

2. Todo escolar sabe...

"La educación descaminó a la mayoría; creen lo que creen porque así los han criado. El cura continúa lo que empezó la nodriza, y así el hombre por el niño es embaucado".

John Dryden, *La cierva y la pantera*.

La ciencia, como el arte, la religión, el comercio, la guerra y hasta el dormir, se basa en *presupuestos*. No obstante, difiere de la mayoría de las otras ramas de actividad humana en esto: no sólo los senderos por los cuales discurre el pensamiento científico están determinados por los presupuestos de los hombres de ciencia, sino que el objetivo de estos últimos es la comprobación y revisión de los viejos presupuestos y la creación de otros nuevos.

En este empeño, es a todas luces deseable (pero no absolutamente necesario) que el científico conozca a conciencia sus propios presupuestos y sea capaz de enunciarlos. Es también conveniente y necesario para el discernimiento científico conocer los presupuestos de los colegas que trabajan en el mismo campo. Y sobre todo, es necesario que el lector de artículos científicos conozca los presupuestos de su autor.

He tenido la oportunidad de enseñar diversas ramas de la biología conductual y la antropología cultural a estudiantes norteamericanos, desde alumnos universitarios de primer año hasta residentes de psiquiatría, en variadas facultades y hospitales-escuelas, y he comprobado que existe una laguna muy extraña en su manera de pensar, la cual emana de la falta de ciertas *herramientas del pensamiento*. Esta falta está parejamente distribuida en todos los niveles de la educación, en ambos sexos y tanto entre los especialistas en humanidades como entre los científicos. Concretamente, es la falta de conocimiento de los presupuestos, no sólo de la ciencia, sino también de la vida cotidiana.

Hay un hecho curioso; esta laguna es menos notoria en dos grupos de estudiantes de los que uno habría esperado que contrastasen mucho entre sí: los católicos y los marxistas. Am-

bos grupos han meditado sobre los últimos 2.500 años de pensamiento humano o algo se les ha contado al respecto, y ambos reconocen en alguna medida la importancia de los presupuestos filosóficos, científicos y epistemológicos. A ambos es difícil enseñarles, porque asignan tanta importancia a los presupuestos y premisas "correctos" que toda herejía se convierte para ellos en una amenaza de excomunión. Como es natural, cualquiera que sienta la posible amenaza de una herejía se cuidará de tomar conciencia de sus propios presupuestos y llegará a adquirir una cierta pericia en estas cuestiones.

Aquellos a quienes ni siquiera se les ocurre que es posible estar equivocado no pueden aprender otra cosa que habilidades prácticas.

El tema de este libro se halla notablemente próximo al núcleo de la religión y al núcleo de la ortodoxia científica. Los presupuestos —y la mayoría de los estudiantes necesitan alguna instrucción que les enseñe a qué se parece un presupuesto— deben ser sacados a la luz.

Existe, empero, otra dificultad casi exclusiva del ámbito estadounidense. Los norteamericanos son, a no dudarlo, tan rígidos en sus presupuestos como cualquier otro pueblo (y tanto como el autor de este libro), pero tienen una llamativa reacción frente a cualquier enunciación explícita de un presupuesto: por lo común suponen que esa es una conducta hostil o burlona, o bien —y esto es lo más serio— murmuran que es *autoritaria*.

Sucede así que en esta tierra fundada en pro de la libertad religiosa la enseñanza de la religión está vedada en el sistema educativo oficial. Los integrantes de familias poco religiosas no reciben, desde luego, formación religiosa alguna fuera de la familia.

Por consiguiente, enunciar de manera formal o explícita una premisa o presupuesto es desafiar la bastante sutil resistencia, no de un pensamiento contradictorio con el enunciado —ya que el público no conoce las premisas contradictorias ni cómo formularlas— sino de la cultivada sordera a que apelan los niños para mantener apartados los pronunciamientos de los padres, maestros y autoridades religiosas.

De todas maneras, yo creo en la importancia de los presupuestos científicos, en la idea de que hay mejores y peores maneras de construir las teorías científicas, y en la necesidad de insistir en la enunciación explícita de los presupuestos de modo que puedan ser mejorados.

Así es que dedicaré este capítulo a una lista de presupuestos, algunos bien conocidos, otros extraños a los lectores que han protegido su pensamiento de la dura noción de que ciertas proposiciones son simplemente erróneas. Hay herramientas de pensamiento tan romas que no sirven casi para nada, otras de

filo tan aguzado que se vuelven peltigromas. Pero el hombre su-
bio hará uso de ambas.

Vale la pena tratar de reconocer provisionalmente ciertos
presupuestos básicos que todos los *espritus* deben compartir
o, a la inversa, definir el espíritu mediante la enumeración de
esas características comunicacionales básicas.

1. La ciencia nunca prueba nada

La ciencia a veces *mejora* las hipótesis y otras veces las *refu-
ta*, pero *probarlas* es otra cuestión, y esto tal vez no se produzca
jamás salvo en el reino de la tautología totalmente abstracta.
En ocasiones podemos decir que *si* se dan tales y tales supuestos
y postulados abstractos, *entonces* tal o cual cosa debe seguirse
de ello absolutamente. Pero, nuevamente, la verdad acerca de
lo que puede ser *percibido*, o acerca de aquello a lo cual se lle-
ga por inducción a partir de una percepción, es otra cosa.

Digamos que la verdad significaría una correspondencia
precisa entre nuestra descripción y lo que describimos, o entre
nuestra red total de abstracciones y deducciones y alguna
comprensión total del mundo exterior. En este sentido, la ver-
dad no es asequible. Y aun dejando de lado las barreras de la
codificación —la circunstancia de que nuestra descripción es-
tará dada en palabras, figuras o imágenes, mientras que lo que
describimos será de carne y hueso, de sangre y acción—, aun
soslayando ese estorbo de la traducción, nunca podremos recla-
mar haber alcanzado un conocimiento definitivo de nada.

Una manera convencional de exponer este asunto es más o
menos la siguiente: Supongamos que yo te presento una serie
(tal vez de números, tal vez de otros indicadores) con el presu-
puesto de que esa serie está ordenada. En aras de la simplici-
dad, sea esta serie de números:

2, 4, 6, 8, 10, 12

Luego te pregunto: “¿Cuál es el número siguiente de la
serie?”

Probablemente tú respondas: “14”.

Pero, en tal caso, yo diré: “Oh, no. El próximo número es
27”. En otras palabras, la generalización a la cual tú saltaste
desde los datos ofrecidos en la primera instancia —la de que se
trata de la serie de los números pares— demostró, por el suceso
siguiente, ser errónea o sólo aproximada.

Sigamos con esto. Continuaré mi exposición creando la si-
guiente serie:

2, 4, 6, 8, 10, 12, 27, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 27, 2, 4, 6, 8, 10,
12, 27...

Si ahora te pido que me digas cuál es el número siguiente,
probablemente dirás: “2”. Después de todo, te han sido dadas
tres repeticiones de la secuencia de 2 a 27, y si eres un buen
científico estarás influido por el presupuesto llamado *la navaja
de Occam* o *la regla de economía*, que lleva a preferir los su-
puestos más simples que se ajusten a los hechos. Tu harás, pues,
la siguiente predicción sobre la base de la simplicidad. Pero...,
¿cuáles son esos hechos? Lo cierto es que tú no dispones de ellos
más allá del final de la secuencia (posiblemente incompleta)
que te ha sido dada.

Tú *supones* que puedes predecir, y en verdad este presues-
to te lo he sugerido yo. Pero el único fundamento que tienes es
la preferencia (fruto de tu preparación previa) por la respuesta
más simple y tu confianza en que mi desafío implicaba de
hecho que la secuencia era ordenada y estaba incompleta.

Por desgracia (o quizá por fortuna), ocurre que el hecho si-
guiente nunca está a tu alcance. No tienes otra cosa que tu es-
peranza en la simplicidad, y el hecho siguiente siempre puede
conducirte al próximo nivel de complejidad.

O bien digamos que siempre habrá, para cualquier secuen-
cia de números que yo te presente, unas pocas maneras simples
de describir dicha secuencia, pero un número *infinito* de alter-
nativas no limitadas por el criterio de la simplicidad.

Supongamos que los números están representados por letras:

x, w, p, n

y así sucesivamente. Esas letras podrían representar cualquier
número, incluso fraccionario. Sólo tendré que repetir la serie
tres o cuatro veces en alguna forma verbal, visual o sensorial de
otra índole, aun en la forma del dolor o de la kinestesia, y tu
empezarás a percibir una pauta en lo que te presento. En tu es-
píritu —y en el mío— eso se convertirá en un “tema”, y tendrá
valor estético. En tal medida, será familiar y comprensible.

Ahora bien: esa pauta puede ser modificada o quebrada por
adición, por repetición, por cualquier cosa que te fuerce a per-
cibirla de otro modo, y estos cambios no pueden jamás ser pre-
dicados con total certidumbre, pues todavía no han sucedido.

No sabemos suficientemente de qué manera el presente con-
ducirá hacia el futuro. Jamás podremos decir: “¡Ah, mi per-
cepción, mi registro de esa serie abarcará realmente sus compo-
nentes inmediatos y futuros!”, ni tampoco: “La próxima vez
que me encuentre con estos fenómenos, podré predecir su de-
curso total”.

La producción no puede ser nunca absolutamente válida, y por ende la ciencia no puede nunca *probar* una generalización o siquiera *verificar* un solo enunciado descriptivo y de esa forma arribar a una verdad definitiva.

Hay otras maneras de mostrar esta imposibilidad. La argumentación de este libro —que, repitémoslo, sólo puede convencerte, por cierto, en tanto y en cuanto lo que yo digo se adecua a lo que tú sabes, y que puede ser desechada o modificada por completo en unos pocos años— presupone que la ciencia es *una manera de percibir y de conferir "sentido"*, digamos así, a nuestros perceptos. Pero la percepción sólo opera sobre la base de la *diferencia*. Toda recepción de información es forzosamente la recepción de noticias acerca de una diferencia, y toda percepción de diferencia está limitada por un umbral. Las diferencias demasiado pequeñas, o presentadas demasiado lentamente, no son perceptibles. No pueden alimentar la percepción.

De ello se sigue que lo que nosotros, en cuanto científicos, podemos percibir está siempre limitado por un umbral: lo subliminal no será grano aprovechable en nuestro molino. En un momento cualquiera, el conocimiento será función de los umbrales de los medios de percepción con que contamos. La invención del microscopio o del telescopio, o de instrumentos para medir el tiempo hasta la fracción de un milmillonésimo de segundo, o para pesar cantidades de materia millones de veces superiores a un gramo, todos esos artefactos que perfeccionan la percepción revelarán lo que era totalmente impredecible partiendo de los niveles de percepción a nuestro alcance antes de esos descubrimientos.

No sólo no podemos predecir el próximo instante del futuro, sino que, en un plano más profundo, tampoco podemos predecir la próxima dimensión de lo microscópico, lo astronómicamente remoto o lo geológicamente antiguo. La ciencia, como método de percepción —y no puede reclamar ser otra cosa—, está limitada, al igual que todos los demás métodos de percepción, por su capacidad para recoger los signos exteriores y visibles de la verdad, sea lo que fuere esto último.

La ciencia *indaga*, no prueba.

2. El mapa no es el territorio, y el nombre no es la cosa nombrada

Este principio, hecho célebre por Alfred Korzybski, tiene referencia con muchos niveles. De un modo general, nos recuerda que cuando pensamos en cocos o en cerdos, no tenemos co-

mo o cerdos en el cerebro. Pero, en un sentido más abstracto, el enunciado de Korzybski nos dice que en todo pensamiento, o percepción, o comunicación de una percepción, hay una transformación, una codificación, entre la cosa sobre la cual se informa, la *Ding an sich*, y lo que se informa sobre ella. En especial, la relación entre esa cosa misteriosa y el informe sobre ella suele tener la índole de una *clasificación*, la asignación de una cosa a una clase. Poner un nombre es siempre clasificar, y trazar un mapa es en esencia lo mismo que poner un nombre.

