



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**CIENCIA DIFUSA
LÍMITES Y APERTURA EN LA CIENCIA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

AMADEO LUIS ESTRADA NIETO

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. CÉSAR ANTONIO ABARCA GARCÍA**

2012





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Ciencia difusa:

límites y apertura en la ciencia

Amadeo Estrada: leestrada@hotmail.com

1. Datos del alumno

Estrada

Nieto

Amadeo Luis

0445543416371

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

9461939-5

2. Datos del tutor

Dr.

César Antonio

Abarca

García

3. Datos del sinodal 1

Dr

Arturo

Becerra

Bracho

4. Datos del sinodal 2

Dr

Pedro Eduardo

Miramontes

Vidal

5. Datos del sinodal 3

Dr

César Antonio

Abarca

García

6. Datos del sinodal 4

Dr

Ricardo

Noguera

Solano

7. Datos del trabajo escrito.

Ciencia Difusa

Límites y apertura en la ciencia

89

2012

A mi madre, Velia Nieto (1943 – 2008)

Agradecimientos.

La presente tesis nació de una reflexión de orden individual, sin adscripción a un proyecto de investigador alguno –uso frecuente en ciencia que no necesariamente afirma los mejores resultados ni convicciones por parte de quien desarrolla el trabajo–. Ante ese inicio y por la naturaleza de esta tesis, el individuo más convencido puede sentirse estar frente al precipicio –punto de riesgo y de riqueza inmensa en cualesquiera disciplinas–. Por tal motivo, agradezco principalmente al Dr. César Abarca haber estimulado esta reflexión en la que ha creído desde el principio; su generosidad es patente en los más distintos ámbitos, de los que el académico es una clara demostración, sea desde reconocer las ideas de otros, a partir del rigor –si la argumentación se sustenta–, apoyar el pensamiento individual, hasta ofrecer las discusiones más nutridas y estimulantes. Su compromiso para con este trabajo fue absoluto siempre, lo cual dio como resultado una dirección particularmente enriquecedora, constructiva.

Al Dr. Ricardo Noguera, por sus correcciones e impulso, así como su confianza. Al Dr. Arturo Becerra Bracho agradezco los comentarios y su actitud propositiva. Al Dr. Pedro Miramontes por su crítica productiva y clara, que me llevó a puntualizar aspectos importantes.

A Celia Oliver agradezco las discusiones, la revisión de la tesis, el ser partícipe del proceso, el sustentarlo siempre. Todo ello, además en un medio particularmente grato en compañía de Emilia y de Sebastián, y de César Abarca padre y de Leticia García.

A Julio Bracho Carpizo agradezco algo fundamental, más allá de la hechura concreta de este trabajo y también de su afectuoso apoyo: su amistad, siempre formativa, me ha influenciado

enormemente en el pensamiento, en la forma de revisar problemas, de dudar y buscar soluciones.

A Rafael Sánchez Guevara, por sus cuidadosos consejos, revisiones y genuino involucramiento, así como interés constante en mis proyectos; muy particularmente, por entusiasmarme en todo momento.

Las discusiones estimulantes con Erik Shwartz, desde los primeros borradores de la tesis, fueron siempre enriquecedoras para el desarrollo y afirmación de este trabajo.

A Carlos Cabrera, Eréndira Álvarez, Lorena Caballero, Jéssica Pérez Alquicira, Vivette García, Susana Esparza, Agustín Mercado y a Ariel Rojo, agradezco enormemente las discusiones, críticas y revisiones minuciosas de la tesis, sus comentarios fueron cruciales, así como su insistencia llena de ánimos para acelerar mis aletargados tiempos con una tesis que en lo fundamental estaba casi concluida desde 2004, pero que se sometió a una larga selección en medio de una más prolongada deriva.

A Rosaura Ruiz por haber sido muy esclarecedora cada vez que la consulté en temas de evolución, primordiales para mí desde la carrera, muchos de los cuales se integran en la tesis.

A Luisa A. Alba Lois por su afectuosa insistencia para presentar el trabajo de esta tesis.

A Manolo Arrollo por habernos llevado a su hermosa casa frente al mar Pacífico, escenario creativo de esta tesis y, más aún, el sitio de mayor felicidad de los últimos año de mi madre.

A mi padre, Julio Estrada, por las continuas y ricas discusiones, de siempre, sobre los más diversos temas, presentes también en este trabajo, así como sus revisiones del mismo. Mi formación intelectual se cimenta en apasionantes conversaciones en casa, con mis padres, en

las que he encontrado el mayor interés. Su confianza sin titubeos ha sido total, siempre fortalecedora, lo mismo que por parte de mi hermano, Julián Estrada.

INTRODUCCIÓN..... 10

LO DIFUSO, ANTECEDENTES.	14
REGULARIDADES, AZAR Y DETERMINISMO CIENTÍFICO	17
LAS <i>REGULARIDADES</i>	17
AZAR EN LA CIENCIA	24
DETERMINISMO	26
¿PREDECIR PARA REGULARIZAR? APUESTAS DE LA CIENCIA E INCERTIDUMBRE.....	28
MODELACIÓN Y PROBABILIDAD.....	37
AJEDREZ Y CIENCIA	47
MODELACIÓN CIENTÍFICA EN ARTE	52
LA CIENCIA DE LA INTERPRETACIÓN	54
BIOLOGÍA EVOLUTIVA.....	57
CONOCIMIENTO <i>VERDADERO</i>	67
PERCEPCIÓN SENSORIAL Y REALIDAD	71
ARGUMENTACIÓN CONTRARIA A ESTA TESIS	75
UN PROBLEMA EPISTEMOLÓGICO Y ÉTICO	76
CONCLUSIONES	79
GLOSARIO.....	87

INTRODUCCIÓN

Esta tesis se ciñe al área de la filosofía de la ciencia, epistemología, disciplina dentro de la cual se discuten y aportan ideas sobre el quehacer científico y será presentada desde la visión de un científico en entrenamiento con experiencia en evolución y ecología. El presente texto parte de la experiencia y revisión de estudios previos, propios y ajenos, a partir de los cuales ha podido dar cuenta de problemas sobre los que aquí se discurre. No se tratarán trabajos en específico sino algunos asuntos fuertemente presentes en las elaboraciones científicas. Se abordarán, desde una perspectiva epistemológica, las cuestiones principales que enfrenta la ciencia con objetos de estudio no concretos, sino difusos, y cómo las aproximaciones también difusas pueden ser más refinadas. Revisaré algunos casos centrales, como las *regularidades*, la biología evolutiva, la percepción sensorial, el azar, el determinismo, la incertidumbre y la predicción científica, para sustentar una opción de mayor rigor. Una ciencia que resuelve problemas del conocimiento tiene una relación estrecha con la epistemología; la separación de ambas disciplinas complementarias produce conocimientos fragmentarios y escasos. La ciencia y la filosofía de la ciencia no siempre han operado de manera conjunta, su unión enriquece la calidad de las teorías y de los procesos internos en el desarrollo científico.¹

Algunos casos particularmente interesantes, para el propósito de esta tesis, de dicha conjunción son, en la época griega, Aristóteles (1988), en el siglo XVII, Descartes (1637), en el siglo XIX, Darwin (1859), en el siglo XX, Heisenberg (1971 a y b) y Popper (por ejemplo, 1962); los trabajos científicos de estos autores contemplan una perspectiva filosófica,

¹ Algunos científicos de la antigüedad hacían también textos filosóficos –y teológicos, entre ellos– al igual que existen numerosos escritos de filósofos que incursionaron en temas científicos; sin embargo, no hablo de aquellos que hicieron una desconexión entre dichas disciplinas y cultivaron ambas, sino de algunos de los que abordaron las dos desde una misma reflexión.

además de, algunos de ellos, desarrollar ambas disciplinas por separado.

Esta tesis se propone hacer una crítica sobre desempeños y preconcepciones comunes en la ciencia, así como dilucidar algunos puntos relevantes sobre la esencia del objeto de estudio científico. Resulta por ello importante poner de manifiesto ciertos aspectos que han contribuido al carácter paradigmático del surgimiento de la biología evolutiva.

Pido del lector la paciencia necesaria para seguir un ensayo de largo aliento, cuyo formato es inusual en el área científica; el problema en cuestión requiere, a mi parecer, de un devenir continuo de ideas –algunas disímbolas– y el tema a tratar puede ser considerado, acaso es, vago. Por la razón anterior, tocar asuntos aparentemente desligados, como el arte, el ajedrez, la biología evolutiva, las *regularidades*, o el azar, entre otros, resultan propositivos para las posibles conclusiones. Esta no es la tesis de alguien que se caracterice por tener respuestas, sino de quien se plantea constantemente dudas. No por ello eludiré la tarea de responder, tanto como he alcanzado, a ciertos planteamientos. Esta tesis es de filosofía de la ciencia, pero he de subrayar que la formación de quien la escribe es de biología. Ambas disciplinas abordan de maneras distintas sus cometidos. Lo anterior no debe constituirse en un impedimento para participar de problemas filosóficos ni alzar las barreras entr ambas áreas o que éstas adquieran un carácter paralizante, tanto para un científico, como para un epistemólogo. En este trabajo hago la reflexión de la necesidad de conjuntar de manera habitual las dos disciplinas.

Ciencia difusa es el estudio científico de objetos y fenómenos cuya concretización, fragmentación, y revisión descontextualizada, supone problemas mayores, que empobrece el entendimiento, las explicaciones, así como las descripciones sobre los mismos. Un ejemplo de lo anterior es el de los fenómenos evolutivos. Este término surge de identificar la

relevancia del azar, las irregularidades y, por tanto, del indeterminismo en los sucesos naturales –sin obviar importantes restricciones físicas, químicas y biológicas–. A partir de la identificación de las características antes mencionadas, se impone la exploración de los alcances de una ciencia que reconoce lo anterior frente a aquella que busca determinismos y regularidades, a través del intento de *manejar* el azar.

El término *Ciencia difusa*, no relacionado con la lógica difusa, es acuñado aquí para referir al estudio de aquello que no es concreto, asible, cuantificable: lo caracteriza la continuidad y la incertidumbre, no la segmentación y la concreción. Ejemplo de ello es la evolución de las especies, a lo que me referiré más adelante. Lo difuso resulta del cúmulo de características que unifican al objeto de estudio de las ciencias fácticas, a su comportamiento y a los posibles estudios sobre el mismo –en contraposición con el fraccionamiento que hace del mismo la ciencia–. Es decir, lo difuso visto desde lo estudiado hasta el proceso de estudiarlo. Esta discusión toma en cuenta el tema de la totalidad en la ciencia como uno más de los elementos de lo difuso, así como la incertidumbre, el azar o la percepción propia de quien estudia. Las especies, sus orígenes, la evolución biológica, la ecología, entre otros vastos y diversos temas no son discretos, sino difusos y ricos en variables.

Planteo en esta tesis que el objeto de estudio de la ciencia es, con frecuencia, poco delimitado. Su comportamiento a menudo está ligado a una vasta cantidad de variables, de las que se suele estudiar unas cuantas, las más evidentes, con el interés de hacer prontas predicciones, aún si las descripciones no son suficientes. Hago en este trabajo una reflexión en torno de las razones que producen esto y de sus consecuencias. Si bien en el siglo XX se comprendió que las predicciones son relativas y que el objeto de estudio de la ciencia es indeterminado (Hacking, 1991) –por ello el auge de herramientas menos concretas como la

probabilidad—, la historia y presente de los usos científicos muestran que esto, lejos de ser una discusión superada, resulta actual y relevante. La ciencia utiliza las probabilidades como parámetro de científicidad y para buscar —afirmar— determinismos, aunque en la teoría se afirme lo contrario. Esto mismo da paso a otro término discutible: la *comprobación científica*.

Es frecuente que, como científicos, no contemos con los elementos necesarios para sustentar teorías que cotidianamente tomamos como apotegmas, sobre las cuales se van construyendo subsecuentes estudios. Tómese por ejemplo trabajos de poblaciones basados en datos escasos, a partir de los cuales muy pronto se pretende determinar el comportamiento de dichos grupos, sin contemplar una rica cantidad de variables involucradas, ver una crítica sobre este punto (Abarca, 2008). Dichas suposiciones, a menudo no son puestas en duda por principio, sino sólo si los estudios posteriores no coinciden con los supuestos de partida. Esto subestima las variables involucradas en el problema y asigna desde el inicio comparaciones no necesariamente reales. Existe entonces un empirismo que busca un aparente rigor en la experimentación y en la búsqueda de evidencias, pero cuyas bases no respetan su propio principio: el indeterminismo, la variación, el azar, todo ello contemplado en planteamientos paradigmáticos que sustentan la ciencia predominante² y que podrían ser discusiones superadas, puesto que existen los antecedentes para ello (Véase *La domesticación del azar*, Hacking, 1991). El punto de partida puede ser particular, no tenemos por qué postularlo o aceptarlo como general de inicio y habrá de revisarse el proceso en lugar de justificarlo; si fuese producto de la probabilidad, no refleja una verdad de la cual partir. En el apartado sobre las *regularidades*, en esta tesis, hay una reflexión acerca de problemas básicos en este tema.

² La teoría de la evolución de Darwin o el principio de incertidumbre de Heisenberg, son ejemplos de ello.

Lo difuso, antecedentes.

En el devenir científico ha habido casos en los que la epistemología se ha aproximado a la esencia difusa de la naturaleza, algunos antecedentes importantes pueden ser encontrados en Darwin (1859) y en Wallace (1858), a quienes veremos a lo largo de la tesis como un ejemplo paradigmático de esta ciencia (*Ciencia difusa*). Ambos introducen ideas cargadas de incertidumbre, que repercuten substancialmente en la biología: véase el azar y la variabilidad y sus repercusiones, como la incertidumbre y la carencia de direccionalidades. En esta tesis el término *azar* significa contingencias impredecibles. Otro caso es el *Equilibrio de Hardy—Weinberg*, que describe el inmovilismo irreal como el único equilibrio posible. Esta ecuación fue postulada con la idea de la inexistencia de un equilibrio de fuerzas ecológicas (Hedrick, 2000). El *Principio de incertidumbre* de Werner Heisenberg, da cuenta de la imposibilidad de conocer al mismo tiempo la posición y el momento de un electrón en un átomo (1927). Los electrones se encontrarían en una suerte de nube en donde nos es imposible conocer varios parámetros a la vez. Este principio es factible —ahí su relevancia— e incluso útil. Es gracias al mismo que se ha incurrido más profundamente en el campo de la radioactividad o en el de la absorción de partículas por los núcleos, entre otros. El filósofo Karl Popper abre las posibilidades de cualesquiera conocimientos a un *universo abierto*, sea en lo social, en ciencia o en artes (véanse sus libros: *Sociedad abierta, universo abierto*, 2000; *El yo y su cerebro*, 1985). Los casos citados de ciencia difusa aceptan la incertidumbre propia del fenómeno natural. En contraste, la estadística probabilista ha servido a la ciencia predominante para aparentemente eliminar —o intentar manejar— la incertidumbre propia del objeto y del estudio del mismo hasta llegar al punto en que se la ha hecho pasar como criterio

de cientificidad, sin mejorar el conocimiento de lo estudiado ni contar con la suficiente robusteza para aumentar el rigor de un trabajo.

El raudal mayor de la ciencia ha intentado, particularmente desde Descartes (1637), momento crucial de la separación entre la *res cogitans* y la *res extensa* (Heisenberg, 1959), y más todavía en la actualidad –que se ha seguido una tradición de matematización de la naturaleza–, convertir el objeto de estudio en un *todo concreto* con herramientas incapaces de contemplar lo difuso; sustentar dicha concreción tiene problemas epistemológicos mayores al no representar apropiadamente la esencia del objeto. Esto último ha llevado a la ciencia predominante a afirmarse en una cosmovisión mecanicista. Por otra parte, algunas teorías han supuesto cambios paradigmáticos en el sentido de abordar lo difuso y aceptar el azar e incluso estar planteadas desde una perspectiva difusa, sobre lo que argumentaré (véase la Teoría de la Evolución de Darwin, 1859, la Deriva génica de Sewall Wright, 1948, el planteamiento en Ecología de Wilson y McArthur: Teoría Neutral de la Ecología, 1967, la Teoría Neutral en la biología evolutiva, formulada por Motoo Kimura, 1968). Dichas teorías reconocen este comportamiento básico, incierto, del objeto estudiado y lo formulan como un conocimiento mayor sobre el mismo. Lo difuso, la incertidumbre, el azar, no es mero desconocimiento, sino lo contrario: un conocimiento más cercano del objeto. Es descriptivo. No obstante, la corriente científica predominante no navega en esos cauces sino que se desplaza sobre rieles concretos: lo discontinuo, algo que impide hallar la cohesión –necesaria para entender– del problema estudiado. Un ejemplo de la ciencia concreta frente a un problema difuso puede ser el insistente ensayo por describir de manera discreta qué es una especie biológica, cuando se trata de un asunto característicamente difuso y difícilmente acotado en el espacio o en el tiempo; sin embargo, existen numerosas definiciones de especie,

que precisamente comparten el carácter determinista (Mallet, 2007). La herramienta más frecuentemente utilizada por esa ciencia es la estocástica –el cúmulo de estudios probabilistas y estadísticos– con la que se intenta predecir y encontrar, o acercarse –como aceptarían los cautos– a las verdades sobre el objeto de estudio: ensayo de conclusión en algo sin mayores alcances que la exploración. Se desecha lo posible, sin suficiente exploración, en favor de lo probable –estadística–. La teoría es frecuentemente relegada a los datos de muestras estadísticas. La ciencia se ha encontrado velozmente con ese *todo concreto*, ilusión conceptual hecha de partes no suficientemente coherentes. La deducción, es el único método epistemológico que contempla el todo. El hecho de no poder revisar el universo entero del objeto de estudio en los problemas que estudia la ciencia, la totalidad, nos lleva ante la imposibilidad de deducir: estamos obligados a inducir. No tenemos mejores opciones, pero las inducciones son todas muy distintas y algunas de ellas carecen del rigor necesario para afirmar. Así, enfrentamos el dilema de escoger entre el todo concreto o lo difuso. En oposición con lo que acostumbra aceptar la ciencia común, ese todo difuso, intentaré defender, es una opción más rigurosa –y, sin embargo, hasta ahora carece de herramientas que posibiliten aventurar su devenir.

Expondré en esta tesis el funcionamiento de patrones concretos y su contraste con lo difuso. Para ello, abordaré diversos temas: el ajedrez, la modelación en arte, la física y, sin duda, la biología. Una adecuada argumentación lo requiere. Discutiré la veracidad del concepto de *regularidades* en la naturaleza; a partir de ello abordaré el tema de las predicciones basadas en esas *regularidades* –o supuestos– y en lo discontinuo, e integraré una disertación sobre la naturaleza del objeto de estudio de la ciencia; por último, elucidaré posibles conclusiones. A lo largo del desarrollo de este trabajo intentaré reconocer las

características esenciales del objeto de estudio de la ciencia y propondré y sustentaré lo difuso como la característica envolvente del mismo. Resulta también crucial detallar las principales maneras en que comúnmente la ciencia aborda los problemas y cómo de ahí pueden, o no, emanar conocimientos representativos –o al menos relevantes– del objeto de estudio. El tema de la veracidad será discutido y se ensayará identificar herramientas apropiadas para afrontar problemas de orden difuso, así como su evaluación y la confrontación de las mismas entre sí.

