pero pues económicamente todos estamos bien, posiblemente no como con el SNI, pero hay premios muy estimulantes que han permitido que poco a poco podamos tener, o sea, el hecho de tener un proyecto ya andando, como era OSIRIS; el que nos aceptaran un proyecto que fue licitación internacional; que concursamos con empresas europeas del primer nivel y que nos lo otorgaran a nosotros, que fue un proyecto que se concluyó en

tiempo y en forma, que se concluyera OSIRIS satisfactoriamente, ha sido una cadenita que esto también hizo que nos llevara a tener una mayor participación.

Entonces si, hay limitantes en términos de que, se puede decir, no estoy en el SNI, no tengo un doctorado como hubiese querido tenerlo en algún momento, porque también estaba el dilema de que si yo en algún momento me dedico a hacer el doctorado y lo saco ya y..., pues seguir en esta línea ¿no? No se si en algún momento saque ese doctorado pero al menos, se que la satisfacción en la participación en estos proyectos, tanto a nivel profesional, como a nivel personal, han sido muy positivos. También esta ha sido una de las cosas que para mí, pues han sido importantes. Tanto con mi grupo, porque así yo lo siento, o sea, me siento parte de un grupo de trabajo en donde estamos involucrados, estamos participando, y entonces eso retroalimenta las cosas que uno hace y que siente que son importantes. Externamente, es apreciado el trabajo del Instituto en términos de instrumentación, por grupos internacionales, y ese hecho es muy satisfactorio.

**10. ¿Qué conocimientos científicos (o instrumentos) previos a la creación del GTC eran necesarios para la creación de éste? ¿Se obtendrán con el GTC nuevos conocimientos que hagan surgir la necesidad de nuevos instrumentos (junto con todo el entramado institucional, financiero, político, etc., necesario)?**

La cuestión fue que nos pusimos en contacto con CIDESI y de esa manera completamos el equipo. Y..., los conocimientos que se requerían también, y la cuestión de por qué queríamos tener una incidencia en ese sentido porque también, desde hace muchísimo tiempo, estábamos interesados en poder tener un proyecto de un gran telescopio en el observatorio de San Pedro Mártir. Y para poder encontrar el financiamiento de un proyecto como éste, pues veíamos que era prácticamente imposible porque en todos lados lo que piden son experiencia en desarrollos similares, y pues aquí en México no hay, o no había habido, desarrollos similares.

¿Y por qué pensamos que podía ser una buena idea participar en el Grantecán? Porque ahí ya era un telescopio que estaba en marcha, y teníamos algo de experiencia y, simplemente ver si podíamos ser capaces de formar un grupo que, con la experiencia que teníamos de instrumentos para telescopios más pequeños podía ser el brinco para otro tipo de proyectos. Y te digo, si había cosas que habíamos desarrollado que nos permitieran realmente pues hacer propuestas que fueran de interés para la comunidad.

**11. Al participar en la creación de estos instrumentos, y de estos proyectos, ¿se pueden obtener nuevos conocimientos que hagan surgir la necesidad de nuevos instrumentos y... que siga esa cadenita?**

Si, pues así es en parte cómo se ha dado yo creo que en el caso de FRIDA, ha sido como consecuencia de una serie de intereses que, tanto han sido desarrollados aquí en el instituto por alguno de los miembros del departamento, de hacer óptica adaptiva, de hacer un instrumento científico que pudiese explotar la óptica adaptiva, llegar a crear instrumentos que tuvieran una alta reproducción espacial; el interés de seguir vinculados de alguna manera con este tipo de proyectos. Entonces prácticamente, el Gran Telescopio Canarias, por un lado, este..., sabía de una experiencia previa en esta área en que podíamos tener la capacidad de que, aunque es un grupo pequeño ya habíamos estado en el desarrollo de proyectos con ellos, y pues eh, fue uno de los elementos, supongo yo, que permitió que FRIDA se consolidara como lo que es. Porque prácticamente fue una propuesta de instituciones que colaboramos para GTC pero prácticamente poniendo intereses científicos de las tres instituciones, y experiencias que se habían ya realizado en instrumentos previos para el Gran Telescopio Canarias. O sea, era como tratar de conjuntar la experiencia técnica de las instituciones para el desarrollo. Y por otro lado el interés científico de tener el instrumento que explotara la óptica adaptativa de alta resolución, que tuviese gran resolución espacial, gran resolución espectral, este..., fue lo que hizo que FRIDA tuviera prácticamente el concepto que tiene actualmente. Que se pudieran hacer también cuestiones de alto contraste... entonces ha sido una combinación de intereses de las personas que formamos el grupo, y las instituciones para que FRIDA se consolidara.

**12. Con base a tu experiencia dentro del trabajo de investigación, ¿es posible decir que el desarrollo de ciertos conocimientos científicos puede llevar a reestructuraciones o a creaciones de nuevos grupos de trabajo?**

Si, bueno, es el famoso círculo virtuoso entre la ciencia, el desarrollo tecnológico, la innovación, y nuevamente la retroalimentación hacia la ciencia, ¿no? Yo creo que aquí se cumple totalmente. Este tipo de proyectos nos ha demostrado que podemos formar grupos ricos en todos los aspectos: tanto de ingeniería porque, por ejemplo, en el caso de OSIRIS, pues estábamos dos instituciones trabajando juntas, como era el Instituto de

Astrofísica de Canarias y el Instituto de Astronomía, muy enfocado a las experiencias que se habían desarrollado anteriormente, o sea, el Instituto era muy bueno en la parte óptica, en el diseño óptico... y pues en el caso reciente fue donde coincidió. Ya con la cámara de la verificación, que fue un instrumento prácticamente completo... no solamente pensar que estábamos haciendo una sección, una parte como podía ser la óptica, o nada más la cámara, entonces pues eso hizo que nos enriqueciéramos con las partes correspondientes a una formación... o incluir en el grupo más cosas de electrónica, control, procesamiento, este..., la mecánica a más alto desarrollo, como requería del desarrollo de modelos, procedimientos que mantienen la estabilidad, y pues eh... eso es que las exigencias científicas nos hacían hacer instrumentos, pero para ese instrumento necesitamos ampliar nuestro conocimiento.

En términos por ejemplo de FRIDA, ahí todavía es un proyecto más ambicioso, que tiene demandas mucho más fuertes, es un instrumento infrarrojo que requiere estar..., que es criogénico. Entonces, experiencias que habían tenido las otras instituciones tuvimos que enriquecerlas y ampliarlas en los aspectos que se necesitan y, este proyecto es un proyecto multi-institucional donde estamos participando el orden de instituciones de cuatro diferentes países, y entonces eso va ampliando tanto en términos de desarrollo tecnológico, de vinculación, de conocer las formas de trabajar; y también los grupos científicos se van enriqueciendo en términos de los alcances y las formas de trabajo.

Entonces el estímulo de cumplir objetivos científicos muy claros en un instrumento, llevan a todo eso que propiamente han ido enriqueciendo... Como somos un grupo más capaz, más fuerte, podemos exigir más de un instrumento y entonces la parte científica quiere tener mayores alcances en lo que está pidiendo, ¿no? Entonces es simplemente ganar experiencia, es generar recursos humanos altamente calificados... y yo creo que también el hecho de estar sometidos a revisiones continuas, por nuestros propios grupos de trabajo, y grupos externos, que también están trabajando con instrumentos similares en telescopios similares, pues eso es una motivación continua en donde aquellos quieren tener alta resolución espacial, coronografía, cuestiones de contraste, ¿por qué no nos vamos a alcanzar esos mismos retos? Entonces, pues sí, es una parte de este círculo de retroalimentación entre ciencia, desarrollo, enriquecer los grupos de trabajo, el exigir más, conocer más cosas, para poder mejorar los objetivos de los instrumentos, ¿no?

### **1.3 Entrevistado: Astrónomo 1**

#### **1. ¿Me puedes hablar de tu formación profesional?**

Soy inglés, hice mis estudios de licenciatura en Física en la Universidad de Cambridge. Después hice una maestría en Astronomía en la Universidad de Sussex. Fui a los Estados Unidos para hacer un doctorado en la Universidad de Wisconsin. Luego hice un post-doc en Arizona; luego vine a la UNAM a hacer otro post-doc y obtuve una plaza como investigador.

#### **2. ¿Cuántos años has dedicado a la investigación científica?**

¿Dónde quieres empezar? ¿Con el doctorado? Bueno, empecé mi doctorado en el 90 entonces, 19 años.

#### **3. Si estas en el SNI, ¿en qué nivel y desde hace cuántos años?**

Soy SNI nivel II y subí creo que hace como 6 años, pero no se exactamente hace cuanto.

#### **4. ¿En qué instituciones has laborado?**

Bueno, mi primer post-doctorado fue en Lowell Observatory, en Arizona; y luego en New Mexico State University; y en la UNAM.

#### **5. ¿Qué responsabilidades has tenido dentro del proyecto del GTC?**

Pues soy miembro del equipo científico de FRIDA, y adentro de FRIDA mis responsabilidades han sido desarrollar las especificaciones para que los ingenieros sepan qué necesitamos construir; simular el instrumento para que tengamos una buena idea de que tan bien va a funcionar el telescopio para que podamos planear ciencia. Y en general, servir como interfase entre la comunidad científica y la comunidad de los que van a construir el instrumento.

**6. ¿Cómo llegaste a adquirir estas responsabilidades, o a estar situado dentro de esta posición de trabajo?... ¿Por conocimientos, o con qué habilidades contabas..., por tu posición en la UNAM?**

Hace mmm, creo que como en 2002, el Grantecán estaba buscando construir un instrumento de alta resolución, y Salvador tuvo una idea para eso, y el director en aquel entonces, Pepe Franco, convocó un comité para elaborar los proyectos de alta resolución en el Instituto, puesto para Grantecán, otro fue un proyecto para el de 2 metros de aquí. Y bueno, yo fui miembro de esta comisión y me familiarizo bastante bien – y Salvador también – con este proyecto para 2 metros, entonces fui asignado como responsable científico, y Salvador como responsable técnico.

