



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Posgrado en Filosofía de la Ciencia

Estudios Filosóficos y Sociales de la Ciencia y la Tecnología

Valores y representaciones científicas. La complejidad como valor epistémico en la  
representación del IPCC sobre el cambio climático

TESIS

Que para optar por el grado de  
Maestra en Filosofía de la Ciencia

PRESENTA

Nancy Ramírez Sánchez

Director:

León Olivé Morett

Facultad de Filosofía y Letras, UNAM

México, D. F.

Junio, 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Agradecimientos**

A mi madre, gracias por tu apoyo, cariño y paciencia... gracias por estar ahí... sin ti, nada de esto habría sido posible.

A Mayra, Alejandro y Miguel quienes han creído en mí, me han brindado su apoyo y su invaluable amistad. El tiempo compartido con ustedes estará siempre entre mis mejores recuerdos.

A mi tutor, León Olivé, cuya guía ha sido importante en mi crecimiento profesional.

A mis sinodales, que con sus comentarios enriquecieron este trabajo.

A la UNAM, que ha sido parte esencial en la formación de mi persona.

Gracias al CONACyT por el apoyo económico que hizo posible esta investigación.

## Índice

Introducción, 5

### Representaciones en la ciencia

1.1 El concepto de representación en la filosofía de la ciencia, 8; 1.2 Teorías y modelos: representaciones en la ciencia, 18

### El concepto de valor

2.1 ¿Que es un valor? 20; 2.2 Rasgos fundamentales del valor, 26; 2.3 Los valores en la filosofía de la ciencia, 28; 2.4 La práctica científica como elemento fundamental en la génesis del valor, 32

### Complejidad

3.1 ¿Qué es la complejidad? 35; 3.2 Rasgos fundamentales de la complejidad, 44; 3.3 La complejidad como un valor en la práctica científica, 46; 3.4 La complejidad en representaciones científicas sobre el cambio climático, 49

### La complejidad como valor epistémico en la representación del IPCC sobre el cambio climático

4.1 El sistema climático: factores que intervienen en la determinación del clima del planeta Tierra, 54; 4.2 Cambio climático: causas, evidencias y consecuencias, 58; 4.3 La ciencia del clima y la atribución del cambio climático, 60; 4.4 Complejidad: modelos de simulación climática, 63; 4.5 Avances en la simulación de la complejidad en los modelos de simulación climática, 66; 4.6 La complejidad como una noción fundamental en la representación del IPCC sobre el cambio climático,

67; 4.7 La complejidad como valor epistémico en la representación del IPCC sobre el cambio climático, 73

Conclusiones, 75

Glosario, 77

Bibliografía, 78

## Introducción

La dicotomía hecho/valor ha constituido una de las divisiones más importantes dentro de la filosofía. Diversos filósofos han intentado demostrar que hechos y valores son de naturaleza distinta, en tanto que los primeros son objetivos y los segundos son subjetivos.

De manera general, esta dicotomía responde al supuesto de que los hechos tienen una existencia independiente de los sujetos que puede comprobarse de algún modo, mientras que los valores no tienen una existencia independiente de éstos, ya que son una expresión de las emociones de los mismos.

Por ejemplo, cuando se indica que X ha robado el auto de Y, el robo es un hecho que puede comprobarse por medio de la observación directa (el auto ha desaparecido) o a través de testigos o cámaras ocultas; sin embargo, calificar el robo como algo malo es una valoración que depende completamente del sujeto y que, por tanto, no tiene una existencia independiente de él (lo bueno o lo malo no es una entidad que puede identificarse por medio de la observación).

Diversos autores de la corriente pragmatista han intentado demostrar la inexistencia de la dicotomía hecho/valor indicando que hechos y valores se relacionan en la experiencia humana (por ejemplo, un juicio con respecto a la crueldad de un sujeto indica tanto un hecho concreto como una valoración del sujeto que es calificado de tal forma).

No obstante, esta dicotomía sigue siendo parte del análisis filosófico y, en el caso de la filosofía de la ciencia, esta distinción ha sido fundamental debido a que se considera que la ciencia trata únicamente sobre cuestiones de hecho (diversos filósofos, principalmente de la corriente del positivismo lógico, han intentado demostrar que en la ciencia no existen valores).

Asimismo, en esta rama de la filosofía, la separación que en ella se ha hecho entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación, ha dado

como consecuencia que el análisis filosófico se centre en cuestiones epistémicas que excluyen a los valores, debido no sólo a la consideración aludida sobre los mismos, sino también a la creencia de que éstos no influyen en la generación de conocimiento.

Sin embargo, desde hace algún tiempo en la filosofía de la ciencia han surgido diversas posturas que han puesto en cuestión estos planteamientos, lo cual ha derivado en una importante línea de investigación filosófica que tiene por objeto el análisis de los valores en la ciencia.

Los valores epistémicos son una categoría de valores a los que se les ha puesto especial atención en ésta corriente de la filosofía, en tanto que éstos ponen en cuestión la concepción dominante que indica que los valores no influyen en la generación de conocimiento.

Esta investigación parte del supuesto de que en la ciencia existen los valores y que ellos intervienen en la génesis del saber. El análisis que aquí se realizará tiene por objeto demostrar que una noción se ha convertido en un valor epistémico en una representación científica concreta.

En esta investigación se analizará la noción de complejidad en la representación sobre el cambio climático del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), con el objetivo de demostrar que esta noción es un valor epistémico en esta representación.

Dentro de la práctica científica sobre el cambio climático, la representación dominante sobre el tema es la del IPCC, en tanto que en ella se sintetizan las aportaciones más importantes sobre el cambio climático de científicos de diversas disciplinas en todo el mundo.

En esta representación la complejidad es una noción importante debido a que en ella se contempla que ésta es un rasgo del sistema climático, por lo cual el grupo enfatiza la necesidad de generar representaciones realistas (complejas) del

cambio climático y de reproducir de forma realista el sistema climático en los modelos de simulación climática.

Sin embargo, lo anterior no significa que la complejidad sea un valor epistémico en dichas representaciones, ya que, por el contrario, esta afirmación sugiere que la complejidad es concebida como un rasgo ontológico en dicha representación.

Este trabajo está dividido en cuatro capítulos. En el primero se precisará que es lo que se entenderá por representación, debido a la necesidad de aclarar, en primera instancia, que será objeto de análisis en esta investigación y, en el segundo, se expondrán las características de un valor con el fin de precisar la forma en cómo se constituye un valor.

En la tercera parte de la investigación se expondrán cuáles son las características de la noción de complejidad, y se argumentará porque ésta puede ser concebida como un valor en la práctica científica sobre el cambio climático y, en el último capítulo, se expondrá y analizará la representación sobre el cambio climático del IPCC con el objetivo de determinar si la complejidad funge como un valor en ella.

En general, el análisis en esta investigación pretende señalar la importancia de los valores dentro de la práctica científica y mostrar cómo se constituyen dentro de la misma. Lo anterior es importante debido a que ello indica uno de los factores que interviene en la generación del conocimiento científico, lo cual es uno de los principales temas de análisis dentro de la filosofía de la ciencia.

## **Representaciones en la ciencia**

El objetivo de esta investigación es el análisis axiológico de representaciones científicas del IPCC sobre el cambio climático, por lo cual una de las primeras tareas será elucidar que es lo que se entenderá por representación en esta investigación. Dado que el análisis filosófico sobre las representaciones tiene una larga historia dentro de la filosofía, en este capítulo únicamente se expondrán algunas contribuciones importantes con el fin de precisar que se entenderá por representación en esta investigación.

El carácter de este capítulo es meramente expositivo, en tanto que las representaciones no son el núcleo medular de la investigación, por lo cual no se realizará un análisis de este concepto filosófico que ha sido objeto de debate dentro de la disciplina. Así, en este capítulo solamente se determinará qué es lo que se someterá a un análisis axiológico en los capítulos sucesivos de este trabajo.

### **1.1 El concepto de representación en la filosofía de la ciencia**

Ian Hacking ha dedicado algunos de sus trabajos a la reflexión filosófica sobre las representaciones. Este autor argumenta que, en la filosofía de la ciencia, la idea de representación surgió debido a la falta de diferenciación entre teoría y observación.

Hacking señala que, hasta antes de los trabajos de Kuhn, los filósofos de la ciencia claramente distinguían entre teorías y observaciones, en tanto que, en las distintas posturas, se contemplaba que las teorías o las hipótesis se formulaban ya sea de las observaciones o de las conjeturas teóricas que se contrastaban con las observaciones para determinar su verosimilitud. En estas concepciones la

distinción teoría-observación es clara, dado que las observaciones son las que permiten determinar la verdad o falsedad de una teoría.

La afirmación de Kuhn con respecto a que *después de una revolución científica se habitan mundos diferentes* expone la idea de que las observaciones están mediadas por la teoría, y por tanto existen distintas representaciones del mundo que cambian cuando cambia un paradigma, ya que “[...] Las nuevas teorías son nuevas representaciones. Representan de manera diferente y son por tanto nuevos tipos de realidad”<sup>1</sup>.

Así surge, en la filosofía de la ciencia, la reflexión con respecto a la realidad y como ésta es representada en las teorías, lo cual deriva en el surgimiento de posturas realistas y antirrealistas. La primera de estas posturas, el realismo, es una posición que sostiene que existe una realidad independiente a la representación y que las teorías pueden representar esta realidad tal y como es, por lo cual la veracidad o falsedad de las mismas radica en su correspondencia con la realidad.

Hacking distingue dos tipos de realismo científico: el realismo con respecto a las teorías y el realismo con respecto a las entidades teóricas. El primero de estos realismos se concentra en el análisis de la verdad o la falsedad de las teorías, y el segundo en el problema de la existencia de las entidades que se postulan en las mismas.

En el realismo con respecto a las teorías se contempla que, si bien una teoría puede ser verdadera, ello no implica que todas las entidades teóricas postuladas en ésta existan realmente, ya que en una teoría se pueden postular entidades con el objetivo de explicar fenómenos, pero ello no implica que necesariamente estas entidades existan, dado que éstas únicamente pueden

---

<sup>1</sup> Hacking, Ian, *Representar e intervenir*, p. 167

postularse como construcciones lógicas que se derivan, por ejemplo, de la manipulación de un objeto o sustancia<sup>2</sup>.

En el realismo de las entidades teóricas se sostiene que las entidades planteadas en las teorías existen pero, dado que no puede darse una descripción completa de ellas, tampoco puede existir una teoría absolutamente verdadera.

En las posturas antirrealistas se contempla que las teorías sólo son herramientas de pensamiento, es decir, son instrumentos que permiten comprender y predecir ciertos sucesos, pero ello no significa que éstas sean un reflejo de la realidad tal y como es, dado que es imposible alcanzar un conocimiento absoluto de la realidad.

Las teorías, para los antirrealistas, pueden ser adecuadas o útiles en relación a los fines que se intentan alcanzar con ellas, pero nunca pueden representar la constitución última del mundo, en tanto que nunca son una *representación literal de cómo son las cosas en la realidad*.

Hacking distingue al positivismo como una postura antirrealista, en la cual sus más importantes representantes son Auguste Comte y, los tradicionalmente considerados como empiristas, Hume y (actualmente) Bas Van Fraassen.

Dentro de las perspectivas positivistas, para que un suceso o fenómeno pueda ser considerado como real, éste debe poder verificarse de alguna forma (principalmente por medio de los sentidos), y en esta tradición se contempla que no existen causas<sup>3</sup> y explicaciones de los fenómenos, dado que ello implicaría que puede conocerse la naturaleza última de los mismos.

El pragmatismo es otra de las posturas antirrealistas consideradas por Hacking. En ella, Charles Sanders Peirce, contempla que la verdad son las conclusiones a las que se llega dentro de una comunidad de investigadores, y

---

<sup>2</sup> Por ejemplo, se puede postular un Z para explicar por qué de la experimentación con una sustancia al agregar otra se sigue un efecto; Z es inobservable pero es postulada como una construcción lógica que explica por qué de X se sigue Y.

<sup>3</sup> En esta postura se argumenta que sólo existen regularidades, es decir, un suceso puede generarse regularmente después de otro pero ello ni indica que el último sea causa del primero.

William James y John Dewey consideran que nuestras necesidades definen lo que es verdadero. Asimismo, dentro de esta perspectiva, argumenta Hacking, Hilary Putnam arguye que los marcos conceptuales influyen en las creencias y con ello en lo que se considera como real.

Hacking contempla que en la conceptualización filosófica sobre la representación, el término de paradigma de Kuhn ha sido fundamental. El autor destaca dos de los sentidos en que este término puede ser entendido: el paradigma como logro y el paradigma como conjunto de valores compartidos.

En el primero de estos sentidos, el paradigma se entiende como un modelo que es utilizado por los investigadores para la resolución de acertijos. Así, el paradigma proporciona una representación del mundo que guía la resolución de problemas planteados por esta imagen.

El segundo de los sentidos del termino paradigma alude al conjunto de métodos, normas y suposiciones básicas que un grupo de investigadores comparten en virtud de su pertenencia a una matriz disciplinaria, entendida ésta como los fines y problemas comunes que comparten grupos de investigadores.

Asimismo, Hacking destaca que la inconmensurabilidad es una de las ideas que más ha influido en el concepto de representación dentro de la filosofía, debido a que con ella se señala la imposibilidad de la traducción término por término entre el nuevo y el viejo paradigma, en virtud de que la representación del mundo, al ser diferente, imposibilita la traducción entre paradigmas dado que un mismo término o idea denota una representación distinta del mundo.

Otro de los autores que Hacking destaca en su análisis sobre la representación es a Imre Lakatos, quien contempla que no existe una representación inequívoca de la realidad debido a la improbabilidad de que una representación tenga una correspondencia absoluta con la verdad; sin embargo, ello no significa que el conocimiento no pueda progresar, ya que en un programa de investigación se acumula conocimiento a través de las teorías que lo constituyen.

Para Lakatos la ciencia se organiza en programas de investigación configurados por una serie de teorías que guían la indagación sobre la realidad. Cada programa está constituido por su heurística positiva y su heurística negativa, en donde la primera señala los problemas y temas que se pueden investigar dentro del programa, y la negativa indica, al estar configurada por los principios fundamentales en los que se cimientan las teorías que configuran a la misma, los temas y problemas que no están sujetos a discusión, es decir, que problemas y temas no deben ser analizados ni problematizados.

La heurística negativa es denominada por el autor como el “núcleo duro” de un programa de investigación, y esta constituye un “cinturón protector” de la teoría, ya que impide que sus principios fundamentales sean puestos a discusión.

Hacking, en oposición a las posturas que definen a las representaciones como subjetivas y sin relación (clara) con el mundo externo, argumenta que éstas se caracterizan por ser públicas y externas a los individuos y que ellas pretenden ser semejantes a lo que representan.

Al respecto es importante mencionar que, para Hacking, las representaciones de la realidad son anteriores a las reflexiones sobre la semejanza entre lo representado y la representación, es decir, entre la representación y la realidad, ya que sólo hasta que se genera una representación es posible reflexionar sobre su similitud con la realidad. Dado lo anterior, Hacking argumenta que lo real es un “atributo de las representaciones”, en tanto que su similitud con la realidad es algo que se atribuye a la representación por medio de la reflexión.

El autor argumenta que, en las representaciones, únicamente se representan similitudes, dado que “por lo general [éstas] no pretenden decir como son las cosas”<sup>4</sup>. En este sentido, dado que los juicios con respecto a la similitud de la representación con la realidad son posteriores a la representación, “[...] La

---

<sup>4</sup> Ibid. p. 166

ciencia misma tiene que producir criterios de lo que es “similar”, o de lo que cuenta como una representación correcta”<sup>5</sup>.

Es importante destacar que el autor argumenta que los problemas con respecto a la relación de las representaciones con la realidad surgieron, en la filosofía de la ciencia, cuando en ella comenzaron a generarse múltiples representaciones de la realidad.

Hacking indica que en la filosofía *el conocimiento se ha ligado a la idea de representación*, por lo cual ha existido “[...] una decidida obsesión con la representación, el pensamiento y la teoría a costa de la intervención, la acción y el experimento”<sup>6</sup>. El autor afirma que en la experimentación y en la intervención se encuentra una “base segura de un realismo indiscutible”, por lo cual privilegia la ciencia experimental sobre las representaciones.