Korzybski hablaba, en líneas generales, como filósofo, tratando de persuadir a la gente para que disciplinara su manera de pensar. Pero llevaba las de perder. Cuando queremos aplicar su precepto a la historia natural del proceso espiritual humano, la cuestión no resulta tan simple. En realidad, tal vez sólo el hemisferio dominante del cerebro traza el distingo entre el nombre y la cosa nombrada, o entre el mapa y el territorio; el hemisferio simbólico y afectivo (que normalmente está del lado derecho) es probablemente incapaz de hacer esas distinciones. No le interesan, por cierto. Así sucede que en la vida humana estén presentes necesariamente ciertos tipos no racionales de conducta. De hecho, tenemos dos hemisferios y nos es imposible zafarnos de ello. De hecho, cada hemisferio opera de un modo algo distinto que el otro, y no podemos librarnos de los embrollos que esa diferencia plantea.

Por ejemplo, con el hemisferio dominante podemos considerar que una bandera es una especie de nombre del país o institución que esa bandera representa; no obstante, el hemisferio derecho no traza ese distingo y para él la bandera es sacramentalmente idéntica a aquello que representa. Así pues, la "enseña patria" de Estados Unidos es Estados Unidos. Si alguien la pisa, provocará la ira de los demás. Y esta ira no disminuirá con una explicación de las relaciones entre el mapa y el territorio. (Después de todo, el hombre que pisotea la bandera la identifica también con aquello que la bandera representa.) Siempre habrá, necesariamente, muchísimas situaciones en las que la respuesta no está guiada por la distinción lógica entre el nombre y la cosa nombrada.

3. No hay experiencia objetiva

Toda experiencia es subjetiva. Esto no es más que un mero corolario de lo que se afirma en el punto 4: que son nuestros cerebros los que fabrican las imágenes que creemos "percibir".

Es significativo que toda percepción —toda percepción consciente— tiene las características de una imagen. Un dolor está

localizado en algún sitio; tiene comienzo y fin, una ubicación, y se destaca de lo que lo rodea, a manera de trasfondo. Estos son los elementos componentes de una imagen. Cuando alguien me pisa un dedo del pie, lo que yo vivencio no es su pisar mi pie sino mi *imagen* de su pisar mi pie, reconstruida a partir de los informes neurales que llegan a mi cerebro algo después de que el pie del otro se ha depositado sobre el mío. La experiencia de lo exterior siempre está mediada por determinados órganos sensoriales y vías neurales. En tal medida, los objetos son creación mía, y mi experiencia de ellos es subjetiva, no objetiva.

* { No es trivial, empero, advertir que muy pocas personas, al menos en la cultura occidental, dudan de la objetividad de datos sensoriales tales como el dolor o sus imágenes visuales del mundo exterior. Nuestra civilización tiene profundas raíces en esta ilusión.

4. Los procesos de formación de imágenes son inconcientes

Esta generalización parece ser válida para todo lo que ocurre entre mi acción, a veces conciente, de dirigir un órgano de mis sentidos hacia cierta fuente de información y mi acción conciente de derivar información de una imagen que "yo" creo ver, oír, palpar, gustar u oler. Hasta un dolor es ciertamente una imagen creada.

Sin duda, tanto los hombres como los monos y los perros son concientes de que escuchan un sonido y aun de que paran las orejas en dirección a ese sonido. En lo tocante a la vista, si algo se mueve en la periferia de mi campo visual llamará mi "atención" (sea esto lo que fuere) de modo tal que yo desplazaré mis ojos y hasta mi cabeza para verlo. A menudo este es un acto conciente, pero a veces es poco menos que automático, hasta el punto de pasar inadvertido. Con frecuencia yo soy conciente de que doy vuelta la cabeza pero no me percató de la visión periférica que me llevó a hacerlo. La retina periférica recibe un cúmulo de información que permanece fuera de la conciencia —posiblemente (aunque no seguramente) en la forma de una imagen—.

Los *procesos* de la percepción nos son inaccesibles; sólo tenemos conciencia de los *productos* de esos procesos, y, desde luego, son esos productos los que necesitamos. Estos dos hechos generales son para mí el comienzo de la epistemología empírica: primero, que yo no tengo conciencia de los procesos de construcción de la imágenes que concientemente veo, y segun-

do, que en estos procesos inconcientes aplico toda una gama de presupuestos que se incorporan a la imagen terminada.

Todos sabemos, naturalmente, que las imágenes que "vemos" son en realidad fabricadas por el cerebro o espíritu. Pero poseer este saber intelectual es muy distinto de darse cuenta de que es verdaderamente así. Este aspecto del asunto se impuso a mi atención hace unos treinta años en Nueva York, donde Adalbert Ames, hijo, estaba haciendo demostraciones experimentales de cómo dotamos a nuestras imágenes visuales de profundidad. Ames era oftalmólogo y trabajaba con pacientes que padecían aniseiconía, vale decir, en cuyos ojos se formaban imágenes de diferente tamaño. Esto lo llevó a estudiar los componentes subjetivos de la percepción de la profundidad. Como este tema es importante y sienta las bases mismas de la epistemología empírica o experimental, narraré con algún detalle mi encuentro con los experimentos de Ames.

Ames había montado sus experimentos en un gran apartamento vacío de la ciudad de Nueva York. Por lo que recuerdo, eran unos cincuenta experimentos. En el momento en que llegué para ver el espectáculo, yo era el único visitante. Ames me saludó y me aconsejó que empezara desde el principio de la secuencia de demostraciones mientras él se iba a trabajar un rato a un pequeño cuarto amueblado como una oficina. Aparte de ello, el apartamento no contenía otro mobiliario, excepto dos reposeras plegables.

Fui pasando de un experimento a otro. Cada uno de ellos incluía alguna especie de ilusión óptica que afecta la percepción de la profundidad. La tesis de la serie en su conjunto era que, para crear la apariencia de profundidad en las imágenes que forjamos al mirar el mundo a través de nuestros ojos, nos guiamos por cinco claves principales.

La primera de estas claves es el tamaño;¹ vale decir, el tamaño de la imagen física sobre la retina. Por supuesto, no podemos *ver* esta imagen, de modo que sería más exacto decir que la primera clave de la distancia es el ángulo que el objeto subtende en el ojo. Ahora bien, este ángulo tampoco es visible. La clave de la distancia sobre la cual informa el nervio óptico es, quizás, *el cambio en el ángulo subtendido*.² Para demostrar esta verdad se utilizaba un par de globos sobre un fondo oscuro. Ambos globos recibían la misma iluminación, y el aire podía pasar de uno al otro; estaban inmóviles, pero a medida que uno se inflaba y el otro se achicaba, al observador le parecía que el primero se aproximaba y el segundo se retiraba. O sea que mientras el aire se iba desplazando de un globo al otro y volvía otra vez al anterior, a uno le parecía que se movían alternadamente hacia adelante y hacia atrás.

La segunda clave era el contraste en el brillo. Para de-

mostrarlo, los globos se mantenían de igual tamaño e inmóviles pero se cambiaba la iluminación, haciéndola recuar primero sobre uno y luego sobre el otro. Esta alternancia de iluminación, como la alternancia de tamaño, creaba la apariencia de una aproximación y retroceso de los globos.

La secuencia de experimentos mostraba luego que estas dos claves (tamaño y brillantez) podían jugar entre sí creando una contradicción. Para ello, se hacía caer siempre la mayor cantidad de luz sobre el globo que se desinflaba. Este experimento combinado introducía la idea de que ciertas claves predominan sobre otras.

La secuencia total de claves de las demostraciones de ese día incluía: tamaño, brillantez, superposición, paralaje binocular y paralaje creada por movimientos de la cabeza. De todas ellas, esta última era la predominante.

Después de pasar por veinte o treinta demostraciones, yo estaba en condiciones de tomarme un respiro y me fui a sentar en una de las reposeras. Apenas lo hice se rompió; al escuchar el ruido, Ames salió de su oficina para comprobar si todo andaba bien. Luego se quedó conmigo y me hizo la demostración de los dos experimentos siguientes.

El primero tenía que ver con la paralaje (véase el "Glosario"). Sobre una mesa de un metro y medio de largo, más o menos, había dos objetos: un paquete de cigarrillos Lucky Strike, sostenido con un clavito a unos centímetros de la superficie de la mesa, y una cajita de fósforos, también plantada sobre un clavito, en el extremo.

Ames hizo que me parase en el costado más próximo de la mesa y describiese lo que veía: la ubicación de los dos objetos y el tamaño que me parecían tener. (En los experimentos de Ames, al sujeto se le hace siempre observar la verdad antes de sometérselo a las ilusiones.)

Después, Ames me indicó una tabla de madera puesta en ese extremo de la mesa, la que tenía un agujero por el cual yo podía mirar toda la mesa. Me hizo mirar a través del agujero y decir lo que veía. Por supuesto, los dos objetos seguían pareciendo estar donde yo sabía que estaban, y ser del tamaño conocido.

Al mirar a través del agujero, yo había perdido la visión panorámica de la mesa, y, además, estaba reducido al uso de un solo ojo; pero Ames me sugirió que obtuviera la paralaje de los objetos deslizando hacia uno de los lados la tabla de madera.

A medida que yo desplazaba mi ojo junto con la tabla, la imagen cambió totalmente... como por arte de magia. De súbito, el paquete de Lucky Strike estaba en la punta de la mesa y parecía ser el doble de alto y el doble de ancho que un paquete normal. Hasta la superficie del papel que lo envolvía había

cambiado de textura, ya que sus pequeñas irregularidades eran ahora aparentemente más grandes. La cajita de fósforos, en cambio, parecía estar hecha para una casa de muñecas y estar situada en medio de la mesa, donde antes había visto el paquete de cigarrillos.

¿Qué había sucedido?

La respuesta era simple. Debajo de la mesa, en un lugar donde yo no podía verlas, había dos palancas o varillas que movían de costado a los dos objetos cuando yo movía la tabla. En la paralaje normal, como sabemos, cuando miramos desde la ventanilla de un tren en movimiento, los objetos próximos nos parecen quedar rápidamente detrás —las vacas que pastan junto a las vías no permanecen siquiera el tiempo suficiente para observarlas—, mientras que por otro lado las montañas lejanas van quedando atrás tan lentamente que, por comparación con las vacas, casi parecen viajar con el tren.

En nuestro caso, las palancas hacían que el objeto más cercano se moviera junto con el observador. Al paquete de cigarrillos se lo hacía actuar como si estuviera muy lejos; a la caja de fósforos, como si estuviera próxima.

Dicho de otro modo: al desplazar mi ojo, y con él la tabla, yo creaba una apariencia inversa. En tales circunstancias, los procesos inconcientes de formación de imágenes creaban la imagen apropiada. La información procedente del paquete de cigarrillos era leída e incorporada a la imagen de un paquete distante, pero como la altura del paquete seguía subtendiendo el mismo ángulo en el ojo, su tamaño parecía gigantesco. De manera correspondiente, la caja de fósforos parecía haber sido traída muy cerca pero seguía subtendiendo el mismo ángulo que el de su verdadera ubicación, creando así una imagen que la hacía aparecer como situada a mitad de camino y con la mitad de su tamaño conocido.

La maquinaria de la percepción creaba la imagen según las reglas de la paralaje, reglas que expusieron claramente por primera vez los pintores del Renacimiento; y todo este proceso, la creación de la imagen con sus intrínsecas conclusiones tomadas de las claves de la paralaje, sucedía bien fuera de mi conciencia. Las reglas del universo que creemos conocer están profundamente incorporadas a nuestros procesos de percepción.

La epistemología, en el nivel de la historia natural, es en su mayoría inconciente y en consecuencia difícil de modificar. La segunda demostración experimental de Ames ilustró esta dificultad.

Este experimento era denominado *el cuarto trapezoidal*. Ames me hizo inspeccionar una gran caja de aproximadamente un metro y medio de largo, un metro de alto y un metro de profundidad. La caja tenía una extraña forma trapezoidal, y

Ames me pidió que la examinara con cuidado a fin de anotar-me de su verdadera forma y dimensiones.