Entonces en eso yo empecé a trabajar mucho en la astronomía de alta resolución. Y cuando el instituto ya decidió participar también en un instrumento, digamos, similar para el Grantecan, con mi experiencia en este otro proyecto yo era un candidato muy obvio para trabajar en eso.

**7. A grandes rasgos, bueno, una brief description, ¿cómo funciona un proyecto como GTC, que involucra distintas universidades, distintos presupuestos, colaboraciones...?**

GTC es principalmente un proyecto español, España puso un 90% del dinero, recibe el 90% del tiempo, y ellos son responsables de construir y operar el telescopio. México y la Universidad de Florida somos socios muy chiquitos en niveles de 5% del dinero; pero en cuanto a términos de experiencia..., ayudan mucho, más que ese 5%.

GTC fue concebido durante los 90 en España como el proyecto nacional de más importancia en astronomía, no se cuanto sea el presupuesto pero debe ser alrededor de cien mil euros..., no, como cien millones de euros, y en una comunidad chiquita como en astronomía, no puedes estar pidiendo presupuesto cada dos años, pero la comunidad tomó la decisión. Yo no era parte de esa decisión, yo no estaba interactuando mucho con la comunidad española en aquel entonces, pero me imagino que... que ellos tuvieron un mecanismo, tal vez comités, para decidirlo. Y alinearon una comunidad hacia la misma meta. Y con ello, con mucho éxito consiguieron este dinero: una fracción del gobierno español y otra de la comunidad europea.

Se ha mantenido este enfoque desde entonces en el Grantecán. Yo creo que realmente para entender cómo se empezó este proyecto tendrías que hablar con gente más cercana al proyecto; los mexicanos llegamos cuando más o menos el proyecto ya estaba bien definido, y los españoles estaban buscando socios internacionales. Y esto es yo creo que por dos razones. Uno es la experiencia: España nunca había construido telescopios grandes. Había aquí gente con experiencia en otras áreas..., nosotros habíamos hecho estudios en ciertos aspectos de telescopios grandes. Florida tiene experiencia en eso también. Entonces era para atraer experiencia. Pero también era algo político, en que una vez que el proyecto tuvo socios internacionales era más difícil para el gobierno español cancelarlo. Porque si es un proyecto nacional pues lo puedes cancelar y pues enojas a la comunidad nacional. Si es un proyecto internacional y lo cancelas, pues ya es un problema entre el gobierno español y los demás. Por eso se buscan socios, aunque sean chiquitos, para ayudar a la protección del proyecto; y para llevarlo a otro nivel, de impacto internacional.

**8. Cuando el trabajo científico está expuesto a tan distintas instituciones, a los intereses de muchos, ¿este trabajo científico puede quedar limitado en algunos aspectos o nada mas es beneficiado por esta situación?**

Estamos haciendo este proyecto para servir a toda la comunidad española, a la mexicana y a la de Florida. Pues si, cuando tienes una comunidad más grande la gente tiene intereses diferentes. Y si la comunidad esta, digamos, pagando por este instrumento, ellos quieren un instrumento que va a servir a una gran parte de la comunidad, entonces tiene que ser un instrumento más general, con más movimientos..., entonces sales con un instrumento más complicado, lo cual tiene..., cuesta más, tarda más en construirlo y muchas veces, científicamente, si hace muchas cosas, no hace cualquiera tan bueno como un instrumento especializado nada más en eso. Y esta es la naturaleza de casi todos los instrumentos grandes, hay muy pocos telescopios grandes que se enfocaron en un solo problema. Típicamente para recibir suficiente apoyo en el financiamiento, tienes que tener un instrumento, un telescopio, un facility, que cumpla con, y hace un gran número de clientes contentos.

Eso no quiere decir que nunca hay hum..., instrumentos que sólo hacen una cosa, pero tienen que ser cosas muy a la punta. Por ejemplo, si ahorita casi la única cosa en astronomía que tu puedes proponer un instrumento que nada mas hace una cosa, es

búsqueda de otros planetas. Porque ahorita es la cosa que más..., sexy, más interesante, más llamativo, que la variabilidad en las estrellas. Si yo voy y propongo un instrumento que nada más hace variabilidad en las estrellas, pues no, nadie lo va a tomar en cuenta porque no es..., no es el más sexy en ese momento. Yo tengo que hacer mi ciencia con instrumentos más generalizados.

**9. Personalmente, ¿qué beneficios tienes ahora, o tal vez posteriormente, al trabajar en este proyecto?**

Mmm, varios. Al empezar yo soy astrónomo y es lo que me gusta. Si no me gusta este trabajo pues mejor busco otro donde paguen mejor. Entonces, me encanta trabajar en instrumentación, entonces trabajar en este proyecto me hace sentir muy cumplido en que disfruto mi trabajo. También me hace sentir cumplido en que estoy entregando a la comunidad un instrumento de la ciencia de muchos, no de la ciencia en general.

Para mi ciencia hay varios proyectos que yo quiero hacer con este instrumento y por eso, siendo miembro del equipo yo puedo, yo tengo una influencia para poner lo que yo necesito para facilitar el trabajo que yo quiero hacer en particular. Hay muchos instrumentos similares a lo que estamos construyendo con FRIDA, sin embargo ellos tienen una resolución espectral relativamente baja. Para mi trabajo yo necesito una resolución espectral mucho más alta, entonces siendo miembro del equipo yo puedo abogar que si, debemos tener resolución alta.

Y siendo miembro del equipo yo recibo una cierta cantidad de tiempo con el telescopio para usar el instrumento. Y esa es una cantidad relativamente grande, es varias noches... Ciencia que es difícil pasar por el proceso normal de evaluación, porque muchas veces, si tu propones un proyecto muy grande, y si no esta dentro de los proyectos más sexys, pues por los mismos motivos me van a cortar el tiempo y me van a dar una hora en lugar de una noche. O una noche en vez de una semana. Mientras en mi tiempo yo puedo decidir lo que es un proyecto grande, que no es sexy pero vale la pena hacer, y lo puedo hacer.

**10. Con base en tu experiencia en el trabajo de investigación, ¿se puede decir que el desarrollo de distintos conocimientos científicos, o de instrumentos, puede llevar a formaciones de nuevos grupos de trabajo?**

Si, si. Yo soy miembro de este grupo de trabajo en FRIDA porque yo desarrollé en el proyecto en Dos Metros, un nuevo conocimiento para mí, que era apto para este otro proyecto, entonces en el trabajo buscas a la gente más adecuada, y el conocimiento, la experiencia, la gente, siempre esta cambiando, en base en sus otros proyectos y en sus otros trabajos. Entonces si, el trabajo en un área realmente afecta lo que haces después.

#### **1.4 Entrevistado: Astrónomo 2**

**1. ¿Me platicas de tu formación profesional?**

Si, ¿cómo no? Pues mira, yo estudié física en la Facultad de Ciencias, y después de ahí me contacté con el Instituto de Astronomía, donde hice mi tesis. Después hice mi maestría y mi doctorado en los Estados Unidos en la Universidad de California en Santa Cruz.

**2. ¿Cuántos años has dedicado a la investigación científica?**

Pues mira, yo empecé con mi licenciatura en el 80, entonces eso, 29 años.

**3. Si estás en el SNI, ¿qué nivel y desde hace cuanto tiempo?**

Estoy en el SNI desde que regresé a México, desde el 93. En aquel entonces el doctorado era suficiente para estar ahí. Actualmente soy nivel II.

#### **4. ¿En qué instituciones has laborado?**

En el Instituto de Astronomía, en la UNAM; y después estuve en la Universidad de California, ahí hice un post-doctorado, y pues básicamente en esos dos lugares. Yo he hecho muchas visitas, pero laborado, nada más en esos dos. Tuve la suerte de acabar el doctorado cuando había plazas aquí, entonces no tenía que estar del tingo al tango.

Yo regresé del doctorado en el 93 y yo creo que desde entonces ha estado mucho más complicado, tanto en Estados Unidos como en México y en el mundo, encontrar trabajo de investigador. Fue entonces cuando se empezaron a hacer famosos los post-docs, eran una manera de mantener el mercado en la cola, porque había muy poquitos puestos. Cuando yo me recibí del doctorado, se recibieron cien... no, aproximadamente ochenta astrónomos en Estados Unidos, en todo Estados Unidos. Y había como ochenta trabajos al año. Hoy hay trabajos permanentes como sesenta, se sigue recibiendo más gente, entonces hay mucha gente que ha estado confiándose, con muy buen currículum, y así es en todos lados, en el mundo en general. ¡No es negocio! (con risas) Porque te tardas cuarenta años estudiando, luego no se cuanto para tener una cierta seguridad en el trabajo. Sobre todo desde el punto de vista de la gente que busca una seguridad convencional, pues sabes que no vas a conseguir trabajo en quién sabe cuánto tiempo y que no vas a hacer mucho dinero ¿no? Eso es algo importante para los astrónomos. Para algunas gentes es difícil, porque vamos, treinta años y todavía no tienes nada. El primer trabajo permanente lo vas a encontrar a los treinta y cinco o cuarenta años, a menos que seas extraordinariamente bueno... pues no se, no es una carrera en un sentido, fácil, pero es una carrera muy bonita. La ciencia la haces por amor y no por otra cosa (con risas).

#### **5. ¿Qué responsabilidades, o qué puestos, has ocupado dentro del proyecto del Gran Telescopio Canarias?**

En realidad yo inicié porque en el telescopio estábamos haciendo instrumentos sin que fuéramos socios. Entonces inicié como investigador, éramos tres, un mexicano, un español y un australiano, para ver la definición. Eso lo sigo siendo, eso nunca acaba ¿no? Ahora que lo estamos inaugurando y lo estamos usando. Después fui representante de México, antes de ser socios. Y también he sido parte de varias comisiones para definir la instrumentación. Y he estado participando organizando los congresos internacionales, que ha habido tres: uno en México, uno en España y uno en Estados Unidos. He colaborado

en especial en hacer el mexicano, pero también he estado en el comité científico de los otros dos..., y pues básicamente eso ha sido.