REGULARIDADES, AZAR Y DETERMINISMO CIENTÍFICO

Las regularidades

La ciencia ha encontrado un importante interés, incluso a modo de objetivo, en la búsqueda de *regularidades* y, a partir de ello: de poder predictivo; así, la científicidad basada en la predicción es, a su vez, una forma de demostrar, dirían muchos, el conocimiento de dichas *regularidades*. En tiempos remotos se pensó que la ciencia podía obtener leyes universales de los más diversos eventos, y el no encontrarlas era mero desconocimiento, faltaban mayores búsquedas. Con la integración del azar en los sucesos naturales, se fue construyendo un discurso probabilístico. El mundo ya no era determinista –al menos en la disertación filosófica–, ni siquiera regular, sino que habrían de encontrarse *regularidades* estadísticas, aproximativas. El problema de encontrar *regularidades* probabilísticas en un campo como la biología es que las herramientas con que se intenta descubrir no superan la solidez epistemológica de una disquisición y argumentación como la que encontramos, por ejemplo, en el discurso de Darwin (1859), en donde sí se halla un fenómeno –la evolución por selección natural– y se alcanza una descripción y explicación sobre cómo sucede dicho

fenómeno, que se acerca a la idea de una *regularidad* en la biología –aunque no todo el tiempo ocurra y aunque la explicación se haya enriquecido inmensamente con el paso de los años–. Frente a esa historia de búsqueda de *regularidades* probabilísticas, pensemos en algo muy distinto, acaso opuesto, en donde no tengamos que aceptar desde el punto de partida la existencia de tales *regularidades*, difíciles de sustentar, como elaboraré. Inicialmente, hay más elementos que descubren su carácter ideológico y no descriptivo de las propiedades de la naturaleza. La ciencia debe, por principio, desproveerse de ideologías –a no ser éticas–, no por mandato absurdo o injustificado, sino por exigencia de objetividad –dentro de los límites de lo consciente–. Es difícil, acaso imposible, alejar preconcepciones al estudiar algo: plasamos en el estudio del objeto características nuestras. Aun así, obtener un conocimiento más cercano de la *realidad* requiere traducir los *actos inconscientes* involucrados en su estudio, a *conscientes*, para lograr un mayor entendimiento del fenómeno estudiado y de uno mismo como estudioso.

La ciencia que busca *regularidades*, con el tiempo ha ido aceptando que éstas son probabilísticas, de modo que existen sólo en nuestra representación abstracta del problema. Los científicos que hablan de *regularidades* asignan características de *regularidad* al objeto de estudio y a su comportamiento general; sin embargo, sólo se han planteado en condiciones irreales –limitadas, muestrales– y se han abordado con probabilística para afianzarlas epistemológicamente. ¿Por qué mantener como principio la búsqueda de *regularidades* si pueden ser producto de las representaciones, si carecemos de información que nos muestre que *la realidad* se comporta así? Si las *regularidades* existen, el problema radica en nuestra incapacidad para encontrarlas. Pensemos en primera instancia que éstas sean relativas; evitemos preconcepciones. Karl Popper (1962) dice que el que todos hayamos vivido

amaneceres todos los días de nuestras vidas no determina que mañana amanecerá.

Intuitivamente estamos casi seguros de que así será pero pueden ocurrir *irregularidades* por primera vez en nuestras vidas, lo que mostraría que el conocimiento colectivo no entendía suficientemente el mundo natural. Las *regularidades* son la base de las *leyes universales* de la ciencia, donde sólo la física y la química asumen haberlas encontrado. Una *verdadera regularidad*, considerable como *ley* por la ciencia, no se restringiría a sucesos menores de apariencia regular. Carecemos de la certeza de haber obtenido ese caso en la ciencia; sin embargo, todas las ramas científicas procuran las mismas búsquedas, si bien ello es acaso un esfuerzo epistemológicamente estéril: partir de una ideología y tratar de sustentarla dista de describir el objeto de estudio.

Forzar la búsqueda de *regularidades* equivale a pensar por principio que una selva se comporta como la máquina de un reloj y que si esto no es obvio es porque no hemos hecho las dilucidaciones y estudios pertinentes que nos permitan descubrir ese funcionamiento subyacente. En contraste, podemos considerarla de inicio como una entidad difusa conformada por variables –influencias– posiblemente infinitas y quizá en continuo cambio, sin atribuirle preconcepciones. (En una visión subatómica de la materia del reloj el comportamiento será muy distinto del de la simple máquina que vemos). Ignoro cómo se comporta una selva y sus diferentes elementos, más aún porque no le asigno *regularidades*. En rigor, acaso no puedan hacerse predicciones sobre la misma –ni siquiera sobre sus partes, tampoco resulta claro que el todo sea fragmentable: su comportamiento multivariado impide resumirla a un acotado número de características y, de éstas, obtener una calidad epistemológica suficiente para entender su devenir o retener su esencia. Intentar describirla, tratar de entenderla y explicarla –incluso de forma modesta– difiere del ensayo probabilista

de predecir lo que no alcanzamos a conocer cabalmente. La utilidad de la probabilística en la exploración resulta dudosa y dista de ser concluyente, una ilusión frecuentemente cultivada y difundida por la ciencia moderna.

Algunos de los mayores saltos epistemológicos de la ciencia se han dado a través de estudios que no necesariamente responden al criterio de *regularidades*; véase de forma constante en los sucesos astronómicos, en los estudios biológicos, como la ecología, y, aún más, en el campo evolutivo. La posibilidad de repetición se presenta sólo contextualizada por el científico. Podemos siempre obligar la experimentación para repetir ciertas condiciones y resultados, aunque de ello no deriven *regularidades*.

En los estudios sobre lo discontinuo en ciencia, la cristalografía habla de un número determinado de estructuras posibles que define como *regulares*. En contraste, llama *imperfecciones* a todas las *desviaciones* existentes. ¿*Imperfecciones*? La noción de *perfección* responde a ideales (en cristalografía corresponde también a la acción de un grupo de simetrías). Encontramos un sinnúmero de formas irregulares en la naturaleza, distintas de la tipología *esperable*. Otro ejemplo: el oleaje marino, un fenómeno aparentemente repetitivo, constante y continuo. Observamos que ninguna ola es idéntica a otra y desconocemos con precisión qué las hace distintas (si bien contemplamos las variaciones en la presión atmosférica, el flujo y volumen del agua, entre otros parámetros). Sus formas, dimensiones, alturas, volúmenes o espectros visuales y auditivos son muy diversos. No obstante, todas parecen similares –casi iguales– siempre que distingamos escasas características. De ese conocimiento primario a predecir una *regularidad* –p. ej., que las más altas se den después de un número concreto de olas menores o que en un cierto día ocurran de cierta forma– existe un abismo. Todos los esfuerzos gubernamentales y privados por conocer el tamaño y tipo de olas

en las costas del mundo han sido incapaces de prevenir las ocasionales catástrofes, por la falta de observación de ciertas variables y de sus interacciones. No encuentro razón alguna para abandonar el estudio de las olas, o de cualesquiera otros fenómenos, e intentar comprender su naturaleza; todo lo contrario, pero estamos frente a un caso más que exige atender problemas multivariados con nuevas aproximaciones. Buscar supuestas *regularidades* es posiblemente lo menos complejo, pero las que se afirma haber encontrado no explican los casos particulares. El problema reside entonces en la ambición de controlar el objeto y en someterlo a nuestro marco conceptual, o en alcanzar un conocimiento del mundo lo más cercano del *cómo es*, sobreentendiendo la imposibilidad de alcanzar una cognición absoluta y objetiva.

La ciencia experimental predominante necesita pensar en *regularidades* –requiere repeticiones– aunque éstas –también las repeticiones– sólo sean estadísticas. El mejor argumento que puedo pensar para defender esa visión es que se trata de hechos comunes que se repiten habitualmente en nuestra experiencia: los advertimos pero no los *conocemos*. Se llama *regularidades* a fenómenos frecuentes; acostumbramos percibirlos aunque sus orígenes –causas e interacciones– y la información que ofrece su estudio disten de ser controlables. Se diría: ¿por qué hay tornados, tormentas, rayos eléctricos, olas, vientos, vida...? “Porque la naturaleza se compone por *regularidades*: no sabemos cuáles son pero hay que encontrarlas ya que, sin éstas, dichos fenómenos no se darían ni habría razones para pensar que volverían a suceder”. La defensa de las *regularidades* estaría comprometida aquí. Popper afirma que las aceptamos como parte de un “acto de fe metafísica, sin el cual sería difícil la actuación práctica” (Popper, 1962). Es decir, sería arriesgado aseverar que existen pero nos sirven. En contraste, propongo abordar el tema no pragmáticamente sino desde un rigor opuesto de validar artificialmente, con el uso práctico, supuestos conocimientos. Esto no supone que la

ciencia experimental sea irreal, sino que no necesita partir del supuesto de estudiar *regularidades* para tener objetivos. Reconozcamos las *irregularidades*, precisamente eso que estorba en las explicaciones acotadas a marcos estadísticos empobrecidos.

Aventuremos, en lugar de *regularidades*, que los fenómenos naturales ocurren por interacciones de factores difusos indeterminados. Es difícil concebir un estudio concreto de estos fenómenos –pueden o no ocurrir–. Lo que registramos como interacciones de variables dentro del objeto de estudio, está influenciado por otras –acaso innumerables– que desconocemos o a las que no asignamos importancia. ¿Cómo medir todas las variables de algo y más si éstas cambian en cualquier dirección en el tiempo y en el espacio? Existen limitaciones para predecir tan poderosas como el azar. La intervención de variables desconocidas desvanece la supuesta *regularidad*, el fenómeno mismo puede cambiar y devenir algo igualmente ignorado. La naturaleza contiene interacciones que, en una escala de tiempo –o de espacio– mayor, posiblemente no veríamos como *regularidades* sino como hechos momentáneos –por ejemplo, en tiempos astronómicos– o puntuales, producto de la confluencia azarosa de variables. Si nos referimos a la materia, encontramos que las explicaciones físicas se ven forzadas a cambiar en lo subatómico y en lo macro, por la falta de *regularidades* entre estos dos *mundos*. Observemos también de cerca las ondas sonoras y electromagnéticas o el tiempo y el espacio, donde podemos pensar que sucede lo mismo o asegurar otra especulación no menor: que nuestro *conocimiento* actual de tales fenómenos se mantiene en cualesquiera casos. Además de la percepción y el enfoque, las *regularidades* pueden ser relativas a la escala cronológica. Es difícil sustentar que sucesos que ocurren en tiempos astronómicos ínfimos, como los que vivimos o los que alcance a vivir nuestra especie, nos permitan conocer el comportamiento regular de la naturaleza y a partir de ellos

ensayar explicar su devenir o el del universo con algún grado de certeza. La *verdad* no es sólo el mundo exterior que aspiramos descubrir, también radica en lo que pensamos y percibimos de él, individual o socialmente. ¿Se mantienen en macro—tiempos las propiedades micro o macro de la materia, y no sólo las que suponemos conocer sino el conjunto total de las conocidas y desconocidas? A nivel de micro—tiempos no podemos conocer más que factores aislados de las propiedades de la materia en lo micro, como señala el principio de incertidumbre de Heisenberg (1927). Numerosas *regularidades* imaginables podrían nunca ocurrir durante la existencia de nuestra especie o de la vida y ser, como se acostumbra afirmar, *determinantes* en el llamado *funcionamiento* del universo.

Otro punto resulta cuestionable. Quienes defienden que la ciencia ha superado la discusión sobre las *regularidades*, porque se sobreentiende que son probabilísticas, parecen hacer caso omiso a un problema de lógica. El concepto de regularidad es por esencia determinista; sin embargo, por otro lado, se defiende que la probabilidad pertenece a esa historia de comprensión y aceptación por parte de la ciencia de que el mundo es relativo e indeterminado, como podríamos ver en la defensa que hace Hacking³ —entre otros— de un mundo *probabilitario* —prefiero el término *probabilista*, porque responde a un movimiento con carácter ideológico—. Así, se trata de sustentar el determinismo con herramientas indeterministas, que se introdujeron en la ciencia como aceptación del indeterminismo y para hacer estudios dentro de ese ámbito. Más aún, se apoya un determinismo relativo, en el mejor de los casos, pero esto introduce una importante incongruencia. De nuevo, tenemos razones para pensar que el tema no está suficientemente discutido ni comprendido. Este asunto se relaciona de manera estrecha con el azar en la ciencia.

³ Véase “La domesticación del azar”.

Azar en la ciencia

En la naturaleza encontramos evidencias claras de orden –de cierto orden–. Si pensamos en la genética, entenderemos que numerosos procesos de lectura o replicación del código genético, así como también sucede con la embriología o con los linajes, nos llevan a pensar en el orden. Por ello se afirma comúnmente –sin sustento– que son procesos negentrópicos: son parcialmente negentrópicos. Las mutaciones, la recombinación, las extinciones de especies o la muerte son procesos entrópicos, entre ejemplos obvios. La vida se originó por procesos y condiciones azarosos. Si bien se pueden producir procesos de algún orden, los alcances del azar son siempre mayores que los del orden. El carácter difuso de los eventos hace que su seguimiento sea complicado, acaso imposible. Esto mismo, entendemos, pasa con el azar. Lo anterior no significa desatender la importancia, crucial en biología, de las restricciones. En la evolución biológica, así como resulta irreal no contemplar el azar, sería absurdo subestimar las restricciones físico-químicas o genéticas, entre otras. Estas son la causa de que no todo sea azaroso. La misma selección natural actúa como una restricción sobre el azar, pero lo mismo ocurre en sentido contrario –el azar es una restricción a los alcances de la selección natural–.

Quienes desestiman el valor de las probabilidades las refutan demostrando que un nuevo análisis del mismo problema puede arrojar resultados distintos que los obtenidos por un primer estudio (Popper, 1980). Tendríamos que estudiar todo lo que se hace con estos métodos y refutarlo con nuevas probabilidades. La discusión pudiera ceñirse a que dichos eventos en realidad suceden con una probabilidad menos clara que lo propuesto por quienes defienden los estudios probabilísticos. Un mismo problema abordado por distintos investigadores usando las mismas variables puede arrojar resultados distintos –si la realidad estudiada responde a comportamientos difusos, esto sería de esperarse–, así como podemos

hacer análisis con diferentes variables del mismo objeto, con el mismo rigor, y los resultados ser distintos. Existe una infinidad de posibilidades de refutar resultados concretos de esta manera. Si pensamos en esas probabilidades como eventos que pueden o no ocurrir, que pueden concatenarse o dar resultados desligados entre las variables, es posible desestimar como conocimientos verdaderos –al menos rigurosos– y concluyentes tales ensayos de ciencia: si bien son prospectivos, exploratorios. Aceptemos el reto de un ejemplo extremo: una ruleta en la cual uno puede tener sucesivas veces suerte y obtener los números deseados, pero que también puede arrojar en numerosas ocasiones resultados muy distintos. El que la ruleta coincida siempre con los números que esperamos en una racha de suerte no significa que comprendamos cabalmente su funcionamiento ni que podamos predecirla. Observarlo y admitirlo como un suceso azaroso es una manera de estudiarlo aunque no lleve a otras conclusiones. El símil en ciencia sería estudiar por qué esa ruleta da dichos números. Se podría analizar el funcionamiento de los componentes que intervienen en el giro de la ruleta, los balines, el peso de la misma y cómo éste puede influir en el giro, la fricción del aire, etc. Se podría incluso poner la ruleta en condiciones de laboratorio; sin embargo, los distintos resultados son producidos por múltiples variables impredecibles y, en ocasiones imperceptibles: por ejemplo, la fuerza que aplica quien la hace girar es siempre distinta –y comprendemos que hay serias complicaciones para saber qué fuerza usará en la siguiente ocasión. Una máquina podría impulsarla siempre con la misma fuerza calculada. Es posible que entonces hallemos que la leve corriente de aire pueda interferir como un factor importante, así como la temperatura, la rotación terrestre, o la vibración de la misma máquina... Esas condiciones de laboratorio no asegurarían que pudiéramos predecir los resultados, ni que los entendamos y mucho menos explicaría el funcionamiento en

condiciones *reales*. Para nuestra decepción, la primera conclusión aparentemente estéril que no fragmentó las variables para entender el fenómeno y lo comprendió aunque sea difuso e impredecible, puede ser más apegada al objeto de estudio. Este problema, supuestamente controlable si estudiamos todas las variables y si pensamos que éstas pueden ser dilucidadas – *conocemos el artefacto*– da cuenta de la riqueza de un problema ilusoriamente simple. El objeto de estudio de la ciencia normalmente está sujeto a muchas más variables incontrolables. Este ejemplo, acaso extremo y hasta caricaturizado, muestra el problema de abordar al objeto de estudio de forma concreta.

A modo de retomar la discusión del final del apartado anterior, sobre las *regularidades*, el mismo autor citado en aquélla, me parece relevante de tratar aquí. Hacking (1991) nos habla de la aceptación de regularidades probabilistas, de un mundo indeterminado, pero que a través del uso de la probabilidad nos adentramos en la búsqueda de las *leyes del azar*.⁴ *¿Leyes del azar?* No hace falta mayor disquisición para hacer notar un problema en dicha dupla. Esto corresponde a un problema filosófico, también, en el que nuevamente pareciera que se quiere hacer aceite a partir de agua.

Determinismo

El determinismo científico parecería un tema superado⁵ ante el reconocimiento de la importancia del azar en los sucesos naturales, algo de lo que desde el siglo XIX se ha dado cuenta y que inicia con Darwin (1859). El determinismo en la ciencia sacrifica conocimientos en pos de presunta certidumbre, misma que le ha conseguido un amplio

⁴ *La domesticación del azar*. Hacking, 1991.

⁵ Véase la confianza que existe en ciertos ámbitos relacionados con la ciencia, como el de la historiografía de la ciencia –por ejemplo en el texto *La domesticación del azar* de Ian Hacking, 1991–, acerca de cuán acabados y bien discutidos están estos temas, algo que contrasta con la práctica habitual.

reconocimiento social. Ejemplo de esto es la física, otrora la ciencia más admirada, *la verdadera*, por enunciar *leyes*. La biología fue una ciencia de menor importancia hasta que los descubrimientos genéticos bastaron para convencer de sus alcances predictivos, hoy es en donde se buscan los mayores determinismos, certidumbres, concreciones; porque el material genético es tangible, su funcionamiento parece manejable o comprensible y su estrecho vínculo con diversas características es manifiesto. El determinismo expresado por la genética y la biología molecular lleva a la biología al escabroso terreno de aseveraciones frágiles. El vínculo entre lo genético y la morfología, la inteligencia, o incluso algunos comportamientos, por ejemplo, no explica integralmente dichas características –a pesar de los habituales intentos de la biología moderna. No niego ni dudo del interés y de las claras evidencias del origen genético de diversos procesos y características –como, por ejemplo, los receptores de una proteína– pero existe una amplia variación –de distintos orígenes– que no permite una explicación absoluta, integral ni predictiva. En el extremo, este determinismo genético—molecular es el que pretende explicar los orígenes de la sexualidad, la inteligencia, la criminalidad o el carácter. Numerosos estudios intentan llevar la sexualidad a ámbitos de lo estrictamente genético,⁶ La ambición por predecir –y por controlar– fenómenos complejos, no parece ensayar comprenderlos. Podemos pensar en una multiplicidad de factores involucrados de manera toral en ése y tantos otros fenómenos conductuales: el ambiente, la historia individual, la psicología, los caracteres sociales, la fisiología, entre otros. Sin duda, es interesante saber qué relaciones puede tener la genética, pero llevarla al punto del determinismo y explicación fundamental de tales estudios, disipa su autoridad. En estos casos, la genética no se ha revelado como la principal explicación, sólo se suma a la

⁶ Véanse, por ejemplo, artículos como: Stella, 1995; Gavriets, 2006.

diversidad de causales, cuya integración nos acerca al objeto de estudio. El determinismo se basa en un reduccionismo insustentable.⁷

¿Predecir para regularizar? Apuestas de la ciencia e incertidumbre

La ciencia se propone buscar explicaciones a los eventos; éstas pueden cambiar con el tiempo y también en el espacio –algo que la historia ha constatado–. De esta manera, las predicciones hechas a partir de una explicación y las que se hagan con otra posterior pueden diferir. Si ambas –o más– son incompatibles, o si no son complementarias, se podría pensar que sólo una será *verdadera* o más cercana a la *verdad* y entonces sólo de una podría, en el mejor de los casos, emanar una predicción. Las explicaciones cambian porque el fenómeno no ha sido comprendido, por tanto: tampoco podremos predecirlo. Lanzar predicciones significa pensar que se ha alcanzado o que se puede alcanzar un conocimiento muy fino de la realidad. Acaso no se requeriría continuar la búsqueda de mejores explicaciones, por alcanzar un punto final de la ciencia –al menos del problema en particular– en que el conocimiento es completo. Esto es utópico porque las bases de las ciencias descansan en fenómenos no concretos sino difusos –contrastantes con nuestras búsquedas– y porque éstos no se reducen a una escasa cantidad de variables discretas y controlables, sino que están afectados por eventos azarosos. Por tanto, requerimos de aproximaciones poco convencionales: dos casos particularmente logrados son los trabajos de Darwin (1859) y el de Wallace (1858) sobre evolución. Desde un punto de vista práctico, este asunto acaso no tenga solución; desde una teoría coherente y elaborada como la de Darwin (1859) o la de Wallace (1858) pueden darse aproximaciones, como veremos en la sección sobre biología evolutiva.