En la parte frontal de la caja había una mirilla de tamaño suficiente para aplicar ambos ojos, pero antes de iniciar el experimento Ames me hizo colocar un par de prismáticos que destruirían mi visión binocular. Yo iba a partir del presupuesto subjetivo de que tenía la paralaje de dos ojos, siendo que en verdad no tenía ninguna clave binocular.

Cuando miré a través de la mirilla, el interior de la caja se me presentó bien rectangular, marcado como una habitación con ventanas rectangulares. Desde luego, las líneas de pintura que sugerían ventanas distaban de ser simples; habían sido trazadas con el objeto de dar la impresión de rectangularidad, contradiciendo la verdadera forma, trapezoidal, del cuarto. Por mi inspección previa yo sabía ya que el lado de la caja que tenía frente a mí al mirar por la mirilla estaba dispuesto oblicuamente, de modo tal que su extremo de la izquierda estaba más lejos de mí que el de la derecha.

Ames me dio un palo y me solicitó que tratara de tocar con la punta una hoja de papel clavada sobre la pared de la izquierda. Lo hice fácilmente. Luego me dijo: "¿Ve usted una hoja de papel similar a la anterior sobre el lado derecho? Bien, quiero que la toque con el palo. Empiece con la punta del palo apoyada sobre el papel de la izquierda, y muévelo lo más que pueda".

Hice un gran esfuerzo; la punta del palo se desplazó unos dos centímetros y luego tocó la pared posterior del cuarto y no avanzó más. Ames dijo: "Inténtelo de nuevo".

Lo intenté quizás unas cincuenta veces, hasta que el brazo empezó a dolerme. Yo sabía, claro está, la corrección que debía introducir en mi movimiento: para evitar esa pared posterior, al desplazar el palo tenía que traerlo hacia mí. Pero lo que yo *realmente* hacía estaba gobernado por mi imagen. Al procurar retraer el brazo obraba en contra de mi movimiento espontáneo. (Supongo que si hubiera cerrado los ojos, podría haberlo hecho mejor, pero no lo intenté.)

No logré tocar la segunda hoja de papel, pero lo interesante es que mi desempeño fue mejorando. Al final ya era capaz de desplazar el palo unos cuantos centímetros antes de rozar la pared del fondo. Y a medida que practicaba y mejoraba mi acción, mi imagen iba cambiando, iba dándome una impresión más trapezoidal de la forma del cuarto.

Ames me comentó después que, de hecho, con más práctica, la gente aprendía a tocar la segunda hoja con suma facilidad, y, a la vez, aprendía a ver el cuarto en su verdadera forma.

El experimento del cuarto trapezoidal fue el último de la serie, y cuando terminó Ames me invitó a almorzar. Fui a lavar-

me en el baño del apartamento, accioné el grifo marcado con la letra "F" (de agua fría) y salió un chorro de agua hirviendo mezclada con vapor.

Luego fuimos en busca de un restaurante. Mi fe en mi propia formación de imágenes estaba tan conmocionada que apenas podía cruzar la calle: no me sentía seguro de que los automóviles que se acercaban estaban realmente en cada momento donde parecían estar.

En síntesis: no existe un libre arbitrio contra las órdenes inmediatas de las imágenes que la percepción presenta al "ojo del espíritu", pero merced a una ardua práctica y a la autocorrección es parcialmente posible alterar esas imágenes. (En el capítulo 7 examinaremos mejor esos cambios de *calibración*.)

Pese a estos bellos experimentos, el fenómeno de la formación de imágenes sigue envuelto en un misterio casi total. No sabemos cómo se produce, ni tampoco, en verdad, para qué.

Es bárbaro decir que tiene una especie de sentido adaptativo presentar a la conciencia sólo las imágenes, sin desperdiciar proceso psicológico en la toma de conciencia de su producción, pero lo cierto es que no existe una razón clara y primordial por la cual debemos utilizar imágenes, ni tampoco, en verdad, para que seamos *concientes* de un fragmento cualquiera de nuestros procesos anímicos.

Puede especularse que tal vez la formación de imágenes sea un método conveniente o económico de pasar información a través de algún tipo de interfase.^b El hecho notable es que cuando una persona debe actuar en un contexto situado entre dos máquinas, es conveniente que estas suministren su información a esa persona en forma de imágenes.

Un caso que ha sido estudiado sistemáticamente es el del artillero que controla los cañones antiaéreos en un buque de guerra.³ La información procedente de una serie de dispositivos para apuntar a un blanco en vuelo le es sintetizada al artillero en la forma de un punto móvil sobre una pantalla (o sea, con una imagen). En esa misma pantalla hay un segundo punto cuya posición sintetiza la dirección en que apunta un cañón antiaéreo. El individuo puede desplazar este segundo punto manipulando unas perillas del aparato. Esas perillas modifican a la vez la dirección en que apunta el arma. El hombre debe operar con ellas hasta que ambos puntos coincidan en la pantalla. Entonces dispara.

El sistema contiene dos interfases: sistema sensorial-hombre y hombre-sistema efector. Por supuesto, es concebible que en un caso de esta índole tanto la información de entrada como la de salida puedan procesarse en forma digital, sin transformación en un modo icónico. Pero creo que este último es sin duda más conveniente, no sólo porque, siendo humano, soy un produc-

tor de imágenes anímicas,^c sino también porque en estas interfases las imágenes son económicas o eficientes. Si esta especulación es correcta, sería razonable conjeturar que los mamíferos producen imágenes porque sus procesos espirituales deben haberse las con muchas interfases.

El hecho de que no nos percatemos de los procesos de la percepción tiene algunos interesantes efectos colaterales. Por ejemplo, cuando dichos procesos operan no controlados por un material aferente que proceda de un órgano sensorial —como ocurre en los sueños, en las alucinaciones o en las imágenes eidéticas (véase el “Glosario”)—, es difícil a veces poner en duda la realidad exterior de lo que las imágenes parecen subrogar. A la inversa, tal vez sea muy positivo que *no* sepamos demasiado acerca del trabajo de producción de las imágenes perceptuales. En nuestra ignorancia de ese trabajo, somos libres de *crear* lo que nos dicen nuestros sentidos. Poner permanentemente en duda la evidencia de los informes sensoriales podría resultar embarazoso.

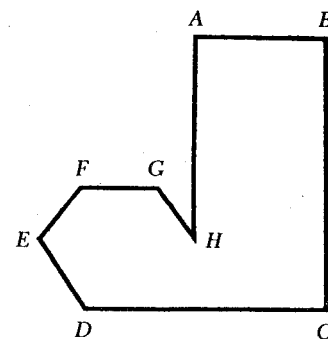
5. La división del universo percibido en partes y totalidades es conveniente y puede ser necesaria,⁴ pero ninguna necesidad determina de qué modo debe practicársela

Muchas veces he intentado enseñar esta generalidad a grupos de estudiantes, utilizando para ello la figura 1. Esta figura se presenta a la clase dibujándola con tiza sobre el pizarrón con bastante precisión, pero sin colocar las letras que señalan los diversos ángulos. Se pide a la clase que describa “eso” por escrito. Cuando todos terminan su descripción, se comparan los resultados. Estos se clasifican en diversas categorías:

a. Alrededor de un diez por ciento de los estudiantes, o menos, dicen, verbigracia, que el objeto es una bota, o, más graciosamente, la bota de un hombre con un dedo gotoso o aun inflamado. Es evidente que partiendo de descripciones analógicas o icónicas como esta le sería difícil al que oyera la descripción reproducir el objeto.

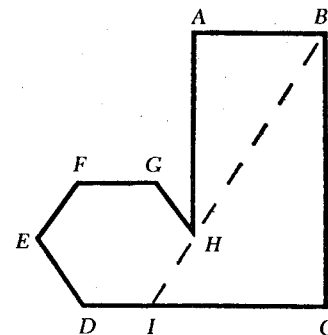
b. Un número mucho mayor de estudiantes ven que el objeto contiene la mayor parte de un rectángulo y la mayor parte de un hexágono, y habiendo dividido la totalidad de esta manera se aplican luego a describir las relaciones entre el rectángulo y el hexágono incompletos. Un pequeño número de integrantes de este grupo de alumnos (aunque por lo común,

Figura 1.



sorprendentemente, uno o dos en cada clase, descubren que puede trazarse una línea, *BH*, hasta que corte la base *DC* en un punto *I*, de modo tal que *HI* complete un hexágono regular (figura 2). Esta línea imaginaria definirá las proporciones del rectángulo, aunque no, desde luego, la longitud de sus lados en términos absolutos. Suelo felicitar a estos estudiantes por su capacidad para crear lo que se asemeja a muchas hipótesis científicas, que “explican” una regularidad perceptible en función de alguna entidad creada por la imaginación.

Figura 2.



c. Muchos estudiantes bien entrenados recurren a un método operativo de descripción. Parten de algún punto del diagrama (cosa curiosa, casi siempre es un ángulo) y siguen, por lo general en el sentido de las agujas del reloj, dando las instrucciones para dibujar el objeto.

d. Hay otras dos modalidades de descripción bien conocidas que hasta la fecha ningún estudiante empleó. Ninguno partió del enunciado: “Está hecho con tiza y pizarrón”. Ninguno utilizó jamás el método del grabado de media tinta, dividiendo la

superficie del pizarrón en un reticulado (arbitrariamente rectangular) y respondiendo luego "sí" o "no" según que cada cuadrícula contenga o no contenga una parte del objeto. Naturalmente, si el reticulado es muy grosero y el objeto es pequeño, se perderá una gran cantidad de información. (Imagínese el caso de que el objeto entero sea más pequeño que una cuadrícula del reticulado; la descripción constará entonces de no más de cuatro afirmaciones ni menos de una, según cómo caigan sobre el objeto las divisiones del reticulado.) No obstante, esta es, en principio, la manera en que se transmiten, mediante impulsos eléctricos, las medias tintas de una ilustración de periódico, y también es la manera como opera la televisión.

Repárese en que ninguno de estos métodos descriptivos contribuye en nada a una *explicación* del objeto —el hexágono-rectángulo—. La explicación debe nacer siempre de la descripción, pero la descripción de la que nace contendrá siempre, necesariamente, características arbitrarias como las que hemos ejemplificado aquí.

6. Las secuencias divergentes son impredecibles

De acuerdo con la imagen popular de la ciencia, todo es, en principio, predecible y controlable; y si algún suceso o proceso no lo es en el presente estado de nuestro conocimiento, con un poco más de conocimiento y, en especial, con un poco más de habilidad práctica podremos predecir y controlar las variables indomadas.

Esta concepción es errónea, no sólo en los detalles sino por principio. Es incluso posible definir grandes clases de fenómenos en que la predicción y el control son simplemente imposibles, por razones muy fundamentales pero muy comprensibles. Quizás el ejemplo más familiar de esta clase de fenómenos sea la rotura de cualquier material de superficie homogénea, como el vidrio. El movimiento browniano (véase el "Glosario") de las moléculas de los líquidos y los gases es, análogamente, impredecible.

Si yo arrojo una piedra a una ventana, en circunstancias apropiadas quebraré o romperé el vidrio de manera tal que se formará la figura de una estrella. Si mi piedra da en el vidrio con la velocidad de una bala, es posible que arranque de él un neto fragmento cónico llamado *cono de percusión*. Si mi piedra es demasiado pequeña o es arrojada con extrema lentitud, tal vez el vidrio no se rompa. En este nivel, la predicción y el control son muy factibles: fácilmente puedo asegurar cuál de

los tres resultados he de lograr (la estrella, el cono de percusión o la no rotura del vidrio), siempre y cuando evite arrojar la piedra con fuerza o debilidad excesivas. Ahora bien: dentro de las condiciones que producen la rotura en forma de estrella, me será imposible predecir o controlar el curso y posición que tendrá cada uno de los brazos de la estrella.

Lo curioso es que cuanto más precisos sean mis métodos de laboratorio, más impredecibles serán los sucesos. Si empleo el vidrio más homogéneo que pueda conseguir, pulo su superficie hasta obtener la más exacta uniformidad óptica y controlo lo más minuciosamente posible el movimiento de mi piedra, asegurándome de que el impacto sea perfectamente vertical, todo lo que lograré con estos esfuerzos es que los sucesos sean todavía más impredecibles.