Andoni Ibarra y Thomas Mormann son otros de los autores que han analizado las representaciones en la ciencia. Estos autores consideran que las representaciones son fundamentales en la práctica científica; sin embargo, argumentan que la representación como semejanza (isomorfa) no ha tenido un papel importante en la misma.

En las *prácticas representacionales* de la ciencia, argumentan los autores, han existido cuatro tipos de representaciones: isomórficas, como sustitución, como homomorfía y homológicas. En cuanto a las primeras, en ellas se considera que debe existir necesariamente una semejanza entre la representación y lo que se representa y, en la representación por sustitución, se concibe que “algo” sustituye a lo que se intenta representar (un ejemplo de esta representación es la sustitución de una entidad por un número o una magnitud). En las representaciones como homomorfía se pretende que éstas conserven parcialmente la estructura de lo que representan.

---

<sup>5</sup> Ibíd. p. 171

<sup>6</sup> Ibíd. p. 158

Las representaciones homológicas son el tipo de representación que los autores consideran que “[...] capta las propiedades esenciales de las representaciones científicas mejor que otros conceptos ya propuestos en la literatura”<sup>7</sup>. Para los autores este tipo de representación es diferente a las enunciadas anteriormente, ya que no dependen de la semejanza con el objeto o con su estructura.

Ibarra y Mormann retoman algunas consideraciones de Hertz en relación a la teoría de las estructuras físicas para explicar la idea básica de las representaciones como homología. Así, los autores contemplan que existe una simetría entre “las consecuencias naturalmente necesarias” y las “consecuencias intelectualmente necesarias”, lo cual indica que lo que es percibido puede plasmarse en representaciones intelectuales dando lugar a una simetría entre lo representado y el representante; sin embargo, esta relación no implica que la representación capte en su totalidad a lo representado, debido a que ella únicamente refleja relaciones de tipo lógico.

Un aspecto importante de las representaciones como homología es que éstas no pueden considerarse de forma aislada, ya que forman parte de un sistema en el cual se relacionan representaciones de diversos tipos. De esta forma, las representaciones forman una red en la cual existen distintas combinaciones de representaciones que son utilizadas según el contexto de la práctica científica.

Ibarra y Mormann, retomando a Pierce, argumentan que toda representación científica es una representación de algo (A) por algo (B) para algo (C). El contexto es lo que define a C, ya que éste es el que determina para qué se elabora una representación o el por qué se elige una combinación de representaciones sobre otra.

Así, el contexto determina el tipo de combinación representacional que se genera o utiliza dentro de la práctica científica. Asimismo, este contexto es

---

<sup>7</sup> Ibarra, Andoni, Mormann, Thomas, *Una teoría combinatoria de las representaciones científicas*, p. 4

importante en la interpretación de la representación, ya que éste es el que da sentido y significado a la misma, en tanto que la representación puede *ser interpretada de manera diferente en contextos distintos*.

Para León Olivé la percepción de objetos implica necesariamente tener una representación de ellos, lo cual, a su vez, implica disponer de conceptos. Percibir un objeto significa, siguiendo al autor, tener una representación del mismo de la cual se genera un concepto, ya que “[...] Los sistemas perceptuales, por el sólo hecho de tener representaciones de objetos, generan los conceptos de esos objetos”<sup>8</sup>.

Estos conceptos se generan *ipso facto* a partir de la interacción con el mundo, ya que cuando los agentes se relacionan con éste necesariamente producen conceptos que les permiten identificar y clasificar los objetos con los que interactúan. El autor define como “conceptos empíricos primitivos” a los conceptos que permiten la identificación de los objetos que se perciben a través de los sentidos. Así, estos conceptos son la base de la cognición dado que posibilitan la identificación de objetos a partir de la percepción.

Las percepciones de los agentes regularmente se presentan en un entramado de representaciones y por ende de conceptos. El autor, retomando a Michael Arbib y a Mary Hesse, denomina como unidad de representación a aquella que corresponde a un solo objeto y como unidades de representación a aquellas que representan a un entramado de representaciones.

Identificar un objeto no significa que el concepto, que de la representación del mismo se genera, capte al objeto tal y como es, en tanto que el concepto únicamente posibilita a los agentes para la identificación del objeto *como algo distinto de otras entidades del mundo*.

Sin embargo, lo anterior tampoco significa que los conceptos no se relacionen con el mundo, ya que éstos necesariamente representan la estructura

---

<sup>8</sup> Olivé, León, La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento. Ética, política y epistemología, p. 214

del objeto. La estructura del mundo siempre influye en la generación de conceptos en tanto que *impone restricciones acerca de lo que se puede percibir*, y con ello en lo que se puede representar y por ende conceptualizar. Debido a lo anterior, Olivé contempla que la percepción es objetiva puesto que permite generar conceptos que siempre estarán relacionados con el mundo.

Sin embargo, en la configuración de conceptos no sólo intervienen los objetos, ya que los agentes, sus prácticas y las redes epistémicas también influyen en la generación de los mismos. Los agentes necesariamente viven en un ambiente sociocultural en el cual, a través del tiempo, se han formado redes epistémicas que han permitido conocer el mundo y, de estas redes, se han configurado, asimismo, distintos tipos de prácticas epistémicas que permiten a los agentes conocer aspectos específicos del mundo.

En una práctica epistémica concreta existe una cierta clase de objetos cuya identidad depende tanto de su estructura como de la forma en que es concebido dentro de la práctica. Así, la configuración de las representaciones y los conceptos de los objetos depende tanto del objeto como de las conceptualizaciones que los agentes forman de éste a partir de sus relaciones dentro de la práctica. Con respecto a lo anterior el autor argumenta que

[...] las representaciones de los objetos de una cierta clase no son únicamente representaciones pasivas de estos objetos (no se deben sólo a la recepción de estímulos provenientes de esos objetos), sino que en muchos casos se deben a las interacciones que los agentes perceptuales pueden tener con los objetos representados —es decir, que las representaciones dependen de prácticas comunes a los miembros de la clase de sistemas perceptuales, por ejemplo a las manipulaciones que hacen de esos objetos—, entonces los sistemas de prácticas posibles para una comunidad (íntimamente ligados a los sistemas de conceptos) pueden afectar la forma en que es representado un objeto, y por consiguiente afecta al concepto del objeto<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Ibíd. pp. 219-220

Los conceptos de los objetos se forman necesariamente dentro de una práctica, en tanto que “[...] siempre tenemos que ser adiestrados dentro de cierta práctica, aprender a disponer de los conceptos pertinentes (que esa práctica genera), para ser capaces de ver [...] los objetos que produce esa práctica”<sup>10</sup>.

Así, una representación correcta es aquella que es compartida por los agentes que conforman una práctica dado que las representaciones y los conceptos, al constituirse dentro de la misma, tienen un carácter necesariamente intersubjetivo, y por tanto una representación es correcta si los agentes que constituyen la práctica son capaces de “ver” lo mismo.

Dado que en la constitución de los conceptos intervienen los agentes (y por ende sus intereses, sus necesidades y sus fines que necesariamente son necesidades, fines e intereses compartidos debido a que se constituyen dentro de la práctica), estos conceptos son falibles en tanto que están constituidos por aspectos sociales y emocionales que pueden suscitar transformaciones de los mismos.

Asimismo, dado que las redes epistémicas, y las prácticas que en ellas tienen lugar, tienen un carácter sociocultural, los conceptos de los objetos pueden variar de una cultura a otra y de una época histórica a otra, es decir, los aspectos sociales, culturales e históricos dan como consecuencia una pluralidad de conceptos de los objetos.

En lo que se refiere a las representaciones en las prácticas científicas, Olivé distingue tres tipos de representaciones: objetivas, subjetivas e ideológicas. Para efectos de esta investigación, sólo se expondrá que son y cómo se construyen las representaciones objetivas en la ciencia.

En la práctica científica existen dos tipos de representaciones objetivas: 1) Las representaciones *en la ciencia*, las cuales se refieren a la forma en que los científicos representan el mundo (sus funciones, mecanismos, estructura, etc.) y; 2) Las representaciones *de la ciencia*, las cuales son representaciones de las

---

<sup>10</sup> Ibíd. p. 200

acciones de los científicos (sus tareas, objetivos, resultados, etc.). A continuación se expondrá como se configuran las representaciones en la ciencia, dado que este tipo de representación será el objeto de análisis de esta investigación.

Las representaciones en la ciencia se construyen a partir de la relación que se da entre el agente que elabora la representación, el representante (que puede ser un modelo o una teoría) y lo representado (un proceso o hecho del mundo)<sup>11</sup>.

Como hemos visto, la estructura de lo representado influye en la representación que de él se elabora, pero en ella también interviene el agente inmerso en una práctica, por lo cual los marcos conceptuales, que en ella se forman, también intervienen en la constitución de las representaciones. Asimismo, dado que una práctica está constituida por necesidades e intereses, éstos también intervienen en la configuración de las representaciones.

Sin embargo una práctica científica no sólo está constituida por los elementos que se han enunciado anteriormente, ya que en ésta también existen un conjunto de fines, valores y normas (estructura axiológica) y por ende éstos también intervienen en la generación de representaciones.

Así las representaciones en la ciencia, entendidas como teorías o modelos, se configuran a partir de la estructura del objeto y los elementos que constituyen y se constituyen en una práctica científica, tales como los marcos conceptuales, las necesidades, los fines, los intereses, las normas y los valores.

## **1.2 Teorías y modelos: representaciones en la ciencia**

En las reflexiones filosóficas sobre las representaciones algunos de los problemas fundamentales han girado en torno a la indagación con respecto a que es lo que se representa y como se representa. Así, las posturas realistas han intentado

---

<sup>11</sup> Ver Olivé León, *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento. Ética, política y epistemología*, cap. X

demostrar que las representaciones son o deben representar la constitución última de la realidad, y las posturas antirrealistas señalan que las representaciones únicamente representan construcciones lógicas que se relacionan con los intereses y los fines de los que las elaboran y las utilizan.

En su análisis, Hacking destaca diversas posturas antirrealistas, de las cuales, las más importantes son el positivismo y el pragmatismo. Hacking asume una postura realista, ya que a pesar de que considera que las representaciones nunca son un reflejo absoluto de la constitución del mundo (y de hecho no pretenden serlo), éstas pretenden ser semejantes con lo que representan.

Las posturas de Mormann, Ibarra y Olivé también pueden ser clasificadas como una forma de realismo, ya que en ellas se considera que la representación se relaciona necesariamente con el mundo. Sin embargo, Olivé señala otros aspectos (sociales y psicológicos) que intervienen en la constitución de las representaciones, con los cuales pretende explicar la pluralidad y la transformación de las mismas.

En la exposición de los autores enunciados es claro que cualquier instrumento de pensamiento que pretenda mostrar cómo es o cómo funciona un aspecto de la realidad es una representación. Así, como señala Olivé, **las teorías y los modelos son una representación del mundo.**

El objetivo de esta investigación es analizar la representación del IPCC sobre el cambio climático para determinar si la complejidad es un valor epistémico en la misma. En esta investigación se entenderá que una representación es una teoría, por lo cual se analizará la teoría que el IPCC muestra sobre el cambio climático para cumplir con el análisis propuesto. Asimismo se retomará el concepto de práctica científica de Olivé para explicitar cómo se constituye un valor epistémico, el cual es el tema que se abordará en el siguiente capítulo.

## El concepto de valor

El objetivo de este estudio es determinar si la complejidad puede considerarse como un valor en la representación sobre el cambio climático del IPCC. Para tal fin, primero es necesario definir que es un valor, ya que sólo de esa forma se podrá determinar si la complejidad puede considerarse de tal forma en la representación objeto de análisis de este estudio.

Así, en este capítulo primero se expondrán dos aportaciones importantes sobre el concepto de valor dentro de la axiología, en tanto que éstas señalan los rasgos básicos de lo que aquí se considerará como un valor, y posteriormente se expondrá como se han conceptualizado los valores dentro de la filosofía de la ciencia. Finalmente en el último apartado del capítulo se precisará cómo se entenderá este concepto en la investigación.

### 2.1 ¿Que es un valor?

Los valores han sido uno de los temas de análisis más importantes dentro de la filosofía; sin embargo, no es sino hasta mediados del siglo XIX que surge la axiología como el ámbito encargado del análisis formal de los mismos<sup>12</sup>.

Uno de los tópicos más importantes para la axiología ha sido la elucidación de la naturaleza de los valores. Sobre este tema, Risieri Frondizi señala que en la axiología han dominado dos posturas fundamentales: el subjetivismo y el objetivismo.

En lo que se refiere al subjetivismo, el autor argumenta que esta postura sostiene que los valores tienen su génesis en el sujeto, en tanto que éste es el que otorga valor a los objetos que le producen reacciones fisiológicas o psicológicas.

---

<sup>12</sup> Frondizi, Risieri, *¿Que son los valores?*, p. 11

En esta postura los objetos no poseen características propias que los hacen valiosos en sí mismos, ya que no existen valores sino valoraciones de los sujetos.

El placer, el deseo o el interés son las *vivencias* susceptibles de generar valoraciones en el sujeto, por lo cual todo objeto que le suscite estas reacciones será valorado por el mismo. Así, a partir de lo anterior, se podría considerar que tanto la ciencia como las peleas de gallos podrían ser concebidas como valiosas, dado que ambas son susceptibles de producir interés o placer en los sujetos.

A diferencia del subjetivismo, en las posturas objetivistas se contempla, siguiendo al autor, que los valores tienen una existencia independiente del objeto y del sujeto, ya que, si bien, los valores se manifiestan en objetos y, en esa medida, pueden ser percibidos por los sujetos, los valores no son el objeto dado que sólo se manifiestan en éste, por lo cual éstos existen con independencia de que los objetos desaparezcan y de que los sujetos los perciban. Sin embargo, no se crea que las características del objeto no son importantes, ya que los valores no se manifiestan en cualquier objeto sino sólo en aquellos con características específicas.

Fronzizi contempla que tanto las posturas subjetivistas como las objetivistas tienen aspectos positivos como negativos<sup>13</sup>, ya que, si bien, los valores necesitan de un sujeto que valore, también éstos poseen cualidades que los hacen valiosos.

El autor argumenta que todo valor necesariamente se deposita en un objeto físico, ya que el valor no puede existir en sí mismo “flotando en el aire”, puesto que *necesita de un depositario en quien descansar*. Los valores son *cualidades de los objetos*, pero no son, a diferencia de sus cualidades primarias<sup>14</sup>, atributos sin los que los objetos no podrían existir dado que pueden existir objetos sin valor.

---

<sup>13</sup> Para una exposición detallada de estos aspectos ver Fronzizi, Risieri, *¿Que son los valores?*, Fondo de Cultura Económica, tercera edición, 1972.

<sup>14</sup> Los objetos físicos tienen cualidades primarias y secundarias: las primeras son las que le *confieren ser al objeto*, es decir, aquellas sin las que no podría existir (peso, extensión, etc.) y las cualidades secundarias son cualidades sensibles del objeto como el color, el olor y el sabor que, asimismo, forman parte de su ser.

Para que un objeto sea valioso es necesario que posea *cualidades estructurales* que lo conviertan en tal. Estas cualidades pueden incorporarse al objeto, es decir, pueden producirse (por ejemplo, a un trozo de madera se le puede incorporar valor tallándolo con el fin de crear una escultura o una mesa) o pueden ser cualidades inherentes a los objetos, es decir, objetos valiosos en sí mismos (por ejemplo, la fruta).

Sin embargo, las cualidades estructurales no son suficientes para que los objetos sean valiosos, ya que la valoración del sujeto es fundamental. Que un bien sea valorado es importante dado que para que éste sea valioso es importante que alguien lo considere como tal.