⁷ En el apartado de biología evolutiva se revisa este mismo tema dentro de dicha especialidad.

En primera instancia, una ciencia más convincente y comprometida con el conocimiento debe reconocer e, incluso, resaltar sus limitaciones –ello mismo la acerca al objeto de estudio; trivializar lo anterior sólo simula abordar un problema. En absoluto intento decir que no se pueda conocer –aunque, como expresa Kant (1781), *conocer la cosa en sí es imposible*– pero las predicciones sobre asuntos insuficientemente conocidos caen en un ámbito poco científico.⁸ El comportamiento difuso y cambiante de los fenómenos y una cantidad de variables inmanejables son causa de que la ciencia empírica llegue a varias explicaciones, siempre parciales, de un mismo problema, que permanece desconocido. Dichas explicaciones pueden responder favorablemente a la contrastación –ser todas igualmente válidas– y resultar insuficientes ante un problema complejo.

El papel fundamental de la ciencia sigue siendo el ensayo de describir, entender y explicar, particularmente, las bases que la sustentan. Si nuestras herramientas mejoran, si nuestro conocimiento se valida y no es contradicho, hagamos predicciones. La ciencia moderna propone la predicción con parámetros probabilistas incluso en terrenos como la evolución de especies biológicas o en el devenir ecológico –p. ej., la *restauración* ecológica o los estudios de impacto ambiental–. Para llegar a ello tendríamos que conocer el conjunto de interacciones, procesos y variables involucradas en el objeto de estudio, algo tan inasible en la naturaleza que nos impide percibirlo siquiera, por su vastedad y porque nuestra aproximación está mediada de manera importante por la percepción sensorial. Las modelaciones ecológicas son un buen ejemplo de intentos de predicción depauperando los problemas en el intento por controlarlos, sin alcanzar cabalmente su comprensión ni dicho control. Estos modelos, lejos de representar el problema, a menudo excluyen la comparación

⁸ Entiéndase aquí científico como riguroso en la búsqueda del conocimiento.

misma con el objeto estudiado. Así, todo es posible, puede suceder lo que el modelo en cuestión indica y cualesquiera otras posibilidades, incluso las opuestas, de haberlas.

Constantemente se hacen inducciones, se recurre a predicciones individuales o sociales que acaso hacen más llevadero algo preocupante para muchos: la incertidumbre. En la sociedad moderna, aquello que habla sobre el devenir –una de las principales búsquedas humanas: *saber* lo que ocurrirá– tiene un valor económico, social y de poder. Quizás, esto tranquiliza al común de la gente y, socialmente ese factor aislado puede aumentar la jerarquía de un individuo. Las empresas que cotizan mejor en las transacciones bursátiles son las que apuestan por la predicción; los mejores corredores de bolsa son los que más *atinan*; las empresas tecnológicas más valoradas son aquellas que pronostican sobre la tecnología futura. Históricamente, ese futurismo se ha cumplido sólo en escasas ocasiones. Las tecnologías predichas no se han logrado en la manera, el tiempo, o con la eficiencia anunciados. En la primera mitad del siglo XX se aseguraba que la energía nuclear sería la solución inmediata de todos los problemas energéticos y que además sería perfectamente manejable. No sólo no ha resuelto siquiera una pequeña parte de los problemas energéticos predichos, sino que existe una notoria incapacidad para controlarla adecuadamente. La historia cuenta con numerosos casos de apuestas de un futuro con tecnologías que no resultaron como se esperaba porque se desconocían sus características y sus consecuencias. El conocimiento humano propone, evalúa y en ocasiones resuelve; la predicción no requiere ser el objetivo principal. Frente a temas que no se proponen el conocimiento riguroso es normal hacer predicciones. Sin embargo, nuestra atención es indispensable cuando en el conocimiento científico se ejerce sistemáticamente la apuesta para convertirla en aseveración de verdad. La cotidianidad de la ciencia no requiere trivializarla. En la ciencia predominante, como en la bolsa de valores, se

predice a partir del estudio de numerosos pequeños indicadores y de sus comportamientos (el subir o bajar del *mercado* es resultado del conjunto de decisiones individuales e independientes). Dichas *probabilidades* se resumen en dos *posibilidades*: independientemente de si ocurre o no lo que se espera –en mayor o menor medida–, el evento principal puede o no ocurrir. Los sucesos bursátiles o naturales contienen caracteres impredecibles, que incluso los mejores apostadores carecen de habilidades o conocimientos para augurarlos. Este orden de problemas exige la búsqueda de una noción que observe lo difuso del objeto estudiado para acercarse a su comportamiento. En economía, el CAPM,⁹ no sugiere invertir en acciones individuales, sino en colecciones que conforman un índice de acciones independientes entre sí, que, de manera abstracta, inmediata y difusa, refleja el comportamiento individual de las acciones que la componen, si bien preserva de manera colectiva el componente presuntamente probabilista. Reconocer las propiedades difusas que obstaculizan su entendimiento aporta mayor conocimiento que intentar controlarlas, ensombreciendo la realidad. Carlos Salinas de Gortari intentó controlar la economía mexicana con variables valoradas por el mundo como indicadores fidedignos; el resultado: una economía sostenida por hilos que cayó fácilmente. Buena cantidad de teorías propone salidas airoas –predictivas– ante aquello que es difuso, como la teoría de juegos (1982) –que habla sobre las diferentes *estrategias óptimas* en la toma de decisiones de los individuos dentro de relaciones con otros individuos–, frecuentemente utilizada en biología, o la teoría del caos –que ensaya aproximaciones a sistemas dinámicos, pero con un determinismo precario para la extrapolación a la biología–. Ambas aspiran a conclusiones predictivas. Practicando las apuestas, la ciencia no puede afrontar la gigantesca búsqueda de

⁹ *Capital asset pricing model.*

conocimientos que pretende resolver. El pragmatismo de la ciencia predominante no hace búsquedas epistemológicas –puede o no coincidir con la realidad–. El rigor científico sí exige dichas indagaciones.

Un ejemplo tecnológico puede esclarecer más este tema. Fabricamos computadoras y nos servimos de las funciones que inventamos –ninguna dejada al azar– para hacer operaciones. Confiamos en máquinas que se han integrado a nuestra cotidianidad. Su desarrollo significa inversiones importantes de dinero y de tiempo; aun así, no podemos predecir las reacciones cibernéticas y, por ende, tampoco podemos estrictamente pronosticar lo que ocurrirá con la información o con algunas operaciones. Ignoramos el conjunto de reacciones físicas y químicas que puede presentarse en una computadora y afectar su funcionamiento –interferencias electromagnéticas, reacciones desconocidas de materiales–. Si esto ocurre dentro de máquinas que debieran responder a las expectativas y exigencias de nuestro diseño, pensemos qué sucede con nuestro conocimiento sobre la naturaleza, los astros, las sustancias: todo lo que nunca hemos controlado ni producido. No intento desestimar todo ensayo de predicción o de control; sería útil predecir que las naves espaciales efectivamente hagan un vuelo seguro y que el esfuerzo de cientos de científicos y técnicos de instituciones calificadas pudiera producir mayores certidumbres, o que una operación quirúrgica no tenga complicaciones desconocidas, o que un medicamento sirva para todos los individuos de la misma manera. La realidad es distinta al deseo: no podemos hacer tales predicciones porque faltan dilucidaciones. Y sin embargo, ¿sirven todos esos esfuerzos a pesar de todas sus posibles fallas? Por su utilidad, todos ellos parecen encontrar consenso. Por prueba y error nos acercamos a la tecnología, la medicina, etc., y el conocimiento derivado de ello es valioso, pero apenas estamos adquiriéndolo y los métodos para hacerlo

pueden ser diversos, es parte del ensayo de elucidar. La importancia de esos esfuerzos radica en experimentar, describir e intentar comprender. Las predicciones no son la meta, el desarrollo ni el punto de partida del saber. La ciencia práctica, que hace uso de la probabilística, no produce un conocimiento riguroso, si bien, pretende lo útil. Aventura establecer *rangos de certeza*, con *rangos de errores aceptables*. ¿Cómo calcular el *rango de error* de lo desconocido? Para determinar un rango de error se requiere un conocimiento cabal, no sólo exploraciones estadísticas. Ese abuso de imprecisiones lleva a menudo a aseveraciones insostenibles –*ad absurdo: Desconocemos el 95% del universo* (Kolb, 2003).¹⁰ Esa *ciencia* evidencia supuestos refutables y con frecuencia inútiles y asevera los porcentajes de conocimiento de lo desconocido. Incluso en el terreno de lo tecnológico, numerosas tecnologías o medicinas funcionan, aunque no conozcamos integralmente por qué ni cómo funcionan, ni sus efectos nocivos, como puede suceder en el caso de los transgénicos.

Si pudiésemos conocer o descifrar *regularidades* en nuestro mundo, podríamos predecir sobre el mismo. Nos basaríamos en un conocimiento verdadero y bastante explicado. Hacer predicciones necesita de un mundo concreto, determinado y regular. El problema de pensar nuestro universo como si tuviese que comportarse con *regularidades* persiste: ¿éstas se cumplen? ¿Se cumplen las leyes físicas, las *mejores regularidades* que ha

¹⁰ Es imposible calcular el rango de conocimiento de una entidad de la que ignoramos su esencia o magnitud y en dicho problema la estadística no puede introducir grado alguno de certidumbre: desconoce su universo. Las aseveraciones originadas en lo particular y que a través de tratamientos estadístico—probabilistas se intentan convalidar para aseverar sobre lo general, sólo opinan de manera escasa y tecnicada. La *evidencia* estadística corre el riesgo de ser juez y parte: para realizar estadísticas se tiene que definir el universo estudiado en el que se excluyen casos –en el extremo, sólo los adversos.

encontrado la ciencia?¹¹ La ley gravitacional se basa en *regularidades de la materia* y en que *conocemos sus propiedades*. De ahí que se asevere en física que la fuerza de gravedad ocurre en todo el universo (*cualquier objeto con masa tiene gravedad*, Newton, 1687) con lo cual se explica el movimiento de los astros. Las explicaciones de la física actual no conciben un objeto –del mundo macro– que no produzca fuerzas de gravedad o que no sea atraído por ellas y, por esto, inducimos para todo el universo nuestra experiencia actual. Desconocemos el universo entero, los mismos físicos aventuran que pudiera ser infinito o tan extraordinariamente grande que jamás lo conoceremos por completo. Esto responde a inducciones de proporciones inconmensurables que dan por hecho más de lo que pueden explicar. (La física moderna es incapaz de homologar las explicaciones de la materia en sus componentes macro y micro.) El problema es más importante que lo obvio: se trata de repetibilidades. Estas inducciones precisan de una extensa gama de supuestos difícilmente sustentables. Nuestra experiencia se reduce a una diminuta parte del universo, de cuya materia no poseemos conocimientos suficientes. Nuevas observaciones astronómicas dan cuenta de galaxias negras (Clark, 2007), una materia desconocida en la tierra y sobre la cual sólo podremos teorizar. Es difícil aplicar nuestro conocimiento de la materia a este tipo de descubrimientos y pensar que hablamos de *verdades*, ya que desconocemos si el universo contiene otros tipos de materias, sus comportamientos o sus estados, o incluso, si materia como la que conocemos tiene en el universo propiedades o comportamientos distintos, debidos a condiciones que no alcanzamos a producir. Las *Leyes* físicas sobre el universo resultan arrogantes tomando en cuenta lo anterior (todavía más, asumiendo como dogma que

¹¹ Las *regularidades*, por supuesto, no son mejores ni peores, sólo regulares. Refiero como *mejores* a aquellas cuya apariencia de *regularidad*, es más evidente y convincente, aunque esa fachada no necesariamente sea más verdadera.

son inmutables); preguntémosnos sobre su veracidad. Por la forma en que están planteadas dejan pensar que no se sustentan suficientemente, explican una serie de eventos de manera práctica, no epistemológica.

En *La Lógica de la Investigación Científica* y en su *post scriptum*, Popper (1962) aborda las inducciones en el conocimiento científico con argumentos que invitan a la reflexión. La física presume haber encontrado las mayores *regularidades*: las *Leyes*. La biología todavía no encuentra alguna. Quizás lo único *regular* que conocemos en la biología sea la existencia de ácidos nucleicos y sus interacciones básicas. Nuestro conocimiento de la vida es insuficiente para afirmar *regularidades* y, por el contrario, lo *irregular* parece ser habitual en la naturaleza.¹² Otro caso que pareciera una *regularidad* es la evolución por selección natural, por su presencia abundante.¹³ La ciencia no predice suficientemente en ninguna rama con problemas mínimamente complejos, sin reducirlos a una construcción de *realidad empobrecida*. Por encima de la búsqueda de verdades, se ha preferido un futurismo sin sustento. Carecemos de la posibilidad de predecir refinada y verazmente sucesos naturales. A mi entender, esa labor –epistemológicamente– no es prioritaria frente al describir o explicar, funciones más cercanas al conocimiento: al no ensayar predicciones, carecen de dicha barrera frente a la realidad. Pensar en la manera de hacer ciencia pide renunciar a la ambición de controlar sucesos naturales cuya composición de variables rebase nuestro cabal entendimiento. Las representaciones incompletas fragmentan la realidad tan sólo para que nuestro entendimiento pretenda escasamente manejar esa información; ello no nos acerca a

¹² La disposición espacial de los órganos sexuales de cualesquiera flores –incluida la etapa embrionaria de las unisexuales– fue considerado históricamente como una *regularidad*; hasta que el investigador Estéban Martínez Salas (1989) descubrió una reducida población de una especie nueva: *Lacandonia schismatica*. La única especie conocida de entre los cientos de miles de angiospermas en la que la disposición de los órganos sexuales está invertida.

¹³ Este proceso no necesariamente interviene en toda la evolución, aunque pudiera ser acaso una de las fuerzas evolutivas más presentes.

una mayor verdad, al contrario: nos aleja de ella con la mera ilusión de controlarla. El reto es tratar de entender esa realidad intentando no añadir propiedades ideológicas y pragmáticas del observador.¹⁴ ¿Adónde nos lleva esa noción? Aún no lo sabemos. ¿A mayores incertidumbres? Si este fuera el caso, a un conocimiento que respeta la esencia del objeto de estudio para estar, por el momento o para siempre, en la antesala de su verdad, un acto acorde con la exigencia científica. Este conocimiento, sin requerir limitarse, es un punto de partida de nuevas comprensiones que excluyen los dogmas de la ciencia actual. La incertidumbre –el azar– es propia del objeto de estudio, de nuestra percepción y de nuestra comprensión del fenómeno. Si bien existe una ciencia paradigmática basada en principios difusos y que aceptan este componente, véanse los casos de Darwin (1859), Wallace (1858), Heisenberg (1927) o Popper (por ejemplo, 1962), la ciencia predominante que emana de ésta y que a menudo intenta *comprobarla* es, por el contrario, de universos cerrados, no azarosos, ni de variables suficientemente representadas: su concreción la caracteriza como disciplina pero dista de semejarse al objeto de estudio. Predecir requiere dos aspectos fundamentales: 1) conocer cabalmente el problema y 2) que éste pueda ser conocido a dicho nivel porque su naturaleza sea concreta y no salga de nuestro control y entendimiento. El objeto de estudio de la ciencia escapa generalmente a tal control. Pero ¿por qué nos interesa explorar? Porque no conocemos, porque estamos lejos de predecir, porque encontramos fascinación en ese proceso. La imposibilidad de predecir es resultado de no negar interés o importancia a la duda –sitio esencial de la ciencia–. Lo difuso niega la predicción, el saber completo, absoluto, y el control, en favor de lo factible y de entender que esto es inherente al objeto de estudio. Lo

¹⁴ Aún si puede decirse que un aspecto esencial de la ciencia es su fusión con los ideales de su época, ello no aporta mayor conocimiento sobre lo estudiado, sino sobre el científico en concreto y su devenir histórico y social, aspectos diferentes del conocimiento que no requieren confundirse y que pueden restringir las descripciones.

difuso dentro de lo difuso. Si un día llegamos a conocer en verdad lo que intentamos comprender —o pensamos que ello es ineludible o nos convencemos de haber llegado a ello—, abandonaremos el sitio privilegiado de la duda y, con ello, las búsquedas. Por el objeto de estudio y por su aproximación al mismo, lo concluyente de la ciencia no es el absoluto: en el mundo de lo posible, la teoría sustentada racionalmente ante la crítica, puede introducir conclusiones factibles que convaliden el proceso que la origina. En términos de rigor científico, la validez de este acercamiento no determinista pide confrontarlos con la ciencia concreta y determinista. La base de la ciencia es su estudio del tiempo pasado y presente. Esta idea se acentúa con el descubrimiento de los procesos irreversibles en química.