Si, en cambio, rayo la superficie del vidrio o bien utilizo un vidrio que ya esté quebrado (lo cual sería hacer trampa), estaré en condiciones de hacer algunas predicciones aproximadas. Por alguna razón que ignoro, la quebradura del vidrio se producirá en forma paralela a la rayadura y más o menos a una distancia de 1/50 de centímetro hacia uno de los lados de aquella, de modo tal que la marca hecha en el vidrio aparecerá sólo en una de las partes en que este queda dividido. Más allá de esa marca, la ruptura se desviará en forma impredecible.

Sometida a una tensión, una cadena se romperá en su eslabón más débil. Hasta ahí, es posible predecir. Lo difícil es saber cuál es el eslabón más débil antes de que se rompa. *Podemos conocer lo genérico, pero lo específico escapa a nosotros.* Algunas cadenas están fabricadas de manera de romperse bajo determinada tensión y en determinado eslabón. Pero una buena cadena es homogénea, y no hay predicción posible. Y como no podemos saber cuál es el eslabón más débil, tampoco podemos saber exactamente cuánta tensión se necesitará para quebrar la cadena.

Si caliento en una cubeta uniforme un líquido desprovisto de impurezas (agua destilada, digamos), ¿en qué punto aparecerá la primera burbuja de vapor? ¿A qué temperatura? ¿Y en qué instante?

Es imposible responder a estas preguntas si no existe alguna diminuta rugosidad en la superficie interior de la cubeta o alguna partícula de polvo en el líquido. En ausencia de un núcleo evidente como ese para el comienzo del cambio de estado, no hay predicción posible; y como no podemos decir dónde comenzará el cambio, tampoco podemos decir *cuándo* comenzará. En consecuencia, no podemos decir a qué temperatura comenzará la ebullición.

Si el experimento se realiza en condiciones críticas —o sea, si el agua es muy pura y la cubeta sumamente uniforme—, se

producirá cierto sobrecalentamiento. Al final, el agua hervirá. Al final, habrá siempre una *diferencia* que servirá como núcleo para el cambio. Al final, el líquido sobrecalentado "encontrará" este punto diferenciado y entrará en explosiva ebullición durante algunos momentos, hasta que la temperatura se reduzca al punto de ebullición normal correspondiente a la presión barométrica del entorno.

Lo mismo sucede con el congelamiento de un líquido o con el desprendimiento de cristales en una solución sobresaturada. Para que el proceso se inicie se necesita un núcleo, vale decir, un punto diferenciado, que en el caso de una solución sobresaturada puede ser, en verdad, un cristal microscópico.

Ya advertiremos más adelante en este libro que hay un profundo abismo entre los enunciados acerca de un individuo identificado y los enunciados acerca de una clase. Esos enunciados son de *diferente tipo lógico*, y las predicciones que a partir de unos se aplican a los otros son siempre inciertas. El enunciado "El líquido está en ebullición" es de diferente tipo lógico que el enunciado "Esa molécula será la primera en entrar en ebullición".

Esta cuestión tiene varias especies de relevancia respecto de la teoría de la historia, de la filosofía que está detrás de la teoría de la evolución, y, en general, de nuestra comprensión del mundo en que vivimos.

En lo que hace a la teoría de la historia, la filosofía de Marx, siguiendo a Tolstói, insiste en que los grandes hombres que han sido los núcleos históricos de profundos cambios o invenciones sociales son irrelevantes, en cierto sentido, con respecto a los cambios que ellos precipitaron. Sostiene, verbigracia, que en 1859 el mundo occidental estaba listo y maduro (quizá demasiado maduro) para crear y recibir una teoría de la evolución que reflejase y justificase la ética de la Revolución Industrial. Desde ese punto de vista, el propio Charles Darwin resultaría poco importante. Si él no hubiera publicado su teoría, algún otro habría publicado una teoría similar en un plazo de cinco años. De hecho, el paralelismo existente entre la teoría de Alfred Russel Wallace y la de Darwin parecería, a primera vista, confirmar esta opinión.⁵

Los marxistas, según yo los entiendo, dirían que debe haber un eslabón más débil, que bajo las fuerzas sociales⁶ o tensiones apropiadas ciertos individuos serán los primeros en iniciar una tendencia, y que no importa quiénes sean.

Pero, por supuesto, *importa* quién inicia la tendencia. Si en vez de Darwin hubiera sido Wallace, hoy tendríamos una teoría de la evolución muy diferente. Como resultado de la com-

paración de Wallace entre la máquina de vapor con regulador automático y el proceso de selección natural, el movimiento ebernetista habría tenido lugar cien años antes. O tal vez el gran paso teórico se hubiera dado en Francia a partir de las ideas de Claude Bernard, quien a fines del siglo XIX descubrió lo que más tarde se dio en llamar la *homeostasis* del organismo. Bernard observó que el *milieu interne*, el medio interno, estaba equilibrado o se autocorregía.

Sostengo que es una tontería afirmar que no importa qué individuo actúa como núcleo del cambio. *Esto es precisamente lo que hace impredecible la historia del futuro. El error marxista es un simple desacierto grosero en tipificación lógica, una confusión del individuo con la clase.*

7. Las secuencias convergentes son predecibles

Esta formulación general es la inversa de la que examinamos en la sección 6, y la relación entre ambas depende del contraste entre los conceptos de divergencia y convergencia. Este contraste es un caso especial —aunque uno muy fundamental— de la diferencia entre los niveles sucesivos de una jerarquía russelliana, asunto que estudiaremos en el capítulo 4. Por el momento, digamos que los componentes de una jerarquía russelliana son entre sí como el miembro a la clase, como la clase a la clase de clases, o como la cosa nombrada al nombre.

Lo importante acerca de las secuencias divergentes es que nuestra descripción de ellas se refiere a *individuos*, en especial a moléculas individuales. La quebradura del vidrio, el primer paso en la ebullición del agua y todos los demás son casos en que la localización espacial y temporal del suceso está determinada por alguna constelación momentánea de un pequeño número de moléculas individuales. De manera análoga, ninguna descripción de los derroteros que siguen las moléculas individuales en el movimiento browniano permite una extrapolación. Aun cuando pudiéramos saber lo que pasa en un determinado momento, ello no nos suministraría datos para predecir lo que habrá de pasar en el momento siguiente.

En contraste con esto, el movimiento de los planetas dentro del sistema solar, la tendencia de una reacción química en una mezcla iónica de sales, el impacto de las bolas de billar (que involucra a millones de moléculas), todos estos son fenómenos predecibles porque nuestra descripción de los sucesos se refiere al comportamiento de inmensas multitudes o clases de individuos. Esto es lo que hace que la estadística tenga alguna justificación científica, siempre y cuando el especialista en estadísti-

ca recuerde en todo momento que sus enunciados sólo están referidos a agregados de individuos.

* En este sentido, las llamadas "leyes probabilísticas" actúan como mediadoras entre las descripciones del comportamiento del individuo y las del comportamiento de la grosera multitud. Ya veremos que esta particular especie de conflicto entre lo individual y lo estadístico ha sujetado el desarrollo de la teoría de la evolución desde la época de Lamarck en adelante. Si Lamarck hubiera afirmado que los cambios en el medio podrían afectar las características generales de grandes poblaciones, habría estado en concordancia con los más recientes experimentos de la genética, como los de Waddington sobre la asimilación genética, que examinaremos en el capítulo 6. Pero Lamarck y, en realidad, todos cuantos lo siguieron parecen haber tenido una proclividad innata para la confusión de los tipos lógicos. (En el capítulo 6 abordaremos esta cuestión, y las correspondientes confusiones de los evolucionistas ortodoxos.)

Sea como fuere, en los procesos estocásticos (véase el "Glosario") así de la evolución como del pensamiento, lo nuevo sólo puede arrancar de lo aleatorio. Y para que lo nuevo arranque de lo aleatorio, cuando ocurre que se presenta y si es que ocurre, se requiere alguna suerte de dispositivo selectivo que dé cuenta de la persistencia y vigencia de la nueva idea. Alguna especie de *selección natural*, con toda su perogrullada y su tautología, debe prevalecer. Lo nuevo, para persistir, debe ser de tal suerte que dure más que sus alternativas. Entre las ondas de lo aleatorio, la que más perdura es la que perdura más que aquellas ondas que no perduran tanto. Esa es, compendiada, la teoría de la selección natural.

* La concepción marxista de la historia —que en su forma más burda sostiene que si Darwin no hubiese escrito *El origen de las especies* algún otro habría producido un libro similar en los cinco años siguientes— es un infortunado error, consistente en aplicar una teoría que concibe a los sucesos sociales como *convergentes*, a sucesos que involucran a seres humanos individuales y únicos. Es, de nuevo, un error de tipificación lógica.

8. "Nada puede provenir de la nada"

Esta cita de *El rey Lear* compendia en un enunciado único toda una serie de máximas medievales, o más modernas, que incluyen a las siguientes:

a. La ley de la conservación de la materia y su inversa, la que dice que no puede esperarse que aparezca ninguna materia

nueva en el laboratorio. (Decía Lucrecio: "Nada puede crearse de la nada por poder divino".)'

b. La ley de conservación de la energía y su inversa, que no puede esperarse que aparezca nueva energía en el laboratorio.

c. El principio que demostró Pasteur: no puede esperarse que aparezca nueva materia viviente en el laboratorio.

d. El principio de que no puede crearse un nuevo orden o pauta sin *información*.

De todos estos enunciados negativos y otros similares, cabe afirmar que son reglas de expectativa más que leyes de la naturaleza. Son tan aproximadamente verdaderas, que cualquier excepción a ellas reviste enorme interés.

En particular, algo muy interesante se esconde en las relaciones entre estas profundas negaciones. Por ejemplo, sabemos hoy que entre la conservación de la energía y la conservación de la materia hay un puente que hace que cada una de estas negaciones sea negada en sí misma por un intercambio de materia en energía y, presumiblemente, de energía en materia.

En este momento, empero, nuestro principal interés radica en la última proposición de la serie, la que dice que en los ámbitos de la comunicación, la organización, el pensamiento, el aprendizaje y la evolución, "nada puede provenir de la nada" sin *información*.

Esta ley difiere de las leyes de conservación de la energía y de la masa por cuanto no hay en ella ninguna cláusula que niegue la destrucción y pérdida de información, pauta o entropía negativa. La pauta y/o la información es con toda facilidad tragada por lo aleatorio. ¡Qué pena! —pero también, ¡qué suerte!—. Los mensajes y los hitos orientadores del orden sólo están trazados, por decirlo así, sobre la arena o la superficie de las aguas. Casi cualquier perturbación, aún el mero movimiento browniano, los destruirá. La información puede ser olvidada o confundida. Los libros que contienen los códigos pueden perderse.

Los mensajes dejan de serlo cuando nadie puede leerlos. Sin una piedra de Roseta, nada sabríamos de todo lo escrito en los jeroglíficos egipcios; serían apenas elegantes ornamentos sobre papiro o roca. Cualquier regularidad, para estar dotada de significado —y hasta para reconocer en ella una pauta—, debe encontrar regularidades complementarias, tal vez habilidades humanas, y estas habilidades son tan evanescentes como las pautas mismas. También ellas están escritas sobre arena o sobre la superficie de las aguas.

La habilidad para responder al mensaje se genera en el reverso, en la otra cara del proceso de evolución: es la *co-evolución* (véase el "Glosario").

Paradójicamente, la profunda verdad parental de que "nada puede provenir de la nada" en el mundo de la información y la organización se topa con una notable contradicción en la circunstancia de que el *cero*, la total ausencia de todo suceso indicador, puede ser un mensaje. La larva del ácaro trepa a un árbol y allí, en alguna de sus ramitas, espera; si huele sudor animal, cae, aterrizando quizá sobre un mamífero; pero si *ni huele sudor* en varias semanas, cae al suelo y va a trepar en otro árbol.