Fronzizi argumenta que la valoración de los sujetos y el valor del objeto están condicionados por la *situación*, la cual afecta tanto a la valoración de los sujetos como a las cualidades del objeto. La situación está constituida por: 1) El ambiente físico (condiciones climáticas y naturales); 2) El ambiente cultural (entendido como “todo lo que hace el hombre”); 3) El ambiente social (constituido por las estructuras sociales, “creencias, convenciones, supuestos, prejuicios, actitudes y comportamientos”); 4) Las expectativas, las necesidades y las posibilidades de cumplirlas y; 5) El espacio y el tiempo.

Estos factores afectan a los objetos, puesto que sus cualidades estructurales están condicionadas tanto por el ambiente físico (sus características naturales) como por el ambiente sociocultural (por ejemplo, las características del arte son diferentes en distintas sociedades). Asimismo, las expectativas, las necesidades, el tiempo y el espacio afectan también estas cualidades (por ejemplo, las necesidades y expectativas de una sociedad en un espacio y tiempo determinado influyen en el tipo de esculturas que se tallan).

De igual forma, la situación también influye en la valoración de los sujetos, en tanto que ésta está condicionada por el ambiente sociocultural, por las expectativas y las necesidades de los sujetos, por el tiempo, por el espacio y por el ambiente físico (la valoración de los sujetos es diferente dependiendo de su

ambiente físico, de la misma forma que esta valoración cambia en el tiempo y en el espacio y de una sociedad a otra).

Fronzizi considera que, si bien existe una jerarquía de valores, ésta no es *fija e inmutable*, dado que ésta depende de los sujetos, de los objetos y de la situación. La jerarquía de los valores está sujeta a las necesidades, a los intereses y a las aspiraciones del sujeto en una situación ambiental y sociocultural determinada. Asimismo, el rango de los valores está condicionado por las cualidades del objeto que lo hacen *preferible* con respecto a otros.

Sobre este último punto, es importante tomar en consideración que, siguiendo al autor, preferir un objeto sobre otro requiere que se aduzcan razones para ello, las cuales dependen tanto de las cualidades estructurales del objeto como de los factores socioculturales.

A diferencia de Fronzizi, Luis Villoro concibe a la situación, y no sólo al objeto, como provista de valor (Fronzizi contempla que la situación interviene en la génesis de valor, más no que ésta tiene valor). Villoro argumenta que un objeto o una situación son valiosas si son susceptibles de generar actitudes favorables en el sujeto (el agrado es la actitud favorable más importante destacada por el autor, pero éste no descarta cualquier otro tipo de actitud de esta índole).

Cuando los sujetos muestran una actitud favorable hacia un objeto o situación es porque tienen la creencia de que éstas tienen propiedades que las hacen valiosas. De esta forma, las actitudes y las creencias son aspectos importantes para que objetos y situaciones sean considerados como valiosos. Sin embargo, la actitud favorable no es una condición necesaria para la percepción del valor.

Villoro contempla que existen valores subjetivos y valores objetivos: los primeros son aquellos que son valorados únicamente por el sujeto y los segundos son aquellos que no necesitan necesariamente de su valoración. La actitud positiva es un aspecto importante tanto para el valor subjetivo como para el

objetivo; sin embargo, para el primero es una condición necesaria y para el segundo no.

La actitud favorable es una condición necesaria para el valor subjetivo dado que si un objeto o situación son valoradas por el sujeto es porque éste tiene creencias que suscitan actitudes favorable hacia los mismos. En el valor objetivo, si bien, es importante la actitud favorable, ella no es necesaria dado que este tipo de valor se refiere a lo *deseable aunque no sea de hecho deseado*.

Los valores objetivos, siguiendo a Villoro, implican “[...] pretender que cualquiera habrá de tener una actitud favorable hacia ello[s] en ciertas circunstancias, aunque de hecho no las tenga[n]”<sup>15</sup>, ello debido a que estos valores son tales por las características intrínsecas del objeto, por lo cual éstos deberían ser valorados y suscitar actitudes positivas hacia ellos.

Los valores tienen el carácter de objetivos si su valor puede ser experimentado por cualquier sujeto en circunstancias semejantes o si satisfacen necesidades básicas. En lo que se refiere a los primeros, las asociaciones son importantes debido a que, siguiendo a Villoro, su delimitación permite que sus miembros tengan experiencias comunes y con ello valores compartidos que surgen de sus necesidades, fines e intereses. En este sentido, los valores son intersubjetivos, ya que son compartidos por la mayoría o por una parte importante de los miembros que constituyen la asociación, con independencia de que puedan no ser valorados por algunos de sus miembros.

Por otra parte, un objeto puede tener un valor objetivo si satisface una necesidad real de los sujetos. Villoro argumenta que existen necesidades básicas a todo sujeto independientemente del espacio y el tiempo, puesto que ellas satisfacen tres fines fundamentales de todo ser humano: la sobrevivencia, la pertenecía a una sociedad y una vida con sentido. De esta forma, todo aquello que satisfaga estas necesidades básicas es un valor objetivo.

---

<sup>15</sup> Villoro, Luis, *El poder y el valor: fundamentos de una ética política*, p. 42

Villoro distingue los valores intrínsecos de los valores extrínsecos: los primeros son, como ya hemos visto, situaciones y objetos que por sus características son captados como valiosos en sí mismos, y los segundos son todas aquellas situaciones y objetos que producen, sirven o conducen a valores intrínsecos. En lo que se refiere a estos últimos, se les atribuye valor porque se considera que son los medios que permiten alcanzar un valor más importante (son valores extrínsecos que permiten alcanzar un valor intrínseco).

Villoro considera que, si bien existe una jerarquía de valores, ésta no es absoluta y atemporal dado que éstos se constituyen dentro de una cultura, y por tanto en cada cultura existen distintos valores con un rango diferente (en una cultura determinada el valor con más rango es el que guía la conducta de los sujetos).

Un aspecto importante de la filosofía de los valores de Villoro es que los juicios de valor implican la prescripción de tener una actitud positiva hacia éstos. Cuando el objeto o situación es un valor extrínseco, éste no da lugar a normas de comportamiento sino sólo a sugerencias. En otros casos, las propiedades de los objetos exigen, ya sea una actitud positiva ante el objeto (recomendaciones fuertes) o el deber de tener una actitud positiva hacia él.

La percepción de los valores puede suscitarse a partir de la experiencia o a partir de la percepción de la carencia de los mismos (por ejemplo, se puede captar el valor de un cuadro o el valor de la libertad dentro de un sistema político, pero también la carencia de buenos artistas o de libertad da como consecuencia que estos valores sean percibidos).

Los valores se pueden introducir al mundo por medio de la acción intencional, debido a que la percepción de carencias puede motivar a acciones cuya intención es introducir valores inexistentes tales como la libertad de prensa, la libertad sexual, la libertad de expresión, etc.

La acción intencional significa la proyección de fines, en tanto que la acción pretende alcanzar un estado de cosas. Villoro indica que estos fines son valiosos;

sin embargo, su naturaleza es distinta al valor experimentado, ya que éste es real y el otro no lo es sino sólo en la imaginación. Así, los valores que se dan en la experiencia se experimentan como cualidades de los objetos o las situaciones vividas, mientras que los valores asignados a los fines poseen cualidades sólo imaginadas.

La actitud positiva hacia un fin que se considera valioso es importante pero no suficiente para la acción intencional, ya que dicha actitud sólo implica el deseo de llevarla a cabo, por lo cual la decisión es importante dado que con ella se pasa del deseo a la voluntad de realizar el acto.

Las razones son un aspecto importante en la filosofía de los valores de Villoro, debido a que éstas le confieren objetividad al valor y explican y fundamentan la acción intencional hacia objetos, situaciones o fines valiosos. De esta forma, las razones son un aspecto fundamental para la existencia del valor<sup>16</sup>.

## **2.2 Rasgos fundamentales del valor**

De las posturas de Frondizi y Villoro es importante destacar diversos aspectos. Primero, ambos autores consideran que la constitución de los valores precisa de la valoración del sujeto y de las características inherentes del objeto. En el caso de Frondizi, la relación entre sujeto y objeto es fundamental para la constitución de los valores, ya que si bien el objeto posee cualidades estructurales que lo hacen valioso, es necesaria la valoración del sujeto de dichas cualidades.

En el caso de Villoro, obviando las necesidades básicas, los valores objetivos se constituyen a partir de la valoración de los sujetos de objetos o situaciones que, dadas sus características, satisfacen sus necesidades, fines e intereses.

---

<sup>16</sup> Para un desarrollo detallado de la importancia de las razones para la existencia del valor ver Villoro, Luis, *El poder y el valor: fundamentos de una ética política*, Fondo de Cultura Económica, 1996.

Otro factor importante que ambos autores destacan como un elemento fundamental para la constitución de los valores es el contexto social. Tanto para Frondizi como para Villoro, este aspecto es importante en la medida en que influye tanto en la valoración del sujeto como las cualidades del objeto.

Para Frondizi, la sociedad y la cultura, y el vínculo de éstas con el espacio y el tiempo, influyen en la valoración y en el valor, debido a que una sociedad con una cultura específica en un espacio y tiempo determinado influye tanto en la valoración del sujeto como en las cualidades estructurales de los objetos (por ejemplo, del arte) y la sociedad y la cultura, asimismo, influye en las expectativas y necesidades de los sujetos que la constituyen.

El contexto social es fundamental para Villoro dado que las asociaciones permiten a los sujetos tener experiencias, fines e intereses comunes, lo cual da como consecuencia la valoración de las propiedades de los objetos que satisfacen estos fines e intereses.

A pesar de que ambos autores contemplan otros aspectos importantes de los valores, en esta investigación se considerará que el contexto social, la valoración y las características de lo valorado son aspectos fundamentales para la existencia del valor.

Antes de pasar al siguiente apartado es importante mencionar que ni para Villoro ni para Frondizi los valores tienen injerencia en la ciencia, ya que para éstos la ciencia es un conocimiento objetivo libre de valores que, en todo caso, puede utilizarse para demostrar la existencia del valor. Este planteamiento será cuestionado por diversos autores, como se verá en el siguiente apartado.

## 2.3 Los valores en la filosofía de la ciencia

Tradicionalmente el análisis filosófico sobre la ciencia no había contemplado a los valores como un elemento que interviniera en la generación de conocimiento científico, debido a la separación que autores clásicos hicieron entre ciencia y valores. Esta dicotomía respondía principalmente a la consideración de que los valores no decían nada sobre cuestiones de hecho.

Thomas Kuhn es uno de los autores más reconocidos que postula la existencia de valores en la ciencia. Este autor señala que, durante una revolución científica, la elección de teorías rivales está condicionada por criterios que intervienen en la misma.

Kuhn argumenta que existen “[...] características que los científicos comparten en virtud de la formación que les faculta para pertenecer a una u otra comunidad de especialistas”<sup>17</sup>. Algunas de estas características son los criterios de precisión, fecundidad, coherencia, amplitud y simplicidad.

Los criterios enunciados influyen en la elección de teorías rivales durante una revolución científica, sin embargo, dado que no son reglas que establezcan con exactitud las características que debe tener una teoría para ser coherente, simple, etc., estos criterios son considerados por Kuhn como valores, debido a que están sujetos a la interpretación de los científicos. En este sentido, se puede decir que los valores, si bien tienen una definición general, ésta es lo suficientemente imprecisa para permitir su interpretación.

Que los valores sean interpretados significa, siguiendo al autor, que esta interpretación se hace en virtud de “[...] factores idiosincráticos dependientes de la biografía y la personalidad del sujeto”<sup>18</sup>. Al respecto Kuhn menciona que los científicos

---

<sup>17</sup> Kuhn, Thomas, *La tensión esencial*, p. 344

<sup>18</sup> *Ibíd.* p. 354

[...] Quizá interpreten de modos distintos la simplicidad o tengan convicciones distintas sobre la amplitud de los campos dentro de los cuales debe ser satisfecho el criterio de la coherencia. O quizá estén de acuerdo sobre estos asuntos pero difieran en cuanto a los pesos relativos que deban asignárseles a otros criterios cuando varios de los mismos tratan de seguirse al mismo tiempo<sup>19</sup>.

Los científicos pueden asignar un rango distinto a cada uno de valores, ya que cada matriz disciplinaria se caracteriza por *un conjunto diferente de valores compartidos*. Asimismo, es importante señalar que pueden existir conflictos de valores durante la elección de teorías (una teoría puede ser simple pero no fecunda), y también que estos valores pueden vincularse para la elección de las mismas (por ejemplo, la coherencia y la simplicidad).

Otro de los autores que reconoce a los valores como un elemento que interviene en la actividad científica es León Olivé, el cual contempla que éstos forman parte de la estructura de las acciones científicas. Las acciones dentro de una práctica científica están estructuradas por “[...] intenciones, propósitos, fines, proyectos, tareas, representaciones, creencias, valores, normas, reglas, juicios de valor y emociones”<sup>20</sup>.

El autor contempla que el agente es una parte fundamental en la generación de teorías y modelos, por lo cual, dado que sus acciones están influidas por valores, se puede decir que estos valores intervienen en la generación de teorías y modelos científicos (este punto no es desarrollado por el autor pero aquí lo consideraremos como una consecuencia de sus postulados).

Asimismo, Olivé considera que en la práctica científica existe una pluralidad de valores que no son atemporales y absolutos, puesto que se constituyen dentro de la práctica científica por lo cual pueden cambiar con el tiempo.

---

<sup>19</sup> *Ibíd.* p. 348

<sup>20</sup> Olivé, León, *La ciencia y la tecnología en la sociedad de conocimiento. Ética, política y epistemología*, p. 144

Javier Echeverría es uno de los autores que contempla a la axiología como una parte integral de la práctica científica. A diferencia de Kuhn, Echeverría considera, siguiendo a Olivé, que en la ciencia no existe un valor o un conjunto de valores supremos que rijan la práctica científica dado que los valores cambian con el tiempo.

Echeverría indica que en la práctica científica existe una pluralidad de valores que se relacionan a manera de sistema. Estos valores se aplican a las acciones científicas, por lo cual, siguiendo al autor, el conjunto de valores aplicados depende del tipo de acción que se lleva a cabo.

Los valores no tienen un significado independiente de la acción, ya que éstos solamente adquieren significado cuando se aplican a acciones científicas determinadas. Por ejemplo, el valor precisión no tiene el mismo significado cuando un investigador realiza una observación que cuando da una conferencia o evalúa un alumno. Este valor adquiere un significado diferente en cada una de estas acciones y, de la aplicación de este valor, es que surgen expresiones valorativas del tipo 'Juan fue preciso en su exposición', 'La observación de Juan es precisa' o 'La evaluación que Juan hizo a Pedro es precisa' (estas expresiones son denominadas por el autor como proposiciones axiológicas).

Echeverría desarrolla una teoría de la acción con el objetivo de crear un esquema (en lenguaje formal) que permita evaluar tanto las acciones como los resultados científicos (teorías, hipótesis, observaciones, mediciones, problemas, experimentos, etc.), así como las consecuencias de éstas acciones y los posibles riesgos que de ellas surgen.

El autor argumenta que las acciones están constituidas por distintos componentes, por lo cual las denomina como variables compuestas. Cada uno de los componentes de la acción es susceptible de ser evaluado, y la evaluación puede diferir en virtud de cada uno de los componentes (por ejemplo, si se quiere evaluar la proposición 'Juan observa una célula con un microscopio' a partir del valor "precisión" se puede evaluar las características que hacen de Juan un

agente competente para hacer una observación precisa, la precisión de la observación en virtud de lo que ello significa en esa acción específica, y las características que hacen del microscopio un objeto preciso. La evaluación de todas estas variables da como resultado la proposición ‘La observación de Juan es precisa’).

Echeverría destaca diez componentes de la acción, pero es importante precisar que no necesariamente todos están presentes en todas las acciones científicas. Estos componentes son: el agente (que puede ser un individuo, un conjunto de individuos o algún objeto), el complemento directo de la acción, su complemento indirecto, el objeto o los objetos con que se realiza la acción (p. ej. un telescopio), las intenciones, fines u objetivos de la acción, las reglas, el contexto en que se lleva a cabo, las condiciones de las cuales parte la acción y los resultados.