MODELACIÓN Y PROBABILIDAD

Los estudios probabilistas, inductivos, han cobrado auge en todas las disciplinas científicas, hasta incluso conformar el grueso de la ciencia. Más allá de una prospección, se han convertido en el punto de demarcación de lo científico y sus resultados se exponen como un conocimiento validado. Las modelaciones probabilísticas raramente forman parte de un ejercicio exploratorio y frecuentemente se utilizan para establecer determinismos. Intentar el control de los fenómenos ha llevado incluso al surgimiento de teorías como la del caos, que estudia la naturaleza difusa, compleja —y aparentemente la estudia desde lo difuso—, pero finalmente se la emplea para determinar y predecir sobre la misma. Pensemos que esta teoría se ha utilizado desde su inicio no para dar mayor cabida a la incertidumbre sino para un discurso determinista y predictivo. Podemos pensar que la naturaleza sea caótica, no requerimos explicaciones concretas y predictivas. Esto no nos aleja de la verdad, todo lo contrario, nos deja lo no falsado abierto a cualesquiera posibilidades. Cerrar la explicación

parece un atavismo más que una exigencia válida. Ante la idea de pretender que la sucesión natural es un continuo incremento inevitable –en acontecimientos numerosos– en niveles de complejidad hasta llegar a explicar así fenómenos como la consciencia, la biología demanda contemplar hechos históricos contingentes, cuya importancia es del más alto grado. No podemos dar por conocidas todas las propiedades de la materia, ni servirnos de supuestos y de aplicaciones deterministas para abordar problemas indeterminados como la evolución biológica. En resumen, si las propiedades de la materia están definidas por la física, la química quedaría precisada, entonces la biología sería predecible y la consciencia sería el resultado lógico e inevitable de la creciente tendencia a la complejidad. Para esto se puede argumentar la existencia de *nubes de probabilidades*¹⁵ dentro de las cuales se desarrollarían dichos fenómenos. Esta creencia llevaría incluso a suponer que las formas existentes, que la consciencia o los *grandes saltos evolutivos*, son resultados inevitables de la organización de la materia. Se pretenden nuevas *regularidades* en este respecto y, por tanto, predicciones. Esto mismo podría seducir a muchos para intentar determinar que la consciencia fuera un resultado inevitable del *Big Bang* (fenómeno hipotético—teórico no comprobable) y con ello producir una visión absolutista en referencia a un problema abierto. Carecemos de una comprensión completa, real, de la materia y de sus propiedades. Partamos de ello para debatir los comportamientos predichos, o sobre la teoría misma del *Big Bang*. Imaginemos por un momento que sí conocemos el comportamiento de la materia y que, efectivamente, tiende a organizarse cada vez de manera más compleja –para lo cual requeriríamos haber estudiado

¹⁵ Dichas *nubes de probabilidades*, más allá de ser un planteamiento de lo difuso, son particularmente concretas –también restringidas; aparentemente, representan probabilidades mayores de ocurrencia de ciertas formas o fenómenos, con lo que la evolución biológica tendería hacia las mismas –como la estructura tetrápoda, o la consciencia, entre otros. Este artificio figuradamente difuso para abordar problemas inciertos, prioriza la predicción sobre la búsqueda de explicaciones del problema y ensaya el orden ante un asunto caótico. El término *Caótico* aquí está referido al sentido etimológico del término –véase como desorden e impredecible.

cómo se comporta en *el* universo y no sólo en la pequeña parte que *conocemos*. Si estamos en un universo infinito o enormemente grande, las probabilidades de que un evento se repita son inmensas. Bajo ese supuesto, casi podríamos asegurar que tiene que haber vida además de la terrestre; que la materia no podría no organizarse, haberse organizado o estar en vías de organización hacia la consciencia, otro fenómeno inmensamente probable. Pero ¿las probabilidades incrementan las posibilidades? Lo probable, se resume a que un suceso ocurra o no. En la inmensidad de probabilidades de surgimiento de vida en otras partes del universo, numerosas contingencias pueden abortar tales eventos. Y, si hubiera vida, otras casualidades podrían impedir, acaso perpetuamente, que la consciencia surja en esos sitios, como múltiples posibilidades pudieron evitarlo en la tierra. A menudo en biomatemáticas, lo contingente, la selección natural o cualesquiera otras fuerzas evolutivas, es deleznable. Lo importante, se argumenta, es la probabilidad basada en datos físicos y químicos.¹⁶ En contraste, para los estudios biológicos, contemplar la historia y lo posible es crucial. La diferencia es abismal: una asevera frecuentemente a partir de una Inducción probabilista; la otra se niega a cerrar un problema de naturaleza abierta, una exigencia de rigor científico. En condiciones como las que acabo de exponer, para la biología son inadmisibles estos argumentos; en cambio, al tratar problemas concretos de evolución o de ecología –entre otros– se hacen modelaciones igualmente deterministas y laxas. Lo generalmente inaceptable se admite en la práctica. Es difícil sustentar que un problema ecológico o evolutivo sea concreto. Partir de supuestos, como la vastedad de sucesos o una pretendida definición de un sistema, para asegurar la futura aparición de eventos concretos, carece de sustento. Concretizar fragmenta, desprovee de realidad, convierte al objeto de estudio en lo que queremos, no dice cómo en efecto *es*,

¹⁶ Las asunciones biomatemáticas se basan en restricciones físicas, químicas y sus consecuencias en la organización biológica, como las formas en la naturaleza (Véase Miramontes, 1996).

porque no logra una explicación envolvente. Este problema parecerá fastidioso por la aparente imposibilidad de encontrar de inmediato un conocimiento *verdadero* o representativo.¹⁷ Quizá con el tiempo encontraremos mejores soluciones, pero lo esencial es no convertirlas –como ocurre– en aseveraciones, ni en supuestos de partida para subsecuentes estudios. Estamos en una fase prospectiva de la cual acaso no saldremos. El día en que acabemos de explorar, acaso la ciencia habrá concluido. Un problema difuso que no ha sido abordado satisfactoriamente es la definición de especie biológica. Se han contemplado casi únicamente parámetros discontinuos, cuando los continuos son esenciales en términos históricos y evolutivos –perspectivas indisolubles de las especies–. Para fines prácticos, establecemos taxonomías al abordar un problema –no sólo en biología– que responden a nuestro ordenamiento de la realidad, pero no necesariamente responden a la realidad del objeto de estudio.

A lo largo de mi entrenamiento como biólogo he conocido el desarrollo de modelaciones matemáticas sobre problemas biológicos, e incluso produje algunas. Estos trabajos –propios y ajenos– se caracterizan por el determinismo probabilista frente a un universo abierto; su elaboración –en mi caso, conjunta con informáticos, matemáticos y biólogos– y otros hechos, me llevó a revisar la manera de hacer ciencia y cómo debería yo de abordar dicho proceso. En dichos trabajos, las predicciones cobran un interés prioritario, más allá de la búsqueda de conocimientos sobre los procesos generales y posibles, cuya relevancia es esencial: lo particular *sirve* para explicar el caso general –y comprendí que esto difícilmente se cumple fuera del ejemplo–. Representar el caso general a partir del particular es siempre especulativo. En los modelos informáticos se evalúa una serie de variables antes

¹⁷ El término *representativo* aquí no tiene el significado estadístico, sino en el sentido de ser la imagen y la descripción más fina de otro objeto.

de arriesgar la postulación de resultados. ¿Cuántas de ellas? Hay modeladores matemáticos que arguyen que lo apropiado es manejar pocas variables. El principio de parsimonia de *Occam* –o *Navaja de Occam*– tan habitual en la ciencia moderna, en numerosos casos no es esclarecedora con sus explicaciones simples o con sus escasas variables. Éstas, a menudo dan cuenta sólo de un reducido número de eventos sin reproducir de manera relevante interacciones que pueden afectar decisivamente lo estudiado. En contraste, en biología, generalmente se prefieren las modelaciones más *completas* y complejas posibles.¹⁸ ¿Cuál de las dos es más *verdadera*? Ninguna. Una modelación módica no puede representar con justicia, ni siquiera la variable estudiada, pues excluye las interacciones que no mide. Una modelación más *completa* o al menos compleja, estudia las interacciones de cuantiosas variables pero deja fuera las que no alcanzamos a percibir, las que no podemos medir, o a las que no otorgamos la suficiente importancia y que inciden en las primeras: la multitud de variables impide registrar a detalle cada una. Los trabajos que desarrollé correspondieron al segundo caso: pretendía abordar la mayor cantidad de variables posibles, las hice interactuar a partir de formulaciones matemáticas que, llegamos a pensar, representarían finamente el problema. Después de años de revisiones y refinamientos, me fue claro que estos programas no funcionaron al confrontarlos con la realidad, jamás llegaron a hacer una predicción –su cometido– siquiera similar a lo observado en el campo. Muchos aseverarían que estaban mal hechos. Efectivamente, estaban mal hechos. No porque la programación fuera deficiente o las fórmulas carecieran de sentido lógico—matemático. Estaba mal hecho porque estudiábamos problemas difusos y queríamos abordarlos con modelos probabilistas, concretos, que

¹⁸ Se especula en esta ciencia que dichas modelaciones –complejas y *completas*– representan mejor al objeto de estudio.

determinaran lo que difícilmente podría ser determinado –tanto en cantidad de repeticiones,¹⁹ como en vastedad de variables–. Ése es el problema: cuán representativo es un modelo. No podemos evaluarlo con probabilidades. Estas modelaciones no son representativas de la realidad porque dejan fuera otras variables, el comportamiento de las mismas y de aquellas con las que a su vez interactuaban éstas. Al intentar hacerlo más *completo* se convierte en tanto o más inoperante aun –véase, *más* incompleto y *menos* real. ¿Acaso un menor número de variables representa mejor el problema? Quizás, es más manejable, no más representativo ni relevante y no explica el raudal de sucesos posibles, no probables.²⁰ Lo manejable, lo controlable, es sólo el modelo, no el objeto de estudio. Los modelos *muy completos* y complejos tratan de *representar mejor*, sin lograrlo. Dado que las variables son innumerables, quedan fuera todas las que no podemos percibir o modelar –no menos importantes– y nos enfrentamos a un problema nuevo: cuanto más complejo es el modelo, más variables inciden en aquellas que intentamos medir y modelar. Ambas opciones –escasas o múltiples variables– no logran representar el objeto estudiado. Este problema es común en la ciencia moderna. En general en biología y más aún en biología evolutiva, donde el conocimiento es tan escaso, dichos modelos son más claramente fútiles.

Las modelaciones –a excepción de la abstracción matemática– están mediadas de manera fundamental por la percepción del individuo que las plantea. Acaso es una obviedad; sin embargo, lo relevante de dichas formulaciones es que representan mejor al investigador que las postula que el problema estudiado –por las razones antes expuestas: el investigador

¹⁹ Asumiendo el principio matemático de la *Ley de los grandes números*, observaremos que no tiene sentido utilizar la estadística en estudios sobre la naturaleza –u otros– si no se puede llegar a obtener un número suficiente de repeticiones para obtener resultados *representativos* estadísticamente.

²⁰ En el caso de una modelación con escasas variables, el investigador se enfrenta a *conocer* variables aisladas, descontextualizadas, que por ende, representan pobre o nulamente al objeto que se pretende estudiar.

escoge las variables, y porque confía que la *neutralidad* o científicidad de su estudio radica en la estadística—. ²¹ El estudio es, en rigor, una modelación del sujeto, no del objeto.

Las aproximaciones probabilistas a problemas difusos son una de las maneras posibles; sin embargo, sus limitaciones no parecen ofrecer ventajas epistemológicas. La ciencia permanece, aun si se desea lo opuesto, en lo difuso, en donde reside la realidad estudiada. No por ello conocer es imposible. Se requieren nuevas herramientas y métodos. Darwin se adentra en uno de los problemas torales –y profundamente difusos– de la biología, con recursos particularmente sagaces y de grandes alcances. Produce un conocimiento que puede encontrar consensos porque basa la explicación –no poco difusa y hasta incompleta– más allá de predicciones concretas en un razonamiento coherente que resiste la confrontación con la realidad. ²² Ese tipo de conocimientos marca diferencias en el devenir científico, se da en todas las ramas de la ciencia y comparte una característica esencial: son explicaciones difusas como el objeto de estudio, e integran variables sin exigir legitimarse con la probabilidad. ²³ Es decir, Darwin demostró que, sin necesidad de una validación estadística, nos podemos acercar a la realidad de una manera objetiva. Habrá quien argumente que dichas teorías han de ser evidenciadas *a posteriori* por una ciencia más pedestre; en efecto, la ciencia ensaya encontrar *evidencias* que apoyen o derriben las teorías. Sin embargo, numerosas *evidencias* se cumplen sólo bajo supuestos restringidos, a menudo utilizados para extrapolar la veracidad del pretendido hecho fuera de los supuestos iniciales. El conocimiento teórico es capaz, con frecuencia, de comprender problemas que la ciencia práctica y desligada de un

²¹ Este acto es dogmático y no resulta de una revisión rigurosa del quehacer científico: epistemológica.

²² Es a esto a lo que Popper llama teorías informativas, mismas que defiende frente a las probabilísticas.

²³ Aunque posteriores estudios de la ciencia predominante, retomen esas teorías y las sometan a probabilidades. En el caso de la Teoría de la Evolución, dichos estudios han confirmado lo dicho por Darwin pero carecen de la robustez de la explicación darwiniana.

marco filosófico no alcanza. Su base coherente y no auto—explicativa, así como su carácter contrastable —en el mundo real o en el de las ideas— le proporciona robusteza. La cuestión es cómo validar las teorías: cómo ha de abordar esa ciencia predominante, que busca *evidencias*, el conocimiento teórico. Posiblemente, uno de los puntos más importantes que señalo sea insistir, como argumentaba Popper,²⁴ en el abandono de la *comprobación* como pilar de veracidad científica —porque nos lleva por caminos contradictorios—. Existen muy pocos sucesos de los que podamos encontrar evidencias suficientes: sólo aquellos que suceden de manera *regular* —a los que llamamos *leyes*— y sólo en condiciones específicas. Extrapolarlos o establecer su inmutabilidad no cumple con el rigor que exige el conocer. La teoría atómica de Heisenberg llevó a Einstein a intentar echarla abajo por oponerse a sus convicciones (Heisenberg, 1959). En ese intento concluyó que dicha teoría era más fundamentada que su propia crítica. Es una teoría robusta. ¿La podemos contrastar? Sólo algunas de sus partes y bajo ciertos supuestos. ¿Es completa? ¿Es verdadera? Es parcial. Existen complicaciones mayores para demostrar la teoría darwiniana. Fue aceptada por una parte de la sociedad científica sin abundancia de pruebas empíricas.²⁵ El caso de Wallace (1858) es particularmente esclarecedor en este sentido. Llega a los mismos resultados teóricos que Darwin (Lyell, 1858) y su planteamiento tiene también una notable robusteza, sin realizar ni describir experimento alguno. El pensamiento de Darwin es más preciso, sintético del conocimiento de su época, y ensaya abarcar —adelantar— cualesquiera críticas posibles desde una rica variedad de ángulos; su teoría es más robusta, aunque no más verdadera que la de

²⁴ Popper, 1962.

²⁵ Las pruebas empíricas que describe Darwin son abundantes y le fueron dando certidumbre a lo largo del desarrollo de su teoría. Robustecen la misma y fueron cruciales para contrarrestar el escepticismo —sin que esto representara una corriente de mayor científicidad—; algunos escépticos de la teoría en aquél momento eran los más religiosos y dogmáticos. Para otros, la teoría sola bastó por su planteamiento lógico.

Wallace: un hecho de particular interés para esta tesis. En ambos casos –y especialmente evidente es el de Wallace– la teoría tuvo un planteamiento lógico, coherente y capaz de resistir los embates de la falsación. Su teoría es sobre un problema difuso y está hecha también *desde* lo difuso. Ahí nuestro entendimiento –el estudio– y el objeto de estudio no se disocian como entidades segmentadas. Esto representa un avance mayúsculo porque unifica la ciencia y la filosofía.²⁶ También es cierto que esta teoría parte de la posibilidad de ser contrastada.

El esfuerzo, o necesidad, de *comprobar* acaso se origina para darse la posibilidad, el derecho, de dilucidar. Sin embargo, investigar en torno del mundo y sus verdades, se da en un ámbito carente de certezas. Se requiere una ciencia que explique –en nuestro marco conceptual y con las restricciones inherentes– el pasado y el presente de su objeto de estudio, no en términos de lo probable sino de lo posible adoptando su *nebulosidad*. Éste es quizás el acercamiento más fino que hagamos al problema. Esta propiedad la encontramos a menudo en las teorías científicas más relevantes –no refutadas o acaso refutables–.²⁷ Un discurso de certezas empobrece sus explicaciones, por ser carentes del carácter abierto e indeterminado. La ciencia paradigmática incursiona en campos difusos pero la ciencia predominante históricamente intenta, en seguida, concretizar lo no concreto, como si ello incrementara su veracidad. La misma síntesis evolutiva tiene un carácter muy distinto y alejado del difuso que caracteriza la argumentación de Darwin.

El criterio de predicción se ha convertido incluso en un parámetro de medición de la calidad de diversas disciplinas. Así, las biomatemáticas, basadas en probabilidades, en las

²⁶ Así como la ciencia práctica y lo que Aristóteles denomina *ontología* (Metafísica).

²⁷ Por supuesto, siempre basadas en el estudio de hechos, y no de dogmas, lo cual la separa de la religión.

teorías del caos –cuya aplicación a los sucesos biológicos es dudosa– y de sistemas complejos, resultarían científicamente *mejores* que la biología porque asumen poder predecir más, basados en el actual conocimiento de las propiedades de la materia o en la presunción de *sistemas deterministas* en la naturaleza. A la luz del análisis que pretendo exponer, no es sustentable defender que se haya logrado una definición de dichos asuntos científicos. En realidad, esa postura permite escapes a explicaciones fallidas: no hay instrumentos de medición suficientes, por lo que el sistema no es definible y por tanto, tampoco predecible. El error de medición abunda en este sentido: si existe mínimamente, no hay posibilidad de predicción real. ¿Cómo eliminamos dicho error? No es posible. ¿Cómo medimos las variables, muchas de las cuales ni siquiera percibimos? Se termina pretendiendo predecir lo no contrastable. Este artificio carece de rigor y no se sustenta ni teóricamente. Tenemos problemas graves para medir sucesos evolutivos –no podemos incluir todas las variables involucradas. Dichas predicciones se fincan en lo desconocido sin mejorar el entendimiento del problema, en cuyo caso, la teoría es fácilmente rebatible y no necesita –ni es posible– llevarla a la práctica, a diferencia de algunas aproximaciones biológicas que no pretenden predicciones concretas. El juego de adivinanzas no explica mejor los fenómenos. La biología evolutiva históricamente ha incluido las contingencias, lo impredecible; sin embargo, a menudo incurre en el mismo caso: las supuestas predicciones seducen. Predecir verdaderamente –no adivinar– un fenómeno deriva de una explicación certera. Buena puede ser la conclusión de no poder predecir. ¿Es la predicción un criterio de validación científica y una prioridad al tratar problemas difusos?

La ciencia predominante y concreta –cartesiana– no ha logrado los grandes saltos científicos. Los métodos habituales no han logrado imponer mayor veracidad, esos intentos

apenas *comprueban* la teoría misma. Algunos de los asuntos más relevantes en la ciencia no son sujetos al tratamiento del método científico experimental. La percepción de lo posible es la que nos lleva, en primera instancia, a la representación colectiva de explicaciones como la relatividad einsteniana, el principio de incertidumbre de Heisenberg –una parte basada en probabilidades– o la evolución darwiniana, y a encontrar en ellas coherencia. ¿Encuentra Darwin *regularidades*? ¿Predice? ¿*Comprueba* en el sentido cartesiano o habitual de la ciencia? No, pero sí evidencia. Su teoría funciona en nuestro marco conceptual. Busca verdades, y aun si están lejos de ser completas, sus explicaciones nos acercan a lo factible y difícilmente negable en términos rigurosos, científicos.²⁸

Ajedrez y ciencia

El ajedrez, según sus mejores exponentes, es uno de los juegos menos azarosos. Un gran jugador estudia la historia, las partidas de los campeones, los posibles inicios y finales –de los que hay tratados enteros– con todas las distintas combinaciones de piezas para cada tipo de posición, número y tipo de piezas de cada fase, etc. Aun así, una distracción, el estado anímico en un momento clave, o cualesquiera otros factores pueden conducir a la derrota o a la victoria –independientemente del conocimiento, imaginación y experiencia: fuera del tablero todo es azaroso–. El juego medio –lo que sigue al inicio y es anterior a posiciones o a cantidades y tipos de piezas reconocibles como final– es la fase, expresan los ajedrecistas, de mayor creatividad. Una partida no está determinada desde el inicio, pero la cantidad de información que hoy se tiene y se produce sobre este juego, así como el elevado número de jugadores profesionales que ha explorado y examina la combinatoria ajedrecística, limita las

²⁸ El rigor científico no es sinónimo ni tiene por qué partir del método cartesiano.

posibilidades del mismo con cada jugada. Si dos contrincantes tienen un alto nivel, sabrán cuáles son las mejores respuestas al juego del otro –en el inicio y en el final.

¿Dónde está el azar? Aunque los ajedrecistas prefieren pensar que éste no es relevante, hay muchos casos de jugadores en situaciones *perdidas* y sobre las que conocen los posibles finales, pero que permanecen con la esperanza de un *error* –palabra relevante– del contrincante, en posición ganadora. ¿Dónde y cómo ganan los jugadores más logrados? Un jugador experto recuerda gran cantidad de partidas enteras sin acudir a un libro y aventaja al que tiene menos memoria, comete menos errores en el desarrollo respecto de lo contrastado y sabe utilizar las equivocaciones del otro. Aparentemente, entonces, es un juego determinista y predecible, pero recordemos: sólo si no hay errores. El carácter difuso del juego medio lo convierte en la fase menos conocida y estudiada. En esa etapa, los jugadores hacen uso de cualidades individuales, creativas, indeterminadas; tienen menos datos sobre lo que otros hicieron y requieren encontrar soluciones propias. Es en donde se instaura el jugador más imaginativo, hábil e intuitivo; es decir, quien hace las mejores inducciones. El subconsciente también participa. El ajedrez contiene un *diálogo* entrabos jugadores en donde la acción es entendida por el receptor de modo distinto que el emisor –problema de orden difuso–. En defensa de las inducciones, se argumentaría que se induce o predice a partir de lo que un jugador conoce de su contrincante –una muestra de esa u otras partidas–. Acaso es cierto, como uno de numerosos factores en juego. ¿Se pierde o se empata porque uno induce mejor? ¿Realmente se predice?