La carta que tú no escribes, las disculpas que no ofreces, el alimento que no le dejas en el plato al gato: todos ellos pueden ser mensajes suficientes y eficaces porque el *cero* puede, *dentro del contexto*, ser significativo; y quien crea el contexto es el receptor del mensaje. Esta capacidad de crear contexto es una aptitud del receptor, y adquirirla es su mitad de la coevolución antes mencionada. Debe hacerlo mediante el aprendizaje o mediante una mutación afortunada, o sea, mediante una incursión exitosa en lo aleatorio. En cierto sentido, el receptor debe estar predispuesto para el descubrimiento apropiado cuando este se produce.

Así pues, con un proceso estocástico es concebible la inversa de la proposición según la cual "nada puede provenir de la nada" sin información. La *predisposición* puede servir para seleccionar componentes de lo aleatorio que así se convierten en información nueva. Pero siempre hay que contar con una cuota de apariciones aleatorias de las cuales puede generarse la nueva información.

Esta circunstancia divide en dos ámbitos separados todo el campo de la organización, la evolución, la maduración y el aprendizaje; uno de esos ámbitos es el de la epigénesis o embriología, el otro, el de la evolución y el aprendizaje.

Epigénesis es la palabra preferida por C. H. Waddington para el campo central de sus intereses, cuyo antiguo nombre era *embriología*. Ella subraya el hecho de que todo paso embriológico es un acto de *devenir* ("génesis" en griego) que debe construirse *sobre* ("epi" en griego) el *statu quo ante* inmediatamente anterior. Es característico que Waddington menospreciara la teoría convencional de la información, que, según él la concebía, no daba cabida a la "nueva" información generada —pensaba él— en cada etapa de la epigénesis. De hecho, de acuerdo con la teoría convencional no existe en este caso ninguna información nueva.

Idealmente, la epigénesis debería parecerse al desarrollo de una compleja tautología (véase el "Glosario") en la que nada se agregara una vez establecidos los axiomas y definiciones. El teorema de Pitágoras ya está implícito en (o sea, plegado dentro de) los axiomas, definiciones y postulados de Euclides.

Todo lo que se requiere es desplegarlo, y, para los seres humanos, cierto conocimiento acerca del orden de los pasos que deben darse. Este último género de información sólo se vuelve necesaria cuando la tautología de Euclides se plasma en palabras y símbolos ordenados en alguna secuencia sobre un papel o en el tiempo. En la tautología ideal no hay tiempo, no hay despliegue ni hay argumentación. Lo implícito está allí, aunque, por supuesto, no ocupe un lugar en el espacio.

En contraste con la epigénesis y la tautología, que constituyen los mundos de la réplica, está todo el reino de la creatividad, el arte, el aprendizaje y la evolución, en que los procesos de cambio en curso *se alimentan de lo aleatorio*. La esencia de la epigénesis es la repetición predecible; la esencia del aprendizaje y la evolución, la exploración y el cambio.

En la transmisión de la cultura humana la gente siempre trata de repetir o replicar, de pasar a la próxima generación las habilidades y valores de los progenitores, pero ese intento falla inevitablemente, porque la transmisión cultural está conectada con el aprendizaje, no con el ácido desoxirribonucleico (ADN). El proceso de transmisión de la cultura es una especie de híbrido o mezcla de los dos ámbitos. Debe procurar recurrir a los fenómenos del aprendizaje a los fines de la repetición puesto que lo que tienen los progenitores fue aprendido por ellos. Si el vástago poseyera milagrosamente el ADN que le diera las habilidades de sus padres, esas habilidades serían *diferentes* y quizás inviables.

Es interesante que entre los dos mundos se encuentre el fenómeno cultural de la *explicación*: el cartografiar, sobre la tautología,⁸ los sucesos no conocidos.

Por último, se advertirá que los dominios de la epigénesis y de la evolución están tipificados, en un nivel más profundo, por los paradigmas gemelos de la segunda ley de la termodinámica: 1) que las operaciones probabilísticas aleatorias siempre se tragarán el orden, la pauta y la entropía negativa, pero 2) que para la creación de un nuevo orden son indispensables las operaciones de lo aleatorio, la plétora de alternativas no resueltas (entropía). En lo aleatorio los organismos recogen nuevas mutaciones, y allí encuentra sus soluciones el aprendizaje estocástico. La evolución tiene un punto culminante: la saturación ecológica de todas las posibilidades de diferenciación. El aprendizaje lo tiene en el espíritu atestado, hiperlleno. Volviendo al huevo inculto producido de manera masiva, la especie en marcha despeja una y otra vez sus bancos de memoria a fin de estar dispuesta para recibir lo nuevo.

9. El número es diferente de la cantidad

Esta diferencia es básica para cualquier clase de teorización en ciencias de la conducta, para cualquier manera de imaginar lo que acontece entre los organismos o dentro de ellos como parte de sus procesos de pensamiento.

Los números son el producto del recuento; las cantidades, el producto de la medición. Esto significa lo siguiente: es verosímil que los números sean exactos, porque existe una discontinuidad entre cada entero y el siguiente: entre "dos" y "tres" hay un salto; pero en el caso de la cantidad, no existe ese salto, y por ello es imposible que una cantidad cualquiera sea exacta. Puedes tener exactamente tres tomates, pero jamás podrás tener exactamente tres litros de agua. La cantidad es siempre aproximada.

Aunque se discrimine claramente el número de la cantidad, hay aún otro concepto que debe reconocerse y distinguirse de ambos. Para este concepto no existe, creo, ninguna palabra inglesa, de modo que debemos contentarnos con recordar que existe un subconjunto de *pautas* a cuyos miembros se los llama comúnmente "números". No todos los números son producto del recuento; de hecho, los números más pequeños, y por ende más frecuentes, a menudo no son contados sino reconocidos como *pautas* de un solo vistazo. Los jugadores de naipes no se detienen a contar el número de picas o corazones que integran el ocho de la baraja francesa y hasta pueden reconocer el *pautamiento* característico de esos elementos hasta el "diez".

En otras palabras: el número es el mundo de la *pauta*, la *Gestalt* y el cálculo digital; la cantidad es el mundo del cálculo analógico y probabilístico.

Ciertas aves pueden de alguna manera distinguir los números hasta siete, pero se ignora si lo hacen por recuento o por reconocimiento de *pautas*. El experimento que más se aproximó a la verificación de la diferencia entre estos dos métodos fue el realizado por Otto Koehler con una corneja entrenada para cumplir con la siguiente rutina. Se dispuso un cierto número de pequeñas tazas con tapa, dentro de las cuales se colocaron pequeños trozos de carne; algunas tazas tenían un trozo, otras dos o tres, y otras ninguno. Lejos de las tazas, había un plato con un número de trozos de carne mayor que la totalidad de los colocados en las tazas. Se le enseñó a la corneja a abrir cada taza sacándole la tapa y a comer todos los trozos que hubiera en ella; cuando ya había comido toda la carne de las tazas, se le posibilitaba ir hasta el plato y comer allí *el mismo número* de trozos que tenían las tazas, castigándola si comía más. La corneja era capaz de aprender esta rutina.

Ahora bien, se plantea la siguiente pregunta: ¿La corneja

cuenta los trozos de carne, o utiliza algún otro método para discernir su número? El experimento fue cuidadosamente diseñado para impulsar al ave a que haga el recuento. El tener que levantar las tapas de las tazas interrumpe sus acciones, y la secuencia se le confunde aún más al haber algunas tazas con varios trozos y algunas con ninguno. Mediante estos expedientes, el experimentador procura que le sea imposible crear algún tipo de *pauta* o ritmo merced al cual pudiera reconocer el número de trozos de carne. En la medida en que el experimentador puede obligar al ave a hacer algo, le obliga a contar los trozos.

Sigue siendo concebible, desde luego, que el tomar la carne de las tazas se convierta en alguna especie de danza rítmica, y que el pájaro repita de algún modo este ritmo cuando toma la carne del plato. Es verosímil abrigar alguna duda sobre esto, pero, en general, el experimento es más bien convincente en favor de la hipótesis de que la corneja cuenta los trozos de carne en vez de reconocer una *pauta*, ya sea en esos mismos trozos o en sus propias acciones.

Es interesante contemplar el mundo biológico en función de esta pregunta: ¿Las diversas instancias en que aparece un número deben considerarse casos de *Gestalt*, de número contable o de mera cantidad? Hay una diferencia bastante notoria, por ejemplo, entre el enunciado: "Esta rosa simple tiene cinco pétalos, y tiene cinco sépalos, y en verdad presenta una simetría pentada", y este otro: "Esta rosa tiene ciento doce estambres, y esa otra tiene noventa y siete, y esta tercera tiene sólo sesenta y cuatro". El proceso con el cual se controla el número de estambres es sin duda distinto del proceso con el cual se controla el número de pétalos o de sépalos. Y lo curioso es que en la rosa doble parece haber ocurrido esto: algunos de los estambres se convirtieron en pétalos, de modo tal que el proceso para determinar cuántos pétalos han de hacerse se ha vuelto más parecido al proceso que determina la *cantidad* de estambres, que al proceso normal que delimita los pétalos de acuerdo con una *pauta* de cinco. Cabe afirmar que los pétalos son normalmente "cinco" en la rosa simple pero que los estambres son "muchos", donde "muchos" es una cantidad variable, que difiere de una rosa a otra.

Teniendo presente esta diferencia, podemos volvernos hacia el mundo biológico y preguntarnos cuál es el mayor número que los procesos de crecimiento pueden manejar como una *pauta* fija, más allá del cual la materia es manejada como cantidad. Por lo que yo sé, los "números" dos, tres, cuatro y cinco son los comunes en la simetría de plantas y animales, particularmente en la simetría radial.

Quizás el lector halle placer en reunir casos de números rígidamente *pautados* o controlados en la naturaleza. Por alguna

razón, los números mayores parecen estar limitados a series lineales de segmentos, como las vértebras de los mamíferos, los segmentos abdominales de los insectos y la segmentación de la parte anterior de las lombrices de tierra. (En el extremo anterior la segmentación es bastante rígidamente controlada, hasta llegar a los segmentos donde se encuentran los órganos genitales; el número varía con las especies pero puede llegar a quince; la cola que viene después tiene "muchos" segmentos.) Un agregado interesante a estas observaciones procede de la circunstancia corriente de que una vez que un organismo ha elegido un número para la simetría radial de algún conjunto de partes, repetirá ese mismo número en otras partes. El lirio tiene tres sépalos y tres pétalos y seis estambres y un ovario trilocular.

Aparentemente, lo que creíamos una rareza o peculiaridad del funcionamiento humano —a saber, que nosotros, los seres humanos de Occidente, obtenemos los números por recuento o por reconocimiento de pautas, en tanto que obtenemos las cantidades por medición— resulta ser una especie de verdad universal. No sólo la corneja sino la rosa están constreñidas a mostrar que también para ellas existe esta profunda diferencia entre números y cantidad —para la rosa en su anatomía, para la corneja en su conducta (y, desde luego, en su segmentación vertebral)—.

¿Qué significa esto? El interrogante es muy antiguo; se remonta por cierto a Pitágoras, quien según se dice encontró una regularidad similar en la relación entre los armónicos.

El hexago-rectángulo examinado en la sección 5 nos ofrece un medio de plantear estas preguntas. En ese caso vimos que los elementos componentes de la descripción podían ser muy variados, y que atribuir a una *manera de organizar* la descripción más validez que a otra sería incurrir en una ilusión. Pero en este asunto de los números y cantidades de la biología, parecería que estamos ante algo más profundo. ¿Difiere esto del caso del hexago-rectángulo? Y si la respuesta es afirmativa, ¿de qué manera?

Sugiero que ninguno de estos casos es tan trivial como parecieron serlo a primera vista los problemas del hexago-rectángulo. Volvemos a las eternas "realidades verdaderas" de San Agustín: "Escuchad el fragor de ese santo, alrededor del año 500 d.C.: 7 y 3 son 10; 7 y 3 han sido siempre 10; en ningún momento y de ninguna manera 7 y 3 han sido otra cosa que 10; 7 y 3 siempre serán 10".⁹

Sin lugar a dudas, al afirmar el contraste entre los números y las cantidades, estoy próximo a aseverar una verdad eterna, y Agustín seguramente coincidiría conmigo.