**6. ¿Cómo llegaste a obtener estos puestos o estas responsabilidades? No se si pudo estar involucrado el puesto que ocupabas dentro del Instituto de Astronomía, o los conocimientos y habilidades con los que contabas...**

Pues sí, en esto que es, pues, la línea de la instrumentación en astronomía, pues entré por curiosidad y sin saber (con risas), en realidad es que había la intención en el Instituto para participar en hacer instrumentos y no había nadie que se encargara de ello. Esto en realidad fue sugerencia del director, y bueno, había pensado que teníamos habilidades, pero no (con risas); pero en el camino he aprendido muchísimo, con muchas cosas de instrumentación, planeando nuevos telescopios, haciendo otro tipo de proyectos: espectrógrafos, cámaras para el Dos Metros, para el Metro y Medio, también que se había pensado en un telescopio grande para México.

Entonces son caminos sin salida en los que te metes sin saber en qué te metes (con risas), sin saber nada, sin experiencia..., y bueno, yo como digo: antes éramos jóvenes sin experiencia, ahora somos viejos sin experiencia (con risas), pero en el camino algo hemos aprendido.

**7. A grandes rasgos, ¿puedes explicar cómo funciona un proyecto de la magnitud del GTC? Bueno, tomando en cuenta que hay intereses científicos, también las instituciones que van a poner fondos...**

Pues mira, en efecto, hay varios aspectos. El primer aspecto es el científico, pero también hay el aspecto político y el económico, eso para que esta cosa se haga. Los tres aspectos son importantes y los tres se dan en astronomía. Hay razones por las que hacemos un telescopio grande por astronomía misma, por tecnología misma, y por razones políticas y económicas. Es un buen negocio. El país que invierte en hacer un gran telescopio pues es..., hace el derrame en su propia industria y en su propia gente. Pero como son proyectos de gran envergadura, pues no te puedes equivocar..., más bien, te puedes equivocar en el papel, ya no en los fierros. Entonces no se pueden tener errores. Cuando estas en un proyecto chico, puedes hacer prototipos y prototipos hasta que te salga, cinco o diez. En estos no porque sólo puedes hacer uno. El costo de este proyecto pues son

ciento cuarenta millones de euros, el costo de los instrumentos son ocho millones de euros cada uno, entonces como que no conviene.

Entonces se tiene que manejar con mucho profesionalismo, al menos desde el punto de vista de planeación. Tienes que predecir tanto como sea posible. Y si no puedes predecir, pues tienes que hacer pequeños prototipos que tienen que estar bastante bien estructurados. Entonces se maneja como una pequeña estructura. Por otro lado, desde el aspecto de interacción, al ser muy costosos y de gran interés político, porque es un telescopio con mucha importancia política para España y también para México... España tenía que demostrarle a Europa que es el Primer Mundo, porque es el patito feo de la Unión Europea, el pobre, el que no tiene dinero, el que nunca ha hecho nada. Hoy en día sabemos que España es una potencia, no solamente científica, tecnológica, todo ¿no? Pero esto no era así hace diez, quince años. Y para México es peor, porque en México no hay interés político por hacer ciencia, apenas se va iniciando y no es suficiente. Entonces para México es importante demostrar, internamente, que la ciencia, y en particular la astronomía, pueden ser exitosas. Aquí es un problema político el educar al político de la importancia de la ciencia.

La astronomía no es la mejor ciencia para hacerlo porque es poco aplicada – aparentemente –, pero ya se demostró con el brote de influenza, de que no estamos preparados científicamente para responder a nuestros propios problemas. La astronomía tiene la ventaja de que en México siempre ha sido muy competitiva a nivel mundial, y por ello nos podíamos hacer socios y demás. Además tenemos muy buenos sitios para hacer astronomía. Entonces la astronomía es una ciencia que, además de ser muy bella, puede servir como un buen ejemplo sobre cómo invertir en ciencia básica de una manera exitosa, o también de una manera desastrosa.

Ah, pero también quiero decir que en esos proyectos básicamente los intereses son: científicos, políticos y tecnológicos. Pero lo que define cómo se maneja el proyecto, tiene que tener muy buena gestión, en la gestión básicamente tienes que considerar tres cosas: la performance o qué también técnicamente se puede responder a los experimentos científicos; en cuánto tiempo lo tienes que hacer; y con cuánto dinero cuentas para ello. Esos parámetros tienen que estar perfectamente bien balanceados y bien entendidos para que funcione el proyecto. Sobre eso se maneja toda la estructura: los científicos, los ingenieros y los gestores. No es nada más meramente ciencia, meramente tecnología, sino tiempo y dinero son también factores importantes. Son muchos parámetros, pero esos son los tres principales.

**8. ¿Cómo puede quedar limitado, o beneficiado, el trabajo científico – también tomando en cuenta lo técnico, la ingeniería, diseño – al verse expuesto a tan diversas instituciones con tan diversos intereses?**

Si, pues te decía, uno está acostumbrado a manejarse primeramente por puro interés científico, está acostumbrado a trabajar con otros astrónomos. El astrónomo tiene experiencia en caridad financiera, algunos tienen limitaciones técnicas pero hasta cierto punto; no sabemos trabajar con otro tipo de recursos humanos. No estamos acostumbrados, no fuimos educados para eso. Entonces no somos buenos gestores, no sabemos a priori como interaccionar, trabajar bien con ingenieros de distintas capacidades y niveles, o con secretarías, o con secretarías y con secretarías, y con distintas instituciones a nivel político. Después de hacerlo aprendes y precisamente por eso los astrónomos se dedican a la instrumentación, entonces se vuelven insustituibles y son unos cuantos en el mundo y son muy valuados en muchos sentidos. Porque en efecto, toparse con la realidad te lleva a que lo aprendes.

Para mí no es que está afectado, es parte del aprendizaje, que te digo que estoy muy satisfecho. Es volver a ver teniendo la experiencia de trabajar a todos estos niveles..., la experiencia de no haberlo aprendido, de haberlo vivido. Ahora me queda una idea más clara de cómo se pegan y cuántas capas tienen este tipo de cosas que van desde lo más alto hasta lo más..., más romántica digamos, como la astronomía. En particular para mí ha sido una experiencia muy bella trabajar con nuestros ingenieros, no solamente los mexicanos sino también con los de todo el mundo. Y de aprender mucho de ellos, y que al mismo tiempo aprendan de la astronomía..., eso es lo que al final de cuentas hace un equipo; y todo lo político que apoye un proyecto también aprende en muchos sentidos. Uno también comprende la posición que se tiene en asuntos políticos para apoyar o no muchas cosas. O sea, somos como niños pequeños todos. Queremos hacer un proyecto grande, pero no sabemos lo que eso implica, en todos los sentidos.

Entonces es muy multifacético, es muy multidisciplinario, entonces más que afectarte en el punto de vista negativo, en contraste del punto de vista positivo, pero trasciende... Entonces uno no puede comprender todo esto ni manejarlo. Más que una afectación es un enfrentamiento con una realidad más rica que lo que uno hace.

**9. ¿Y en la relación puramente entre astrónomos con astrónomos, mexicanos con los de Florida, o mexicanos con españoles, puede haber tipos distintos de lo que para uno es interesante o relevante, para el otro puede que no lo sea, o en el caso de algún concepto que uno quiera demostrar de manera distinta que otro... existe también eso dentro del mismo grupo de “colegas”?**

Si, en efecto, sin embargo la astronomía es una ciencia muy internacional, casi todos los astrónomos se conocen en mayor o menor unidad. Hemos como quince mil astrónomos profesionales en el mundo – y eso es un boom, porque cuando yo terminé el doctorado había cinco mil – pero al final de cuentas como es un trabajo científico, es un trabajo de confrontación de ideas. Hay muchas maneras de atacar un problema, varias de ellas pueden ser correctas; pero muchas veces a lo que llegas cuando tienes diferencias de método lo mejor es confrontarlos; si son muchos, hasta mejor. Es extremadamente común en astronomía trabajar en equipos, de hecho cada vez es más común. La segunda es de que hay gente más especializada en ciertas cosas, entonces hay gente que se vuelve referente; por lo tanto pues ya no cuestionas ese método, sino utilizas ese método.

Pero entonces vamos a decir, a nivel entre astrónomos y astrónomos, pues si, es muy heterogénea, pero estamos acostumbrados a trabajar en grupos y eso es muy enriquecedor, científicamente. Si tú vas a un congreso nacional de astrónomos, puedes pensar que se están peleando. Eso es muy común. Pero en realidad es parte del trabajo científico, es decir, tienes que estar convencido y convencer, pero con sentido común, no por fuerza. De todas maneras hay grupos que tienen más fuerza – ya sea tradicional... – y hay grupos que se ven en cierta manera porque tienen ideas que no van con el paradigma actual, entonces tienen más problemas para entrar en una posición de prestigio. Pero en principio, estamos respondiendo al método científico, entonces finalmente son las ideas, no quien lo dice. Muchas veces nos ha demostrado la historia que los que tenían razón eran los que estaban más oprimidos en el punto de vista de..., o los que estaban en contra del paradigma. Pero eso es parte de la ciencia. Entonces lo que es común en astronomía es la confrontación continua: primero contigo mismo y luego contra los demás.