Un ejemplo iluminador es el desarrollo de las grandes computadoras de ajedrez, *Deep Blue* o el programa *Fritz*, ambos producidos con la ingeniería informática más avanzada en el

tema. *Deep Blue* (1996) es una de las computadoras más poderosas que ha habido;²⁹ estaba hecha con el fin exclusivo de jugar ajedrez y, en particular, de ganarle al campeón mundial, Gary Kasparov. Su programación altamente sofisticada la hacía capaz de evaluar 200 millones de posiciones por segundo para predecir las acciones del oponente. Su memoria comprendía todas las partidas relevantes en la historia del ajedrez además de todas las que Kasparov había jugado en torneos, o publicado. Para demostrar que la computadora ganaría al humano, la IBM modeló informáticamente el tipo de juego de Kasparov. Una reducción del universo de lo posible al de lo probable. Con todas sus capacidades y una base de datos disponible en cualquier momento para consulta –algo de lo que carecía Kasparov–, la máquina perdió 4–2 en célebre encuentro, a pesar de ser reprogramada varias veces a la mitad del torneo –según acusó el campeón mundial–. En 1997 se reprogramó profundamente *Deep Blue* –*Deeper Blue*– y se realizó un nuevo encuentro: resultado final, 3.5–2.5 –la diferencia mínima necesaria para ganar– esta vez a favor de la máquina. El encuentro siguió siendo dispar: el humano no tenía acceso durante las partidas a bibliotecas, la máquina sí. Ambas memorias eran incomparables. Sin embargo, a pesar de las masivas capacidades de cálculo de la computadora, los resultados muestran una escasa ventaja en el segundo encuentro, menor a la diferencia por la que otrora perdiera. ¿De qué carece *Deep Blue*? De un entendimiento de lo difuso. También carece por completo de intuición –si bien la sustituyen por una búsqueda sistemática en un espacio heurístico– algo que sí abordan la creatividad y la imaginación. Es un universo abierto del que desconocemos variables. Podemos pensar que en ajedrez gana el que conoce mejor el problema, el que se acerca más a la realidad de la partida. El

²⁹ Al momento de redactar esta tesis era la número 259 en capacidades; estaba provista de 256 procesadores en paralelo y pesaba 1.4Tn. Pocos países poseen una computadora superior a *Deep Blue* —la más potente de México, de la UNAM, ocupa el lugar 324 del mundo.

funcionamiento *predictivo* de *Deep Blue* tiene problemas para *entender* al enfrentar la intuición y la imaginación.

La historia del ajedrez registra distintos tipos de juego –con mayor o menor carga de análisis, creatividad, agresividad, o defensa, entre otros factores. Bajo la lupa de los estudiosos, uno de los mejores jugadores, Mijail Tal, sobresalió por la capacidad de desbordar al contrincante con soluciones creativas, nuevas. Su juego sometía al oponente a un mundo caótico³⁰ en donde era particularmente hábil. Quizá su principal diferencia con los demás era un entendimiento de problemas difusos. El asunto sigue siendo motivo de estudio para los ajedrecistas. Todos se refieren a su creatividad, pero esto remite sólo a un entendimiento individual. ¿Existen *regularidades* en el juego de Tal? Han sido buscadas intensivamente (Kasparov, 2004), sin encontrarlas. En ese mundo caótico e impredecible, quizá no existan. Los expertos coincidirían en que otros grandes campeones mundiales se han caracterizado por una gran memoria, una mayor intuición y conocimiento integral del juego.

Bobby Fischer (1943—2008), considerado como un genio principal del ajedrez, deslumbró por su creatividad y sugirió el cambio más novedoso en su disciplina. Se retiró siendo el campeón mundial –imbatible– y entendió que los jugadores llegaban a un alto nivel al estudiar aquello que se pudiera pensar como determinado en el ajedrez –esencialmente, inicios y finales de partidas–. Argumentó que esto restaba interés al juego, al ser demasiado predecibles dichas partes –y limitar las posibilidades creativas– e ideó, entonces, el *Fischer Random Chess* (ajedrez aleatorio de Fischer). Fischer planteó este nuevo juego como una necesaria evolución –ya que el ajedrez tradicional se empobrece en posibilidades conforme crecen los estudios sobre el mismo– y exige que la posición de las piezas de la primera línea

³⁰ En el sentido de lo impredecible y confuso.

deba decidirse al azar; así, ningún jugador puede contar con el bagaje mnemónico de partidas, posiciones, ni formas de conducirse del oponente –no en etapas concretas–. Este mayor azar expande las posibilidades individuales de creatividad y rapidez en la búsqueda de soluciones a todo el juego, y casi borra su estructura ternaria: apertura, juego medio y final. El asunto es relevante en la búsqueda del conocimiento científico: pertenece al estudio del rico universo de la creatividad –problema difuso abordado por Fischer de una manera novedosa y difusa también–. Lo que estudia la ciencia es mucho más parecido al ajedrez aleatorio de Fischer que al tradicional, y es aún más complejo, pues no existen reglas. La historia de la ciencia ha sido la búsqueda de esas reglas. Si éstas no existen, acaso no lograremos entender los sucesos buscándolas. Así como el ajedrecista intenta comprender su disciplina y se aproxima a las verdades que enfrenta ganando partidas, en ciencia se investigan verdades de un mundo difuso. Si en el ajedrez tradicional el desbordamiento probabilístico o la heurística –*Deep Blue*– no es capaz de franquear el problema, en ciencia limita el estudio de numerosos fenómenos y no es concluyente.³¹ La intuición, por su parte, no encontrará consensos por su naturaleza escasa o nulamente compartida. Hoy existen ya sistemas de cómputo más eficientes que *Deep Blue* y, sin embargo, el problema persiste: en partidas de mayor equidad, donde el jugador del más alto nivel también dispone de bases de datos abiertas para consulta, como la computadora, ésta difícilmente gana.

³¹ Resulta de particular interés en el contexto de esta tesis el caso del ajedrez porque puntualmente nos sitúa ante el problema de una capacidad de cálculo probabilista y estadístico arrolladores contra la creatividad, el conocimiento e, incluso, la intuición. Destaca como ejemplo en la aproximación a un problema complejo y difuso, porque el ajedrez tiene un objetivo único y claro, que es ganar al adversario. Si una táctica –una forma de conocimiento– funciona o no, se mide en términos muy simples: se gana o se pierde –es decir, si la estadística o la intuición, el conocimiento y la creatividad, particularmente, ganan o pierden una frente a la otra–.

La lógica difusa³² utilizada en la tecnología puede servir incluso para la llamada inteligencia artificial, para responder a estímulos diferentes en magnitud o tipo: esta tecnología mide algunas variables y asigna distintas importancias a cada estímulo, en relación con las condiciones. Si la medición de dichas variables es a partir de muestras del entorno tratadas estadísticamente, será poco factible una decisión adecuada –las variables, continuamente cambiantes, no permiten tomar una decisión completa, sino instantánea, y menos aún combinando distintas variables–. Una decisión carecería de robustez pasado ese instante. En contraparte, se podría fabricar una evaluación no instantánea sino de lapsos para dar resultados –decisiones–; sin embargo, la respuesta seguiría siendo estática y excesivamente concreta. La capacidad de intuir un fenómeno se descarta, permanece como la distinción humana:³³ contempla lo que excede a la medición concreta –si bien, la inteligencia artificial no requiere calcar los procesos humanos.

Modelación científica en arte

Hace cerca de medio siglo que se ensaya modelar con computadoras procesos creativos del arte o de la literatura. Un ensayo informático reciente procesaba la selección automatizada de frases generadas por palabras al azar para producir el estilo literario de Shakespeare. Se imitaría la escritura del dramaturgo a partir de una base de datos que acumulase toda la obra del autor, manteniendo la integridad de los datos en secuencia (Luskin, 2011). Con relaciones probabilísticas se decidiría y postularía desde frases hasta textos enteros en dicho estilo.

³² El término *Lógica difusa* no tiene relación con la *Ciencia difusa* que acuño en este texto, se refieren a dos realidades distintas; sin embargo, el término *difuso* bien describe el universo al que se refiere esta tesis.

³³ La inteligencia artificial carece de 3 elementos esenciales para la comprensión humana: la creatividad, la intuición y la metáfora. Las 3 son capacidades tan difusas como el estímulo, no requiere acudir a la habitual medición y consecuente respuesta de máximos y mínimos, que distan mucho de ser un ejemplo de verdadera inteligencia artificial. Se requiere pues una lógica distinta, gradual y no concreta.

Sobra decir que el programa no produjo textos cercanos al escritor. Estudiar o *modelar* a Shakespeare sin incluir sus emociones, su historia y reacciones entre tantas variables, hace que la modelación sea irrelevante y las variables incalculables. Lo mismo ocurre al intentar reproducir la música de Mozart, la pintura de Van Gogh u otras obras de arte, a menos que la obra provenga también de modelos definidos por las probabilidades y generados por la informática sin que haya posteriores intervenciones humanas.

Dentro del ánimo infatigable por controlar todas las variables, esto se repetiría al intentar modelar emociones. Un problema al que apenas nos acercamos de manera inconsciente, consciente, social, histórica, o neurológica –lo que caracteriza al individuo– con el estudio de neurotransmisores, sus concentraciones en un momento dado, redes neuronales, etc. La lista es interminable y el intento de modelarlas no alcanza al caso individual –la realidad– incluso si la neurofisiología propone a menudo de manera reduccionista las causas de ciertos comportamientos por el desempeño de algunas sustancias. El caso individual no queda explicado de esta manera. El músico matemático Iannis Xenakis intentó modelar matemáticamente una nube para convertirla en música. El resultado, concreto y lejano del comportamiento de lo que imita, contrasta con el acercamiento del compositor Gyorgy Ligeti, cuya sensibilidad e intuición lejanas de las fórmulas, produjeron *Atmósferas* y *Lontano*, obras auditivamente sugerentes del fenómeno físico. Modelar a Shakespeare, a Mozart, una nube en arte o un problema ecológico en ciencia enfrentan el mismo tipo de complejidad y distancia con el objeto de estudio: en el arte no sirve siquiera para la imitación,³⁴ y en ciencia

³⁴ Intentar reproducir con inteligencia artificial la música de Mozart resulta simplista: aun si una máquina contuviera todas las obras de Mozart en una base de datos, las relaciones no son predecibles: contienen emociones y dilucidaciones individuales, lo mismo ocurre en poesía. La música no es reducible a una serie de números y su correspondencia con notas, la riqueza que subyace es mayor. No así producir una obra en el estilo clásico. Numerosos estudiantes de

no es útil para la comprensión. El arte no ocurre fuera de la realidad y la representa. Carece del método científico cartesiano y su acercamiento a las emociones no encuentra las barreras con que se enfrenta la ciencia.

La ciencia de la interpretación

La interpretación, que usualmente asociamos a las artes, como la música, la danza o la actuación, es fundamental en las obras que no eliminan la intervención humana directa en favor de un sistema informático. Ahí reside la fuente de variación de tales obras. Se da por un breve lapso una fusión entre lo estipulado por el autor, lo que el intérprete entiende y lo que éste quiere a partir de ello expresar. Otro mundo difuso. El intérprete hace esto como resultado de un sinnúmero de factores, que pueden ir desde lo cultural, lo social, lo histórico, la experiencia, hasta lo emocional. Esa variación es la esencia de la interpretación; el público, en el proceso de percepción, tiene una experiencia también difusa e individual.³⁵ Eso pasa también en disciplinas no artísticas, como el psicoanálisis o la ciencia. Existen nutridas interpretaciones sobre los escritos de Darwin, que pueden vincularse con la historia personal, social, psicológica o moral, entre otras, de cada intérprete. Darwin escribió con minuciosidad, resalta su carácter obsesivo por esclarecer posibles interpretaciones y críticas a su teoría. A pesar de tales cuidados, la interpretación es crucial, abundante y puede haber desacuerdos en lo que unos y otros científicos entienden que expresó –si bien, la teoría tiene solidez

composición imitan las obras de un autor en particular para entenderlo, pero ello dista del autor en cuestión.

³⁵ A partir de numerosas interpretaciones, el público puede llegar a percibir la obra del autor como una entidad más allá de la interpretada en lo particular –el autor más allá del intérprete– pero ésta nunca está exenta del gusto, el acuerdo o la emoción, entre otros parámetros difusos.

suficiente para que la esencia se mantenga—. ³⁶ Estamos ante un claro ejemplo en el cual la ciencia no es concreta desde las explicaciones de los fenómenos hasta el entendimiento de los mismos. Las posteriores discusiones dan lugar a acuerdos o a mayores desacuerdos entre las distintas elucidaciones, e incluso a originar ideologías. La interpretación de análisis probabilistas es un caso contundentemente más frágil, por las razones expresadas a lo largo de este trabajo, lo que en ciencia puede llevar a unos a reconocer la veracidad de un estudio, a otros a aceptar como posibles los resultados y a unos terceros a falsarlos. Una misma serie de datos puede indicar para un investigador que su estudio es sólido y veraz, algo muy distinto para otro o carecer de cualquier coherencia para un tercero. Los tres casos son posibles y dilucidar cuál supone un mayor conocimiento, en numerosos casos es imposible. La contrastación de las distintas conclusiones será una prueba toral; sin embargo, pensemos que hay varias interpretaciones, todas distintas y algunas opuestas sobre los mismos datos. Imaginemos que todas son posibles y resisten a la falsación. Habremos de pensar que quizás el problema no ha sido suficientemente abordado; está siendo explorado, pero dista de ser concluyente. En ese punto vive la ciencia. ¿Podremos conocer la totalidad de algunos de esos problemas? Si el universo estudiado es cerrado –algo poco factible–, sí. Si el universo es abierto, no se trata del conocimiento verdadero, como una entidad absoluta, sino de la interpretación más robusta, la que resiste las contrastaciones. Esto es siempre una Inducción – no por ello carente de valor– y es la herramienta más poderosa que tiene la ciencia para acercarse a un problema, más aún desde una visión teórica que estadística. Pensemos ahora cuando los datos para el estudio de un mismo fenómeno no son iguales, las pruebas difieren o

³⁶ Al extremo, véase cómo, a pesar de que no está contenida ni sugerida en la teoría de Darwin, se la quiso tergiversar para explicar la existencia y mantenimiento de las clases sociales, argumentando que la gente de bajos recursos es menos apta que la de condiciones sociales altas, o que la inteligencia era dependiente de la raza (Kevles, 1995).

las variables son otras, la interpretación –percepción–intuición– ejerce un papel aún mayor. Lo anterior está íntimamente ligado a la ideología particular. Un criterio unificador que puede resolver dicha dificultad, es el sometimiento de los resultados y de las conclusiones a la robusteza filosófica que pueda apuntalar esa ciencia, la capacidad de resistir los embates de la falsación, como expresó Karl Popper (1962). En el caso de una teoría científica como la darwiniana, las ideas son más robustas que los datos originales; más allá de su resistencia a la falsación, las diversas interpretaciones pueden ser sujetas a un escrutinio y no sostenerse, aunque la teoría de la que emanan sí lo logre. Las posibilidades de la interpretación en la ciencia son amplias, lo cual nos lleva a pensar, nuevamente, en la esencia de esta tesis.

Retomemos el comportamiento: la neurofisiología, encuentra la importancia de los neurotransmisores y la electricidad cerebral –entre otros factores– en determinadas condiciones –siempre experimentales– y la psiquiatría usa estos desarrollos en el tratamiento de padecimientos. El psicoanálisis hace búsquedas en terrenos similares, si bien con herramientas muy distintas y es difuso como las emociones que estudia. Un individuo se expresa con capacidades relacionadas a su historia, su experiencia, su estado anímico, su conformación cerebral, los neurotransmisores, y podríamos seguir la lista *ad infinitum*: aquello que lo hace *individuo*. En ese diálogo, factores aparentemente deleznable pueden afectar en lo que piense cualquiera de los dos en un momento dado. Esto es una serie de eventos difusos impredecibles y donde no parece haber *regularidades* ni formas de controlar los eventos; sin embargo, ambos pueden llegar a observar y conocer mejor los problemas en discusión. Es verdad, no en términos absolutos o de certidumbre, pero existe un entendimiento difuso de un problema borroso, sobre el cual la ciencia alcanza un conocimiento fragmentario y circunstancial con los métodos habituales. No desestimemos

esto último, es un acercamiento válido, pero no pretendamos que convierta en controlable el objeto de estudio o que signifique un mayor conocimiento que el anterior.³⁷ Pueden ser complementarios. Un mejor ejemplo de un problema difuso del cual se puede dilucidar a través de la interpretación y convertir en conscientes elementos del inconsciente es el estudio de los sueños.

BIOLOGÍA EVOLUTIVA

La biología evolutiva, disciplina que nace formalmente con Darwin y Wallace, conforma el tronco común, enlace, de todas las ramas de la biología. Por esta razón su importancia es mayúscula; es, en realidad, el conocimiento que da origen a la biología como una ciencia integrada, englobando el cúmulo de ramas aparentemente inconexas.³⁸ Resulta contrastante que la biología evolutiva sea una de las ramas de la biología peor comprendidas. Las confusiones presentes sean en la sociedad no especializada, sean entre científicos formados o entre especialistas del área son patentes. Una confusión principal consiste en explicar los procesos o la teoría evolutiva de manera determinista, con certidumbres y direccionalidades.³⁹ Abunda un uso burdo y contradictorio de términos deficientes en la descripción de los procesos evolutivos, lo que dificulta la comprensión.⁴⁰ ¿A qué se deben estos usos frecuentes? Acaso a nuestras necesidades de buscar, nuevamente, certezas, incluso en campos en donde no podemos tenerlas. Un problema mayor que no sólo es de formas sino de fondo. Desde sus

³⁷ Al menos no en aquellos asuntos en donde ambas disciplinas son competentes.

³⁸ Si bien, la genética y la biología molecular son comunes a casi toda la biología, la biología evolutiva tiene un grado de integración mayor, que explica incluso ambas ciencias.

³⁹ En un ámbito no especializado, es harto frecuente el uso de teleonomías para explicar procesos evolutivos e incluso se implica la conciencia –voluntad– en dichos procesos. En contraparte, en un ámbito especializado se exagera la presencia de la selección natural, y a esto se le da un sentido determinista.

⁴⁰ Algunos ejemplos: *primitivo* y *evolucionado*, *inferior* y *superior*, *más o menos evolucionado*, *muy evolucionado*, *tendencias evolutivas*, *recompensa*, *optimización*, *estrategias evolutivas*, etc.

inicios, en la biología evolutiva se abusa de términos confusos cuyos significados contradicen la teoría misma. Wallace apuntaba que la expresión *selección natural* era indebida –confusa– pues implica a un seleccionador (1866). Propuso cambiarla por *sobrevivencia del más apto*, enunciado de Herbert Spencer acuñado en el libro *Principles of Biology* (1864). Darwin aceptó la idea aunque defendió la metáfora de la selección natural. Actualmente los usos lingüísticos incompatibles con la teoría abundan. El carácter filosófico de la biología evolutiva exige rigor lingüístico porque el lenguaje laxo puede cambiar el sentido del discurso y hacerlo contradictorio. El derroche de términos equívocos, algunos nacidos como metáforas, hoy literales, sólo confunde. Las nociones culturales y religiosas limitan el entendimiento de la teoría evolutiva y la llenan de afirmaciones contradictorias. Sorprende que el indeterminismo y la idea de azar propios de la biología evolutiva coexistan con expresiones que implican determinismo, conciencia, propósito. Aunque se arguye que éstas ayudan a la comprensión, obstaculizan el proceso de enseñanza. Deben diferenciarse las metáforas del sentido literal. Es verdad que el uso de metáforas en la ciencia puede ayudar al entendimiento, justamente de temas difusos, pero si no se hace una clara distinción del sentido literal, resultan contraproducentes. Esto pasa sorprendentemente en la biología evolutiva, acaso con mayor asiduidad y peores resultados que en otras ramas científicas, en parte se debe a esto que sea particularmente mal entendida esta disciplina biológica.