De estos componentes, cabe destacar las condiciones, las cuales hacen referencia a las condiciones iniciales y a las condiciones externas que influyen en la acción. Las primeras corresponden a los *conocimientos de los científicos sobre la materia*, “[...] el estado de la cuestión, los recursos, humanos, instrumentales o económicos disponibles, etc.”<sup>21</sup>, es decir, al estado tanto epistémico como material de la comunidad de científicos. Las condiciones externas se refieren a las condiciones exteriores a las comunidades científicas, es decir, las condiciones políticas, económicas y sociales que influyen en las acciones científicas.

El autor contempla que las acciones cumplen con distintos grados de satisfacción. Así, uno de los objetivos de Echeverría es que los esquemas por él propuestos permitan evaluar este grado de satisfacción (una acción puede ser precisa en mayor o menor grado). Sin embargo, no se crea que las acciones se evalúan en razón del más alto grado de satisfacción, ya que en la práctica científica se evalúa a partir de estándares mínimos que establecen si una acción es aceptable o no (si una acción no satisface los estándares mínimos, por ejemplo de precisión, se elimina).

---

<sup>21</sup> Echeverría, Javier, *Ciencia y Valores*, p. 135

Echeverría reconoce como mínimo doce subsistemas de valores en la ciencia (epistémicos, técnicos, económicos, ecológico, políticos, militares, jurídicos, morales estéticos, religiosos, sociales y morales). Cada uno de estos subsistemas está compuesto por distintos valores que se relacionan entre sí, de los cuales algunos son nucleares y otros son orbitales. Los valores nucleares son aquellos cuya satisfacción es esencial para la evaluación de la acción (p. ej. la coherencia y la precisión pueden ser valores orbitales para la evaluación de un informe de investigación).

Como ya se ha mencionado, los valores se interrelacionan a manera de sistema. En la evaluación de una acción la satisfacción de valores nucleares es esencial pero cuando éstos son satisfechos la presencia de los valores orbitales cobra importancia, ya que el grado de satisfacción final de la acción dependerá de la satisfacción de estos valores (p. ej. la evaluación final de un informe que cumple con los valores nucleares de coherencia y precisión dependerá de si también cumple con los valores de fecundidad y simplicidad).

## **2.4 La práctica científica como elemento fundamental en la génesis del valor**

Los elementos que intervienen en la génesis del valor que se expusieron en el primer apartado de este trabajo (valoración, características inherentes de lo valorado y contexto social) están presentes en la conceptualización que Kuhn y Echeverría hacen del valor. En lo que se refiere a Kuhn, los científicos hacen valoraciones de las teorías y esta valoración es la que determina la elección de las mismas.

En el caso de Echeverría, los agentes, a partir de la elección y aplicación de un conjunto de valores, son los que hacen valoraciones de las acciones científicas. Así, la elección de un conjunto de valores es la que determina el tipo de valoración que los agentes hacen de la acción.

Asimismo, ambos autores contemplan que existe algo independiente del sujeto con cualidades o características que lo hacen valioso. En el caso de Kuhn, los valores de fecundidad, simplicidad, precisión, coherencia y amplitud enuncian características que los hacen valiosas.

Sobre este punto, es importante argumentar que independientemente de que los valores se concreten en una teoría determinada, éstos tienen una existencia propia que los hace valiosos en sí mismos dentro de la comunidad de científicos (tanto es así que son utilizados para elegir teorías). En este sentido, si bien las teorías que cumplen con algunos de estos valores son consideradas valiosas, estos valores, al enunciar ciertas características, los convierte en valiosos.

Lo valorado para Echeverría son los componentes de la acción, es decir, las acciones, los objetos, las situaciones, las reglas, las intenciones, los fines, los objetivos, los agentes, los contextos, los resultados y las condiciones, los cuales exhiben necesariamente características que los convierten en valiosos a partir de un contexto que determina si ellos representan un valor determinado.

En las consideraciones de ambos autores, el contexto social es importante en tanto que para Kuhn los valores se generan dentro de las comunidades científicas y para Echeverría el contexto determina el tipo de valoración que de los componentes de la acción se realiza.

Sobre este último punto, es importante aclarar que para Echeverría el contexto no necesariamente es un contexto social, ya que la evaluación de un componente puede determinarse, por ejemplo, por un contexto normativo que indica cómo debe llevarse a cabo un experimento. No obstante, el contexto social influye en el tipo de evaluación y en las características que el componente debe tener en un contexto específico.

Asimismo, de la afirmación de Echeverría en relación a que los valores no son absolutos y atemporales, se asume que el contexto social interviene en la generación de los mismos.

En lo que se refiere a Olivé, éste no desarrolla una teoría del valor puesto que su planteamiento apunta a establecer los elementos que intervienen en la práctica científica. Sin embargo, en esta investigación se retomarán sus consideraciones en relación a las prácticas científicas por los motivos que a continuación se explicitan.

Como se ha mencionado en éste capítulo, la existencia del valor requiere por lo menos de tres aspectos fundamentales: la valoración, las características inherentes de lo valorado y el contexto social.

Considerar a la actividad científica como una práctica implica, entre otras cosas, que ésta se desarrolla en un contexto social que influye en la misma. Este contexto está configurado por los agentes, de cuyas relaciones, fines e intereses surgen diversos elementos tales como representaciones, valores, normas, etc.

Así, entender a la actividad científica como una práctica implica que ésta es una actividad que se lleva a cabo por un conjunto de agentes cuyas relaciones influyen, tanto en los mismos agentes (el agente se constituye en la práctica dado que ésta condiciona sus fines, sus intereses, sus acciones, etc.), como en todo aquello que se origina en la misma.

El concepto de práctica permite considerar al valor como algo que surge dentro de la práctica científica, la cual influye tanto en la valoración de los agentes que la constituyen, como en las características de lo valorado. Este concepto, por tanto, explica los rasgos de los valores enunciados como característicos de los mismos (valoración, características de lo valorado y contexto social), y además permite contemplar a los valores como un aspecto que surge y es característico de la práctica científica.

En esta investigación se asumirá que los valores necesariamente surgen dentro de una práctica científica que condiciona la valoración de los agentes que la conforman e influye en las características de aquello que en ella se valora, es decir, la práctica condiciona el tipo de valores que en ella surgen, la valoración de los agentes y las características de lo valorado.

## **Complejidad**

Este capítulo tiene por objetivo explicitar lo que se entenderá por complejidad en la investigación y argumentar porqué esta noción puede ser concebida como un valor dentro de la práctica científica. Así, en los primeros dos apartados se expondrán los rasgos fundamentales de la complejidad, en el tercero se expondrán las razones que permiten entender a esta noción como un valor en la práctica científica y en el último se analizará la noción complejidad en algunas representaciones científicas del cambio climático.

El objetivo del último apartado será determinar cómo se entiende la complejidad en el tipo de representación objeto de estudio de este análisis, lo cual fungirá como una introducción al cuarto capítulo.

### **3.1 ¿Qué es la complejidad?**

La complejidad se ha convertido en un supuesto importante del que parten distintas disciplinas científicas para el análisis de su objeto de estudio; sin embargo, existe una controversia en relación a la complejidad, en tanto que, al ser una noción fundamental para distintas disciplinas científicas, puede ser concebida de forma diferente en cada una ellas.

En esta investigación se expondrá y retomará la caracterización que desde las ciencias naturales y físicas se hace de la complejidad, debido a que nuestro tema de análisis se sitúa dentro de esos campos epistémicos. Asimismo, la noción de complejidad se acotará a la definición de sistema complejo puesto que nuestro objeto de estudio es un sistema de esa índole (el cambio climático es un efecto que se genera dentro de un sistema definido como complejo).

Carlos Gershenson es un autor que ha dedicado varios de sus análisis al estudio de la complejidad. Este autor arguye que definir la complejidad es una tarea difícil, puesto que todavía no existe un consenso de lo que se entiende por esta noción. Sin embargo, en sus análisis Gershenson expone lo que de forma general se puede entender por complejidad.

Gershenson señala que la visión del mundo que dominó a la ciencia hasta principios del siglo XX se basó en la mecánica Newtoniana, en la cual se planteaba que la comprensión de un sistema se podía alcanzar a través del análisis de sus partes (se podía comprender el todo a través de las partes) y se contemplaba que se podían establecer leyes de su funcionamiento.

Asimismo, esta visión contemplaba que únicamente existían sistemas en los cuales imperaba el orden y que éstos no tenían una relación con el entorno, ya que eran sistemas cerrados.

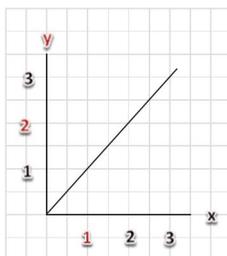
Para Gershenson, si bien esta visión del mundo fue exitosa, actualmente se ha convertido en obsoleta, debido a que los recientes avances científicos han mostrado la existencia de la complejidad.

Según el autor, el término complejo significa, atendiendo a su raíz latina, entrelazado o enredado lo cual implica que existen *dos o más partes distintas que se unen de tal manera que es difícil separarlas*. Así, la complejidad significa, siguiendo a Gershenson, la existencia de una entidad constituida por el entrelazamiento de dos o más elementos de carácter heterogéneo, del cual surge un comportamiento característico que no puede estudiarse a partir del análisis de sus partes, puesto que ello rompería con las conexiones que explican el comportamiento complejo del sistema. Un sistema complejo no se define por sus elementos, sino por las interacciones de los mismos, en tanto que éstas generan un comportamiento que define al sistema.

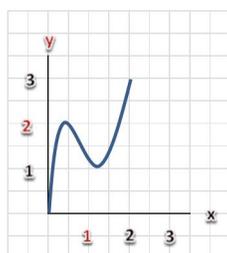
Las interacciones entre los elementos son importantes dado que de ellas surge, asimismo, nueva información que se convierte en parte constitutiva del sistema. Esta nueva información es conocida como “propiedades emergentes”,

debido a que éstas se generan a partir de las interacciones entre los elementos. Este rasgo de los sistemas complejos problematiza su predicción, ya que no puede conocerse con exactitud cómo se comportará el sistema, debido a que no se sabe cuándo surgirán las propiedades emergentes y cuáles serán sus características y efectos.

Gershenson señala a la no linealidad como un rasgo que puede presentarse en algunos sistemas complejos. La no linealidad significa que no existe una proporcionalidad entre estímulo y reacción. En un plano cartesiano la linealidad se expresa como una línea recta. Por ejemplo, si a un objeto se le aplica una fuerza de magnitud 1 la reacción del objeto será 1; si se le aplica una fuerza de magnitud 2 su reacción será 2; y así sucesivamente:



La no linealidad, siguiendo el ejemplo, implica que si a un objeto se le aplica una fuerza de magnitud 1 su reacción será mayor o menor a 1. Así, la representación en el plano cartesiano de la no linealidad no se expresa como una línea recta:



Gershenson señala que tanto la no linealidad como la sensibilidad a las condiciones iniciales (las cuales son características del caos) pueden presentarse en algunos sistemas complejos. La sensibilidad a las condiciones iniciales significa que la trayectoria de un sistema depende de su estado inicial, debido a que la trayectoria del sistema ésta determinada por éste.

La sensibilidad a las condiciones iniciales implica que las variaciones mínimas dan como consecuencia trayectorias radicalmente diferentes. La sensibilidad a las condiciones iniciales fue descubierta en 1954 por Edward Lorenz, quién al llevar a cabo una investigación con el objetivo de predecir el estado del tiempo, descubrió que la variación mínima en alguna variable climática daba como consecuencia que su trayectoria fuera radicalmente diferente.

Para tratar de predecir el estado del tiempo, Lorenz inventó un programa computacional que arrojaba cifras en relación a la evolución de algunas variables climáticas. El programa estaba programado para redondear a tres números decimales los resultados, los cuales eran utilizados por Lorenz para dibujar a mano la trayectoria de alguna variable en cuestión.

Cierto día, Lorenz quiso dibujar la trayectoria de una variable en un espacio temporal mayor al de los datos con los que contaba, por lo cual introdujo como dato inicial una cifra de un intervalo de datos que ya tenía y espero a que el programa arrojara más datos.

Cuando Lorenz reviso los resultados se sorprendió al ver que las cifras correspondientes al intervalo con el que ya contaba eran diferentes. Al principio pensó que había un error en el programa, pero después de verificarlo cuidadosamente se dio cuenta que el programa realizaba los cálculos con seis números decimales, mientras que él había introducido una cifra con tres números decimales. Así, Lorenz descubrió que esta mínima diferencia en las condiciones iniciales de la variable climática daba como resultado que su trayectoria fuera radicalmente distinta.

Gershenson contempla que la no linealidad y la sensibilidad a las condiciones iniciales pueden presentarse en algunos sistemas complejos, sin embargo, no las considera como una característica de éstos, ya que

El caos no implica complejidad, ni viceversa. Puede haber sistemas complejos no caóticos (por ejemplo, algunos autómatas celulares elementales (ECA) (Wuensche y Menores, 1992)), sistemas caóticos simples (es decir, sin interacciones, como por ejemplo el mapa logístico), sistemas complejos caóticos (por ejemplo, otro ECA), y sistemas simples no -caóticos (la velocidad, antes de aterrizar, de un objeto en caída libre en un planeta sin atmósfera).

Por otra parte, el autor señala que en los sistemas complejos también pueden existir bucles de retroalimentación positivos y negativos, siendo los primeros aquellos que amplifican la respuesta del fenómeno o sistema y los segundos aquellos que los amortiguan.

Los bucles de retroalimentación positiva y negativa dificultan la predicción de un sistema complejo, debido a que interactúan de manera simultánea en el sistema, por lo que “[...] es imposible hacer predicciones debido a que no sabemos quién afectará a quien primero y con ello si un efecto será moderado antes de que éste hubiera tenido la posibilidad de amplificarse o no”<sup>22</sup>. Sobre los bucles de retroalimentación negativos, es importante señalar que estos pueden regresar al sistema a su estado de equilibrio.

Que la complejidad implique que no se pueden hacer predicciones (debido a las propiedades emergentes) no significa que no existan expectativas de comportamiento de los sistemas complejos. Gershenson arguye que las expectativas de comportamiento surgen de la experiencia de que una “circunstancia A aparece después de una circunstancia B”, es decir, se puede

---

<sup>22</sup> Gershenson, Carlos, *Design and Control of Self-organizing Systems*, p. 19

hacer una asociación entre cierto tipo de circunstancias de las cuales se puede esperar un comportamiento específico.

Gershenson señala que no puede hacerse una distinción precisa entre un sistema complejo y uno simple, en tanto que esta distinción es una elección epistemológica del observador que depende de sus intereses y fines. Sobre lo anterior, es importante señalar que el autor menciona que el contexto de análisis determina los fines e intereses del observador.

Gershenson hace una distinción entre el ser absoluto y el ser relativo; el primero se refiere a lo que la cosa es independientemente del observador, y el segundo indica las características del ser absoluto que pueden ser distinguidas por un observador en un contexto determinado. El ser absoluto tiene una cantidad ilimitada de características que no pueden ser conocidas en su totalidad por los observadores; en este sentido el observador solo puede conocer, a partir de su contexto, distintos “ser relativo” del ser absoluto. Para Gershenson el ser relativo puede ser considerado como el modelo y el ser absoluto como lo modelado.

De esta forma, los modelos son una representación del ser absoluto, y dado que estos se construyen a partir del contexto, el autor señala que no existe “el mejor modelo” debido a que cada uno de éstos permite “contemplar” diferentes aspectos del ser absoluto lo cual, en el terreno de la complejidad, permite obtener un *entendimiento menos incompleto del sistema*.

La elección de un modelo determinado depende de los fines, intereses y problemas que el observador quiera solucionar. Gershenson menciona al respecto que “[...] Para hacer frente a un problema concreto, nosotros debemos elegir la representación más apropiada para un contexto específico, siendo conscientes de que un problema diferente puede requerir un cambio radical de representación”<sup>23</sup>.

De la misma forma que Gershenson, Lorena Caballero señala que *en el presente no hay todavía un consenso para definir qué son los sistemas complejos*, sin embargo señala que existen diversas posturas cuyo objetivo es “[...] definir y

---

<sup>23</sup> Ibíd. p.17

explicar fenómenos que aunque diferentes tienen en común la multiplicidad de elementos e interrelaciones”<sup>24</sup>.