Pero podemos replicar al santo: "Sí, muy cierto; no obstante, ¿es realmente lo que tú has querido decir? También es verdad,

a no dudarlo, que 3 y 7 son 10, y que 2 y 1 y 7 son 10, y que 1 y 1 y 1 y 1 y 1 y 1 y 1 y 1 y 1 y 1 son 10. De hecho, la verdad eterna que tú estás tratando de manifestar es mucho más general y profunda que el caso especial que has utilizado para transmitir ese profundo mensaje". Ahora bien, estaremos de acuerdo en que la verdad eterna más abstracta será difícil de enunciar con inequívoca precisión.

Dicho de otro modo: es posible que muchas de las maneras de describir mi hexago-rectángulo fueran sólo diferentes expresiones superficiales de la misma tautología más profunda y general (concibiendo la geometría euclidiana como un sistema tautológico).

Es correcto sostener, creo, no sólo que las diversas formulaciones verbales de la descripción del hexago-rectángulo coinciden, en última instancia, sobre lo que vieron quienes hicieron esas descripciones, sino además que hay un acuerdo acerca de una tautología simple más general y profunda, en función de la cual se organizan las diversas descripciones.

En este sentido, estimo que la distinción entre números y cantidades no es trivial, y la manifiesta la anatomía de la rosa con sus "5" pétalos y sus "muchos" estambres; y si he usado comillas en estas descripciones mías de la rosa ha sido para sugerir que los nombres de los números y de las cantidades son la manifestación superficial de ideas formales, immanentes dentro de la rosa que crece.

10. La cantidad no determina la pauta

Es imposible, en principio, explicar una pauta cualquiera invocando una única cantidad; pero nótese que un cociente entre dos cantidades es ya el comienzo de una pauta. En otros términos, cantidad y pauta son de diferente tipo lógico¹⁰ y no se amoldan entre sí en un mismo acto de pensamiento.

Lo que parece ser la génesis de una pauta por la cantidad surge cuando la pauta ya estaba latente antes de que la cantidad influyera en el sistema. El caso más conocido es el de la tensión que romperá una cadena en su eslabón más débil. Por el cambio de una cantidad, la tensión, una diferencia latente se pone de manifiesto, o, como dirían los fotógrafos, se "revela". El revelado de un negativo fotográfico es precisamente el poner de manifiesto diferencias latentes establecidas en la emulsión fotográfica por una exposición previa diferencial a la luz.

Imagínese una isla con dos montañas. Un cambio cuantitativo, un aumento, en el nivel del mar que rodea a esta única isla puede convertirla en dos islas; ello sucederá cuando el nivel del

mur supere la hondonada entre ambos montañas. También aquí la pauta cualitativa estaba latente antes de que la cantidad influyera en ella; y cuando cambió la pauta, ese cambio fue súbito y discontinuo.

En el discurso explicativo hay una fuerte tendencia a invocar cantidades de tensión, de energía, y qué sé yo cuántas cosas más, para explicar la génesis de una pauta. Creo que todas esas explicaciones son inadecuadas o erróneas. Desde el punto de vista de un agente cualquiera que impone un cambio cuantitativo, todo cambio de pauta que suceda será impredecible o divergente.

11. En biología no hay "valores" monótonos

Un valor monótono es aquel que o bien sólo aumenta, o bien sólo disminuye. La curva que lo representa no tiene "quebraduras"; o sea, nunca pasa del aumento a la disminución, o viceversa. Las sustancias, objetos, pautas o secuencias de experiencia que son deseadas por el hombre y en algún sentido "buenos" para su organismo (p. ej., los elementos de la dieta alimenticia, las condiciones de vida, la temperatura, la diversión, la actividad sexual, etc.) nunca son tales que una mayor cantidad de ellos sea siempre mejor que una cantidad menor. Más bien, para todos los objetos y experiencias hay una cantidad que tiene valor óptimo. Por encima de esa cantidad, la variable se vuelve tóxica; por debajo de ella, el ser humano siente privación.

Esta característica no se cumple en el caso del dinero, que es siempre transitivamente valorado. Se supone que una mayor cantidad de dinero es siempre mejor que una menor cantidad; verbigracia, ha de preferirse 1.001 dólares a 1.000 dólares. Para los valores biológicos esto no es válido. Más calcio no es siempre mejor que menos calcio: hay una cantidad óptima para el calcio que determinado organismo puede necesitar en su dieta. De manera análoga, en el caso del oxígeno que inhalamos o de los alimentos que ingerimos, y probablemente en el caso de todos los componentes de una relación, es mejor una cantidad suficiente que un exceso. Hasta de la psicoterapia podemos tener un exceso. Una relación sin querellas es aburrida, y una relación con demasiadas querellas es tóxica. Lo deseable es que la relación tenga un grado óptimo de conflictos. Y aun el dinero, si en lugar de considerarlo en sí mismo lo evaluamos por los efectos que produce en los seres humanos que lo poseen, se vuelve tóxico más allá de cierto punto. De todos modos, la filosofía del dinero, el conjunto de presupuestos que hacen que el

dinero sea cada vez mejor cuanto más tengamos de él, es completamente antibiológica. Pese a ello, parece que a las cosas vivas puede enseñárseles esta filosofía.

12. A veces lo pequeño es hermoso

Tal vez no haya ninguna variable que plantee de manera tan clara y vívida para el analista los problemas del estar vivo como el tamaño. Al elefante lo afligen problemas derivados de su gran tamaño; a la musaraña, los de su tamaño diminuto. Pero para uno y otra hay un tamaño óptimo. Ni el elefante se hallaría en situación mucho mejor si fuera mucho más pequeño, ni a la musaraña la aliviaría ser mucho más grande. Podemos decir que cada uno de ellos tiene *adicción* al tamaño que es.

El grandor o la pequeñez originan problemas puramente físicos que afectan al sistema solar, a los puentes y a los relojes de mano; pero además de estos problemas, hay otros que son propios de los conglomerados de materia viva, ya se trate de seres individuales o de ciudades enteras.

Echemos primero una mirada a lo físico. Los problemas de la *inestabilidad* mecánica surgen porque, por ejemplo, las fuerzas de la gravedad no siguen las mismas regularidades cuantitativas que las de la cohesión. Es más fácil romper un gran terrón de tierra dejándolo caer al suelo que romper uno pequeño. El glaciar crece de tamaño y entonces, en parte porque se licua y en parte porque se quiebra, debe iniciar una existencia modificada en la forma de avalanchas, unidades más pequeñas que deben desprenderse de la gran matriz. A la inversa, aun en el universo físico lo muy pequeño puede tornarse inestable *porque* la relación entre la superficie y el peso no es lineal. Cuando queremos disolver un material cualquiera lo reducimos a trozos menores, ya que en estos el cociente entre la superficie y el volumen es menor y por ende ofrece más acceso al solvente. Los trozos mayores serán los últimos en diluirse. Y así siguiendo.

Para trasladar estos pensamientos al mundo más complejo de las cosas vivas, podemos ofrecer la siguiente fábula:

El cuento del caballo poliploide

Cuentan que los del premio Nobel siguen sintiéndose molestos cuando alguien menciona los caballos poliploides. Sea como fuere, lo cierto es que el doctor P. U. Posif, el gran genetista de Erehwon,^d obtuvo su premio a fines de la década de 1980

por zangolotear con el ácido desoxirribonucleico del caballo de carro común (*Equus caballus*). Se dijo que hizo una gran contribución a la ciencia de la trasportología, que estaba entonces en sus comienzos. De todos modos, le dieron el premio por *crear* —ninguna otra palabra le cuadraría a un fragmento de ciencia aplicada que tanto se acerca a usurpar el papel de la divinidad— por crear, digo, un caballo cuyo tamaño es exactamente el doble que el del Clydesdale ordinario. El doble de largo, el doble de alto y el doble de ancho. Era un poliploide, con un número de cromosomas cuatro veces mayor que el habitual.

P. U. Posif siempre sostuvo que en una época, cuando este maravilloso animal todavía era potrillo, podía pararse sobre sus cuatro patas. ¡Qué espléndido espectáculo debe haber sido! Empero, cuando fue presentado ante el público para ser registrado mediante todos los artefactos comunicacionales de la civilización moderna, el caballo no se tenía en pie. Era, en una palabra, *demasiado pesado*. Por supuesto, pesaba ocho veces lo que un Clydesdale normal.

En el caso de presentaciones ante el público o ante los medios de difusión, el doctor Posif insistía siempre en interrumpir el chorro de agua que permanentemente debía arrojársele para mantener la temperatura de la bestia en el nivel normal de los mamíferos. Sin embargo, nosotros temíamos siempre que sus partes más internas entraran en ebullición. Después de todo, la piel y la grasa dérmica del pobre animal eran de doble grosor que lo corriente, y la superficie de su cuerpo sólo era cuatro veces la de un caballo normal, motivo por el cual no podía refrigerarse de manera apropiada.

Cada mañana, el caballo era alzado con ayuda de una pequeña grúa y suspendido, en una suerte de jaula sobre ruedas, encima de unos resortes ajustados de modo tal que las patas sólo tuvieran que soportar la mitad de su peso.

El doctor Posif solía decir que el animal era de descollante inteligencia. Desde luego, el peso de su cerebro era ocho veces mayor que el de cualquier otro equino, pero jamás pude ver que se interesase por cuestiones más complejas que las que inquietan a los demás caballos. Tenía muy poco tiempo libre, atareado con esto o estotro —siempre estaba jadeando, en parte para mantenerse fresco y en parte para oxigenar su cuerpo ocho veces mayor: la superficie de su gástrate, en un corte transversal, no era sino cuatro veces la normal—.

Y después estaba el problema de la comida. De un modo u otro, debía comer diariamente ocho veces la cantidad de comida que dejaría satisfecho a un caballo normal, y todo ese alimento debía ser introducido en un esófago que sólo tenía cuatro veces el diámetro normal. También los vasos sanguíneos

eran comparativamente reducidos, lo cual dificultaba la circulación y sometía al corazón a un esfuerzo adicional.

Una bestia lamentable.

Esta fábula muestra lo que ocurre inevitablemente cuando interactúan dos o más variables cuyas curvas discrepan entre sí. Eso es lo que produce la interacción entre el cambio y la tolerancia. Por ejemplo, en una población, el crecimiento gradual del número de automóviles o de habitantes no tiene ningún efecto perceptible sobre el sistema de transporte, hasta que *de pronto* se pasa el umbral de tolerancia, y entonces hay embotellamientos de tránsito. El cambio de una de las variables deja al descubierto un valor crítico de la otra.

De todos esos casos, el más conocido en la actualidad es el comportamiento del material fisiónable de una bomba atómica. El uranio en estado natural soporta una fisión continua, pero no se produce explosión porque no se establece una reacción en cadena. Cada átomo, al romperse, deja en libertad neutrones que pueden fisionar a otro átomo si chocan contra él, pero muchos neutrones meramente se pierden. A menos que la masa de uranio alcance el tamaño crítico, menos de un neutrón de cada fisión chocará, en promedio, contra otro átomo, y la cadena se cortará. Si la masa es más grande, una mayor fracción de los neutrones chocará y producirá la fisión. El proceso adquirirá entonces una *acumulación* exponencial positiva y se convertirá en una explosión.

En el caso de nuestro caballo imaginario, la longitud, la superficie y el volumen (o la masa) se tornan discrepantes porque sus curvas de incremento no mantienen entre sí una relación unilínea. La superficie aumenta según el cuadrado de la longitud, el volumen aumenta según el cubo de la longitud, y la superficie lo hace con un exponente igual a los dos tercios del volumen.

Para el caballo (y para todos los seres vivos reales) la cuestión se vuelve más seria, porque para que permanezcan vivos deben mantenerse muchos movimientos interiores. Hay una logística interna de la sangre, el alimento, el oxígeno y los productos de la excreción, y una logística de información en la forma de mensajes neurales y hormonales.