Ahí te va un chiste muy simpático. Es que hay en principio dos tipos de astrónomos que son cada vez más fuertes: el teórico y el observacional. Lo que uno hace en astronomía, en toda la ciencia es realmente cuestionarte, el primero que cuestiona lo que hace es uno mismo. Solamente si tu estás convencido puedes hacerlo, la ciencia se basa en tratar de demostrar que estas mal. Pero bueno, el astrónomo observacional es

aquel que todos se creen sus datos menos él. Y el teórico es al revés, ¿no?, el único que está convencido de que está bien es él mismo (con risas).

**10. ¿Qué conocimientos científicos, o qué instrumentos, previos a la creación del GTC eran necesarios para que fuera posible un GTC?**

Mira, GTC vamos a decir que es una cuarta generación de telescopios. Si pensamos en el primer telescopio, digamos, el refractor tipo Galileo, que tenía limitaciones muy grandes. La segunda generación de telescopios, pues fueron los de espejo, los newtonianos. Y de ahí se empezaron a hacer grandes telescopios, ya fueran eléctricos, de espejo, de espejos, que tenían monturas tradicionales digamos, con espejos muy anchos... Esa limitación sobrevivió, digamos, hasta 1970. En 1970 no se podían hacer telescopios más grandes de la misma manera. Para hacer telescopios más grandes se tuvo que aceptar que los espejos se deforman. Entonces a eso es lo que llamo yo la cuarta generación de telescopios, que son telescopios cuyos espejos se deforman, por dentro. Entonces, fue necesario pasar por todas esas, que de hecho desde 1970 no hay telescopios más grandes de 6 metros, que de hecho nunca funcionó como tal. Y del 70 a los 90, digamos, se hicieron telescopios menores de 6 metros, pero más eficientes, más rápidos, más pequeños, etc. Digo, no se había podido romper esta barrera. Con estos telescopios intermedios se aprendió a cómo hacer monturas, más eficientes, con cúpulas más pequeñas, telescopios más rápidos. Y ya para hacerlos más rápidos se hicieron telescopios que se deforman, y hubo tres tecnologías alternativas, las tres acabaron siendo todas ellas funcionales. GTC es de la generación de espejos segmentados, o sea, espejos bastante pequeños comparados con el diámetro total, porque quedan como uno solo, y la otra tecnología es la de espejos muy delgaditos; y por otro están unos intermedios. Y hay telescopios de los tres tipos.

GTC es el más grande de su tipo. Pero sí es un prototipo para hacer telescopios más grandes, de hecho esta el de 30 metros, el de 42 metros, que están basados en esta tecnología. Entonces siempre se van superando unos a otros, a lo largo de 500 años.

**11. ¿Con el GTC va a ser posible obtener nuevos conocimientos, que a la vez estos conocimientos van a llevar a la necesidad de que se hagan instrumentos nuevos, junto con la formación de todos los grupos que son necesarios?**

Mira GTC fue ideado para ser un telescopio con una batería de instrumentos para hacer ciencia en general, no ciencia específica. Eso, porque también hay telescopios para hacer ciencia muy específica, muy especializados en un tema. Ambos son válidos. Pero GTC está respondiendo a una comunidad relativamente grande, doscientos astrónomos españoles, cien mexicanos, unos más de florida; pues la diversidad de proyectos es muy grande. Entonces GTC ha sido ideado para ser óptimo para una gran cantidad de proyectos sin definir. Esta es una gran desventaja, porque cuando uno diseña un telescopio, en principio uno lo tiene que justificar diciendo qué es lo que quiere encontrar, pero más importante lo que esperas encontrar (con risas). Si ya lo supieras, ¿entonces para que lo haces?

Entonces tener un telescopio e instrumentos de uso general muy poderoso, pues sabemos que sin duda alguna muchos de los grupos que lo van a utilizar, van a encontrar cosas que no esperábamos, y en efecto, eso va a generar dos cosas: que utilicemos el mismo telescopio con los mismos instrumentos de una manera muy diferente; o que nos enfoquemos sobre un nuevo equipo, no solamente de instrumentos, sino también de telescopios. Y eso es precisamente lo que mantiene, pues, la astronomía.

GTC llega en un momento relativamente tarde para nuestro telescopio y nuestro equipo. Telescopios de ese tamaño y esa magnitud llevan más de diez años en operación. Telescopios muy parecidos a este que son los GPS, están desde 1992. Y otros similares hacen un boom de telescopios, que son ya una quincena de telescopios. Entonces llega en un momento en que, digamos, la crema y nata de los datos pues ya lo sacaron los otros telescopios. Pero llega con una comunidad muy creativa, con una batería de instrumentos muy fina... Entonces definitivamente va a ser muy positivo. Además necesitamos más telescopios. Aunque haya quince telescopios, y todavía hay para más. El universo es muy grande, hay muchas posibilidades y hay muchos fenómenos que se deben investigar.

No es único, no es estrictamente el mejor, pero es efectivamente competitivo y va a beneficiar en muchas cosas.

**12. Bueno, en base a tu experiencia, ¿es posible decir que el desarrollo de distintos conocimientos científicos, puede llevar a la formación de nuevos grupos de trabajo, tal vez con intereses nuevos, variados?**

Si, bueno, definitivamente así es. En el ejemplo de este telescopio, este confluye de nuevos intereses, y variados; el telescopio se está cuestionando en sí continuamente en su propósito, porque las cosas cambian. Vivimos en una realidad muy dinámica, desde el punto de vista de la astronomía también. Las cosas van cambiando, entonces tú tienes que ir redefiniendo. Y así es, en el telescopio hay muchos intereses que van cambiando y se van redefiniendo. Son intereses de muchas, muchas personas. Entonces definitivamente eso es.

En un sentido más general, la ciencia también se va redefiniendo. Entonces si, si tú estuvieras metido en la astronomía en los últimos veinte años, verías que la forma de trabajo va a cambiar. Hace veinte años era mucho más individualista, sobre todo porque los proyectos eran más pequeños. Hoy en día es casi imprescindible que involucres a muchos individuos y a muchas instituciones. Y eso no quiere decir que tengan un interés común; lo que pasa es que tú puedes trabajar juntos, ya sea por un interés común, o por distintos intereses con un proyecto común. Y cada uno puede ir cambiando sus intereses. Pero claro, cuando descubres cosas nuevas, cambian tus intereses, y cambia el modo de organizarse.

**13. Y sobre el SNI, ¿qué puede ser lo positivo, o lo negativo que surge de este programa?**

El SNI surge por razones económicas y políticas. Tiene varias características. El aspecto es que en México, el salario mínimo es realmente mínimo. Después de cualquier crisis económica es muy difícil que tú puedas subir los salarios a los que realmente se necesitan. Pero por otro lado surge la necesidad política de mantener contacto con sus intelectuales. En la crisis del 82, o la del Perro, que empieza un poquito antes, creo. Bueno, pero había tan pocos científicos en México que, bueno, por nada, los puedo tener contentos con tal de que no se me vayan.

Te voy a decir dos cosas: la positiva que, en efecto, les das una compensación a los científicos porque si no se van a ir del país, y como son tan poquitos, realmente no es muy difícil mantenerlos. Se le debería subir el salario a todos, pero eso ya es muy difícil,

no tienes con qué. El otro aspecto positivo es que es bueno que tú tengas estímulos sobre tu desempeño. Pero ojo, la palabra estímulo es importante. Si el estímulo se vuelve necesidad, ya voló. Ahora vamos a los negativos. Es bueno que haya parámetros para poder medirlos y para premiarlos. Lo malo es cuando la medida de tus empeños se vuelve fundamental. Hoy en día el salario de un investigador es dos tercios del SNI y un tercio el salario básico. Pero así ya no es un estímulo, es una necesidad. Como es muy valiosa, se vuelve muy importante lo que tus colegas piensan de ti, que es cuando empieza a trabajar en contra porque el asunto ya está respondiendo a funciones muy artificiales. Una de las ciencias más difíciles es la ciencia de la evaluación, que va desde los exámenes de primaria hasta el desempeño en otras instituciones más grandes. Cuando la productividad está basada en la evaluación, ya tenemos un problema.

Entonces el SNI tiene muchas cosas fabulosas, pero se vuelve un sistema, ya sea demasiado elaborado. La única manera de que pudiera cesar, es que volvieran a bajar la proporción de lo que es estímulo contra salario. Una proporción al revés, que fuera sesenta o setenta por ciento salario básico, y treinta por ciento estímulo, pudiera estar mejor. Y si eso se lograra, el SNI pudiera hacer mucho más con su manera de evaluación. Ahorita trabaja en contra de la ciencia, por la necesidad de estar respondiendo a patrones, este, de medición, que son artificiales y limitantes, y por ser una necesidad absoluta.

## **1.5 Entrevistado: Instrumentista 2**

### **1. ¿Me puedes hablar de tu formación profesional?**

Yo estudié Física en la Facultad de Ciencias y después fui a estudiar Ingeniería a la Escuela Superior de Óptica de París, en Orsay; y esos estudios de ingeniería óptica me dieron el grado de maestría, y después obtuve un doctorado en Ciencias por la Universidad de París, con especialidad en Óptica y Fotónica.

### **2. ¿Cuánto tiempo has dedicado a la investigación científica?**

Realmente lo que yo trabajo es ingeniería, pero también es investigación científica. Y llevo, pues, veintisiete años.

**3. Si eres del SNI, ¿qué nivel eres y cuántos años has sido parte de él?**

Yo entré al SNI desde el 90, 1990. Y soy, actualmente ya soy nivel II.

**4. ¿Sientes que tu manera de trabajar ha cambiado desde que entraste al SNI y antes de él?**

Si ha cambiado, porque yo realmente hacía ingeniería, entonces realmente para poder entrar al SNI, además de hacer ingeniería, tuve que hacer investigación; entonces digamos que tengo dos trabajos.