Caballero señala que “El surgimiento de la teoría de la complejidad como método de estudio en múltiples disciplinas se dio como una necesidad de encontrar nuevas respuestas a problemas que no podían ser del todo resueltos con los métodos establecidos”<sup>25</sup>.

Los sistemas complejos se caracterizan, siguiendo a la autora, por estar constituidos por diversos elementos heterogéneos que se interrelacionan entre sí y de cuyas relaciones surge un comportamiento particular que tiene la característica de dar génesis a propiedades emergentes, las cuales se convierten en parte constitutiva del sistema por lo cual pueden influir en su comportamiento. Las propiedades emergentes dificultan la predicción del sistema, puesto que es imposible conocer con exactitud en que momento aparecerán y cuáles serán sus características y efectos dado que éstos “no son simples repeticiones o mínimas adaptaciones”.

Caballero argumenta que los sistemas complejos son necesariamente sistemas abiertos<sup>26</sup>, ya que intercambian “información, materia y energía” con el entorno, lo cual influye en su comportamiento. Dado lo anterior, los sistemas complejos son dinámicos, en tanto que su comportamiento se transforma tanto por las propiedades emergentes como por su relación con el entorno.

A diferencia de Gershenson, Caballero señala a la no linealidad como una característica de los sistemas complejos. En relación a este punto, la autora señala que “[...] La ciencia que considera a la complejidad, plantea que para entender cualquier fenómeno es necesario partir de la idea de que los sistemas no se comportan de manera lineal ni predecible”<sup>27</sup>.

---

<sup>24</sup> Caballero, Lorena, *La búsqueda del comienzo. El pensamiento complejo en biología*, p. 9

<sup>25</sup> *Ibíd.* p. 3

<sup>26</sup> Existen posturas que mantienen que los sistemas complejos pueden ser sistemas cerrados. Un ejemplo de estas posturas es la Teoría de sistemas de Niklas Luhmann.

<sup>27</sup> *Ibíd.* p. 8

Por su parte, Walter Fontana y Susan Ballati señalan que la complejidad fue descubierta por la ciencia desde hace ya mucho tiempo; sin embargo, el estado de la tecnología computacional no ha habido permitido, sino hasta recientemente, un análisis más detallado de la misma.

Para estos autores, la complejidad sitúa a la ciencia en una frontera conceptual, puesto que el reconocimiento de que los sistemas tienen una estructura compleja que influye en su transformación, adaptación, comportamiento, etc., implica una transformación en *la capacidad de imaginar y abstraer*, es decir, de conceptualizar y analizar a los sistemas complejos.

Estos autores reconocen, de igual forma que los demás autores expuestos anteriormente, que “A pesar de la existencia de muchos enfoques específicos [sobre la complejidad], algunos de ellos bastante técnicos, no hay, hasta ahora, una sola teoría de la complejidad. Sin embargo, hay una apreciación creciente acerca de lo que esta teoría tendría que ser”<sup>28</sup>.

En general, Fontana y Ballati señalan algunos de los aspectos de los sistemas complejos que ya se han mencionado anteriormente, tales como los elementos interrelacionados entre sí y las propiedades emergentes; sin embargo, es importante mencionar dos aspectos relevantes de su exposición sobre los sistemas complejos: la adaptación como un rasgo de estos sistemas y el reduccionismo como método de análisis de los mismos.

La adaptación significa que un sistema complejo tiene la capacidad de adaptarse a los cambios a los que es inducido, ya sea por sus elementos internos o por forzadores externos, sin embargo los autores señalan que lo anterior no significa que un sistema complejo pueda adaptarse a cualquier tipo de cambio, ya que la estructura del mismo determina sus umbrales de adaptación y no adaptación.

La estructura de un sistema complejo determina tanto la forma en cómo cambia el sistema, cómo su forma de adaptación y el umbral de la no adaptación.

---

<sup>28</sup> Fontana, Walter, Ballati, Susan, *Complexity*, p. 16

Así, la estructura del sistema determina ante qué tipos de influencia el sistema puede adaptarse y ante que tipos de influencia no puede hacerlo.

En cuanto al reduccionismo, Fontana y Ballati indican que un “sistema es una *función* de sus partes”, motivo por el cual éstos consideran que un sistema complejo puede analizarse por medio del método reduccionista. Así, el análisis de un sistema complejo requeriría de la identificación y debida comprensión de los elementos más importantes dentro del sistema y de la forma en cómo éstos se interrelacionan entre sí.

La complejidad, a partir de esta perspectiva, quedaría reducida a un nivel o a algunos niveles del sistema complejo ya que, a pesar de que en ella se reconoce la complejidad de todo el sistema, el análisis del mismo implica la reducción de la complejidad a ciertos niveles o subsistemas (constituidos por una serie de elementos), de tal forma que la complejidad adquiere sentido, no a partir del análisis de las interrelaciones de todos los elementos del sistema, sino sólo a partir de las interrelaciones entre algunos de ellos.

Como se ha señalado anteriormente en esta exposición, el reduccionismo es rechazado por Gershenson y por Caballero, debido a que el estudio del todo por sus partes rompe con las interrelaciones que dan origen y explican a la complejidad.

En el artículo titulado “El clima como sistema complejo adaptativo en coevolución” Walter Ritter et. al. analizan el clima y el cambio climático desde la perspectiva de la complejidad. En general, estos autores reconocen las características de la complejidad que enuncian Caballero y Gershenson, por lo cual únicamente se traducirá un pasaje de este artículo que hace referencia al cambio climático:

[...] Los fenómenos de la naturaleza son constitutivamente complejos [...] El todo está relacionado con todas sus partes, y además de depender de la cooperación ordenada y la interdependencia de sus partes, ejerce el control sobre ellas. [...] Todas estas

características parecen cumplirse en la fase de la Tierra y en todos los fenómenos implícitos que la constituyen, como son los fenómenos climático y meteorológicos, y en una escala mayor en el tiempo, en los procesos coevolutivos y catastróficos de los cambios climáticos, como la evolución de la vida y la deriva continental, entre otros<sup>29</sup>.

### 3.2 Rasgos fundamentales de la complejidad

De las exposiciones de los autores es importante destacar dos desacuerdos importantes: uno en relación a la no linealidad y otro en relación al reduccionismo. En cuanto al primero, Caballero es la única autora expuesta que concibe a la no-linealidad como un rasgo de los sistemas complejos.

Sobre este punto es importante mencionar que existen posturas que conciben este rasgo como característica de los sistemas complejos y hay posturas que no lo consideran así.

Sin embargo, dado que la no linealidad es una característica del caos<sup>30</sup>, en esta investigación no se considerará que ésta es un rasgo necesario de los sistemas complejos ya que, como Gershenson señala, existen sistemas complejos que son lineales.

En cuanto al reduccionismo es importante destacar que Fontana y Ballati son los únicos autores que explicitan al reduccionismo como un método de análisis de los sistemas complejos. Como ya se ha señalado en este capítulo, la mayoría de los autores rechazan este método, en tanto que consideran que con él se rompen las interrelaciones que generan y explican el comportamiento complejo del sistema.

Fontana y Ballati sostienen que el reduccionismo y el holismo no se contradicen puesto que éstos son estrategias complementarias. En esta

---

<sup>29</sup> Ritter, Walter, et. al. "El clima como sistema complejo adaptativo en coevolución" en *Ciencia y Mar*, vol. no, 2002, p. 24

<sup>30</sup> Gleick, James, *Caos. La creación de una ciencia*. Critica, Barcelona, 2012, 382 pp.

investigación se considerará que el método reduccionista significa la limitación de la complejidad a un nivel o a algún subsistema, lo cual implica, como mínimo, que la comprensión de la complejidad del sistema se reduce considerablemente. Así, se sostiene, siguiendo a Gershenson y a Caballero, que el reduccionismo es un método inadecuado para la comprensión de los sistemas complejos.

Existen cuatro características de los sistemas complejos en las los autores expuestos en el apartado anterior concuerdan con respecto a los mismos: 1) La complejidad es un comportamiento; 2) Los sistemas complejos están constituidos por distintos elementos; 3) Los elementos del sistema se interrelacionan entre sí y; 4) Las interrelaciones entre los elementos dan génesis a propiedades emergentes.

Sin embargo, existen otros rasgos que, o no son considerados por todos los autores, o no son contemplados como rasgos necesarios de los sistemas complejos.

Así, los factores de retroalimentación positiva y negativa, la no linealidad y la sensibilidad a las condiciones iniciales (estas dos últimas, características del caos), son rasgos que solamente pueden presentarse en algunos sistemas complejos y, por otra parte, el intercambio de información con el entorno y la capacidad de adaptación son rasgos que únicamente son considerados por algunos de los autores expuestos.

En esta investigación se asumirá que un sistema complejo es aquel que cumple con los rasgos considerados por todos los autores analizados. Así, un sistema complejo es aquel que es nominado de tal forma debido a que exhibe un comportamiento complejo que surge por la interrelación entre los elementos que lo constituyen y que es capaz de dar génesis a propiedades emergentes.

El significado de la noción de complejidad en relación a los sistemas debe cumplir con los rasgos enunciados; sin embargo, es importante destacar que, como se señaló en el apartado anterior, actualmente no existe un consenso con respecto a la noción de complejidad.

### 3.3 La complejidad como un valor en la práctica científica

En general, los autores que se han revisado concuerdan en que la “ciencia clásica” es inadecuada para la comprensión de los sistemas complejos, por lo cual argumentan que la ciencia debe adoptar a la complejidad, ya sea como un método, un concepto, una premisa, un paradigma, un enfoque o como una visión del mundo. Así, los autores señalan que:

[...] La teoría de la complejidad surge como un nuevo paradigma en donde cualquier fenómeno contiene las interrelaciones de las partes (Caballero: 2008, p. 8)

[...] en recientes décadas el estudio científico de la complejidad y los sistemas complejos han propuesto un cambio de paradigma en la ciencia y la filosofía (Gershenson, p. 1)

[...] Los fenómenos de la naturaleza son constitutivamente complejos [...] Tales percepciones exigen construir conocimientos con una dinámica que permita comprender dicha complejidad, coordinados por un nuevo método que participe en ese conjunto de interacciones (Ritter: 2002, p.24)

Otra de las razones por la que la complejidad ha pasado de ser un adjetivo a ser un concepto tiene que ver con el reconocimiento de la emergencia de lo que está por venir. Nos encontramos ante una frontera conceptual fundamental, un reto mayor para nuestra capacidad de imaginar y de abstraer (Fontana y Ballati: 1999, p. 16).

Como se puede notar, no existe un consenso con respecto al papel que la complejidad juega en la ciencia. Asimismo, es importante indicar que tampoco

existe un consenso en relación al significado de este concepto. Al respecto es importante recordar que los autores señalan que:

A pesar de la existencia de muchos enfoques específicos, algunos de ellos bastante técnicos, no hay, hasta ahora, una sola teoría de la complejidad. Sin embargo, hay una apreciación creciente acerca de lo que esta teoría tendría que ser (Fontana y Ballati: 1999, p. 16)

En el presente no hay todavía un consenso para definir qué son los sistemas complejos (Caballero: 2008, p. 9)

[...] no existe una definición general de la complejidad, dado que el concepto tiene diferentes significados en diferentes contextos (Gershenson: 2007, p.12)

A pesar de la existencia de una controversia en relación a la complejidad, los autores analizados coinciden en que esta noción es importante dentro de la ciencia.

Como se expuso en el capítulo anterior, un valor surge necesariamente dentro de una práctica científica y para qué éste sea considerado como tal es necesario sea **valorado** por los agentes que constituyen la práctica y **debe poseer características que lo hagan valioso**.

Dado que el objetivo de esta investigación no es la indagación de la génesis de la complejidad como un valor en la práctica científica, sino la determinación de la complejidad como un valor en la representación del IPCC sobre el cambio climático, en este trabajo únicamente se señalará que la complejidad es una noción que existe y es importante dentro de la práctica, en tanto que ello demuestra que esta noción es parte constitutiva de la misma.

La complejidad desde hace tiempo se ha convertido en una noción importante dentro de la práctica científica. Lo anterior puede constatarse no sólo por las afirmaciones de los autores que se han expuesto –que forman parte de la

práctica científica- sino también por el surgimiento de las denominadas ciencias de la complejidad, la existencia de cátedras sobre el tema, por los diversos eventos académicos que se llevan a cabo en relación a la complejidad (coloquios, seminarios, etc.), la proliferación de literatura científica sobre el tema, etc., los cuales demuestran la importancia de esta noción en la práctica.

Como se puede notar en la citas de los autores enunciadas anteriormente (y por sus consideraciones sobre la complejidad en general), éstos **valoran** positivamente la noción de complejidad. En este sentido, es importante señalar que, independientemente de que no existe un consenso en relación al papel de la complejidad en la ciencia y en relación a los rasgos de ésta, los autores coinciden en la necesidad de adoptar la noción de complejidad en el análisis científico. Lo anterior demuestra que esta noción **es ampliamente valorada** por los agentes que constituyen la práctica científica.

Por otra parte, puede notarse que la noción de complejidad es valorada por los autores expuestos debido a que consideran que **enuncia características de algunos sistemas complejos**<sup>31</sup> (algunos autores, como Caballero y Ritter, señalan a la complejidad como característica de **todo fenómeno**).

Lo anterior evidencia que los autores consideran que la noción de complejidad enuncia características de sistemas que existen concretamente en el mundo, es decir, contemplan que existen sistemas complejos en el mundo y que la noción de complejidad enuncia las características de estos sistemas.

Así, al enunciar características de sistemas que existen concretamente en el mundo, **la noción de complejidad es valiosa dado que enuncia rasgos existentes en el mundo.**

Lo anterior demuestra que la noción de complejidad en relación a los sistemas es un valor dentro de la práctica científica, en tanto que ésta es

---

<sup>31</sup> Sobre este punto, es importante destacar que para Gershenson aplicar la noción de complejidad es una elección epistémica, ya que no considera que ésta sea una característica del ser de sistemas complejos.

importante dentro de la práctica, es valorada por los agentes que la constituyen y enuncia características de sistemas existentes en el mundo.

Por último, es importante destacar que una de las ventajas de la definición de valor que se ha acuñado, es que ésta implica que lo valorado, en nuestro caso la noción de complejidad, posee o enuncia características que la hacen valiosa (para la práctica científica), por lo que contemplar a la complejidad como un valor no entraría en conflicto con el presupuesto de que la complejidad es una característica ontológica del mundo.

### **3.4 La complejidad en representaciones científicas sobre el cambio climático**

El cambio climático es un efecto que se genera dentro del sistema climático por las interacciones entre los componentes, elementos, procesos y efectos que constituyen a éste y por los factores externos que lo afectan, tales como la radiación solar o los gases de efecto invernadero (GEI).

Es importante diferenciar entre el estado del tiempo, el clima y el cambio climático, dado que el primero se refiere al estado del tiempo del día a día (cantidad de precipitación, viento y temperatura), el segundo indica el promedio de la temperatura, el viento y las precipitaciones en una región determinada (este promedio define el tipo de clima de cada región) y el último se refiere a un cambio en el clima que persiste durante un periodo de tiempo prolongado (más de una década) debido a influencias externas y/o internas del sistema climático.

En las representaciones sobre el cambio climático, la complejidad es concebida como un rasgo del sistema climático. En estas representaciones no se hace una definición de la complejidad, dado que ésta es concebida como un atributo del sistema climático.

Barry Saltzman señala que el sistema climático es complejo, heterogéneo, no lineal y no equilibrado, dado que éste es “[...] extremadamente violento y disipativo [e] indudablemente contiene una rica variedad de retroalimentadores lineales y no-lineales, tanto positivos como negativos”<sup>32</sup>. Saltzman afirma que los componentes del sistema climático son de naturaleza heterogénea y que cada uno de ellos varía de diferente forma en diversas escalas temporales y espaciales.