La marsopa, de alrededor de un metro de largo, con una capa de grasa de unos dos centímetros y medio y una superficie exterior de aproximadamente medio metro cuadrado, tiene una acumulación calórica que equilibra cómodamente el frío de las aguas del Ártico. La acumulación calórica de una ballena de gran tamaño, cuya longitud es casi diez veces la de la marsopa (vale decir su superficie es cien veces mayor y su volu-

men mil veces mayor) y cuya capa de grasa es de unos treinta centímetros, resulta completamente misteriosa. Hay que presumir que posee un superior sistema logístico, que desplaza su sangre entre las aletas dorsales y las de la cola, donde todos los cetáceos se desprenden del calor.

El crecimiento añade otro orden de complejidad a los problemas del grandor de las cosas vivas. El interrogante que se plantea es si él ha de alterar las proporciones del organismo. Los problemas de la limitación del crecimiento son enfrentados de distinto modo por diferentes seres vivos.

Un ejemplo simple es el del cocotero, que no ajusta su circunferencia para compensar un aumento de altura. Un roble o encina con tejido en aumento (cámbium) entre su madera y su corteza crece en logitud y anchura a lo largo de su vida; en el cocotero, por el contrario, el único tejido capaz de crecer se encuentra en la punta del tronco (la llamada "ensalada de millonarios", que sólo puede obtenerse al precio de matar el árbol), y ello hace que su altura sea cada vez mayor mientras que el tronco sólo experimenta un leve engrosamiento en la base. En este organismo, la limitación de la altura no es sino una parte normal de su adaptación ecológica al medio. La mera inestabilidad mecánica producida por una altura excesiva no compensada con una mayor anchura marca su vía normal hacia la muerte.

Muchas plantas evitan (¿o resuelven?) estos problemas de limitación del crecimiento ajustando su período de vida al calendario o a su propio ciclo reproductivo. Las anuales inician una nueva generación cada doce meses, y las del tipo de la pita o yuca pueden vivir muchos años pero, al igual que el salmón, inevitablemente mueren cuando se reproducen. La yuca no ramifica, salvo la ramificación múltiple que se produce dentro de su cabezuela florida; la propia inflorescencia ramificada es su tallo terminal; cuando ha completado su función, se produce la muerte de la planta. Su muerte es un acontecimiento normal dentro de su modo de vida.

En algunos animales superiores, el crecimiento es controlado. El ser alcanza un tamaño, o edad, o etapa en que el crecimiento simplemente se detiene (o sea, es detenido por mensajes químicos o de otra índole dentro de su organización). Sometidas a ese control, las células dejan de crecer y de dividirse. Cuando los controles ya no operan (por no poder generar el mensaje o por no poder recibirlo), el resultado es el cáncer. ¿Dónde se originan esos mensajes, qué desencadena su envío, y en qué código presumiblemente químico se hallan inmanentes? ¿Qué controla la casi perfecta simetría bilateral externa del cuerpo de los mamíferos? Poseemos un conocimiento notablemente escaso del sistema de mensajes que controla el creci-

miento. Debe existir todo un sistema de interconexiones hasta ahora apenas estudiado.

13. La lógica es un modelo deficiente de la causa y el efecto

Utilizamos las mismas palabras para referirnos a secuencias lógicas y a secuencias de causa y efecto. Decimos: "Si se aceptan las definiciones y postulados de Euclides, entonces dos triángulos que tengan sus tres lados iguales son iguales entre sí". Y también decimos: "Si la temperatura desciende por debajo de 0° C, entonces el agua se solidifica".

Pero los "si... entonces..." de la lógica del silogismo son muy distintos de los "si... entonces..." de la causa y el efecto.

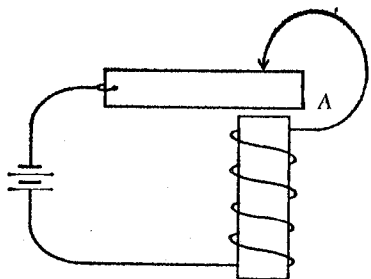
En una computadora, que opera por causa y efecto, en la que un transistor pone en movimiento al otro, las secuencias de causa y efecto se emplean para simular la lógica. Hace treinta años solíamos preguntar: ¿Puede una computadora simular todos los procesos de la lógica? La respuesta era afirmativa, pero la pregunta era sin duda equivocada. Debería haber sido esta otra: ¿Puede la lógica simular todas las secuencias de causa y efecto? Y la respuesta habría sido negativa.

Cuando las secuencias de causa y efecto se vuelven circulares (o adquieren formas más complejas aún que la circular), la descripción o trazado de esas secuencias en la lógica atemporal se torna autocontradictoria. Se generan paradojas que la lógica pura no puede tolerar. El circuito de un timbre ordinario nos servirá de ejemplo —una de las aparentes paradojas generadas en un millón de casos de homeostasis en toda la biología—. El circuito del timbre (véase la figura 3) está armado de modo tal que la corriente circular cuando la armadura hace contacto con el electrodo en A; pero el pasaje de corriente activa el electroimán que aparta a la armadura, haciendo cesar el contacto en A. La corriente deja entonces de circular por el circuito, el electroimán se desactiva, la armadura vuelve a hacer contacto en A, y el ciclo se repite.

Si expresamos este ciclo en una secuencia causal, tenemos lo siguiente:

- Si se hace contacto en A, entonces se activa el electroimán.
- Si se activa el electroimán, entonces cesa el contacto en A.
- Si cesa el contacto en A, entonces se desactiva el electroimán.
- Si se desactiva el electroimán, entonces se hace contacto.

Figura 3.



Esta secuencia es perfectamente satisfactoria siempre y cuando quede bien en claro que las combinaciones "si... entonces..." son *causales*. Pero si se quiere hacer una mala broma y pasar los "si" y los "entonces" al mundo de la lógica, el resultado será escandaloso:

Si se hace contacto, entonces cesa el contacto.
Si *P*, entonces no *P*.

Los "si... entonces..." de la causalidad contienen *tiempo*, mientras que los "si... entonces..." de la lógica son atemporales. De esto se desprende que la lógica es un modelo incompleto de la causalidad.

14. La causalidad no opera hacia atrás

La lógica a menudo puede ser invertida, pero el efecto nunca precede a la causa. Esta generalización ha sido un escollo para las ciencias de la psicología y de la biología desde la época de Platón y Aristóteles. Los griegos se inclinaban a creer en lo que luego se denominó *causas finales*; pensaban que la pauta generada al final de una secuencia de sucesos podía considerarse, de algún modo, causal respecto del derrotero seguido por esa secuencia. Esto condujo a todo el asunto de la teleología (*telos* significa el fin o finalidad de una secuencia de sucesos).

Los pensadores de la biología se enfrentaron con el problema de la adaptación. Parecía que las tenazas del cangrejo estaban para agarrar cosas. La dificultad siempre residía en hacer retroceder el razonamiento desde la finalidad de las tenazas a la causa de su desarrollo. Durante mucho tiempo se consideró herético en biología creer que las tenazas estaban allí *porque* eran útiles. Esta creencia contenía la falacia teleológica, una inversión de la causalidad en el tiempo.

El pensamiento lineal progresivo siempre generará o bien la falacia teleológica (de que el fin determina el proceso), o bien el mito de alguna instancia sobrenatural de control.

Lo cierto es que cuando los sistemas causales se tornan circulares (asunto que discutiremos en el capítulo 4), un cambio en una parte cualquiera del círculo puede considerarse como *causa* de un cambio, en un momento posterior, en cualquier variable y en cualquier lugar del círculo. Así, un aumento de la temperatura de una habitación puede ser considerado causa del cambio en el encendido del termostato, y, alternativamente, puede considerarse que la acción del termostato controla la temperatura de la habitación.

15. Por lo común, el lenguaje sólo destaca uno de los aspectos de una interacción cualquiera

Siempre hablamos como si una "cosa" pudiera "tener" cierta característica. Una piedra, decimos, es "dura", "pequeña", "pesada", "parda", "densa", "frágil", "caliente", "móvil", "inmóvil", "visible", "comestible", "no comestible", etc.

Así está hecho nuestro lenguaje: "La piedra es dura". Etcétera. Y esa manera de hablar basta para ir al mercado: "Esa es una nueva marca". "Las papas están podridas". "Los huevos están frescos". "El recipiente está roto". "El diamante está rayado". "Un kilo de manzanas es suficiente". Y así siguiendo.

Pero esta manera de hablar no es correcta para la ciencia o la epistemología. Para pensar correctamente, conviene suponer que todas las cualidades y atributos, adjetivos, etc., se refieren al menos a *dos* conjuntos de interacciones en el tiempo.

"La piedra es dura" significa: *a*) que cuando se quiere introducir un objeto en ella resiste a la penetración, y *b*) que ciertas interacciones continuas entre las *partes* moleculares de la piedra las mantienen de algún modo unidas.

"La piedra está inmóvil" hace referencia al lugar en que está situada la piedra respecto del lugar de la persona que habla y de otras posibles cosas móviles. También hace referencia a cuestiones internas de la piedra: su inercia, su falta de distorsión interna, su falta de fricción superficial, etc.

El lenguaje afirma de continuo, mediante la sintaxis de sujeto y predicado, que las "cosas" de alguna manera "tienen" cualidades y atributos. Una manera más precisa de hablar insistiría en que las "cosas" son producidas, en que se las concibe separadas de otras "cosas", y en que sus relaciones internas y su comportamiento en relación con otras cosas y con el hablante son lo que las torna "reales".

Es preciso tener bien en claro esta verdad universal: sean lo que fueren las "cosas" en su mundo pleromático y cosístico, sólo pueden ingresar en el mundo de la comunicación y del significado merced a sus nombres, sus cualidades y sus atributos (o sea, merced a informes sobre sus relaciones internas y externas y sobre sus interacciones).

16. Las palabras "estabilidad" y "cambio" describen unas partes de nuestras descripciones

En otros lugares de este libro, la palabra "estable", y también, forzosamente, la palabra "cambio", se volverán muy importantes. Es sensato, pues, que las examinemos ahora que estamos en la fase introductoria de nuestra tarea. ¿Qué trampas contienen u ocultan estas palabras?

"Estable" suele utilizarse como un adjetivo aplicado a una cosa. Se dice que un compuesto químico, una casa, un ecosistema o un gobierno son "estables". Si indagamos un poco más, se nos dirá que el objeto estable no se modifica bajo el impacto o la tensión derivados de alguna variable interna o externa, o quizá, que resiste el paso del tiempo.

Si empezamos a investigar qué hay detrás de este uso de la "estabilidad", hallaremos una amplia gama de mecanismos. En el nivel más simple, tenemos la dureza o la viscosidad físicas, cualidades descriptivas de las relaciones de impacto entre el objeto estable y algún otro. En niveles más complejos, toda la masa de procesos interconectados llamada *vida* puede estar involucrada en hacer que nuestro objeto perdure en un *estado de cambio* capaz de mantener ciertas constantes necesarias, como la temperatura del cuerpo, la circulación de la sangre, la cantidad de glucosa en la sangre, o aun la vida misma.

El acróbata en un alto trapecio mantiene su estabilidad mediante una corrección continua de su desequilibrio.

Estos ejemplos más complejos sugieren que cuando utilizamos la palabra "estabilidad" al referirnos a cosas vivas o a circuitos que se autocorrigen, *deberíamos seguir el ejemplo de las entidades sobre las cuales hablamos*. Así como para el trapecista es importante lo que se denomina su "equilibrio", para el cuerpo de un mamífero lo es su "temperatura". Acerca del estado cambiante de estas importantes variables se informa momento a momento en las redes de comunicación del cuerpo. Para seguir el ejemplo de la entidad referida, deberíamos definir siempre la "estabilidad" por referencia a *la verdad en curso de cierta proposición descriptiva*. El enunciado: "El acróbata está sobre el alto trapecio" sigue siendo verdadero bajo el im-

pacto de leyes corrientes de aire y vibraciones del cable del trapecio. Esta "estabilidad" es el resultado de cambios con tinuos en las descripciones de la postura del acróbata y de la ubicación de su polo de equilibrio.