Más allá de usos triviales, populares, en el lenguaje especializado se insiste en las ideas de progreso o de propósito,⁴¹ comunes en la escuela adaptacionista. Los mensajes semánticos erróneos abundan tanto como los no semánticos; véase la copiosa iconografía

⁴¹ *Estrategias evolutivas, tendencias evolutivas, optimización, recompensa* –en ecología evolutiva–, *carrera armamentista, conflicto de intereses*, e incluso una que Darwin reconoció como metáfora: *lucha por la supervivencia*.

para representar la evolución humana, que deriva siempre en un caucásico masculino. Lo mismo ocurre con la traducción literal –por ejemplo del inglés–, donde la escasa reflexión es capaz de trastocar el sentido de las palabras y obstaculizar el cabal discernimiento de las ideas. Pensar es entender el lenguaje.

La biología evolutiva es el área de la biología que mayor comunicación establece con la filosofía, es una revolución científica, pero también filosófica y social. Sus implicaciones son tan profundas y variadas porque explica un proceso anteriormente negado que es el que da origen a la diversidad de especies, a nosotros mismos –una preocupación también religiosa– y porque no se comporta en la forma en la cual usualmente nos explicamos los eventos: la humanidad actúa constantemente con finalidades; no poderlas encontrar en la naturaleza, acaso perturba a muchos. La teoría de Darwin tiene múltiples vertientes, sutilezas y sus ricas explicaciones pueden ser vistas desde ángulos igualmente variados. Por sí misma la teoría no es compleja, al contrario, pero colisiona con nuestras formas culturales y religiosas al explicar de manera neutra –en términos ideológicos– e indeterminista, la naturaleza. Aborda un tema particularmente difuso y lo explica satisfactoriamente. Esto ocurre no sólo porque Darwin explique la selección natural, sino porque reconoce el azar como uno de los factores más importantes involucrados en el proceso, lo cual introduce el indeterminismo en la ciencia.

Nuestra primera exposición a las ideas evolutivas nos llega en forma de los esbozos transformistas de Lamarck. Si bien la teoría del biólogo francés no se sostiene a la luz de la teoría de Darwin, las explicaciones de Lamarck (1809) son consistentes con el marco conceptual de la cultura europea. La teleología de dicha teoría se remite a ideas originadas en la Grecia clásica, que continúan formando parte de la cosmovisión occidental, como tener

modelos tipológicos del *bien*, de la *inteligencia*, de la *perfección*, del parecido con dios, o tomarnos a los seres humanos como cúspides de la *creación*. La siguiente ocasión histórica en que somos expuestos a las ideas evolutivas es propiamente con la teoría de la evolución de Darwin y con los trabajos similares de Wallace.⁴² Reconocemos en Darwin al descubridor del fenómeno, a quien explica de manera coherente un proceso evolutivo; es también uno de los biólogos más minuciosos y perceptivos de los que hayamos tenido conocimiento. Hablar, por tanto, de evolución nos lleva ineludiblemente a pensar en Darwin; sin embargo, esto tiene una consecuencia clara: pensar de inmediato en la selección natural para explicar los procesos evolutivos. Desgraciadamente, quienes interpretan no presentan con la misma frecuencia la importancia del azar, descrito por Darwin y que es perfectamente actual,⁴³ aunque en nuestros días se ha comenzado a pensar que es desconocimiento de los agentes causales –mala pero cómoda explicación, dirían algunos–. Hemos llegado a un punto de sofisticación científica y tecnológica que lo que escapa de nuestro control –lo difuso– pareciera ser sinónimo de error.

Las primeras preguntas que surgen son la posibilidad de alcanzar dicho grado de control de

⁴² Hasta hoy aprendemos evolución a partir sólo de una de las fuerzas evolutivas –la primera en ser descrita y la que ha llegado a cobrar significados casi sinonímicos del fenómeno mismo de la evolución: la selección natural.

⁴³ Desconocemos –y acaso quedará como una importante duda en la historia de la biología evolutiva– la razón principal por la que Darwin llegó a concluir que el origen de las variaciones es azaroso. ¿Cuál era el concepto de azar para Darwin? ¿Se trata de una descripción de un fenómeno que no logra entender? ¿Opta por llamarlo azaroso porque no reconoce las causas? O, por el contrario, se convence de que reconocerlo como azaroso es una conclusión relevante y descriptiva. Este hecho tiene múltiples interpretaciones. Con azar Darwin se refiere a contingencias. El concepto de azar es lo más lejano –véase opuesto– que tenemos de las ideas teleológicas y numerosas culturas y religiones, o propósitos personales, son altamente teleológicos; por ello la idea del azar no tiene buena recepción en nuestro pensamiento –incluido el científico– con la autoridad que podría alcanzar. Además, se añade a estas reticencias, dudas genuinas en algunos acerca de la certeza que podría tener Darwin sobre lo que advierte en su teoría. Aún más, se suma una duda de origen semántico y retórico. Todo lo anterior significa un parto muy complicado para una idea que aún hoy muchos quisieran convertir en algo muy distinto –nuevamente: más controlable. El concepto de azar forma parte integral de las explicaciones que nos formamos de la naturaleza: describe orígenes, procesos y resultados; y es por definición imprevisible: una sucesión de eventos sin patrón alguno, cuya ocurrencia no tiene momento, dirección ni sentido —si los hubiere—, explicación ni previsión posible. Existen estudios sobre eventos que no son azarosos en su totalidad y con ello se ha dicho que se estudia el azar, pero lo que se estudia y modela en todo caso es la parte no azarosa del problema, la azarosa no puede ser abordada. Es toral la inclusión del azar en ciencia.

los eventos, de identificar las causas perfectamente, si esto es honrado y sustentable epistemológicamente, o si reconocer el carácter difuso y azaroso de múltiples eventos –como ocurre en los procesos evolutivos– es por sí mismo un conocimiento valioso, identificable e integrable. Esto nos lleva a pensar que el azar, lo difuso, es una explicación y un resultado científico tan relevante como la descripción de la selección natural; y es precisamente Darwin quien subraya esta importancia. Las mutaciones –causa de las variaciones y, por tanto parte causal de la variabilidad–, ocurren de manera azarosa y difusa.

La biología evolutiva ha tenido tres etapas o momentos principales: la primera, como he mencionado, es la formulación de la teoría de la selección natural, cuya coherencia científica –y robusteza– en relación con el proceso descrito es un parte aguas. La segunda ocurre con la síntesis moderna, en donde lo más relevante no es la medición de la selección natural –como se avocaron tanto los protagonistas como los seguidores de la misma–, sino la inclusión de otras fuerzas evolutivas, como la deriva génica,⁴⁴ las mutaciones,⁴⁵ y el flujo génico.⁴⁶ Puede considerarse, por cierto, que lo anterior es llevar la *teoría del azar*⁴⁷ de Darwin a consecuencias mayores. El tercer evento que enriquece sustancialmente la teoría de la evolución es el trabajo de Motoo Kimura sobre la *evolución neutral* (Kimura, 1968).⁴⁸

Comencé este texto mencionando los factores históricos como mediadores importantes en la comprensión de la biología evolutiva. La síntesis moderna de la evolución es otra importante fuente de enseñanza de esta área de la biología. Fue formulada por los tres

⁴⁴ Desarrollada por Sewall Wright en 1929.

⁴⁵ Dobzhansky, 1937; Kimura, 1994; Lewontin, 1974.

⁴⁶ Wright, 1951.

⁴⁷ Darwin no habló de una *teoría del azar*, pero sus trabajos son particularmente importantes por la introducción de este elemento esencial en la biología, por lo que tomo la libertad de nombrar así este avance científico.

⁴⁸ La evolución neutral establece que en la mayor parte de las mutaciones genéticas no incide la selección natural, por lo que no tienen repercusiones adaptativas.

fundadores de la genética de poblaciones, disciplina que utiliza de manera toral análisis estadísticos como parámetro epistemológico y de cientificidad, un recurso dudoso, como argumento en este trabajo.⁴⁹

Los fenómenos estudiados son ricos en variables, muchas de las cuales no somos capaces siquiera de reconocer en eventos de biología evolutiva, de ecología o de biomedicina, entre otras disciplinas. A esto habremos de añadir la consideración sobre la forma en que nos llega el conocimiento en biología evolutiva a través de biólogos convencidos del orden y la estadística –como caracteriza frecuentemente el pensamiento en la genética de poblaciones–. Los actos de fe, políticos o ideológicos son una fuente de turbidez en una rama de la biología que estudia temas que interesan a numerosas disciplinas del quehacer humano –como la sociología, la religión, la política o la filosofía, entre otras. Si los procesos naturales carecen de propósitos, consciencia, direccionalidad o determinismos,⁵⁰ frecuentemente sucede que las mínimas máculas de estos elementos se originan en convicciones ideológicas. Es un conflicto sobre la neutralidad de la explicación: ésta es mayor en donde hay carencia total de ideologías y preconcepciones –el paso hacia cualesquiera sesgos es fácil y cercano, al incluir mínimos actos de fe, incluso científicos, como la aseveración de que la selección natural sea la mayor fuerza evolutiva–.⁵¹ ⁵² No se integra en su verdadera magnitud los alcances de

⁴⁹ En la genética de poblaciones se requiere de una revisión rigurosa, no sólo del abuso estadístico, sino también del desarrollo matemático y de la obtención de variables con las que se trabaja. Y, como siempre, una revisión detallada de los supuestos.

⁵⁰ Haciendo excepción de cualesquiera actos conscientes humanos o de algunos otros animales.

⁵¹ Véanse una gran cantidad de textos especializados en biología evolutiva, por ejemplo, Fisher, 1958.

⁵² El aprendizaje de la biología evolutiva nos llega por medio de la selección natural. Es una de las teorías de mayor trascendencia en la ciencia; sin embargo, se refuerza con la síntesis *moderna* y con vastas corrientes de biólogos que sostienen que la selección natural es la principal fuerza evolutiva. Dicha corriente es meramente adaptacionista. ¿Existen motivos, evidencias y formas de probar que la selección natural es la principal fuerza de la evolución? La selección natural es una explicación de la mayor relevancia, rigor y alcances científicos, pero no requiere, ni debe ser beatificada. Los escritos de Darwin no necesitan ser purificados ni perfeccionados para que adquieran significados

Darwin si se pretende reemplazar el orden divino por orden y dirección de la selección natural y si se relega a un segundo plano la importancia del azar. Éste está presente en las mutaciones, tanto en su origen, como en las repercusiones de las mismas; tiene el potencial de variar supuestos *rumbos trazados* por la selección natural –como se pensaría comúnmente– o de terminar la existencia de los seres más *finamente adaptados* a su medio. Si el azar es la base, la selección natural es un bailarín que tropieza a cada instante y pierde con facilidad la dirección y el movimiento. Así, la evolución carga con un principio de incertidumbre propio de todos los procesos que la conforman y dan origen. La selección natural está sujeta a cambios azarosos; no domina los rumbos evolutivos de una característica. La importancia de las demás fuerzas evolutivas y de la teoría neutral refuerza la base azarosa sobre la que se mueven los procesos evolutivos. Tendremos problemas mayúsculos si intentamos sustentar que la selección natural está presente en todo momento en todas las características –o en la totalidad de algunas– de un linaje. No ocurre lo mismo al reflexionar sobre el azar. La teoría de Darwin debe estudiarse desde la perspectiva del azar, antes que considerar la selección natural como la fuerza principal. No sólo porque origina variabilidad, sino porque es el sustento de la deriva génica, del flujo génico y de las mutaciones neutrales, así como está implicado en el resultado: si una mutación puede ser beneficiosa, neutral o desventajosa. La síntesis moderna, en su afán esclarecedor, reconoce dos causas principales en los procesos evolutivos: 1) el azar, como origen de la variabilidad y 2) la selección natural, como fuerza direccional. Esta apreciación introduce un error de origen: la direccionalidad de la selección natural; el ambiente caótico que genera el azar es

más visionarios. Por sí mismos son trabajos cruciales de la biología, y sin cambiar ni un ápice, Darwin no desmerece bajo la lupa de la modernidad: todo lo contrario, es acaso el trabajo más relevante que se haya hecho en biología y sus implicaciones tocan a numerosas disciplinas.

mayúsculo. Por azar también ocurren mutaciones beneficiosas, características *adaptativas*. La selección natural mantiene características que por azar son más adaptativas (Abarca, 2010 com. per.), pero es impotente para originar algo, sólo actúa sobre lo ya existente. El azar tiene implicaciones sobre lo preexistente y genera características nuevas. Por ello es la fuerza más presente en la evolución. Debe, en cualquier caso, contemplarse que los procesos evolutivos como la selección natural y la deriva génica e incluso las mutaciones neutrales, producen restricciones en la materia sobre la que opera el azar.⁵³ Las restricciones son parciales, pues siempre existe la posibilidad de un cambio azaroso deletéreo o un salto importante que dé como resultado una forma de vida viable y de características novedosas. El azar es esencial en los procesos evolutivos y las posibles variables implicadas en cada proceso pueden ser muy diversas e incluso específicas; la evolución es un proceso eminentemente difuso; pretenderlo determinado, direccional o predecible, incluso en grados mínimos, no es sustentable y no se corresponde con las observaciones ni con el marco teórico más coherente y robusto del que disponemos.

El positivismo,⁵⁴ cuya influencia aún es grande en la ciencia, ha limitado el entendimiento y la discusión misma de los fenómenos, algo que por principio es opuesto al quehacer científico y se ha escudado en un aparente rigor para acallar discusiones amplias y

⁵³ No concebimos la evolución de un perro a partir de un cactus o una bacteria a partir de un elefante, o ni siquiera un tordo a partir de un gorrión, en una generación.

⁵⁴ Esta corriente marcó el devenir científico desde el final del siglo XIX hasta buena parte del siglo XX –sus efectos perduran hasta hoy– y se postuló como una doctrina contraria a la disertación sobre aquello de lo cual no se podía hablar claramente –como la teoría cuántica o el evolucionismo. Heisenberg critica esta postura, arguyendo que dicha sentencia “...es inútil, pues podemos hablar con claridad de poco menos que nada”. Y continúa: “Si tuviéramos que dejar de lado todo lo que no está claro, muy probablemente nos veríamos reducidos a una serie de tautologías triviales desprovistas completamente de interés” (Wilber, 1986). Heisenberg recuerda cómo en esa conversación Niels Bohr criticó el positivismo: “...considerar prohibida toda disquisición en torno de temas amplios, sencillamente porque estos dominios carezcan de conceptos lo suficientemente definidos, no me parece útil: esa misma prohibición podría impedirnos comprender la teoría cuántica” (Wilber, 1986).

de grandes alcances –véanse temas cruciales de la ciencia como la biología evolutiva, la física cuántica o disciplinas astronómicas, entre otros–. Esta imposición que niega la posibilidad de hablar sobre numerosos temas, al mismo tiempo acepta la discusión y el conocimiento que emana del empirismo concreto, algo que –como he discutido– justamente puede considerarse impreciso por no representar el objeto estudiado. Darwin trabaja con cuatro ideas paradigmáticamente difusas: *evolución, especie, variabilidad y azar*. Si la evolución es un proceso nunca visto ni *comprobado* y se explica a partir del mundo de las ideas,⁵⁵ el problema para definir qué es una especie en biología supone uno de los principales retos con los que se ha encontrado dicha ciencia. En biología se trabaja constantemente con especies, se las describe y clasifica, pero no existe consenso alguno sobre qué es una especie. Un problema difuso, que además encuentra mayores problemas en su definición porque no tiene barreras claras en el espacio ni en el tiempo. ¿Acaso son definibles las especies y, por tanto, los conceptos de especie representan algo sobre la naturaleza? Representan mejor, como los modelos, nuestros procedimientos, nuestro pensar sobre un cierto problema, que el acercamiento que logran respecto del objeto de estudio. El concepto de especie es indefinible –en rigor– porque no podemos acotar en el tiempo ni en el espacio dichas formas. Las definiciones de especie más afortunadas son precisamente las más difusas, y aun así sus concreciones son sus debilidades. Darwin va más allá y habla sobre la evolución de las especies, difícilmente podemos entrar en terrenos más difusos. Y ¿Cómo se da la evolución? ¿Como lo dice Darwin? Acaso de otras maneras también. La teoría de Darwin convence por su robustez teórica, porque está planteada con una lógica y una retórica poderosas, porque es

⁵⁵ La evolución biológica es un hecho –y la teoría de la evolución la explicación del hecho, dos asuntos que se confunden a menudo– que constituye uno de los principales conocimientos de la ciencia; sin embargo, no es *comprobable* a través de los procedimientos de la ciencia empírica.

creativa para resolver el problema intuido, percibido. El grueso de su trabajo es en realidad dicha teoría; el empirismo –más abundante en páginas que la teoría, y sorprendentemente profuso para un investigador– tiene el propósito de convencer a unos, aunque para otros –y acaso para él– basta la teoría. La mente de Darwin es particularmente meticulosa, lo cual lo lleva a abordar sistemáticamente todas las posibles críticas que imagina surgirán contra su teoría. Un caso aun más evidente de Ciencia Difusa es la Teoría de la Evolución de Wallace, un autor que plantea la misma esencia de la Teoría de la Evolución de Darwin, sin leer los trabajos de éste, y que no hace experimentación alguna para dar soporte a su tesis. ¿Es menor la robusteza de la teoría de Wallace? No, es la misma, aunque no da al lector mayores elementos que los de la teoría y es notablemente menos minucioso.⁵⁶ ¿Cómo podemos saber que se sustenta? Porque el planteamiento es lógico desde nuestra percepción y porque ha resistido la falsación y la contrastación. La ciencia difusa existe, no es nueva, y ejemplos como los citados –no abunda– han sido fundamentales y fundacionales, han supuesto nuevos paradigmas; en el caso citado, produjo incluso el nacimiento de una disciplina coherente: la biología. Quizás Wallace es el caso más claro de ciencia difusa, un autor no suficientemente estudiado y cuyo pensamiento a menudo es considerado como menos refinado que el de Darwin, difuso también. Los procedimientos de ambos, la metodología puede ser vista bajo la mirada de este nuevo planteamiento –ciencia difusa–. Una revisión metodológica de cualesquiera de los dos biólogos que intente dilucidar su pensamiento a través del

⁵⁶ Resulta particularmente interesante revisar el caso de Wallace. Si Darwin es extraordinariamente minucioso, cuidadoso, con una argumentación y una retórica sobresalientes e intenta abordar todas las posibles dudas y llevar el caso *milímetro a milímetro* hasta la conclusión ineludible, Wallace pareciera lo que en golf se denomina *un hoyo en uno*, acierta en lo mismo que Darwin, con los mismos argumentos esenciales, pero sin una aproximación tan cuidada como la de Darwin –aunque el refinamiento o cuidado de Wallace con los términos pueda ser mayor que el de Darwin –véase el término *selección natural*, tan criticado por Wallace por introducir la idea de un seleccionador y por ende un sentido (Wallace, 1866), así como la respuesta de Darwin (Darwin, 1866).

reduccionismo y de la concreción, como en tantos problemas que aborda la biología, no arroja un conocimiento más completo ni claro. Un elemento que debemos de recordar hoy, cuando la estadística y la probabilidad se han convertido en parámetros de científicidad, o eso aparentan, es que Darwin y Wallace⁵⁷ hablan siempre de lo posible, nunca de lo probable —no existe un sólo tratamiento estadístico dentro de los trabajos de cualesquiera de los dos— y los estudios que han remitido esta teoría a elementos de probabilidad no han hecho aportes mayores. Es relevante para entender el punto aquí expresado estudiar a Darwin no sólo en lo que convence; como he sostenido en esta tesis, estudiar aquello en lo que *falla* la ciencia en ocasiones es un conocimiento mayor y de la más alta valía, que sólo ver *aciertos*.