Sobre la complejidad del sistema climático, el autor argumenta que uno de los retos de la investigación sobre el tema es identificar y aislar los principales forzadores que inciden en el cambio climático, dado que, a pesar de que el sistema es complejo, no se puede descartar que “[...] una buena parte (quizá más) de la variabilidad climática observada puede tener sus orígenes en un forzador estable”<sup>33</sup>.

William James, por su parte, afirma que “El comportamiento del clima terrestre es gobernado por un amplio rango de factores interconectados en una intrincada red de procesos físicos”<sup>34</sup> y, dado que estos factores están interconectados de diferentes formas, la indagación sobre el clima debe hacerse en el contexto de la conexión de todos los factores que lo explican.

Este autor afirma que el sistema climático se caracteriza por relaciones físicas no lineales, lo cual implica que “[...] cualquier propensión de las partes del sistema a oscilar a su propia frecuencia se sumará o restará a otro para producir una amplia variedad de fluctuaciones cuyo periodo y amplitud variará con el tiempo”<sup>35</sup>. Así, la no linealidad del sistema implica que una perturbación en cualquier parte del mismo puede traducirse en cambios impredecibles en otra parte del sistema.

Dado lo anterior, el autor señala que muchos aspectos del cambio climático son impredecibles; sin embargo, esto no significa que no se pueda investigar al

---

<sup>32</sup> Saltzman, Barry, *Dynamical Paleoclimatology. Generalized Theory of Global Climate Change*, p. 16

<sup>33</sup> *Ibíd.* p. 9

<sup>34</sup> James, William, *Climate Change. A Multidisciplinary Approach*, p. 1

<sup>35</sup> *Ibíd.* p. 154

mismo, ya que se pueden establecer reglas estadísticas de su comportamiento, es decir, se pueden establecer probabilidades de la ocurrencia de efectos. Así, el autor señala la importancia de identificar los factores más importantes que intervienen en las distintas formas de variabilidad climática y el cambio climático.

Por su parte, Xavier Rodo y Francisco Comín señalan que los componentes del sistema climático están “[...] vinculados recíprocamente por complejas interacciones resultantes de una multitud de mecanismos de retroalimentación”<sup>36</sup>, y que esta interrelación implica que la alteración en uno de ellos puede traducirse en ajustes en los otros componentes.

Asimismo, los autores argumentan que una de las características del sistema climático es su sensibilidad, por lo cual una pequeña alteración, por ejemplo en un retroalimentador, puede producir grandes efectos en el sistema. Sobre lo anterior, los autores señalan que “[...] ciertas perturbaciones en el sistema climático pueden inducir, abruptos, no lineales y a veces irreversibles reorganizaciones en el sistema atmósfera-océano”<sup>37</sup>.

Un aspecto importante que estos autores señalan sobre el sistema climático es la existencia de múltiples incertidumbres en relación a algunos componentes del sistema y de los elementos que lo constituyen.

Debido a estas incertidumbres, Rodo y Comín plantean la necesidad de investigar los componentes del sistema climático por separado, puesto que los autores consideran que **el énfasis** que actualmente se ha puesto en la totalidad del sistema climático ha problematizado la indagación sobre el mismo, debido a que el comportamiento complejo del sistema dificulta la comprensión de sus componentes y procesos.

En relación a esta idea, Raymond Pierrehumbert señala la importancia de la utilización de modelos simples (los cuales incluyen una menor cantidad de

---

<sup>36</sup> Rodo, Xavier, Comín, Francisco (eds.), *Global Climate. Current Research and Uncertainties in the Climate System*, p. 5

<sup>37</sup> *Ibíd.* p. 138

factores y procesos que intervienen en el cambio climático, es decir, son reduccionistas), debido a que los modelos complejos implican problemas de interpretación, motivo por el cual el autor indica que “las mejores ideas vienen de modelos simples”.

En la exposición de los autores enunciados anteriormente se pueden notar las características de los sistemas complejos enunciadas en el apartado anterior (principalmente la complejidad concebida como un comportamiento y la interrelación entre los elementos del sistema).

Asimismo, es importante mencionar que estos autores identifican el intercambio de información con el entorno, la no linealidad del sistema y los elementos de retroalimentación positiva y negativa como rasgos del sistema climático.

Así, a partir de la exposición de estas representaciones, se puede decir que el sistema climático es un sistema complejo particular en el cual se presentan rasgos tales como la no linealidad, los elementos de retroalimentación positiva y negativa y el intercambio de información con el entorno.

En estas representaciones es indudable que el sistema climático es conceptualizado como un sistema complejo. Sin embargo, en ellas no es claro que la complejidad del sistema influya en el cambio climático, ya que no se alude a las interrelaciones entre los elementos para explicitar al mismo.

En el siguiente capítulo se analizará detalladamente la representación sobre el cambio climático del IPCC con el objeto de determinar si la complejidad es una noción fundamental en esta representación y definir si ella puede considerarse cómo un valor en esta representación.

## **La complejidad como valor epistémico en la representación del IPCC sobre el cambio climático**

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue establecido en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El objetivo de este grupo es “[...] analizar la información científica necesaria para abordar el problema del cambio climático y evaluar sus consecuencias medioambientales y socioeconómicas, y de formular estrategias de respuesta realistas”<sup>38</sup>.

El IPCC está constituido por tres grupos de trabajo; el Grupo I evalúa los aspectos científicos del sistema climático y el cambio climático; el Grupo II estima la vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos y naturales ante el cambio climático y, asimismo, evalúa las consecuencias tanto negativas como positivas de dicho cambio y las posibilidades de adaptación al mismo y; el Grupo III investiga las posibilidades de mitigación y atenuación de los efectos del cambio climático<sup>39</sup>.

Este grupo ha producido cinco informes sobre el tema (esta investigación se basa en el cuarto informe del grupo, debido a que el análisis se terminó poco tiempo antes de la publicación del último informe) y ha publicado diversos informes especiales, documentos técnicos y guías metodológicas, los cuales “[...] son ya obras de referencia de uso común, ampliamente utilizadas por responsables de políticas, científicos, y otros expertos y estudiosos”<sup>40</sup>.

El IPCC afirma que sus informes “[...] han desempeñado un papel primordial ayudando a los gobiernos a adoptar y aplicar políticas de respuesta al cambio climático, y particularmente en respuesta a las necesidades de asesoramiento fidedigno de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco

---

<sup>38</sup> IPCC, 2007, *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, p. iii

<sup>39</sup> IPCC, [http://www.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_spanish.shtml#U5--tyZXIU](http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml#U5--tyZXIU)

<sup>40</sup> Op. cit., p. iii

de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), constituida en 1992, y de su Protocolo de Kyoto de 1997”<sup>41</sup>.

El objetivo de este capítulo es determinar si la complejidad es un valor epistémico en las representaciones científicas del IPCC sobre el cambio climático. Para cumplir con tal fin, primero se expondrá la representación científica del panel sobre el tema, posteriormente se analizará cómo es entendida la complejidad en esta representación y, finalmente, se determinará la importancia de esta noción en la representación del IPCC y se analizará si la complejidad puede ser considerada como un valor en la misma.

#### **4.1 El sistema climático: factores que intervienen en la determinación del clima del planeta Tierra**

El clima del planeta Tierra depende de las múltiples interrelaciones entre los distintos componentes internos que constituyen el sistema climático y los factores externos que influyen en él. El IPCC define al sistema climático como un sistema complejo constituido por la atmósfera, la nieve y el hielo, la superficie de la Tierra, los océanos y otros cuerpos de agua y los seres vivos<sup>42</sup>.

Uno de los factores externos más importantes que influyen en el sistema climático, y por ende en el clima terrestre, es la radiación solar. El sol es la principal fuente de energía de la Tierra y, dada su forma esférica, el planeta recibe más radiación solar en los trópicos que en las latitudes superiores, lo cual hace que en los primeros la temperatura sea superior que en los polos.

Asimismo, el ciclo de manchas solares, que ocurre aproximadamente cada 11 años, influye en la cantidad de radiación emitida por el astro en tanto que éstas

---

<sup>41</sup> *Ibíd.* p. iii

<sup>42</sup> IPCC, 2007: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, p. 96

disminuyen su actividad, lo cual afecta el clima terrestre debido a que la cantidad de rayos solares que alcanzan el planeta es menor.

La variación orbital del planeta es otro factor externo que influye en la cantidad de radiación solar que alcanza la Tierra, ya que cuando cambia la posición del planeta con respecto al sol, cambia la cantidad de radiación que la Tierra recibe del astro.

De la cantidad total de radiación solar que impacta a la Tierra, sólo aproximadamente el 30% alcanza la atmósfera terrestre, ello debido al albedo planetario. El albedo “[...] es la fracción de energía solar [que el planeta tierra] refleja de nuevo hacia el espacio”<sup>43</sup>.

Diferentes elementos y componentes del sistema climático son parte del albedo planetario, debido a que pueden absorber y reflejar la luz solar. Las nubes, los aerosoles (partículas atmosféricas), los desiertos, la nieve y el hielo son los elementos más importantes del sistema climático que, por sus características, absorben y/o reflejan la radiación solar.

De estos factores, las nubes y los aerosoles son los que tienen un mayor albedo, ya que reflejan cerca de 2/3 de la radiación solar, mientras que la nieve y el hielo y, en menor medida los desiertos, reflejan sólo 1/3 de ésta. Las nubes son reconocidas por tener un alto albedo; sin embargo, es importante mencionar que algunas pueden calentar el clima, pero en general el IPCC reconoce que su papel principal es la de enfriar el mismo.

En el sistema climático existen factores de retroalimentación positiva y factores de retroalimentación negativa, cuya clasificación depende de si éstos calientan el clima o enfrían al mismo. Los elementos que constituyen el albedo son factores de retroalimentación negativa, dado que al impedir que la radiación solar llegue a la superficie terrestre enfrían el clima y los GEI son factores de retroalimentación positiva, debido a que calientan el clima al impedir que la

---

<sup>43</sup> Ibíd. p. 110

energía emitida por los océanos y la superficie terrestre salga libremente del planeta.

Los rayos solares que no son reflejados por el albedo terrestre son absorbidos por la superficie de la tierra y de los océanos, los cuales re-emiten nuevamente esta energía hacia la atmósfera y, en algún momento, esta energía atravesará la atmósfera y se emitirá nuevamente hacia el espacio, esto debido a que el planeta necesita mantener un balance entre la energía recibida y la energía reemitida para mantenerse en equilibrio.

Sin embargo, cada uno de estos componentes re-emite la energía que absorbe a escalas temporales distintas, ya que la superficie terrestre, al calentarse rápidamente, es capaz de emitir esta energía en un tiempo menor que los océanos, los cuales se calientan más lentamente y emiten la energía que absorben en una escala de tiempo mayor.

Los océanos absorben aproximadamente la mitad de la radiación solar que alcanza al planeta. Esta radiación, antes de ser re-emitida nuevamente hacia la atmósfera, es almacenada y redistribuida hacia otros puntos de la orbe por medio de corrientes oceánicas, con lo cual los océanos distribuyen el calor por todo el planeta.

La superficie terrestre re-emite hacia la atmósfera el total de la cantidad de radiación solar que absorbe, la cual es distribuida a distintos puntos del planeta por medio de corrientes atmosféricas. De esta forma, los océanos y la atmósfera son importantes en la regulación del clima debido a que distribuyen la energía por todo el planeta.

Del total de la energía que es re-emitida por los océanos y la superficie terrestre hacia la atmósfera, sólo una parte es emitida nuevamente hacia el espacio, ello debido a que los GEI atrapan parte de esta energía<sup>44</sup> y la emiten

---

<sup>44</sup> Los gases de efecto invernadero atrapan la energía de onda larga emitida por los océanos y la superficie terrestre y la re-emiten nuevamente hacia arriba y hacia abajo, dando como resultado que sólo una fracción

nuevamente hacia la superficie terrestre y oceánica, dando como consecuencia que éstas se calienten más y re-emitan más energía para tratar de mantener el equilibrio radiativo del planeta Tierra. El proceso anterior es conocido como efecto invernadero.

Por la posición del planeta con respecto al sol, la temperatura de la Tierra debería ser de  $-19^{\circ}\text{C}$ ; sin embargo, su temperatura es de  $14^{\circ}\text{C}$ , lo cual se debe a la presencia de los GEI en la atmósfera y al efecto que ellos producen. Los principales GEI son el vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), los cuales constituyen el 1% de la composición total de la atmósfera.

Entre la atmósfera y los océanos existe intercambio de  $\text{CO}_2$ . Los océanos son capaces de mantener en equilibrio a la atmósfera dado que pueden absorber y almacenar grandes cantidades de carbono. Sin embargo, el almacenamiento de carbono en la capa inferior del océano se da en una escala temporal de siglos, ya que la mezcla entre la capas del mismo se da lentamente y durante este proceso su superficie libera  $\text{CO}_2$  a la atmósfera.

Asimismo, entre la atmósfera y los seres vivos también existe intercambio de  $\text{CO}_2$ . La forma de intercambio de  $\text{CO}_2$  más importante entre la atmósfera y las plantas se da por medio del ciclo del carbono, en el cual el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera es absorbido por las plantas a través de la fotosíntesis y transformado en hidratos de carbono que quedan fijados en los tejidos de las mismas, las cuales, por medio de su respiración y su muerte, liberan nuevamente  $\text{CO}_2$  a la atmósfera (se considera que la fotosíntesis excede ligeramente a la respiración, es decir, que las plantas absorben más  $\text{CO}_2$  del que liberan).

El aumento de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera aumenta la productividad de los ecosistemas, ya que las plantas en periodo de crecimiento aprovechan la abundancia de este gas; sin embargo, cuando éstas llegan a la madurez dejan de

---

de ésta sea emitida libremente hacia el espacio. Sin embargo, el total de esta energía será emitida en algún momento hacia el espacio, ya que de lo contrario el planeta se sobrecalentaría.

absorber CO<sub>2</sub> y cuando mueren liberan grandes cantidades de este gas a la atmósfera.

Por otra parte, los animales también participan en el ciclo del carbono, ya que respiran oxígeno y liberan CO<sub>2</sub> a la atmósfera y es importante mencionar que la biota marina transporta carbón orgánico al océano.

Los volcanes son capaces de liberar grandes cantidades de CO<sub>2</sub> a la atmósfera a través de sus erupciones; sin embargo, por medio de éstas también liberan grandes cantidades de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el cual al entrar en contacto con la atmósfera superior se convierte en aerosoles de ácido sulfúrico, los cuales tienen la capacidad de absorber y reflejar la luz del sol. De esta forma, las erupciones volcánicas tienen tanto un efecto de retroalimentación positiva como un efecto de retroalimentación negativa.

El IPCC contempla que la atmósfera es el componente del sistema climático que más determina el clima, debido que efecto de invernadero es considerado como el proceso esencial en la determinación del clima terrestre.

## **4.2 Cambio climático: causas, evidencias y consecuencias**

Antes que nada, es importante distinguir entre lo que se entiende por estado del tiempo, clima y cambio climático. El estado del tiempo es la temperatura, la lluvia y el viento del día a día, mientras que el clima es el promedio de la temperatura, la precipitación y el viento de una región determinada (estos promedios definen el tipo de clima de cada región). El clima de las distintas zonas del planeta es determinado por mediciones realizadas durante un periodo extenso de tiempo.

El IPCC define al cambio climático como “[...] un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste

durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Denota todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana”<sup>45</sup>.

Dado que el IPCC contempla que el componente que más caracteriza al clima es la atmósfera, su alteración potencialmente puede ocasionar un cambio climático. En este sentido, el incremento o disminución de los gases que intervienen en el efecto invernadero pueden potencializar o disminuir dicho efecto provocando así una alteración climática.

Por ejemplo, el aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera potencializa el efecto invernadero dado que el incremento de este gas ocasiona que menos emisiones de onda larga salgan del planeta, con lo cual aumenta la temperatura debido a que la superficie terrestre y los océanos emiten más radiación para tratar de mantener el equilibrio radiativo del planeta.

El análisis paleoclimático de núcleos de hielo extraídos de Groenlandia y la Antártida ha jugado un papel fundamental en la investigación de la importancia del efecto invernadero (concretamente del CO<sub>2</sub>) en el cambio climático. Así, la investigación de estos núcleos ha arrojado datos que indican que el CO<sub>2</sub> ha variado durante cambios climáticos por los que ha atravesado el planeta y, asimismo, mediante el análisis de éstos se ha descubierto que las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se han incrementado en un 35% desde la era industrial.