**5. ¿Cuál es la diferencia entre hacer ingeniería y hacer investigación?**

Lo que se califica en el SNI es el número de artículos que tú publiques en revistas internacionales, o el número de patentes que tú haces. En el caso del trabajo de ingeniería, por el tipo de trabajo que hago, muchos de los trabajos te permiten publicar un artículo cada tres o cuatro años, cuando básicamente están los instrumentos completos. Pero el ritmo de producción que te pide el SNI es más o menos dos artículos al año. Entonces tengo que hacer otros artículos de investigación extra – que también están relacionados con la instrumentación – desde algún problemita que vea yo que pueda ser resuelto en un tiempo razonable, pero lo hago como trabajo extra para que pueda yo hacer artículos publicados. Prácticamente es un trabajo doble.

Claro, debo decir, se complementan los artículos que saco de ingeniería con los de investigación, pero eso es para mantener el nivel.

**6. En tu caso personal, que por tener puesto de Técnico Académico en vez de Investigador, no recibes el estímulo que proporciona el SNI, entonces ¿cuál es el objetivo de mantenerte en el SNI?**

Es una pregunta muy interesante, mucho es la... Durante muchos años la parte de ingeniería del Instituto tenía baja credibilidad. Hasta que no empezamos a hacer trabajo con Canarias, hace diez años, en los años anteriores realmente no creían que nosotros hacíamos trabajo profesional. Entonces, una manera para que fuera considerado mi trabajo realmente de investigación en astronomía, y en ingeniería, es que instancias

exteriores al instituto reconocieran el trabajo que yo hacía, y ese es el SNI. Y después de ese afán por credibilidad y por tener credibilidad dentro del equipo, o sea, poder recibir estudiantes que me ayuden a mí a trabajar, poder pedir apoyos de otros tipos, digamos, que no se le dan a otros grupos que no están en el SNI, eso me hizo continuar. Pero por esa necesidad de reconocimiento profesional.

### **7. ¿Qué responsabilidades has tenido dentro del GTC, o FRIDA?**

Bueno, dentro de GTC, el primer trabajo que hicimos fue demostrarle a Canarias que era posible utilizar otros métodos, distintos a los que ellos habían planificado para alinear ese telescopio. El telescopio GTC es un telescopio donde el espejo primario está hecho de treinta y seis segmentos; y esos segmentos deben estar alineados con una precisión tal que el saltito de un espejo al otro tiene que ser menor a veinte nanómetros. Veinte nanómetros vienen siendo la millonésima parte de un milímetro. Y hay que utilizar la luz de las estrellas para poder hacer esa medida. Entonces los otros habían estado trabajando en ese tipo de problemas, que en la época trabajábamos en nuestro propio telescopio, que era también segmentado, y encontramos un método para poder hacer ese tipo de alineación y ajuste al telescopio.

Entonces nosotros propusimos a GTC que era posible que con nuestro método se pudiera utilizar el telescopio para medir eso dentro del GTC. Entonces escribimos una serie de reportes, realmente son artículos pero como contratos, y se los entregamos. Y los convencimos de que se podía hacer.

Después vino otro, lo que le llamaron instrumento de verificación, y nosotros les propusimos que dentro de ese instrumento de verificación hubiera ese método. Entonces quisieron que hiciéramos el instrumento, pero claro, para hacer un instrumento de ese tamaño hay que pasar un concurso internacional. Porque en ese momento, el Instituto, como tal, no era socio del telescopio. Tuvimos que competir como si fuéramos una compañía cualquiera. Entonces competimos y ganamos el concurso. Y entonces tuvimos la oportunidad de que ese método, que ya habíamos utilizado antes, lo metiéramos en el instrumento. El instrumento de verificación de calidad del telescopio.

Mi responsabilidad fue, en algún momento, el hacer construir el instrumento. En ese momento empecé a requerir más ayuda y más gente, entonces le pedí a Beatriz que se convirtiera en la gerente del proyecto. Entonces ella entró como gerente del proyecto, para yo poderme dedicar a las partes técnicas del proyecto.

Y después vino, cuando terminamos el instrumento de verificación, le pidieron a todos los miembros del consorcio que propusieran el instrumento para la óptica adaptativa, pero que nos pusieramos de acuerdo todos los miembros del consorcio para hacer una única propuesta. Entonces ahí me tocó proponer un nuevo instrumento, y además negociarlo para que contemplaran las diferentes partes en las cuales los demás grupos también eran capaces. Ahí negocié para que se hiciera el nuevo instrumento, que ahora se llama FRIDA. Eso requirió..., una negociación, ¿no? Tú que puedes hacer, pues esto; tu que puedes hacer, pues esto otro. Pero a ver cómo lo combinamos para hacer un instrumento competitivo conjuntando todas las habilidades de los diferentes grupos. Entonces esa fue otra responsabilidad.

Y ahora, ya que se inició el proyecto de FRIDA, ya que arrancó como tal, ahora soy el responsable de todo el diseño óptico del instrumento. Que básicamente cuando tú diseñas la óptica, estás realmente diseñando todo el instrumento, estás diciendo cómo va a trabajar lo demás del instrumento. Eres como el corazón del instrumento. Entonces mi responsabilidad ahora es eso, digamos, el ingeniero óptico del proyecto.

#### **8. ¿Puedes explicarme a grandes rasgos cómo funciona un proyecto científico de la magnitud del GTC?**

Te voy a hablar más bien del caso de FRIDA, pero así como funciona FRIDA, así funciona el telescopio, el proyecto del telescopio, y así funciona cualquier otro instrumento. Un proyecto como el GTC y sus instrumentos son muy, muy caros. Digo, el GTC cuesta más de ciento cuarenta millones de euros, y cualquier instrumento anda entre los seis y los diez millones de euros; entonces son instrumentos muy caros y no puede haber aquí..., no puedes reconocer tú que no funciona. Tienes que hacerlo que funcione, que produzca datos de calidad científica y que sea competitivo. Entonces, se sigue más o menos el mismo tipo de evaluación del proyecto, como si fuera una evaluación por pares.

¿Entonces qué es lo que se requiere? A ver: en el caso de FRIDA, primero se hizo la propuesta del instrumento, y pasó a un comité donde juzgó si era posible hacerlo o no, con expertos que ya habían hecho instrumentos – de otras instituciones, no nada más del consorcio de GTC, sino gente que ya había participado en la ESO, gente que ya había participado en proyectos espaciales, o gente que ya había participado en el grupo de instrumentos que hay en La Palma, por ejemplo, que son los ingleses, que son muy

buenos también para hacer instrumentación. Entonces ellos juzgaron si teníamos la capacidad para hacer ese proyecto.

Después – esta fue la primera etapa – después de ahí, pasamos a la siguiente etapa, que se llama, en el caso de este tipo de telescopios, y en los proyectos espaciales, se llama PDR, que es el Preliminary Design Review, pasamos a la revisión preliminar del instrumento. Entonces hubo..., todo se hace basado en documentos de cada uno de los aspectos del diseño, y esos los revisó en panel; y después nos juntamos aquí en México, para que nos recomendaran lo que teníamos que hacer, y lo que no teníamos que hacer. Y eso, cuando concluimos esa revisión, y las recomendaciones que nos hicieron ellos las cumplimos, que fue un año después de la revisión, entonces ya nos aprobaron lo que se llamó la etapa del PDR.

Y después, ahorita estamos pasando la etapa que se llama el TDR, que es el Trifical Design Review. Entonces aquí, tenemos que dar esta etapa ya con los planos de fabricación del instrumento, de cada uno de los..., hasta el último tornillo. Cuando se apruebe eso, ya estamos autorizados para fabricar el instrumento. Y de ahí son como dos años de trabajo, para llevar el instrumento al telescopio.

Cada una de estas etapas, cuando se van cumpliendo las etapas, que todas son revisadas por el panel de revisión, después de pasar cada etapa, nos pagan las cantidades de dinero que están en el contrato, por haber completado ciertas etapas del proyecto.

Después ya pasas al telescopio, en el telescopio hay otra serie de pruebas que tienes que pasar. Cuando las pasas, pagan otra cantidad de dinero que forma parte del proyecto, pasas a lo que se llama el Commissioning del instrumento en el telescopio; que quiere decir que ya son las pruebas del instrumento en el telescopio; que ya tiene que empezar a producir los primeros datos científicos; y luego ya se cede el instrumento a la comunidad. La comunidad son todos los astrónomos de México, de España, y de la Universidad de Florida.

Cada etapa, te digo, es muy rigurosa y así como implica obligaciones, también implica derechos: ir recibiendo las cantidades de dinero; evidentemente hay partes de dinero y también te van acreditando horas de uso del telescopio.

**9. ¿Cómo puede quedar limitado, o beneficiado, el trabajo científico, al verse expuesto a tan diversas instituciones, cada una con sus intereses correspondientes? El trabajo científico incluyendo el diseño, o la ingeniería.**

Una de las ventajas que ha habido en los últimos años es el descubrimiento o el haber alcanzado la capacidad técnica de hacer lo que se llama la óptica adaptativa. La óptica adaptativa es un módulo del telescopio que lo que hace es, eh, compensar lo que se deteriora de las imágenes debido a la turbulencia de la atmósfera, ¿no? Es como si el telescopio se encontrara fuera, en el espacio, sin la atmósfera. Y eso permite aumentar el poder de resolución espacial del telescopio. Se pueden ver más cosas, con más detalle, objetos que están muy, muy juntos, con un poder de alrededor de cincuenta veces mayor que si el telescopio no tuviera la óptica adaptativa. Y eso abre muchísimas posibilidades, porque permite ver cosas mas finas, más pequeñas. Entonces, como apareció eso, la comunidad de GTC, o sea, tanto los mexicanos, como los españoles, como la gente de Florida, dijo que el telescopio tenía que tener esa capacidad de óptica adaptativa. Ya habían estado trabajando en ello desde que se diseñó el telescopio, incluso una de las estudiantes estuvo trabajando en ella, Dolores Bello, que estuvo con nosotros acá en el Instituto trabajando en óptica adaptativa con nosotros aquí en México. Ahora es la responsable del proyecto. Entonces ellos desarrollaron el módulo de óptica adaptativa pero estaban buscando quien hiciera el instrumento que aprovechara las capacidades de la óptica adaptativa. Entonces pidieron a todos los equipos técnicos de los diferentes grupos que se pusieran a hacer el instrumento que trabajara con óptica adaptativa. Entonces ahí se juntaron las fuerzas.