CONOCIMIENTO VERDADERO

La realidad es aquello que ocurre, existe, en el mundo. La *verdad* es aquello que el hombre dice de la realidad y no es refutado o, acaso, no es refutable. El individuo puede convencerse de las *verdades* que sustenta pero no puede saber que las conoce. La ciencia se propone describir y explicar la realidad, conocerla. ¿Qué es entonces conocer? Una representación de correspondencia con la realidad. El conocimiento científico no es el único válido o verdadero ni el método científico cartesiano la única ni la mejor manera de hacer ciencia. En el terreno de la objetividad, dicho método⁵⁸ es una herramienta que marcó un parte aguas en la ciencia,

⁵⁷ A riesgo de ser excesivamente metafórico —acaso las metáforas deben volver a la ciencia, por su poderoso carácter sugestivo, aunque con un lenguaje riguroso que no sea fuente de mayores confusiones, como a menudo sucede y habremos de evidenciar las confusiones que generan muchas de ellas, al entenderse de manera literal, algo también llamativamente presente—.

⁵⁸ La *Embriología del Polluelo* de Aristóteles es un escrito muy importante en la consecución de una metodología y una sistemática en el actuar científico. Bien pudo influenciar el método científico de Descartes —aunque éste no cite el trabajo de Aristóteles—, si bien declara: “...y tengo por seguro que los que con mayor ahínco siguen hoy a Aristóteles, se estimarían dichosos de poseer tanto conocimiento de la naturaleza como tuvo él, aunque hubieran de someterse a la condición de no

pero no originó conocimientos paradigmáticos de la misma.⁵⁹ Nuestra intuición a este respecto parece importar más que cualesquiera otros aspectos, pero esto no pertenece al mundo de las ideas verdaderas de una lógica deductiva. Las intuiciones son inducciones. Los individuos, habitualmente funcionamos con este tipo de conocimiento, pero enunciarlo como verdadero es distinto. ¿Otro tipo de lógica podría dar lugar a un conocimiento que fuéramos capaces de validar de esta manera? Acaso la lógica modal.⁶⁰ Otras disciplinas o formas del saber, pueden encontrar verdades en ausencia de *método científico*.⁶¹ La *realidad* es estudiada por diversas disciplinas: la ciencia, el arte, la ética, etc. ¿Es necesario un método como el cartesiano para estudiar o referirse a la realidad? Distintas disciplinas comparten objetos de estudio de la ciencia, sus aproximaciones parten de supuestos distintos, y alcanzan conocimientos *verdaderos* a partir de lo subjetivo. ¿Conocimiento *verdadero*? En el marco de la percepción individual, sí; aunque no forzosa, ni siquiera probablemente, para otros individuos. Esto tiene una diferencia muy importante con la manera en que se hace ciencia. Si ésta es hecha bajo parámetros no consensuados –lo cual ocurre a menudo, ya que no hay un

adquirir nunca más amplio saber. Son como la yedra, que no puede subir más alto que los árboles en que se enreda y muchas veces desciende, después de haber llegado hasta la copa...”. Cabe señalar una contradicción: tan importante texto de Aristóteles más parece una hoja del inmenso árbol de conocimientos que produjo y es tronco principal de la obra de quienes se dedicaron a formular metodologías.

⁵⁹ Pensemos en Darwin: su teoría contiene una fuerte carga lógica, tenemos suficientes datos que indican esa posibilidad. Tiene sentido en nuestro marco conceptual, en nuestra intuición, la explicación es robusta, pero ello es ajeno al método científico cartesiano y es la teoría más reveladora que ha producido la biología. Todas las ciencias trabajan con conceptos que no han sido –o no pueden ser– definidos suficientemente. Los biólogos hablan constantemente de especies y de vida, términos hasta ahora indefinidos satisfactoriamente, precisamente por ser difusos; y aun así se habla de la evolución de las especies.

⁶⁰ Una lógica que se ocupa de expresiones tales como “Es necesario que” o “Es posible que” para considerar el siguiente enunciado.

⁶¹ Goya, Beethoven o Shakespeare, entre otros, desarrollan un arte que es reflejo de la realidad – sea exterior o interior–, incluso en un ámbito en el que la ciencia difícilmente se introduce: las emociones. Piénsese también en la pintura de Van Gogh como una forma de aproximarse a una cierta realidad, la de su percepción. La percepción del que mira esos cuadros es particular y acaso distinta también de lo expresado por el autor. ¿Es realidad la materia del arte? Independientemente de si todo artista estudia la realidad, sí la expresa. Expresa alguna realidad, ensaya con *su* realidad.

consenso filosófico sobre la manera en que se ha de conseguir el conocimiento— tenemos entonces en unos casos pretensiones deductivas y en otros probabilistas llenando la mayor parte del discurso científico moderno. Se ensaya demostrar en ciencia, simulando rigor, mezclando el método deductivo con evidencias inductivas que provienen de la probabilidad y la estadística en temas carentes, aún, de definiciones claras.

Nos encontramos frente a la dificultad de descubrir un conocimiento absoluto, entre otros factores porque lo que existe es la representación que tenemos del problema, un marco conceptual, que es una realidad, pero no forzosamente la que busca la ciencia. Dependemos de las percepciones y de otros procesos individuales, y podemos quedarnos en ese punto para obtener una verdad individual, acaso incontrovertible, pero la ciencia busca conocimientos compartibles, lo que supone un reto excepcional, origen de su relatividad. Encontrar consensos en lo relativo es un proceso particularmente complicado: puede darse un alejamiento del objeto de estudio —el determinismo se contrapone a lo relativo, así como en particular a la evolución—. La solución por la que se ha optado históricamente, salvo excepciones, es partir del entendido de que lo que se estudia no es difuso, razón por la cual se supone alcanzable un conocimiento absoluto, por más que en el discurso de muchos haya una aceptación de lo relativo y del azar (Hacking, 1991); así, las verdades son cercanas a las individuales o mayores. No es trivial, aunque lo parezca. Tenemos el problema de hacer genuinas búsquedas epistemológicas, o acordar el saber. Los conocimientos individuales —y algunos grupales— pueden ser muy distintos del *científico*; pueden no coincidir con éste y estar frente a distintas verdades, ninguna mayor que la otra. En los fenómenos *borrosos* —de los que los sucesos evolutivos son buenos ejemplos—, habituales en la ciencia, las *verdades* han de ser poco concretas si se las pretende compartidas. Esto no significa poco

comprometidas, al contrario: comprometidas con un conocimiento que represente lo estudiado. Surge algo importante de discernir: ¿unifica la ciencia ese conocimiento? Es decir: ¿puede ser éste tan verificable como se pretende? Con la metodología y el funcionar común de la ciencia, difícilmente se podría formular un conocimiento suficientemente integrador. El problema más grave es no alcanzar el consenso con los procedimientos comunes: no si se pretende hacer pasar universos abiertos por cerrados. En los planteamientos teóricos, como en las soluciones individuales a diversos problemas, hay una herramienta especialmente interesante y poco estudiada que es la intuición, en primera instancia poco compatible, pero ante la posibilidad de falsarla, postula Popper, su solidez puede ser probada (1962). ¿Cómo hacer la contrastación? Una manera robusta es el poner a prueba el procedimiento que originó la teoría en cuestión: la lógica interna de la teoría, la argumentación y las reglas que la rigen – que pueden ser distintas para diferentes individuos o para un mismo individuo–.⁶² ¿Cuáles son las lógicas argumentativas de las teorías que sobreviven? Esa es una búsqueda que contiene un conocimiento relevante. A modo de resumen, la relativización del conocimiento es un camino interminable pero no representa el propósito de esta tesis, hay posibilidades de rigor incluso en mundos tan azarosos como el que contemplamos. El mismo Popper (1962) indica la importancia de producir teorías informativas en ciencia, en contraposición con las analogías probabilistas. Ambas son inducciones pero la probabilidad parte de una base extraordinariamente frágil –desde la asignación de valores de probabilidad, algo muy cuestionable, hasta los muestreos, falibles por naturaleza–. Las teorías informativas no tienen que partir de dicha base. Esos enunciados pueden ser contrastados y es tarea de la ciencia hacerlo.

⁶² En este caso, el individual, existen posibilidades incluso de contradicción, que deben contemplarse rigurosamente.

Percepción sensorial y realidad

Si la realidad está intervenida por el azar y ello por sí mismo nos lleva a un mundo difuso, la percepción redundante en este mismo sentido. El problema de la percepción sensorial no es menor. Nuestras verdades son relativas a nuestra percepción y a través de los sentidos nos acercamos a una variedad de problemas científicos, pero conciliar las distintas percepciones para llegar a acuerdos supone un problema. Es comprensible intentar un entendimiento consensuado. La explicación grupal requiere estandarizar la percepción de lo explorado. Para la explicación individual esto no es fundamental. No podemos los distintos individuos entender *a priori* lo que no percibimos de la misma manera. Este asunto es esencial en la subjetividad del conocimiento. Acaso sea una obviedad, pero nos lleva a pensar en ejemplos de problemas neurofisiológicos interesantes y su relación con el conocer. ¿Existe lo que percibimos? Es un problema individual. Lo que percibimos se corresponde con configuraciones neurológicas particulares, perfectamente existentes para el individuo, es su realidad –p. ej. el daltonismo o las *disfunciones* eléctricas cerebrales–. Frecuentemente, un individuo no puede distinguir entre lo que otros coinciden que existe y lo que éstos no perciben pero él sí. Se puede explicar arguyendo un fenómeno eléctrico o químico y posiblemente sea cierto. Cierto o no, es verdadero para quien lo percibe –otorgamos un valor de veracidad a lo que percibimos, aun si el exterior coincide o no con lo que captamos–. Me parece interesante abordar este problema porque es quizás el límite más claro entre la ciencia y el conocimiento individual, con un ejemplo que puede ser considerado al borde, pero que espero sea clarificador. ¿Existe lo referido por dichas percepciones? Para el individuo en particular sí –posiblemente éste ni siquiera lo dude– y lo que percibe es *una* realidad –parecida a la forma de una impronta– pero no *la* realidad; para la media estadística esto no

representa *la realidad*. La ciencia tampoco estudia *la realidad*, sino una variedad de realidades compartidas. Parece paradójico entonces decir que lo que pueda percibir un sujeto con percepciones diferentes tenga un valor equiparable a percepciones más comunes. ¿Equiparable? Distinto. ¿Menos verdadero? No. ¿Menos real? Tampoco. Sólo distinto, igual que el que mira colores o escucha sonidos que para otros no existen. Antes me refería al arte: Van Gogh pintaba colores, al parecer, similares a los que percibía. El conocimiento compartible que intenta la ciencia tiene que dejar abierta la posibilidad de lo individual como conocimiento de la realidad, lo cual plantea un problema. En tanto que esto es siempre relativo, constituye un factor más de incertidumbre. El arte o la ética –o el estudio individual– puede o no ser compartido, pero no necesita serlo, y tiene la posibilidad de producir, expresar o entender problemas difusos. La ciencia, en rigor, es la búsqueda del entendimiento de la realidad o de las realidades, no de su control. Si el problema es difuso, las soluciones difícilmente podrían ser de otro orden y además ser compartidas.⁶³ Posiblemente nunca lo resolvamos. Concretizar problemas difusos –privarlos de variables– remite el problema al terreno del individuo que lo estudia y lo que intenta transmitir –sin consenso– no a la realidad del objeto mismo, dos asuntos distintos. Será difícil encontrar acuerdos en esa metodología y en sus conclusiones. Quizás el único consenso posible sea que estos problemas quedan abiertos. Esto ocurre en la ética frente a la moral: la primera puede ser individual o compartida, las morales siempre son colectivas. El arte tampoco necesita ser compartido. La ciencia, como la ética puede cambiar con nuevos argumentos, pero frecuentemente funciona como un entramado no crítico de creencias –supuestos, metodologías, actos de fe– que no

⁶³ No me refiero aquí a los avances conceptuales individuales, de los que hay muchos ejemplos importantes en la ciencia, quizás su más fuerte impulso, sino a la percepción sensorial que ha de ser mediada en un conocimiento común, si se quiere: una explicación habitual. La ciencia permite una imaginación conceptual por encima de lo sensorial, pensemos nuevamente en Heisenberg o Darwin.

aborda la relación entre las causas y sus efectos, sino entre presupuestos y efectos, lo cual no resulta suficiente para explicar los fenómenos.

Ante el problema de abordar las percepciones individuales de la realidad –tan reales como las más generalizadas– habré de mencionar el tema relativamente moderno de la sinestesia. Los estudios a profundidad sobre este tema son modernos (Ramachandran 2005), aun si las primeras descripciones –entre las cuales están las de Sir Francis Galton, primo de Charles Darwin– datan de finales del siglo XIX. Galton –quien incursionó en campos muy diversos y controversiales como la herencia, la eugenesia, los estudios de coeficiente intelectual y fue también un precursor de la estadística moderna– hizo la primera descripción metódica del fenómeno, que llamó: *Visualised numerals* (Galton, 1881). Encontró que había gente que percibía colores asociados a ciertos números o letras. La percepción combinada de sentidos a partir de un estímulo primario que desencadena estímulos secundarios, o *sinestesia*, denota la diversidad de combinaciones entre los distintos sentidos. Como ocurre cada vez con mayor claridad en la neurología, estudiar los casos particulares –cuyas percepciones son claramente distintas– es necesario y más robusto que lo general. Surge la pregunta: ¿existen esos colores, o los sabores amargos que percibe un individuo al moldear carne molida (Ramachandran, 2005), o las imágenes causadas por escuchar algo? Sin duda existe en la realidad individual y, además, hay maneras de asegurarnos que se pueda estudiar con rigor –veracidad– y no sea, como se pensó en tiempos de Galton, una charlatanería, o en los años sesenta del siglo XX, producto del LSD u otros alucinógenos. La sinestesia nos lleva nuevamente ante el problema de cómo estudiar la realidad si la percibimos de tantas maneras. A lo difuso se aúna la organización cerebral y los procesos de comprensión. Y, justamente, uno de los medios de los que nos valemos para entender procesos o teorías en ciencia son las

metáforas (Rörty, 1989).⁶⁴ La formulación difusa, intuitiva, de las metáforas es una poderosa forma de comprensión. Quizás haya mucho que entender en la forma de explicarnos el mundo en términos tan inasibles como la metáfora o la sinestesia, aparentemente vinculados entre sí y acaso íntimamente ligados al pensamiento abstracto. Numerosos estudios neurológicos en general –no limitados a los antes citados – ejemplifican las fronteras creadas al concretizar problemas difusos. Como expresa el Dr. Ramachandran de UCSD, no sólo parece tener relación este tipo de problemas con las conexiones neuronales sino también con concentraciones y tipos de neurotransmisores.⁶⁵ Esto lo convierte en un problema altamente impredecible, pero nos ayuda notablemente a entender procesos neurofisiológicos. Cada configuración individual puede tener diferencias relevantes que contribuyan a una comprensión general. Para ejemplificar lo anterior, un medicamento psiquiátrico antidepressivo que aumente el nivel de serotonina, no produce el mismo efecto psiquiátrico en distintos individuos, si bien garantiza, hasta cierto punto, el mismo efecto bioquímico. Una misma sustancia no tiene el mismo efecto en conformaciones neurológicas diferentes.⁶⁶ Dicha medicina tiene una efectividad estadística, no necesariamente particular: sustancias como la serotonina pueden intervenir en procesos psiquiátricos antagónicos.

⁶⁴ Hay abundantes ejemplos: Darwin, Bohr, Heisenberg, Einstein, etc., aunque en la actualidad casi han desaparecido del discurso científico.

⁶⁵ Podríamos añadir acaso una relación también con cargas eléctricas, como posible variable en juego.

⁶⁶ Las aproximaciones individuales en medicina son la forma más relevante de obtención de conocimientos. La medicina, como ciencia práctica de la biología, difícilmente se deslinda de esa esencia; en cambio, la biología básica no requiere relacionarse con lo práctico —por tanto, la utilidad de los estudios estadísticos resulta cuestionable. El método de estudiar una población probabilísticamente y pretender deducir resulta utópico, puesto que el individuo dista del comportamiento estadístico de la generalidad; lo mismo que el estudio de un individuo tampoco nos lleva al buen conocimiento global.

ARGUMENTACIÓN CONTRARIA A ESTA TESIS

¿Qué ocurre al plantearse la posición opuesta? Un argumento que puedo pensar en contra de lo que he expuesto podría ser el siguiente: “La posición de esta tesis nos llevaría a un inmovilismo e incapacidad de conocer, porque todo sería relativo, porque el azar es inherente al mundo estudiado y porque la percepción es un problema individual. Lo *difuso* nos lleva a la inacción. La ciencia no debe quedarse en ese sitio sino que debe lanzar predicciones con el conocimiento conque cuenta, debe de hacer esas apuestas, porque funciona de la manera inversa: se predice a partir de ciertos elementos y si ocurre, se constata la explicación.

Además, la estadística es una herramienta particularmente útil y neutra para el estudio de los fenómenos y para establecer predicciones”.⁶⁷ La ciencia difusa es una reflexión sobre lo contrario: una búsqueda del rigor en la ciencia y una explicación sobre las razones por la que se ha alcanzado la mayor movilidad epistemológica y la fundación de la ciencia de mayores alcances. Sin dicho rigor nos enfrentamos a estructuras del saber endebles; la ciencia difusa no está ceñida al método científico experimental, ni reconozco en ello una base suficientemente sustentada para un mejor desarrollo de la ciencia; es también una crítica al uso de herramientas poco rigurosas –como he elaborado– como criterio de científicidad. No demerito los avances paulatinos ni reconozco sólo los grandes saltos –paradigmáticos–, sino que pretendo el mayor rigor a partir de elementos robustos: como 1) la lógica, 2) la argumentación, 3) el reconocimiento de la esencia del objeto de estudio como difuso, al igual

⁶⁷ W. Heisenberg, quien además de ser un físico notable hizo filosofía de la ciencia, recordaba –en el libro citado antes (Wilber, 1986)– una vieja comparación entre la astronomía de Ptolomeo y la concepción de Newton sobre el movimiento de los planetas: “...si el único criterio de verdad fuera la capacidad de predicción, la astronomía de Ptolomeo no sería peor que la de Newton.” En una comparación retrospectiva, la teoría newtoniana parece explicar más finamente los problemas.

que nuestra percepción, y 4) la multiplicidad de variables⁶⁸ incontrolables e imperceptibles que actúan sobre lo estudiado. Es el requerir de mayores descripciones y explicaciones y la necesaria fusión –de inicio– entre la filosofía y la ciencia.

UN PROBLEMA EPISTEMOLÓGICO Y ÉTICO

Pareciera que la ciencia y la filosofía de la ciencia estuvieran separadas desde siempre –a menos que hablemos del pasado muy lejano o de casos excepcionales, como el de Darwin, Heisenberg o Popper. La ciencia alejada de la filosofía deja una simiente ilusoriamente autónoma, huérfana y quizás por voluntad propia. La ciencia predominante y propiciada no parece intentar cercanías con su sustento filosófico. Se ha preferido hacer una ciencia que sólo muestra sus éxitos –de los cuales muchos, como he argumentado antes, son aparentes, no un conocimiento mayor o más factible– y no sus *fallas* –diarias e imprescindibles– y que constituyen un conocimiento mayor del problema en cuestión. Habitualmente se calla lo que no se puede predecir, cuales *errores* vergonzosos. En un mundo dominado por valores económicos, la ciencia preponderante intenta pasar inadvertidos los huecos de su fachada.

Ese aspecto de infalibilidad, de certezas, le ha conseguido aprobación. Entonces, surgen tres problemas: el para qué, el para quién y el por qué de ello. Por más que sea discutible, no carece de legitimidad el deseo de infalibilidad –si fuese obtenible–, sería el punto extremo del conocimiento y el control que desea toda o la mayor parte de la ciencia. Muy distinta es la razón por la que esto se hace. La cotidianidad científica intenta mantener

⁶⁸ Desvariabilizar, inevitablemente abstrae de la realidad la explicación y la probable predicción – fuera de nuestro marco conceptual, o incluso al interior del mismo: mi caso–. Es un ejercicio que juega a ver si se cumplen los supuestos, no a entender cabalmente el problema. No deja de ser un intento, pero a la luz de la crítica que puedo pensar, no es suficiente, relevante, ni el mejor, epistemológicamente. Lo anterior surge de la validación estadística de las hipótesis, un método en extremo frágil.

esa posición porque es la aceptada y la que satisface las expectativas sociales, la que le permite obtener recursos. No se apoya económicamente para *fallar* y la ciencia requiere de apoyos gubernamentales y privados para desarrollarse, el para quién: factor que la convierte básicamente en tecnología. Estos aspectos –el para qué, el para quién y el por qué– pueden constituir un problema ético. El primero porque puede ser resultado de una escasa crítica filosófica, metodológica, lo cual es una obligación científica. El segundo y el tercero, porque se ha convertido en un modo de sobrevivencia –y de predominante producción tecnológica–, así como de obtención de prebendas por encima de la búsqueda de saber –aunque dichos usos también existen por convicción o por inercia–. La escasa reflexión sobre el problema y su solución no se explica. Esto nace de una autocrítica insuficiente, que lleva a la ciencia a un punto donde, por medio de métodos y resultados dudosos, se intenta la infalibilidad que históricamente se le otorgaba, u otorga, a figuras teológicas. El deseo de infalibilidad y pretender haberla obtenido, o simularlo en el discurso, son dos problemas muy distintos.