Asimismo, el análisis de los núcleos de hielo ha arrojado datos que indican que en la atmósfera se han incrementado, a partir de la era industrial, otros gases que también intervienen en el efecto invernadero: el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

---

<sup>45</sup> IPCC, 2007, *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. p. 30

El IPCC identifica a las actividades antropogénicas como las principales causas del aumento de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en la atmósfera, siendo la combustión de combustibles fósiles y los cambios en el uso de la tierra las más importantes.

Debido a lo anterior, el IPCC afirma que “[...] La humanidad ha alterado dramáticamente la composición química de la atmósfera global con implicaciones importantes para el clima”<sup>46</sup>, ya que las “[...] temperaturas desde mediados del siglo XX se debe en su mayor parte, muy probablemente, al aumento observado de las concentraciones de GEI antropógenos”<sup>47</sup>.

### **4.3 La ciencia del clima y la atribución del cambio climático**

El IPCC señala que en las últimas décadas la ciencia del clima ha experimentado un rápido desarrollo que ha devenido en “[...] una notable evolución en las herramientas y en la metodología científica, incluyendo los modelos y las observaciones que apoyan y permiten la investigación”<sup>48</sup>. Este desarrollo ha permitido una acumulación de conocimiento (el panel afirma que la ciencia es acumulativa) que ha permitido avanzar en la comprensión del cambio climático y de los factores que intervienen en él.

El grupo afirma que la ciencia del clima actualmente es “[...] una síntesis interdisciplinaria de innumerables procesos y principios físicos probados y comprobados, [los cuales han sido] cuidadosamente recopilados y verificados durante varios siglos a partir de experimentos derivados de las observaciones, mediciones detalladas en los laboratorios y análisis teóricos; ahora [la ciencia del

---

<sup>46</sup> IPCC, 2007, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, p. 97

<sup>47</sup> IPCC, 2007, *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, p. 39

<sup>48</sup> Op. Cit. p. 98

clima] es de más amplio alcance y físicamente más comprensiva de lo que era hace unas pocas décadas”<sup>49</sup>.

Ejemplo de lo anterior es que el rápido desarrollo de la comprensión de la influencia antropogénica en el clima ha permitido que actualmente se tenga un mayor conocimiento de la función compleja de los GEI, los aerosoles y la interconexión entre ellos. El IPCC señala que, comparativamente con su tercer informe, en el cuarto se incluyen más variables antropogénicas que influyen en el cambio climático.

Así, en el cuarto informe la influencia antropogénica ya no solamente se basa en las mediciones del aumento de la temperatura de la superficie terrestre y de la atmósfera, en tanto que en este informe se incluyen otras variables como la presión atmosférica, el incremento de la temperatura del océano y la disminución de la extensión del hielo marino.

La detección y atribución del cambio climático son dos de los aspectos centrales en la investigación sobre el tema. La detección es entendida como el procedimiento a partir del cual se demuestra que el clima ha cambiado en *algún sentido estadístico*, y la atribución es el proceso que permite determinar la causa(s) más probable(s) del cambio.

El grupo señala que los procedimientos de atribución y de detección no se basan en *métodos simples de tendencias lineales*, ya que, en lo que se refiere a los forzadores externos, su respuesta “[...] no necesariamente evoluciona en el tiempo como una tendencia lineal, ya sea porque el forzador no evoluciona de esa forma o porque la respuesta al forzador no es necesariamente lineal”<sup>50</sup>.

La atribución a las actividades antropogénicas como causa del cambio climático se entiende como “[...] la demostración de que el cambio detectado es ‘consistente con las respuestas estimadas de una combinación dada de forzadores antropogénicos y naturales’ y ‘no consistente con explicaciones

---

<sup>49</sup> Ibíd. p. 98

<sup>50</sup> Ibíd. p. 667

alternativas, físicamente plausibles, que excluyen importantes elementos dentro de una combinación dada de forzadores”<sup>51</sup>. Así, este tipo de atribución intenta demostrar que los forzadores externos, derivados de las actividades humanas, son factores fundamentales en el cambio climático.

Para este tipo de atribución se analizan las formas en que el sistema climático responde ante el incremento de forzadores antropogénicos. En estos análisis se hacen simulaciones del sistema climático realizando cambios en un forzador o en un conjunto de forzantes antropogénicos, con el objeto distinguir las respuestas de sistema ante cada uno de ellos. Si se logran distinguir respuestas específicas ante los forzadores, entonces se pueden determinar como causa de las mismas.

Así, la atribución del cambio climático a factores antropogénicos se determina si las observaciones de este cambio corresponden con la respuesta observada ante el forzador en las simulaciones y, si adicionalmente, el cambio no se puede explicar cómo la respuesta ante otro tipo de forzadores.

Sin embargo, este tipo de atribución es difícil debido a que diferentes tipos de forzadores son susceptibles de producir respuestas espaciales similares y también debido a que existe incertidumbre con respecto a la evolución temporal de algunos de ellos. Sin embargo, el panel destaca que es posible separar la respuesta de algunos forzadores, como los GEI y los aerosoles, dado que tienen una evolución temporal diferente.

El IPCC afirma que el cambio climático del siglo XX sólo puede explicarse tomando en consideración factores antropogénicos, dado que solamente puede simularse correctamente el calentamiento planetario del siglo si se toman en consideración los GEI, los aerosoles de sulfato y la radiación solar.

---

<sup>51</sup> Ibíd. p. 668

#### 4.4 Complejidad: modelos de simulación climática

En esta sección se expondrá brevemente algunos aspectos que el IPCC argumenta en relación a los modelos de simulación climática con la finalidad de posteriormente determinar si la complejidad es tomada en consideración en las simulaciones sobre el cambio climático.

Los modelos de simulación climática son una herramienta fundamental en la investigación sobre el cambio climático, en tanto que ellos permiten contrastar hipótesis y teorías con las observaciones y realizar predicciones del cambio climático.

Los modelos climáticos se basan en modelos computacionales, por lo que en las últimas décadas han evolucionado considerablemente, permitiendo así la incorporación de más datos, más componentes y más procesos<sup>52</sup>.

El IPCC señala que actualmente existen modelos que, al incluir *los forzadores más importantes del sistema climático*, son capaces de simular el cambio de la temperatura terrestre que se ha constatado por medio de las observaciones.

Reproducir de manera realista la complejidad del sistema climático y el cambio climático en los modelos de simulación, es uno de los principales objetivos en la investigación sobre el tema. En sus informes, IPCC reiterativamente señala la importancia de representar de una forma realista el sistema climático, y afirma que *los modelos presentes son más realistas de lo que eran hace una década*.

Sin embargo, también afirma que la simulación de todos los factores que constituyen el sistema climático aún no se ha logrado, en tanto que existe incertidumbre con respecto a algunos de ellos, su comportamiento y en relación a ciertos procesos en diferentes escalas temporales y espaciales.

---

<sup>52</sup> Ibíd. p. 112

Así, el grupo señala que “[...] los modelos no proveen una simulación perfecta de la realidad en tanto que la resolución de todas las escalas espaciales y temporales importantes aún permanece más allá de las capacidades actuales, y también debido a que el comportamiento de un sistema no-lineal tan complejo puede ser caótico”<sup>53</sup>.

La no-linealidad y el caos son aspectos que únicamente son señalados por el panel ocasionalmente. En relación a la no-linealidad, el grupo argumenta que ésta se manifiesta aun en modelos simples (los cuales sólo reproducen algunos factores del sistema climático), puesto que “[...] incluso los modelos simples muestran un comportamiento intrincado debido a sus no-linealidades. El comportamiento no-lineal inherente al sistema climático aparece en simulaciones en todas las escalas temporales”<sup>54</sup>.

Los modelos de simulación climática más realistas, es decir, aquellos que representan la mayor cantidad de factores y procesos, son los Modelos de Circulación General Atmósfera-Océano (AOGCM), los cuales “[...] incluyen más y más componentes del sistema climático y están diseñados para proporcionar la mejor representación del sistema climático y sus dinámicas por lo que fungen como el laboratorio más realista de la naturaleza”<sup>55</sup>.

Uno de los problemas de los AOGCMs es que sus resultados son de difícil interpretación, debido a la variedad de elementos que reproducen, por lo cual, señala el IPCC, es necesaria la utilización de modelos simples para la comprensión de los componentes del sistema climático de manera individual.

Los modelos simples también se utilizan para la predicción de distintos escenarios climáticos a largo plazo como resultado de diversas emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (la mayoría de las predicciones e interpretaciones del IPCC hasta su tercer informe se basan en estos modelos). Una característica importante de

---

<sup>53</sup> Ibíd. p. 113

<sup>54</sup> Ibíd. p. 113

<sup>55</sup> Ibíd. p. 643

los modelos simples es que éstos pueden basarse en los resultados de los AOGCMs, por lo cual pueden considerarse como una extensión de sus resultados.

La simplicidad de un modelo “[...] puede descansar en un reducido número de ecuaciones (por ejemplo, una sola ecuación para la temperatura global de la superficie); en la reducción de dimensionalidad del problema (una sola dimensión vertical, una dimensión latitudinal, dos dimensiones), o en la restricción a unos pocos procesos”<sup>56</sup>.

Otros modelos importantes en la investigación sobre el cambio climático son los modelos terrestres de complejidad intermedia (EMICs). Los EMICs típicamente “[...] utilizan un componente atmosférico simplificado acoplado a un OGCM o componentes simplificados de la atmósfera y el océano. El grado de simplificación de los modelos de componentes varía entre EMIC”<sup>57</sup>. Estos modelos se utilizan para la investigación del cambio climático a escalas temporales amplias, tales como las glaciaciones, y para la indagación de algunos elementos de retroalimentación.

El IPCC señala que la confianza en un modelo se adquiere si éste es capaz de reproducir las condiciones climáticas en el pasado y en el presente, siendo estas últimas las de mayor importancia. Asimismo, también es importante que los modelos sean capaces de simular las diferentes formas observadas de variabilidad climática.

Es importante mencionar que la comprobación de un modelo implica la “toma de decisiones prácticas” en relación a la elección del grado de complejidad del modelo y a la escala temporal en que éste es probado. Estas decisiones, argumenta el IPCC, dependen del problema que se investiga, ya que los intereses de los investigadores son los que determinan las características del modelo que es sometido a prueba.

---

<sup>56</sup> Ibíd. p. 113-114

<sup>57</sup> Ibíd. p. 643

Debido al comportamiento complejo del sistema climático es necesario, argumenta el IPCC, que los factores del sistema climático se sometan a prueba primero a nivel componente y después a nivel sistémico.

La atribución del cambio climático en los modelos requiere que en él sean reproducidos los factores antropogénicos y naturales más importantes que interviene en la determinación del clima. Estos factores son los GEI, los aerosoles volcánicos y la radiación solar.

#### **4.5 Avances en la simulación de la complejidad en los modelos de simulación climática**

Los avances en la simulación de elementos que intervienen en el cambio climático señalados por el IPCC en su cuarto informe son múltiples, por lo cual sólo se expondrán algunos de ellos con el objeto de mostrar la complejidad y multiplicidad de los elementos contemplados en la representación del cambio climático del grupo.

El IPCC señala que la mayoría de los resultados obtenidos en su cuarto informe con respecto al océano se obtuvieron a partir de modelos oceánicos “slab”, en los cuales sólo se analiza una placa del océano y se omite la dinámica de éstos. El grupo argumenta que el reemplazo de este tipo de modelos por modelos acoplados entre la atmósfera y el océano y la simulación de otros elementos que constituyen estos componentes, ha sido uno de los avances más significativos en décadas recientes.

En la simulación de la biosfera terrestre también se han producido avances de gran importancia. Uno de ellos es la incorporación del ciclo del carbón, del cual, no obstante, aún existen incertidumbres. Asimismo, en las simulaciones también se ha comenzado a incorporar “la compleja dinámica” de la biota del suelo marino.

Con respecto a la criosfera, algunos avances se han producido en la simulación de la distribución geográfica y estacional del hielo marino y en la cobertura de nieve. También se han incorporado el suelo congelado y descongelado y, actualmente, se pone “más atención” a *la simulación del manto de nieve de múltiples capas, a las interacciones de la vegetación congelada y a la redistribución de la nieve.*

La simulación del cambio climático inducido por el incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera también se ha desarrollado. Al respecto, el IPCC argumenta que las primeras simulaciones se basaron en modelos acoplados entre la atmósfera y océano, las cuales, como ya se ha mencionado, omitían las dinámicas del océano. Actualmente, las predicciones del aumento de CO<sub>2</sub> a la atmósfera pueden basarse en modelos más complejos.

En cuanto a la simulación de los aerosoles, señala el IPCC, algunos modelos únicamente incorporan sus efectos directos, mientras que otros también incluyen sus efectos indirectos. Asimismo, la forma en que se representa la física de los mismos puede variar en los modelos.

Finalmente, un aspecto que es importante mencionar es que los modelos omiten algunos forzadores, como los aerosoles carbonáceos y el cambio en el uso del suelo, los cuales “*podrían tener efectos importantes en el clima*”.

#### **4.6 La complejidad como una noción fundamental en la representación del IPCC sobre el cambio climático**

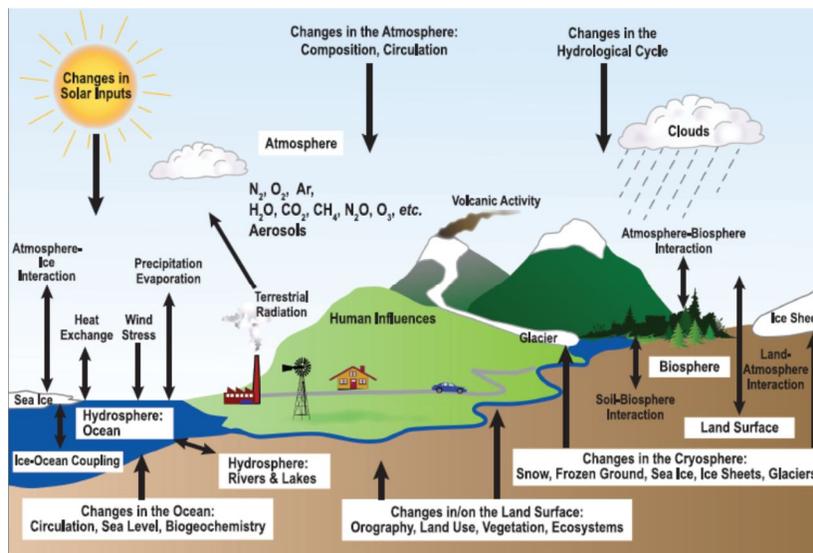
¿La complejidad es una noción importante en la representación sobre el cambio climático del IPCC? La palabra complejidad aparece reiterativamente en la representación del grupo sobre el cambio climático.

En primera instancia, es importante notar que el IPCC define al sistema climático como complejo. Si bien, el grupo no puntualiza que es lo que entiende por complejidad, en su argumentación es claro que este sistema está constituido por distintos componentes, factores y procesos, lo cual, como hemos visto, es uno de los rasgos de la complejidad.

Así, el IPCC señala los componentes del sistema climático (la atmósfera, la nieve y el hielo, la superficie de la Tierra, los océanos y otros cuerpos de agua y los seres vivos) y a la diversidad de elementos y procesos que constituyen a cada uno de ellos. Asimismo, el grupo también indica distintos factores externos que intervienen en la determinación del clima (radiación solar, variaciones orbitales, actividades antropogénicas).

Como se puede notar en la exposición de los apartados anteriores, la identificación de la diversidad de elementos y procesos que intervienen en el cambio climático ha sido uno de los principales objetivos en la investigación sobre el tema. Esta indagación ha dado como consecuencia que la representación del cambio climático haya cambiado a través del tiempo, debido a que en ella se han incluido cada vez más y más elementos. En la figura 1 se reproduce la representación del IPCC de los componentes del sistema climático.