Un problema científico que es la capacidad de poder ver objetos desde la Tierra, como si estuvieran en el espacio, ese es uno; dos, que se puedan ver cosas con mucho mejor detalle; eso conjuntó a la gente para que trabajaran para definir un instrumento en común. Y además, se conjuntaron las capacidades de los diferentes grupos de trabajo, para poder trabajar en un diseño común. ¿Por qué? Porque había una motivación científica en realidad.

Cada una de las diferentes instituciones trabaja de manera diferente, pero aún así se conjuntaron las fuerzas para poder hacer ese instrumento. Entonces tiene la parte científica, como la parte de ingeniería, las capacidades físicas, las capacidades productivas de la gente, ¿no? Porque además es un instrumento que tiene que ser de muy alta calidad. Tener una calidad como si estuviera en el espacio quiere decir que la

capacidad de las componentes ópticas, como mecánicas es superior a lo que siempre se había hecho. Entonces solamente grupos que tienen capacidad de fabricación y de pruebas muy, muy, muy finas, muy detalladas pueden cumplir con los requerimientos de este tipo de instrumentos. Entonces por eso nos conjuntamos los diferentes grupos para hacerlo; y porque nosotros en México teníamos esa capacidad.

Nosotros hemos desarrollado en los últimos veinte años, casi desde que yo llegué a México, la capacidad de hacer instrumentos que se llaman “limitados por la difracción”, es decir, instrumentos cercanos a la perfección, y además que funcionen. Eso es lo que hemos estado haciendo en mi grupo aquí en México.

**10. ¿Qué es lo difícil en este tipo de proyectos, cómo se pueden coordinar los diferentes ingenieros: los de Florida, los de España, los de México; bueno, los de las distintas instituciones que participan? Y por otro lado, ¿qué es lo difícil de coordinar astrónomos con ópticos, con ingenieros...?**

Bueno, cuando ya toda la gente quiere trabajar con una meta común, todos trabajan muy comprometidamente. Y si además se le pone aceite a las relaciones, es decir, se junta uno muchas veces a trabajar por videoconferencias, que antes no era posible; nos juntamos al menos una vez por año todo el equipo, para conocernos y para trabajar en común, eso va aceitando las piezas, va haciendo que podamos trabajar con mucho mayor confianza.

**11. ¿Con el GTC se obtendrán otro tipo de conocimientos nuevos, que también hagan surgir la necesidad de que se diseñen nuevos instrumentos, en base a lo descubierto con él?**

Si, indudablemente. Todavía lo que se va a ir conociendo con este telescopio, y todos los demás telescopios, porque hay que reconocer que la astronomía es una ciencia, vamos a decirlo, universal, estudia el universo pero de manera universal, todo mundo va sabiendo lo que se descubre con otros instrumentos, ya sea los que están en la Tierra o los que están en el espacio. Y eso va a dar motivación para que se hagan nuevos instrumentos.

Y todavía en el caso de FRIDA, no sabemos lo que vamos a descubrir con FRIDA; pero antes de eso ya sabemos que tipo de cosas debemos saber para el siguiente instrumento que fuera como FRIDA, ya sabemos lo que queremos hacer. Y la experiencia

que estamos ganando en FRIDA y en los demás instrumentos, nos va a permitir hacer mejores instrumentos, dirigidos más a otros problemas científicos más específicos.

Indudablemente, va a hacer que la gente se junte para proponer instrumentos para estudiar otros problemas diferentes.

**12. ¿Y es posible que en nuevas agrupaciones emergentes de esto se trate de conseguir la participación de alguien que ahora no esté participando, que no forme parte del consorcio?**

Si, también. Y también puede suceder que la experiencia que se gane con este instrumento y este telescopio, nos permita dirigirnos a los nuevos telescopios, a telescopios de siguiente generación. Los de la siguiente generación van a ser telescopios de treinta o cuarenta metros en su espejo principal. Y debido a problemas técnicos no se puede hacer los espejos de los telescopios más grandes de ocho metros, porque el tamaño de los espejos de los telescopios, está regido por el tamaño de la carretera donde lo puedes transportar, así de simple. No puedes hacerlo más grande porque es imposible moverlo. Hacer un contenedor de diez metros para subirlo a un barco es difícilísimo. Y se rompe probablemente. Se ha llegado entonces a un óptimo para los espejos de tener un diámetro de dos metros, para que quepan en contenedores y el transporte sea más sencillo.

Entonces los telescopios cuyo espejo principal mida treinta, cuarenta o cien metros, va tener que estar hecho por pedacitos de dos metros. Y esa tecnología es la tecnología que ya tiene el Gran Telescopio Canarias.

Lo que nosotros vamos a aprender con FRIDA y con el Gran Telescopio Canarias es, digamos, el prototipo para lo que se va a tener que hacer para los telescopios de treinta y cuarenta metros de diámetro. Entonces muy seguramente nosotros vamos, en los próximos años, muy seguramente, a proponer instrumentos para los telescopios de treinta, cuarenta y cien metros de diámetro, seguro. Y seguramente vamos a colaborar de una manera muy competitiva. Porque tenemos esa experiencia al haber trabajado con un telescopio segmentado, como el GTC.

## **2. La Ley del cielo**

I. Disposiciones Generales

JEFATURA DEL ESTADO

25332 LEY 31/1988 de 31 de octubre, sobre Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias.

JUAN CARLOS I,  
REY DE ESPAÑA

A todo los que la presente vieren y entendieren.

Sabed: Que las Cortes Generales han aprobado y Yo vengo en sancionar la siguiente Ley:

De conformidad con lo prevenido en el artículo 7.3 del Acuerdo de Cooperación en materia de astrofísica, suscrito en Santa Cruz de Tenerife el 26 de Mayo de 1979 por los Gobiernos del Reino de España, del Reino de Dinamarca, del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y del Reino de Suecia, al que se le ha adherido posteriormente la República Federal de Alemania y están en tramites de adhesión varios países más, el gobierno de España debe garantizar la protección de la actividad investigadora que se realiza en el Instituto de Astrofísica de Canarias y, en especial, preservar la calidad astronómica de sus observatorios, procurando atenerse a las recomendaciones de la Unión Astronómica Internacional.

Debido a la excepcional calidad del cielo de Canarias para las observaciones astrofísicas, se esta consolidando una importante organización científica cooperativa europea, con intereses nacionales e internacionales concordantes, cristalizada en la creación del consorcio publico Instituto de Astrofísica de Canarias (Real Decreto 7/1982, convalidado por el Congreso de los Diputados en su sesión del 11 de Mayo), en el que se armonizan las competencias del Estado y del Gobierno Autónomo de Canarias en la materia.

En las reuniones celebradas el 15 de julio de 1983 por el Consejo Rector del Instituto de Astrofísica de Canarias y el 7 de diciembre de 1984 por el Comité Científico Internacional del mismo Instituto se puso de relieve que el paulatino deterioro de la calidad astronómica

del cielo de Canarias aconseja no demorar por mas tiempo la promulgación de las normas pertinentes para el cumplimiento de los fines de protección y preservación establecidos en el mencionado Acuerdo Internacional, lo que lleva a cabo a través de la presente Ley en la que se establecen un conjunto de medidas tendentes a garantizar la calidad astronómica de los observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias.

#### Artículo 1

El alumbrado de exteriores, la instalación y funcionamiento de emisoras y el establecimiento de industrias, actividades o servicios productores de contaminación atmosférica, así como otros factores que se revelen degradantes de la calidad atmosférica de los observatorios de la isla de la Palma quedarán sujetos a las limitaciones establecidas en la presente Ley.

#### Artículo 2

La iluminaciones de exteriores, excluidas las precisas para garantizar la navegación aérea, deberán evitar la emisión de luz por encima del horizonte y habrán de realizarse de forman que produzcan la mínima perturbación de las observaciones astronómicas conforme se determine reglamentariamente.

#### Artículo 3

El Instituto de Astrofísica de Canarias gozará de las protecciones radioelectricas establecidas en la ley 31/1987, de Ordenación de las Telecomunicaciones, así como en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Reglamentariamente se delimitarán dichas protecciones y las servidumbres y limitaciones precisas para hacerlas efectivas.

#### Artículo 4

Por encima de los 1.500 metros de altitud no podrán instalarse industrias, actividades o servicios productores de contaminación atmosférica cuando rebasen los limites que reglamentariamente se establezcan.

#### Artículo 5

El Instituto de Astrofísica de Canarias, con sujeción a las limitaciones establecidas en la presente Ley y en el Reglamento que la desarrolle emitirá informe preceptivo en todos los expediente de solicitud de licencia que se indican a continuación:

- a) Instalaciones de alumbrado exterior.
- b) Emisoras radioelectricas con potencia emisora superior a 250 vatios.
- c) Establecimiento de industrias, actividades o servicios que hayan de situarse por encima de 150 metros de altitud.

#### Artículo 6

Se faculta al gobierno para que, en relación con las actividades previstas en esta ley con referencia a los observatorios del consorcio publico Instituto de Astrofísica de Canarias, determine las limitaciones concretas a establecer en el alumbrado de exteriores, el flujo de energía radioelectrica de las emisoras y los niveles máximos permitidos de contaminación permitidos, teniendo en cuenta las recomendaciones de la Unión Astronómica Internacional.

#### Artículo 7

Será aplicable a los actos que se realicen contra lo preceptuado en esta Ley el regimen de infracciones y sanciones previsto en la normativa que regule, con carácter general, el alumbrado de exteriores, la instalación y funcionamiento de emisoras y el establecimiento de industrias, actividades o servicios productores de contaminación atmosférica.