La ciencia explora y discute, intenta conocer, ahí no hay error posible. No yerra el intento que sobreentiende un conocimiento no absoluto; sí el distanciamiento de la esencia crítica, autocrítica y modesta. Hay un problema ético en este terreno. Es una obligación científica discutir lo que no responde a lo esperado, pero este problema excede la ética: se requiere replantear las formas de obtener el conocimiento y revisar la validez de lo que se ha hecho o se hace. Más preguntas surgen: ¿Por qué hablar en términos tan generales de la ciencia? ¿Por qué se puede hablar de estos usos comunes? Porque dicha ciencia se ha trivializado con métodos exploratorios discutibles, al convertirlos en parámetros de científicidad y de conclusión. Ese criterio de científicidad es el que aquí se discute y pone en duda: es el criterio probabilista como finalidad y dichas modelaciones convertidas en indispensables, siempre

con miras a predecir, al control, a lo absoluto, a lo determinado, en ausencia de evidencias de que lo que estudiamos cumpla dichas características u ofrezca esas posibilidades. Todo ello no se sustenta con robusteza. Se simplifica con afanes de certidumbre todo lo que en primera instancia es inasible –difuso–. Este problema, además de ético, es epistemológico y pone a la ciencia en una posición frágil, con resultados fácilmente discutibles, dudosos, porque la metodología está en función de lo práctico y no del conocer integrador, de lo factible, sino sólo de la probabilidad.⁶⁹ Interesa mencionar también los casos científicos y tecnológicos que funcionan desde un punto de vista práctico, por ejemplo las vacunas o mandar al espacio tripulaciones y traerlas de regreso, etc. Estos descubrimientos a menudo carecen de una comprensión completa o siquiera integral del fenómeno –si bien funcionan–. De igual manera existen numerosos y valiosos casos de serendipia –recuérdese el descubrimiento de la penicilina y tantos otros– sin intentar hacer un reduccionismo trivial. Aquí el punto de interés es que, si bien funcionan dichos descubrimientos no son del todo comprendidos – frecuentemente no con precisión– porque sus interacciones son vastas y a menudo plantean

⁶⁹ Así como la *realidad* social y el *conocimiento* de la sociedad pueden ser muy distintos, existe una *realidad* aparentemente científica y otra que ocurre fuera de confines de artificio. Se subestiman búsquedas individuales refinadas en favor de las compartidas, algunas carentes de rigor. Los fenómenos naturales nos pueden llevar a pensar en múltiples explicaciones concretas; pero, quizás, el problema sea caótico. Pensemos en ello como un universo abierto, en sus causas y en sus consecuencias. Procesos abiertos e inciertos. Ello aporta más al conocimiento, el proponer esa causalidad abierta a posibilidades tan aparentemente ilógicas o inconexas –abiertas, *universo abierto*– que imponer procesos concretos y certeros –cerrados– sobreentendiendo *regularidades*. En múltiples ocasiones, en ciencia se han producido teorías que intentan adentrarse en ese mundo difuso tratando de concretizar al final, lo cual no logra un resultado satisfactorio y, aun más, es inconsecuente con la primera aproximación –sea ajena o propia–. Una de las razones, a mi entender, más importantes por las cuales la teoría darwiniana se sustenta e innova es porque es una ciencia incierta, difusa. No se aplica doquier, pero puede intervenir en innumerables casos por su esencia dúctil y porque puede ser aplicada de una manera poco concreta y mantenerse factible. Acaso pareciera una defensa de explicaciones menos comprometidas. No es así. Es mantener lo posible e intentar desde ahí la mejor explicación, aun si todas son parciales. Las hipótesis no probabilistas, en mundos difusos, pueden ser más poderosas que las predicciones probabilistas, pues éstas ensayan determinar lo solamente *factible*. La aparente certidumbre, la concreción, no se compromete con la verdad, sino con un resultado discutible, que sacrifica el progreso del conocimiento en pos del consenso.

retos en casos particulares. La historia constata casos de pueblos a los que se les ha hecho creer artificios.

CONCLUSIONES

Aseverar conocer el objeto de estudio al grado de poder predecir lo que en él sucederá no refleja la realidad ni el rigor que requiere la ciencia.

Uno de los principales aciertos que ha acontecido en la ciencia es la inclusión del azar –aunque esto haya ocurrido en escasas ocasiones–. En la biología moderna esto sucede con Darwin. Es relevante integrar esta noción en las explicaciones científicas, con todas sus consecuencias, como conocimiento y no como ignorancia. Comprender el azar nos sitúa ante un mundo indeterminado, de objetos no discretos –concretos–, como se los pretende, donde las certidumbres no existen y las predicciones son irrelevantes. Ello acaso representa con mayor justeza el objeto estudiado.⁷⁰

Constatamos el indeterminismo en la biología, entre otras disciplinas. Estudiar sucesos azarosos requiere de un gran rigor epistemológico y no de un símil de científicidad malentendida –la estadística y la modelación– sino de marcos teóricos y experimentales más robustos.

El método usual de la ciencia no puede ser tan acotado como se prescribe desde hace siglos, si lo que se pretende es una ciencia relevante –como lo demuestran los casos paradigmáticos que se han abordado en este trabajo–. Las limitaciones metodológicas del cartesianismo, de la estadística y de las modelaciones empobrecen la visión científica y nos

⁷⁰ No tenemos elementos, fuera de la religión, para defender la existencia del orden y sustentar el azar como desconocimiento.

alejan de una ciencia representativa: el problema no queda descrito apropiadamente, sino enmascarado por el método.

La ciencia ha encontrado en lo probable la fachada de sus resultados: conocer las propiedades de lo que estudia y su devenir. Si la sociedad desconoce masivamente las virtudes o carencias de tal metodología, la ciencia mantiene el privilegio de reconocimientos que, de lo económico a lo cultural, convencen sobre su utilidad. La ciencia teórica supeditada a una *comprobación* estadística, paga el tributo de perder exploraciones crucialmente distintas y novedosas y se hace presa de sí misma –al imposibilitarse o restringirse la aprobación de procedimientos no probabilistas–. Paradójicamente, cuenta con el potente recurso epistemológico de la duda y de la auto-revisión.

Ante la dificultad de la ciencia por ahondar en estudios de fenómenos difusos y la escasa robustez de la probabilística, las propuestas teóricas –de resistir el embate de la contrastación– son acercamientos vigentes que no han sido suficientemente agotados: resulta fundamental estudiar las argumentaciones de las teorías científicas más sólidas –véase nuevamente el caso de Darwin–.

Ciencia es el cuerpo de conocimientos producto de estudios rigurosos y, citando a Heisenberg: es el producto del diálogo. Esto puede ser en cualesquiera ámbitos: historia, política, sociología, artes, o ciencias naturales, aunque sólo éstas hayan sido consideradas históricamente como tales. No existen métodos únicos. Cada caso exige diferentes aproximaciones; pero la ciencia y la filosofía no pueden dissociarse. El objeto y el objetivo de la ciencia no residen en la fragmentación ni en la visualización concreta de objetos difusos. Esto corresponde a la tecnología y a la técnica. Si esto no fuese así, la ciencia no podría

incurrir en temas tan diversos e importantes como los afectos, las especies, la evolución biológica o la física cuántica. Esto visto no como fórmulas –desde la biología o cualesquiera otras ciencias naturales– y menos aún desde la visión de unas matemáticas que se intentan aplicar fuera de la abstracción.

Si una parte de la ciencia ha aceptado la importancia del indeterminismo, del azar y, por tanto de la relatividad de las regularidades, estos temas no están resueltos en la actualidad y se confunden con prácticas que buscan lo contrario: el determinismo, la reducción a su mínima expresión del azar y la búsqueda de regularidades absolutas. Tanto las regularidades, como los determinismos no se sustentan en un mundo natural en el que el azar forma parte de la base del problema.

El uso de la probabilidad es extremadamente frágil, como se ha discutido en este trabajo, y no abunda en la comprensión de los indeterminismos, en el contexto de los usos científicos habituales.

La naturaleza misma del objeto de estudio de la biología –el grado de complejidad es muy alto, al mezclarse comportamientos físicos, químicos y propios de los sujetos biológicos, propiedades emergentes– pone de relieve, aún más, el carácter difuso de lo estudiado.

En la Metafísica, Aristóteles habla sobre dos tipos de ciencia: la práctica, o ciencia que estudia *lo que es*, en tanto que *algo es* y la ontología: una ciencia con características de universalidad. Plantea esta última como el conocimiento al que se debe aspirar, el más relevante. Esta discusión pareciera no haber sido apropiadamente respondida hasta Darwin. Los trabajos de éste –relevantes y revolucionarios en la filosofía, en lo social, por supuesto en las ciencias e incluso en lo religioso, son hechos desde la ciencia– son, precisamente, de

orden ontológico. Además, corrige lo que en el notable filósofo hay de error: las teleologías que hereda Aristóteles de Platón y que utiliza incluso en las explicaciones de orden biológico. Existen grandes encuentros en ambos autores y uno de ellos es crucial: los dos incluyen el azar en la ciencia. El planteamiento de esta tesis es el de retomar este elemento, criticar los puntos débiles del quehacer científico moderno en un interés por encontrar un rigor mayor y profundizar exploraciones que mantengan por principio la esencia de lo estudiado sin añadiduras ni desmembramientos. La argumentación teórica y la exploración desligada de artificios, puede abundar en este sentido.

La distancia entre la filosofía y la ciencia es un problema mayúsculo para abordar los temas cotidianos de la ciencia.

La ciencia vista desde las categorizaciones, forma parte de una visión absoluta de la misma, acaso también de una búsqueda de certezas –necesaria para muchos– artificiales y a menudo contrapuestas con el refinamiento de las descripciones, así como de las explicaciones, en el entendimiento de un mundo difuso. La enseñanza de la ciencia en esos términos es determinante.

La característica difusa en las explicaciones y en el objeto de estudio están presentes en diferentes trabajos, como se ha mencionado, por ejemplo en el de Darwin, pero nunca ha sido identificado como tal antes de este trabajo ni se ha tomado en cuenta como una característica del conocimiento.

Bibliografía

Abarca, C. A. 2008. Por qué la dioecia es tan rara entre las plantas con flores: un estudio en el género *Erythroxylum*. Tesis doctoral, UNAM.

Aristóteles. 1988. Obras Completas, Madrid: Editorial Gredos.

Clark, Stuart. “‘Dark galaxy’ continues to puzzle astronomers”. *New Scientist*. 20 de junio de 2007. En: <http://www.newscientist.com/article/dn12100>. Consultado por última vez el 30 de mayo de 2010.

Darwin, C. R. *El origen de las especies*, (Primera edición, 1859). España: Planeta Agostini, 1992.

_____. Carta a Alfred Russel Wallace, 5 de julio de 1866. Darwin Correspondance Project, Cambridge University. En: <http://www.darwinproject.ac.uk/entry-5145>

Consultado por última vez el 4 de septiembre de 2012.

Descartes, R. El discurso del método. Para bien dirigir la razón y buscar la razón en las ciencias. <http://www.webliblioteca.com.ar/occidental/delmetodo.pdf> Primera edición: 1637. Consultado por última vez el 4 de septiembre de 2012.

Dobzhansky, Theodosius. *Genetics and the Origin of Species* (Primera edición, 1937). EE.UU.: Columbia University Press, 1951.

Fisher, Ronald Aylmer. *The genetic theory of natural selection*(Primera edición, 1930). EEUU.: Dover, 1958.

Galton, Francis. "Visualised numerals", *Journal of the Anthropological Institute* 10: 85–102. Reino Unido: Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland 1881.

Gavrilets, Sergey y William R. Rice. “Genetic models of homosexuality: generating testable predictions”, en *Proceedings of the Royal Society B* 273: 3031—3038. Reino Unido: The Royal Society Biological Sciences, 2006.

Hacking, I. 1991. *La domesticación del azar: La erosión del determinismo y el nacimiento de las ciencias del caos*. Editorial Gedisa.

Hedrick, P. 2000. *Genetics of populations*. Jones and Bartlett Publishers, Subdury, Massachusetts.

Heisenberg, W. 1927. Ueber den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik and Mechanik. *Zeitschrift für Physik* 43 172-198. Trad. Inglés en Wheeler and Zurek, 1983.

Heisenberg, W. 1959. *Física y filosofía*. Ed. La isla, Buenos Aires.

Heisenberg, W. *Scientific and religious truths*. Alemania: Schritte über Grenzen Piper & Co. Verlag, 1971.

Heisenberg, W. (et. al.). *Physics and beyond*. Reino Unido: Harper & Row, 1971.

Hu, Stella (et. al.). “Linkage between sexual orientation and chromosome Xq28 in males but not in females”, *Nature Genetics*, 11, 248—256. Reino Unido: Nature Publishing Group, 1995.

Hubbard, E. M; Ramachandran, V. S. 2005. “Neurocognitive mechanisms of synesthesia”, *Neuron*, 48(3): 509—520.

Kant, Immanuel, *Crítica de la razón pura*. (13ª ed.) Trad. de Pedro Ribas. España: Alfaguara–Santillana, 1997.

- Kevles, Daniel. *In the Name of Eugenics*. EE.UU.: Harvard University Press, 1995.
- Kimura, M. 1968. "Evolutionary rate at the molecular level", *Nature* 217: 624–626.
- _____. *Population Genetics, Molecular Evolution, and the Neutral Allele Theory: Selected Papers*. EE.UU.: University of Chicago Press, 1994.
- Kolb, E. 2003. Divulgación: <http://es.scribd.com/doc/6599661/PSI-Punset-Las-4-Fuerzas-Que-Mueven-El-Universo> y <http://www.rtve.es/tve/b/redes/anteriores.htm> Consultado por última vez el 4 de septiembre de 2012.
- Lamarck, J. B. 1986. *Philosophie zoologique*. Edición facsimilar de Editorial Alta Fulla - Mundo científico. Barcelona. Primera edición: 1809.
- Lewontin, Richard. *The Genetic Basis of Evolutionary Change*. EE.UU.: Columbia University Press, 1974.
- Luskin, C. Monkeys typing Shakespeare Simulation Illustrates Combinatorial Inflation Problem", *Evolution News*. 4 de Octubre 2011. En: http://www.evolutionnews.org/2011/10/monkeys_typing_shakespeare_sim051561.html Consultado por última vez el 26 de diciembre de 2011.
- Lyell, C. 1858. Carta a la Linnean Society presentando los trabajos conjuntos de Darwin y Wallace. <http://www.linnean.org/index.php?id=380> Consultado por última vez el 4 de septiembre de 2012.
- Mallet, J. 2007. Species, concepts of. *Encyclopedia of Biodiversity*, College London.
- Martínez, E; Ramos, C. H. 1989. "Lacandoniaceae (Triuridales): Una nueva familia de

- México”, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 76(1): 128—135.
- MarArthur, R.H., Wilson, E.O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press.
- Miramontes, P. 1996. La geometría de las formas vivas, *Ciencias* 42: 12—19.
- Newton, Isaac. *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Inglaterra: 1687.
- Popper, Karl R. *Los dos problemas fundamentales de la Epistemología. Basado en Manuscritos de los años 1930—1933* (Primera edición, 1980). España: Tecnos, 1998.
- _____. *La lógica de la investigación científica* (Primera edición, 1962). España: Tecnos, 2004.
- _____. *El yo y su cerebro*. 1985. Trabajo en colaboración con [John Carew Eccles](#). Editorial Labor.
- _____. *Realismo y el objetivo de la ciencia. Post Scrpitum a La lógica de la investigación científica. Vol. I*. España: Tecnos, 1998.
- _____. *Sociedad abierta, universo abierto. Conversación con Franz Kreutzer*. España: Tecnos, 2000.
- _____. *Un mundo de propensiones*. España: Tecnos, 1996.
- Popper, Karl R. y Eccles, John C. *El yo y su cerebro*. España: Labor Universitaria, 1985.
- Rörty, Richard. *Contingency, Irony, and Solidarity*. Reino Unido: Cambridge University Press, 1989.
- Maynard Smith, J. 1982. *Evolution and the Theory of Games*. Cambridge University Press.
- Wallace, A. R. 1858. On the Tendency of Varieties to depart Indefinitely From the

Original Type (S43). <http://people.wku.edu/charles.smith/index1.htm> Consultado por última vez el 4 de septiembre de 2012.

_____. Carta a Charles Darwin. 2 de julio de 1866. Darwin Correspondance Project, Cambridge University. En: <http://www.darwinproject.ac.uk/entry—5140>. Consultado por última vez el 4 de septiembre de 2012.

Wilber, Ken (ed. y comp.) *Cuestiones cuánticas*. España: Cairós, 1986.

Wright, Sewall. *Evolution: Selected Papers* (William B. Provine, ed.). EE.UU.: University of Chicago Press, 1986.

_____. "The Evolution of Dominance", *The American Naturalist* 63, No. 689: 556—561. EE.UU.: University of Chicago Press, 1929.

_____. "The genetical structure of population". *Ann. Eugenics*. 15: 323—354. EE.UU.: University of Chicago, 1951.

_____. "On the roles of directed and random changes in gene frequency in the genetics of populations." *Evolution*, 2, No. 4:279—294. EE.UU.: Society for the Study of Evolution, 1948.

Diccionario de la Real Academia de la Lengua, versión digital. 2012.

<http://buscon.rae.es/drae/>

GLOSARIO

Azar: forma fortuita e indeterminista en que suceden algunos fenómenos, como las mutaciones genéticas; pueden ser causadas por factores reconocibles, pero el lugar en donde suceden y el efecto de las mismas no es previsible ni el mismo en distintos casos. Los fenómenos que ocurren de manera azarosa son impredecibles. Si bien el término *azar* se utiliza desde hace siglos para referirse a la ignorancia, en el caso de esta tesis no hago ese uso, sino al que me refiero aquí y explico en su momento en acotaciones.

Contingencia: 1. f. Posibilidad de que algo suceda o no suceda (RAE, 2012).

2. f. Cosa que puede suceder o no suceder (RAE, 2012).

La biología estudia eventos históricos, eventos, lo cual requiere contemplar la noción de contingencia.

Complejidad: el entrelazamiento de varios elementos da como resultado características complejas, cuyas variables no son siempre identificables y la mezcla de las mismas produce comportamientos no lineales.

Determinismo: este nombre recibe cualquier doctrina que implique para todo evento condiciones preexistentes que convierten el resultado en inevitable.

Fuerzas evolutivas: procesos que producen eventos evolutivos. Dobzhansky (1937) define evolución como cambios en las frecuencias alélicas, y las fuerzas evolutivas como las únicas causas de estos cambios.

Ley: 1. f. Regla y norma constante e invariable de las cosas, nacida de la causa primera o de las cualidades y condiciones de las mismas. (RAE, 2012).

2. f. Cada una de las relaciones existentes entre los diversos elementos que intervienen en un fenómeno. (RAE, 2012).

Regularidad: característica de fenómenos estables, cuyas causas y procesos pueden ser reconocibles. Un evento regular es también predecible.

Restricción (en sentido biológico): factor físico, químico, biológico, o la combinación de éstos, que limita los alcances de procesos meramente azarosos y da sustento a sucesos biológicos.