Figura 1



De igual forma, la génesis de propiedades emergentes, debido a las interrelaciones entre los elementos del sistema (y por la influencia de factores externos), es un aspecto indicado por el IPCC. La representación del efecto invernadero es un claro ejemplo de lo anterior, ya que este efecto, que se produce por el incremento de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, produce un calentamiento que genera elementos emergentes (vapor de agua y nubes), los cuales, al ser elementos de retroalimentación positiva y negativa, tienen efectos contrarios que inciden en el comportamiento del sistema.

La constante identificación de la multiplicidad de componentes, de factores y de procesos ha generado constantes esfuerzos que han tenido por objeto la inclusión de estos aspectos en las simulaciones sobre el cambio climático.

Así, el IPCC dedica una parte considerable de su argumentación a la exposición de los elementos que actualmente se conocen mejor y que se han logrado incluir en los modelos de simulación climática (recordemos que el grupo afirma que actualmente los modelos *incluyen más datos, más elementos y más procesos*).

Es importante recordar que el IPCC reitera la importancia de elaborar representaciones realistas del sistema climático y del cambio climático e indica la importancia de reproducir de forma realista estos aspectos en los modelos de simulación climática. Para el IPCC, el realismo significa que las representaciones del sistema climático, del cambio climático y las simulaciones sobre los mismos deben incluir todos los elementos, procesos e interrelaciones entre éstos.

La importancia del realismo se ha visto reflejada, como se pudo notar en los apartados anteriores, en la generación de los AOGMs, los cuales son los modelos más realistas en la actualidad.

Sin embargo, es importante notar que la dificultad de interpretación de estos modelos, dado que en ellos se reflejan la complejidad del sistema climático, ha implicado que la investigación sobre el tema se apoye en modelos simples y de complejidad intermedia, los cuales, como se recordará, incluyen una cantidad

menor de procesos, factores, componentes e interrelaciones que intervienen en el cambio climático.

Asimismo, esta dificultad de interpretación ha dado como consecuencia que los componentes, procesos y factores del sistema climático sean estudiados individualmente, es decir, se ha estudiado el todo a través de sus partes.

Al respecto es importante recordar que, como se vio en el capítulo anterior, diversos autores indican las dificultades de interpretación de los modelos que reproducen a una mayor escala la complejidad del sistema climático (como se recordará, Rodo y Camín hacen un llamado para que en la investigación se deje de poner énfasis en todo el sistema, debido a los problemas que ello implica, y Pierrehumbert afirma que “las mejores ideas vienen de modelos simples”).

Sin embargo, a pesar de que el IPCC también indica esta dificultad, en su representación se enfatiza constantemente la importancia de la inclusión de todos los elementos e interrelaciones que intervienen en el cambio climático.

En la representación sobre el cambio climático del IPCC se notan dos rasgos de la complejidad tal y como se definió en el capítulo anterior: 1) El sistema climático está constituido por diversos elementos y; 2) Las propiedades emergentes.

Las interrelaciones entre los elementos que constituyen el sistema climático, si bien son mencionadas ocasionalmente, no son indicadas con claridad en ejemplos concretos. Asimismo, estas interrelaciones no son explicitadas de forma clara en la representación del grupo **sobre** el cambio climático, en tanto que en ésta el IPCC se centra en la indicación de la causa de cambio climático.

El IPCC no pone énfasis en la explicitación de las interrelaciones entre los elementos que intervienen en el cambio climático. En su lugar, reiterativamente menciona que el incremento de CO<sub>2</sub> de origen antropogénico es la principal causa de este problema y dedica gran parte de la representación en mostrar evidencias y consecuencias de lo anterior.

Asimismo, es importante señalar que, cuando el grupo explica el cambio climático a partir de las interrelaciones entre los elementos del sistema, generalmente se centra en un componente del sistema climático (la atmósfera) o en la interrelación entre algunos de éstos (por ejemplo, la atmósfera y el océano).

La complejidad en la representación del IPCC en muchas ocasiones parece más bien una abstracción a la que el IPCC hace alusión cuando se refiere al sistema en abstracto, pero cuando explicita el comportamiento del sistema en concreto la complejidad no es clara.

Es importante recordar que el comportamiento es el núcleo de la complejidad, dado que ésta no radica en los elementos que constituyen el sistema, sino en el comportamiento que surge de la relación entre ellos.

La complejidad concebida como un comportamiento que surge de la interrelación entre los elementos del sistema, no es un aspecto claro en la representación de IPCC sobre el cambio climático. Al respecto es importante mencionar que, si bien el comportamiento complejo del sistema climático es en cierta medida claro, este comportamiento en la explicación sobre el cambio climático no lo es.

Sin embargo, no hay que perder de vista que el gas que el IPCC reiterativamente indica como causa del cambio climático interviene en el efecto invernadero, en el cual influyen y se interrelacionan la superficie terrestre, la atmósfera, los océanos y algunos elementos externos al sistema, como la radiación solar y las actividades antropogénicas.

La noción de la complejidad en la representación del IPCC en relación al cambio climático parece estar subordinada a un componente y a un proceso (atmósfera y efecto invernadero), a partir de los cuales las interrelaciones entre los componentes y elementos del sistema adquieren sentido.

Con respecto a lo anterior, es importante recordar que uno de los principales fines de la investigación sobre el tema es la identificación de los

factores esenciales que producen el cambio climático. Dado lo anterior, la noción de complejidad adquiere sentido y se explica a partir de aquel componente, proceso o factor que se considera como esencial.

La noción de complejidad es un aspecto central en la representación del IPCC sobre el tema ya que, independientemente de que en esta representación se señala constantemente un aspecto como causa del cambio climático y, a pesar de que la investigación sobre el tema se ha basado en el análisis individual de factores, procesos y componentes (con lo cual se infringe uno de los presupuestos básicos de la complejidad, el cual indica que un sistema o fenómeno complejo no puede estudiarse sólo a través del análisis de sus partes, en tanto que ello rompería con las interrelaciones que explican su comportamiento), no puede negarse que la complejidad es una noción importante en esta representación.

Lo anterior se demuestra precisamente por el énfasis en el realismo que el grupo hace con respecto a la producción de representaciones y en relación a la simulación del sistema climático, ello a pesar de los problemas de interpretación que la complejidad ha implicado.

Por otra parte, es importante mencionar que la no linealidad, la sensibilidad a las condiciones iniciales, los elementos de retroalimentación positiva y negativa y el intercambio de información con el entorno, son características mencionadas por el IPCC como rasgos del sistema climático.

Como se mencionó en el capítulo anterior, estos rasgos pueden presentarse en algunos sistemas complejos y, en el caso del sistema climático, estos rasgos claramente incrementan la complejidad del sistema climático, en tanto que influyen en su comportamiento.

#### **4.7 La complejidad como valor epistémico en la representación del IPCC sobre el cambio climático**

Como se ha señalado en esta investigación, para que una noción sea considerada como un valor es necesario que ella sea importante dentro de la práctica científica, que los agentes la valoren y que enuncie características que la hagan valiosa.

Como se puede notar en la representación sobre el cambio climático del IPCC (la cual puede considerarse como la representación dominante en la práctica científica, en tanto que el grupo reúne las contribuciones más relevantes de científicos de todo el mundo sobre el cambio climático), la complejidad es importante dentro de la práctica científica en relación al tema.

La importancia de la complejidad dentro de la práctica puede constatarse en las reiterativas alusiones que el IPCC hace hacia la complejidad. Al respecto, es importante recordar el énfasis que el grupo hace en la generación de representaciones realistas sobre cambio climático y en relación a la simulación realista del mismo.

El énfasis que el IPCC hace hacia la complejidad muestra, asimismo, que en la práctica existe una amplia valoración de la complejidad por parte de los agentes que constituyen a la misma. En la representación del IPCC se resumen las principales aportaciones de investigadores de todo el mundo sobre el tema, por lo cual esta representación evidencia que la complejidad es valorada por los agentes que constituyen la práctica ya que, como hemos visto, en la representación se considera que se deben de tomar en consideración todos los elementos y procesos que interactúan e intervienen en el cambio climático.

Asimismo, es importante destacar que la valoración de los agentes dentro de la práctica se demuestra por el énfasis que en ella se hace a pesar de que ésta ha generado problemas en la investigación sobre el cambio climático (recordemos que los principales avances en la comprensión del tema se han hecho a través del

análisis individual de los componentes y elementos del sistema y por medio de modelos de simulación simples).

En cuanto a las características de la complejidad que hacen de ella algo valioso, es importante destacar que los agentes contemplan que el sistema climático **es** un sistema complejo, es decir, los agentes consideran que en el mundo existen concretamente sistemas complejos, como es el caso del sistema climático.

Así, la noción de complejidad expresa características que existen en el mundo, lo cual hace de ella algo valioso debido a que se considera que enuncia características de sistemas concretos.

La complejidad en la representación del IPCC, por tanto, cumple con los rasgos de un valor, ya que ésta es importante dentro de la práctica científica, es valorada por los agentes y enuncia rasgos que la hacen valiosa. De esta forma, se puede determinar que la complejidad es un valor en esta representación.

## Conclusiones

En esta investigación el énfasis analítico se centró en los elementos que configuran un valor, dado que sólo de esa forma era posible determinar si la complejidad podía ser considerada de tal forma en la representación del IPCC sobre el cambio climático.

Así, a partir del análisis de la representación del IPCC sobre este tema, se determinó que en dicha representación la complejidad es un valor dado que la noción de complejidad es importante en la práctica científica sobre el cambio climático, ésta es valorada por los agentes que la constituyen y ella enuncia características que la hacen valiosa.

Sin embargo, más allá de ésta representación, se puede concluir que la complejidad es un valor en la práctica científica sobre el cambio climático, en tanto que el análisis de la representación del IPCC y de las representaciones de diversos autores expuestos, demuestran que la complejidad cumple con los rasgos necesarios para ser considerada como un valor en esta práctica.

Asimismo, se puede afirmar que este valor es una guía para la investigación sobre el tema, debido a que las características que enuncia condicionan la forma en que se investiga el cambio climático.

En este trabajo se analizó parcialmente a la complejidad como un rasgo ontológico del sistema climático, ya que, como se señaló en reiteradas ocasiones, un valor implica que lo valorado posee características que lo hacen valioso.

Lo anterior sugiere que un valor debe tener características inherentes para ser considerado como tal ya que, a pesar de que estas características sólo son percibidas y producidas en la medida en que se vinculan con los intereses y necesidades de una práctica, lo valorado necesariamente posee características concretas que lo hacen valioso.

La complejidad como valor implica que esta noción necesariamente enuncia propiedades del sistema climático; sin embargo, la percepción e interpretación de estas propiedades están condicionadas por el estado del conocimiento de la práctica científica.

En la práctica científica en general han existido diversas representaciones y nociones que ha pretendido explicar cómo es el mundo. Estas representaciones y nociones se han transformado con el tiempo (algunas han desaparecido); sin embargo ello no significa éstas fueran incorrectas dado que respondían al estado del conocimiento de la práctica en algún momento determinado.

Que la percepción esté condicionada por la práctica científica implica que el estado del conocimiento dentro ésta influye en la percepción e interpretación del mundo y, dado que el estado del conocimiento se transforma por las interrelaciones que existen entre las redes epistémicas, la percepción e interpretación también se transforman dentro de la práctica científica.

Así, un valor implica que lo valorado siempre se relaciona con el mundo; sin embargo, dado que la percepción de las características de lo valorado está condicionada por la práctica científica y el estado del conocimiento en ella, lo valorado y la percepción de sus características cambian de una práctica a otra y a través del tiempo.

## GLOSARIO

Aerosoles: Partículas suspendidas en la atmosfera.

Albedo: Fracción de energía solar que el planeta refleja hacia el espacio.

Atmósfera terrestre: La atmósfera terrestre está constituida por la capa de gases que rodean el planeta Tierra. La atmosfera se divide en la Troposfera, la Estratosfera, la Mesosfera, la Termósfera, la Ionósfera y la Magnetósfera.

Propiedades emergentes: Los sistemas complejos están constituidos por diversos elementos interrelacionados entre sí. De estas interrelaciones surgen propiedades emergentes que se convierten en parte constitutiva del sistema.

Sensibilidad a las condiciones iniciales: La sensibilidad a las condiciones iniciales indica que la trayectoria de un sistema depende de su estado inicial.

Sistema abierto: Un sistema abierto puede intercambiar información, materia y energía con el entorno.

Sistema lineal: Un sistema lineal es aquél en el cual la respuesta es proporcional al estímulo. En un plano cartesiano la linealidad se expresa como una línea recta. Por ejemplo, si el sistema recibe un estímulo de magnitud 1 su reacción será 1; si recibe un estímulo de magnitud 2 su respuesta será 2; y así sucesivamente.

Sistema no lineal: Un sistema es no lineal cuando su respuesta no es proporcional al estímulo. Por ejemplo, si el sistema recibe un estímulo de magnitud 1 su reacción será mayor o menor a 1. La representación en el plano cartesiano de la no linealidad no es una línea recta.

## Bibliografía

Caballero, Lorena, *La búsqueda del comienzo. El pensamiento complejo en biología*, México, Coplt ArXives, 2008, pp. 1-18

Echeverría, Javier, *Ciencia y valores*, Barcelona, Destino, 2002, pp. 33-211

Fontana, Walter, Ballati, Susan, *Complexity*, Complexity, V4, N3, Enero-Febrero 1999, pp. 14-16

Fronzizi, Risieri, *Que son los valores*, Fondo de Cultura Económica, tercera edición, 1972, 236 pp.

Gershenson, Carlos, *Design and Control of Self-organizing Systems*, Coplt ArXives, 2007, pp. 10-36

\_\_\_\_\_, *The Implications of Interactions for Science and Philosophy*, 2011, pp. 1-12

\_\_\_\_\_ *Complexity*, pp. 1-3

Gleick, James, *Caos. La creación de una ciencia*. Critica, Barcelona, 2012, 382 pp.

Hacking, Ian, *Representar e intervenir*, ed. Paidós, UNAM, Instituto de Investigaciones Filosóficas, 1996, 326 pp.

Ibarra, Andoni, Mormann, Thomas, *Una teoría combinatoria de las representaciones científicas*, Crítica, V32, N95, Agosto, 2000, pp.3-46

IPCC, 1990: *Climate Change 1990: The IPCC Scientific Assessment* [J. T. Houghton, G. J. Jenkins and J. J. Ephraums (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, New York and Sidney, pp. 1-68

IPCC, 2007: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B.

Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 93-128, 589-745

IPCC, 2007: *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 pp.

James, William, *Climate Change. A Multidisciplinary Approach*, Cambridge University press, 2nd edition, 2007, pp. 1-81

Kuhn, Thomas, *Objetividad, juicios de valor y elección de teoría* en Thomas Kuhn, *La tensión esencial*, México, Fondo de Cultura Económica, pp. 344-364

Maldonado, Carlos, Gómez, Nelson, *El mundo de las ciencias de la complejidad*, Universidad del Rosario, 2011, pp. 11-67

Olivé León, *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento. Ética, política y epistemología*, Fondo de Cultura Económica, México, 2007, pp. 143-167

\_\_\_\_\_ *El bien, el mal y la razón. Facetas de la ciencia y la tecnología*, Paidós-UNAM, México, 2000, pp. 45-65, 133-198

Pierrehubert, Raymond, *Principles of Planetary Climate*, Cambridge university press, New York, 2010, pp. 1-81

Raymond S, Bradley, *Paleoclimatology. Reconstructing of the Quaternary*, University of Massachusetts, 1999, pp. 1-46

Ritter, Walter, et al. *El clima como sistema complejo adaptativo en coevolución*, Ciencia y Mar, 2002, pp. 23-35

Rodo, Xavier, Comín, Francisco (eds.), *Global Climate. Current Research and Uncertainties in the Climate System*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2003, pp.3-33, 102-182

Saltzman, Barry, *Dynamical Paleoclimatology. Generalized Theory of Global Climate Change*, Academic Press, 2002, pp. 3-16, 30-46, 279-319

Villoro, Luis, *El poder y el valor: fundamentos de una ética política*, México, Fondo de Cultura Económica, 1996, pp.13-70