#### DISPOSICIONES ADICIONALES

Primera.- La presente Ley, en lo referente nuevas instalaciones capaces de degradar la calidad astronómica, será de aplicación también para proteger los observatorios del

Instituto de Astrofísica de Canarias en la isla de Tenerife, excepto en lo concerniente a la iluminación de exteriores, siempre que esta no perturbe la calidad astronómica de los observatorios de la isla de La Palma.

Segunda.- Los gastos que ocasione a las Corporaciones Locales de la isla de La Palma la posible adaptación de la iluminación pública de exteriores actualmente existente a la normativa que se determine reglamentariamente, así como el sobrecosto de las nuevas instalaciones de igual naturaleza, como consecuencia de dicha normativa, serán subvencionados por el estado.

Tercera.- Reglamentariamente se determinará el Organismo competente para dictaminar los expedientes de licencia para las instalaciones a que se refiere la presente Ley como acto previo a la concesión de la licencia municipal.

Cuarta.- Tanto para el desarrollo reglamentario como para la determinación de las limitaciones a que se refiere el artículo 6 de la presente Ley, será oído el Gobierno de la Comunidad Autónoma de Canarias.

Por tanto,

Mando a todos los españoles, particulares y autoridades, que guarden y hagan guardar esta ley.

Palacio de la Zarzuela, Madrid, a 31 de octubre de 1988.

JUAN CARLOS R.

El presidente del Gobierno.

FELIPE GONZALEZ MARQUEZ.

1.- DISPOSICIONES GENERALES.

MINISTERIO DE RELACIONES CON LAS CORTES Y DE LA SECRETARIA DEL GOBIERNO.

8705 REAL DECRETO 243/1992, de 13 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 31/1988, de 31 de octubre, sobre protección de la calidad astronómico de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias.

La atmósfera por encima de la cumbres de las islas de Tenerife y de La Palma reúne condiciones excepcionales para realizar observaciones astronómicas, por lo que en ellas se están concentrando telescopios y otras instalaciones astrofísicas muy importantes al amparo de Acuerdos Internacionales, establecidos por España. Estas condiciones privilegiadas se pueden ver deterioradas como consecuencia del incremento de la luz parásita debida al alumbrado de exteriores, al funcionamiento de emisoras radioeléctricas o a la contaminación atmosférica producida por las industrias y servicios, incluidos las estelas y los gases de escape de los aviones.

La Ley 31/1988, de 31 de octubre, establece un conjunto de medidas tendentes a garantizar la notable calidad de los observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias, siguiendo las recomendaciones de la Unión Astronómica Internacional. Estas medidas determinan ciertas limitaciones en lo referente al alumbrado de exteriores, la instalación y funcionamiento de emisoras de radio y al establecimiento de industrias, actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

El presente Reglamento tiene por objeto establecer las condiciones y los límites tolerables de todos los factores que se revelen degradantes de la calidad astronómica del cielo sobre las zonas que rodean los observatorios.

En su virtud, a propuesta de los Ministerios de Educación y Ciencia, Obras Públicas y Transportes e Industria, Comercio y Turismo, oídos la Comisión Insular de la isla de La Palma y el gobierno de Canarias, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 13 de marzo de 1992,

DISPONGO:

Artículo 1º Se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 31/1988, de 31 de octubre, sobre protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias, cuyo texto se inserta a continuación.

Art. 2º se autoriza a los Ministros de Obras Públicas y Transportes, Educación y Ciencia e Industria, Comercio y Turismo, para que dicten en el ámbito de sus competencias cuantas disposiciones resulten precisas en desarrollo y aplicación del presente Reglamento.

Art. 3º El presente Real Decreto entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el "Boletín Oficial del Estado".

Dado en Madrid, a 13 de marzo de 1.992.

El Ministro de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno.

VIRGILIO ZAPATERO GÓMEZ.

REGLAMENTO DE DESARROLLO DE LA LEY 31/1988, DE 31 DE OCTUBRE, SOBRE PROTECCIÓN DE LA CALIDAD ASTRONÓMICA DE LOS OBSERVATORIOS DEL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS.

TÍTULO PRIMERO.

Disposiciones Generales.

Artículo 1º El alumbrado de exteriores, la instalación y funcionamiento de emisoras y el establecimiento de industrias y actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera, así como otros factores que se revelen degradantes de la calidad astronómica de los observatorios en la isla de La Palma, quedan sujetos a las limitaciones establecidas en la Ley 31/1988, de 31 de octubre, sobre protección de la calidad astronómica de los observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), en la forma establecida en el presente Reglamento.

Art. 2ª el régimen establecido en la Ley y en el presente Reglamento en lo relativo a nuevas instalaciones capaces de degradar la calidad astronómica, será de aplicación también para proteger los Observatorios del IAC en la isla de Tenerife, excepto en lo concerniente a la iluminación de exteriores, siempre que ésta no perturbe la calidad astronómica de los observatorios de la isla de La Palma.

Art. 3º 1. El ámbito territorial de aplicación del régimen de protección comprenderá la totalidad de la isla de La Palma.

2. El ámbito territorial de aplicación del régimen de protección comprenderá la totalidad de la isla de Tenerife, en lo concerniente a instalación y funcionamiento de emisoras y al establecimiento de industrias y actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera, y sólo la parte de la isla de Tenerife que tiene visión directa desde la isla de La Palma, en lo concerniente a iluminación de exteriores.

3. Sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 5 de la Ley 31/1988, dentro de los ámbitos territoriales anteriormente citados deberán quedar salvaguardadas las necesidades de la Defensa Nacional, de acuerdo con la Ley Orgánica 6/1980, por la que se regulan los criterios básicos de la Defensa Nacional y la Organización Militar.

## TÍTULO II

### CAPÍTULO PRIMERO.

Alumbrado de exteriores.

Art. 4º Se considera alumbrado de exteriores, a los efectos de este Reglamento, todo tipo de alumbrado realizado con instalaciones estables o esporádicas, en recintos abiertos para su utilización nocturna.

De acuerdo con esta definición, serán considerados fundamentalmente como alumbrados exteriores los siguientes:

Alumbrado vial.

Alumbrado ornamental y de parques.

Alumbrado de instalaciones deportivas.

Alumbrado de instalaciones recreativas.

Anuncios luminosos.

Alumbrado de seguridad

Alumbrado de escaparates zonas comerciales.

Alumbrado exterior de viviendas particulares.

Art. 5º Están excluidas del ámbito de aplicación del régimen de protección, la luz producida por la combustión de gas natural u otros combustibles, la iluminación de aeropuertos que sea necesaria para garantizar la navegación aérea y la iluminación de vehículos automóviles.

Art. 6º Todos los alumbrados de exteriores deberán evitar la emisión de luz por encima del horizonte y habrán de realizarse de forma y con lámparas que produzcan la mínima perturbación de las observaciones astronómicas.

Art. 7º En todo alumbrado exterior la distribución espectral de la luz emitida por las lámparas ha de ser tal que la suma de las radiancias espectrales para todas las longitudes de onda menores de 440 nm sea inferior al 15 por 100 de su radiancia total. Si es superior deberá aplicarse un filtro que cumpla el límite anterior. El filtro deberá ser sometido a inspección con una periodicidad mínima de dos años.

Art. 8ª Las luminarias para alumbrado vial deben estar construidas de modo que toda la luz emitida de proyecte por debajo del plano horizontal tangente al punto más bajo de luminaria. Las luminarias deben instalarse sin ninguna inclinación.

Art. 9º En el alumbrado vial las únicas lámparas permitidas serán las de vapor de sodio a baja presión. El uso de las de alta presión podrá autorizarse únicamente en determinadas zonas urbanas y siempre con la correspondiente autorización o licencia, de conformidad con lo establecido en los artículos 27 y 28 de este Reglamento.

Art. 10 No podrán utilizarse en el alumbrado vial las lámparas de vapor de mercurio color corregido y halogenuros metálicos.

Art. 11 Las instalaciones de alumbrado vial dispondrán bien de dispositivos para controlar el flujo luminoso o bien de doble lámpara por luminaria que permitan reducir el flujo luminoso a un tercio del normal a partir de las doce de la noche, sin detrimento de la uniformidad. Esta reducción no será aplicable cuando la iluminancia normal sea inferior a los niveles establecidos para la seguridad vial.

Art. 12 El alumbrado ornamental de edificios públicos monumentos y jardines podrá realizarse con cualquier tipo de lámparas, siempre que permanezca apagado después de las doce de la noche. Se procurará que la luz vaya siempre dirigida de arriba hacia abajo.

Art. 13. El alumbrado de instalaciones deportivas y de recreo podrá efectuarse con cualquier tipo de lámparas, pero deberá permanecer apagado después de las doce de la noche.

Dicho límite horario podrá prolongarse para actividades singulares, en los términos de la correspondiente autorización.

Art. 14. 1. En los anuncios luminosos podrán utilizarse tubos de descarga de alta tensión a través de hidrógeno, helio, neón, argón, kriptón, xenón o mercurio a muy bajas presiones así como lámparas fluorescentes, incandescentes o sodio de baja presión, siempre que los anuncios queden apagados a partir de las doce de la noche.

2. No podrán utilizarse proyectores o láseres con fines publicitarios recreativos o culturales.

Art. 15. 1 Para evaluar el efecto (Y) de un núcleo, con un flujo total de F lúmenes instalados a una distancia en kilómetros d, del observatorio del roque de los Muchachos, se aplicará la siguiente fórmula empírica.

2. La suma de los efectos Y de todos los núcleos urbanos situados en cualquier sector de 45 grados, cuyo vértice sea el observatorio del Roque de los Muchachos, no podrá exceder de la unidad, una vez aplicado el correspondiente factor de simultaneidad.

3 Para cada zona e la isla de La Palma, no se podrán rebasar los límites de flujo total instalado que figura en el anexo a este Reglamento.