De ello se infiere que nuestros enunciados acerca de la "estabilidad" de entidades vivas deben ser siempre rotulados con referencia a cierta proposición descriptiva, de modo tal que la tipificación de la palabra "estable" resulte clara. Como ya veremos, especialmente en el capítulo 4, *toda* proposición descriptiva debe caracterizarse según la tipificación lógica de sujeto, predicado y contexto.

Análogamente, todo enunciado acerca del cambio exige las mismas precisiones. Un dicho tan profundo como el francés "*Plus ça change, plus c'est la même chose*" ("Cuanto más cambia, más sigue siendo lo mismo"), debe su sagaz sapiencia a una confusión de tipos lógicos. Tanto lo que "cambia" cuanto lo que "sigue siendo lo mismo" son proposiciones descriptivas, pero de orden diferente.

La lista de presupuestos examinada en este capítulo requiere algún comentario. Ante todo, esa lista no es en modo alguno completa, y no puede afirmarse que sea posible preparar algo así como una lista completa de verdades o generalidades. ¿Es acaso una característica del mundo en que vivimos que una lista tal sea finita?

En la preparación de este capítulo hemos resignado aproximadamente una docena de ítems que eran candidatos a ser incluidos en él, y a otros tantos se los desplazó a los capítulos 3, 4 y 5. Pero pese al carácter incompleto de la lista, hay todavía una serie de posibles ejercicios que el lector puede llevar a cabo con ella.

En primer lugar, siempre que un científico tiene ante sí una lista, por un impulso natural empieza a clasificar u ordenar sus miembros. Yo lo he hecho en parte, dividiendo la lista en cuatro grupos, dentro de los cuales los miembros se vinculan de diversas maneras. No sería un ejercicio trivial enumerar las maneras en que pueden conectarse tales verdades o presupuestos. El agrupamiento que yo he fijado es el siguiente:

Un primer grupo incluye los presupuestos 1 a 5, que parecen aspectos conexos del fenómeno necesario de la codificación. Aquí, por ejemplo, la proposición de que "la ciencia nunca prueba nada" se reconoce fácilmente como un sinónimo de la distinción entre mapa y territorio; ambas derivan de los experimentos de Ames y de la generalización de la historia natural en el sentido de que "no hay experiencia objetiva".

Es interesante advertir que, en el aspecto abstracto y filosó-

fico, este grupo de generalizaciones debe depender muy estrechamente de algo parecido a la "navaja de Occam" o regla de economía. Sin un criterio supreneto de esa índole, no hay una manera concluyente de elegir entre una hipótesis y otra. El criterio que resulta indispensable es el de la simplicidad versus la complejidad. Pero junto a estas generalizaciones tenemos su conexión con la neurofisiología, los experimentos de Ames, etc. Uno se pregunta de inmediato si el hecho de que el material sobre la percepción no acompañe al de carácter más filosófico no se debe a que el proceso de la percepción contiene algo así como un criterio de economía. El análisis de las totalidades y las partes en la proposición 5 es una formulación de una clase común de transformación que tiene lugar en los procesos que llamamos *descripciones*.

Las proposiciones 6, 7 y 8 forman un segundo grupo, que se ocupa de las cuestiones referidas a lo aleatorio y lo ordenado. Observará el lector que la idea de que lo nuevo sólo puede sacarse de lo aleatorio está en casi total contradicción con la inevitabilidad de la entropía. Todo el asunto de la entropía y la entropía negativa o negentropía (véase el "Glosario"), así como los contrastes entre el conjunto de generalidades asociado con estas palabras y el asociado con la energía, será tratado en el capítulo 6, cuando nos ocupemos de la economía de la flexibilidad. Aquí baste señalar la interesante analogía formal que existe entre la aparente contradicción de este grupo y la discriminación que hemos trazado en el tercer grupo, donde se oponen, en la proposición 9, el número y la cantidad. El tipo de pensamiento referido a la cantidad se asemeja en muchos aspectos al que gira en torno del concepto de energía, en tanto que el concepto de número está mucho más íntimamente vinculado con los de pauta y negentropía.

El misterio cardinal de la evolución reside, desde luego, en el contraste entre los enunciados de la segunda ley de la termodinámica y la observación de que lo nuevo sólo puede sacarse de lo aleatorio. Fue este contraste el que Darwin resolvió en parte mediante su teoría de la selección natural.

Las proposiciones 9 a 12 y 13 a 16 constituyen los otros dos agrupamientos de la lista. Dejo en manos del lector expresar con sus propias palabras cuál es la vinculación interna de estos grupos, y crear otros de acuerdo con su propia manera de pensar.

En el capítulo 3 seguiré bosquejando el trasfondo de mi tesis mediante una enumeración de generalidades o presupuestos, pero a la vez me acercaré más a los problemas centrales del pensamiento y la evolución, al tratar de responder a esta pregunta: *¿De qué manera pueden dos o más ítems de informa-*

ción o directivas operar de consuno o en oposición? Esta pregunta y sus múltiples respuestas me parecen fundamentales para cualquier teoría del pensamiento o de la evolución.

Notas

¹ William de Occam u Ockham, filósofo escolástico inglés (1280-1349), enunció el axioma "*Entia non sunt multiplicanda*" ("Las entidades no deben multiplicarse"), o sea que en el análisis de un problema hay que eliminar todos los hechos o constituyentes innecesarios. Se decía que merced a ese axioma cortaba los problemas "como con una navaja". [N. del T.]

² Para ser más exacto, debería haber escrito: "La primera de estas claves es el *contraste* en el tamaño".

³ Observo no sólo que los procesos de la percepción visual son inaccesibles a la conciencia, sino también que es imposible construir en palabras una descripción aceptable de lo que debe de suceder en el más simple acto de visión. El lenguaje no suministra medio alguno de expresión para lo que no es conciente.

⁴ Superficie plana o de otra índole que constituye el límite común de dos cuerpos, espacios o entidades. [N. del T.]

⁵ Comunicación personal de John Stroud.

⁶ "Mental images"; también podría traducirse (dado que "mental" deriva de "mind", "espíritu") "imágenes espirituales". [N. del T.]

⁷ La cuestión de la necesidad formal aquí planteada puede tener la siguiente respuesta. Evidentemente, el universo se caracteriza por una distribución desigual de conexiones causales y de otro tipo entre sus partes; o sea, hay regiones de densa conexión separadas entre sí por regiones de conexión menos densa. Bien puede ocurrir que, necesaria e inevitablemente, haya procesos sensibles a la densidad de la interconexión, de modo tal que aumente esa densidad o que los raleados nexos se vuelvan más raleados aún. En tal caso, el universo presentará forzosamente una apariencia en que las totalidades estarán ligadas por la rareza relativa de su interconexión.

⁸ La historia merece repetirse. Wallace era un joven naturalista que en 1856 (tres años antes de la publicación de *El origen de las especies*, de Darwin), hallándose en la selva de Ternate, Indonesia, azotada por lluvias torrenciales, contrajo el paludismo, y luego de un delirio tuvo una experiencia psicodélica en la que descubrió el principio de la selección natural. Relató esto a Darwin en una larga carta, donde le explicaba su hallazgo en los siguientes términos: "Este principio actúa de manera exactamente igual al regulador centrifugo de la máquina de vapor, que verifica y corrige cualquier irregularidad casi antes de que se ponga de manifiesto; de manera análoga, ninguna deficiencia desequilibrada en el reino animal puede alcanzar jamás una magnitud notoria, porque ya desde el primer momento se haría sentir, tornando difícil la existencia y casi segura la subsiguiente extinción". (Reproducido en Philip Appleman, ed., *Darwin*, edición anotada, W. W. Norton, 1970).

⁹ Repárese en el empleo de una metáfora física, inadecuada para los fenómenos de *creatura* que se analizan. En verdad, puede sostenerse que toda esta comparación entre las cuestiones biológico-sociales, por un lado, y los procesos físicos, por el otro, es un uso monstruoso de una metáfora inapropiada.

¹⁰ Lucrecio, *On the Nature of the Universe*, trad. al inglés por R. E. Lathan, Baltimore: Penguin Books.

¹¹ Uso la expresión "cartografiar sobre" ["*to map onto*"] por los siguientes motivos. Toda descripción, explicación o representación es necesariamente, en cierto sentido, el cartografiado sobre alguna superficie, o matriz, o sistema de coordenadas, de las derivaciones de los fenómenos que se pretende describir. En

el caso de un mapa real, la matriz receptora es por lo común una hoja plana de papel de extensión finita, y las dificultades se presentan cuando aquello que se quiere cartografiar es demasiado grande o, por ejemplo, esférico. Surgirían otras dificultades si la matriz receptora fuese la superficie de un toro [en el sentido geométrico] (una rosquita), o si fuese una secuencia de puntos lineal progresiva (véase el "Glosario") y discontinua. Cualquier matriz receptora, incluso un lenguaje o una red tautológica de proposiciones, tendrá características formales propias que, *en principio*, distorsionarán los fenómenos que se quieren cartografiar sobre ella. Tal vez el universo ha sido diseñado por Procusto, ese siniestro personaje de la mitología griega a cuyo lecho debía amoldarse todo caminante que pernoctaba en su cabaña, so pena de que las piernas le fueran alargadas o amputadas.

⁹ Según la cita de Warren McCulloch en *Embodiments of Mind*, Cambridge: MIT Press, 1965.

¹⁰ Más adelante examinaremos con algún detalle el concepto de tipo lógico, de Bertrand Russell (véase especialmente la última sección del capítulo 4, págs. 102 y sigs.). Por el momento, entiéndase que debido a que una clase no puede ser miembro de sí misma, las conclusiones que pueden extraerse únicamente de múltiples casos (p. ej., de diferencias entre parejas de ítems) son de un tipo lógico diferente que aquellas que se extraen de un solo ítem (p. ej., de una cantidad). (Véase también el "Glosario".)

^d Se refiere a la novela utópica *Erewhon*, de Samuel Butler, publicada en 1872. El título es anagrama de "nowhere", "en ninguna parte" o "a ninguna parte".

3. Múltiples versiones del mundo

"Lo que te digo tres veces es verdad". Lewis Carroll, *The Hunting of the Snark*.

En el capítulo 2, "Todo escolar sabe...", se ha introducido al lector en una serie de ideas básicas sobre el mundo, de proposiciones o verdades elementales con las cuales toda epistemología o epistemólogo serios deben llegar a un acuerdo.

En este capítulo pasaré a generalizaciones algo más complejas, por cuanto la pregunta que formulo adopta esta forma esotérica inmediata: "¿Qué agregado o incremento del saber se deriva de una combinación de información procedente de dos o más fuentes?".

El lector puede considerar al presente capítulo y al número 5, "Múltiples versiones de la relación", como dos rubros más que todo escolar debe conocer. Y de hecho, en el borrador primitivo del libro un título que rezaba "Dos descripciones son mejores que una" abarcaba todo este material. Pero como el libro fue escrito de manera más o menos experimental durante unos tres años, bajo este título se fueron agregando una gama muy amplia de secciones, y se tornó evidente que la combinación de diversas piezas de información definía un enfoque de enorme eficacia para lo que en el capítulo 1 llamé "la pauta que conecta". Mi atención fue atraída hacia determinadas facetas de la gran pauta por las formas particulares en que podían combinarse dos o más piezas de información.

Aquí me centraré en aquellas variedades de información que parecerían brindar al organismo receptor información sobre el mundo que lo rodea o sobre sí mismo como parte de ese mundo externo (como cuando un ser vivo ve uno de sus propios dedos del pie). Dejaré para el capítulo 5 las combinaciones más sutiles y, en verdad, más biológicas o "vivas" que darían al receptor un mayor conocimiento acerca de las relaciones y procesos internos denominados el "self".

En cada caso, la pregunta fundamental que formularé se referirá al incremento de comprensión que proporciona la combinación de información. No obstante, se recuerda al lector que por detrás de esta simple y superficial pregunta se esconde en parte otra más profunda y tal vez mística: "¿El estu-