## CAPÍTULO II

Instalación y funcionamiento de radioemisoras.

Art. 16 A los efectos de aplicación del presente Reglamento se utilizarán las definiciones incluidas en el anexo de la Ley 31/1987, de 18 de diciembre, de Ordenación de las Telecomunicaciones, y, en su defecto, las definiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones, anejo al Convenio Internacional de Telecomunicaciones.

Art. 17 Se considerará expresamente comprendido en el presente título:

a) La instalación y funcionamiento de estaciones de radiocomunicaciones.

b) la limitación de la densidad de flujo de potencia W/m<sup>2</sup>, producido sobre los observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias.

Art. 18 Se exceptúan de la aplicación del presente Reglamento, las estaciones de radiocomunicaciones con potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e) en la dirección de los observatorios inferior o igual a 25 vatios.

Art. 19 De conformidad con el artículo 3, el ámbito territorial del régimen de protección establecido para la instalación y funcionamiento de estaciones de radiocomunicación estará constituido por:

a) La isla de La Palma, por lo que se refiere a instalaciones de radiocomunicaciones existentes o que puedan instalarse en el futuro.

b) La isla de Tenerife por lo que se refiere a las instalaciones que se realicen a partir de la entrada en vigor del presente Reglamento.

c) Los observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias, por lo que se refiere a la limitación de la densidad de flujo de potencia, que afecte a cualquier tipo de instalación radioeléctrica.

Art. 20 1. La densidad de flujo de potencia, en cualquier parte de los observatorios calculada a partir de la p.i.r.e en la dirección de los mismos no será superior a  $2 \times 10^{-60}$  W/m<sup>2</sup>. en cada frecuencia, equivalente a una intensidad de campo eléctrico de 88,8 dB (uV/m). equivalente a una intensidad de campo eléctrico de 88,88 dB(uV/m).

2. El cálculo teórico de la densidad de flujo de potencia producida por cada estación de radiocomunicaciones se realizará teniendo en cuenta las recomendaciones e informes del Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (C.C.I.R.).

3 Se tendrá en cuenta el efecto acumulativo de la interferencia múltiple producida por las estaciones de radiocomunicaciones utilizando el método de la suma cuadrática definido por el C.C.I.R.

4. En el caso de que los cálculos teóricos den como resultado una densidad de flujo de potencia superior al límite fijado en el apartado 1 de este mismo artículo podrán realizarse medidas de intensidad de campo eléctrico en la ubicación de los observatorios con señales de prueba.

5. Si aún así, se determina que una nueva estación de radiocomunicación produce una acumulación de densidad de flujo de potencia que sobrepase el límite establecido en el apartado 1 de este mismo artículo, la Dirección General de Telecomunicaciones denegará la autorización para la instalación de aquella.

6. En todo caso, las estaciones de radiocomunicaciones tomarán las medidas necesarias para limitar sus características de radiación de potencia en dirección a los observatorios al mínimo imprescindible.

### CAPÍTULO III

#### Contaminación atmosférica.

Art. 21. Por encima de los 1.500 metros de altitud no podrán instalarse en las islas de Tenerife y de La Palma, industrias, actividades o servicios potencialmente contaminadores de la atmósfera, cuando rebasen los límites establecidos legalmente en esta materia, o aquellos que con posterioridad reglamentariamente se determinen.

Art. 22. A los efectos del presente Reglamento se considerarán industrias, actividades o servicios potencialmente contaminadores de la atmósfera aquellos que puedan ser causa de emisiones de gases y partículas a la atmósfera, excluyéndose de estos conceptos:

- a) La circulación de vehículos automóviles cuya cilindrada sea inferior o igual a 2.000 cc.
- b) Las instalaciones situadas a más de 15 kilómetros en línea recta de los observatorios de la isla de la Palma y a 25 kilómetros en línea recta de aquellos de la isla de Tenerife. Estas distancias deberán ser medidas en un plano horizontal.

### CAPÍTULO IV

#### Rutas Aéreas.

Art. 23. A los efectos de aplicación del presente Reglamento se consideran interferencias de rutas aéreas, la formación de nubes producidas por la condensación de los gases de escape de aviones y salidas de gases de combustión que puedan perturbar la transparencia del cielo.

Art. 24. 1. Se consideran exceptuadas de la aplicación del presente Reglamento las perturbaciones ocasionales producidas por vuelos realizados para prevención y extinción de incendios, traslados de heridos y como consecuencia de situaciones catastróficas o por razones sanitarias de urgencia o necesidad.

2. Las instalaciones radioeléctricas de Aviación Civil que pudieran afectar a la calidad astronómica de los observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias, deberán ser objeto de acuerdo previo con el Instituto de Astrofísica de Canarias.

Art. 25. Las rutas aéreas deben ser mantenidas fuera de los 10 grados sobre el horizonte visto desde el observatorio y a 5 Kilómetros de distancia horizontal del lugar.

### TÍTULO III

#### CAPÍTULO PRIMERO.

Administración de régimen de protección.

Art. 26. La ejecución del presente Reglamento se realizará por la Administración que por razón de la materia resulte competente en cada caso.

Art. 27. 1. La Administración competente solicitará de la Dirección del IAC el informe preceptivo a que se refiere el artículo 5º de la Ley 31/1.988 de 31 de octubre.

Dicho informe se emitirá en el plazo de treinta días transcurridos los cuales se entenderá emitido el mismo con carácter favorable.

2. Si la solicitud no fuese acompañada de los documentos necesarios para emitir el informe se requerirá al solicitante para que los aporte, entendiéndose interrumpido el plazo de emisión hasta la aportación de los mismos.

3. No será preciso el informe del IAC, en los procedimientos de autorización de instalaciones de iluminación exterior con potencia inferior a 20.000 lúmenes.

Art. 28. Los informes del IAC son en todo caso previos y preceptivos a la puesta en funcionamiento y realización de cualquiera de las actividades incluidas en el ámbito de aplicación del presente Reglamento.

2. En los supuestos contemplados en el artículo 13 de este Reglamento, los condicionantes del informe habrán de incorporarse a la licencia o autorización.

Art. 29. 1. Los proyectos de instalación de emisoras de radio, de industrias o actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera sometidas al ámbito del régimen de protección, deberán incluir un estudio técnico de su incidencia en la función investigadora de los observatorios del IAC, con expresión en su caso de las medidas correctoras que se propongan para eliminar cualquier efecto degradante de la calidad astronómica de los mismos.

2. El IAC deberá autorizar los trabajos que sean precisos en sus observatorios para la realización de los estudios a que hace referencia el apartado anterior.

Art. 30. 1. Los interesados podrán formular a la Dirección del IAC consultas debidamente documentadas sobre la incidencia de sus proyectos de instalaciones o actividades en las limitaciones derivadas del régimen de protección.

2. La contestación tendrá carácter de mera información y no sustituirá la emisión en su momento del informe preceptivo.

3. La contestación tendrá carácter de mera información y no sustituirá la emisión en su momento del informe preceptivo.

3. El informe se acomodará al contenido de la consulta siempre que se mantengan invariables las condiciones de todo tipo en las que se evacuó aquella.

## CAPITULO II

### Régimen sancionador.

Art. 31. Será aplicable a los actos que se realicen contra lo preceptuado en la Ley 31/1.988, y en el presente Real Decreto el Régimen de infracciones y sanciones previsto en la normativa que regula, con carácter general, el alumbrado de exteriores, y la instalación y funcionamiento de emisoras y el establecimiento de industrias, actividades o servicios productores de contaminación atmosférica.

Art. 32. La competencia para aplicar el régimen de sanciones previsto en la Ley 31/1987, de 18 de diciembre, de Ordenación de las Telecomunicaciones, corresponderá al Ministerio de Obras Públicas y Transportes, sin perjuicio de las potestades sancionadoras que correspondan a la Comunidad Autónoma de Canarias, en relación con las emisoras de radiodifusión sonora en ondas métricas con modulación de frecuencia de gestión indirecta.

Art. 33. La competencia para aplicar el régimen sancionador establecido en la Ley 38/1972 de 22 de diciembre de protección del ambiente atmosférico corresponde a la Comunidad Autónoma de Canarias en el ámbito de la expresada Ley y del presente Reglamento.

Art. 34 En los procedimientos sancionadores que se sustancien como consecuencia de infracciones relacionadas con el régimen de protección deberá incorporarse con anterioridad a la propuesta de resolución un informe técnico de la Dirección del IAC, en el que se expongan y valoren los efectos negativos de la instalación o actividad objeto del expediente sobre la función investigadora.

### CAPÍTULO III

#### Régimen económico.

Art. 35. Los gastos que ocasionen a las corporaciones locales de la isla de La Palma, la posible adaptación de la iluminación pública de exteriores actualmente existente a esta normativa, así como el sobrecosto de las nuevas instalaciones de igual naturaleza como consecuencia de dicha normativa, será subvencionados por el Estado.

Art. 36. Las solicitudes para adaptar la iluminación existentes se presentarán en la Dirección del IAC, acompañado el proyecto técnico de la instalación y el presupuesto de la misma. El IAC emitirá informe sobre la necesidad de la adaptación, que remitirá junto con la solicitud y demás documentos a la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación (Ministerio de Educación y Ciencia). La Secretaría de Estado de Universidades e Investigación a la vista de lo anterior, dictará resolución aprobando o rechazando la solicitud y fijando la cuantía de la subvención.

Art. 37. Las solicitudes de subvención para sufragar el sobrecosto de las nuevas instalaciones se tramitarán y resolverán conforme al procedimiento establecido en el artículo 36. A la documentación señalada en dicho artículo deberá acompañarse la valoración razonada del sobrecosto de la instalación.

Art. 38. Las solicitudes de adaptación de la iluminación existente se consideran prioritarias respecto de las nuevas instalaciones de la misma naturaleza, en los créditos presupuestarios anuales.