

LA ESCALA DE PLANCK A LA LUZ DE LA INDAGACIÓN PSICOLÓGICA

Donde se inquiera
por el uso de esta escala
en la GRAVEDAD CUÁNTICA
guiados por los tres
FILTROS CONTRA LA ZONCERA
de GARRETT HARDIN:
ALFABETISMO; o, ¿cuáles son las palabras?
NUMERISMO; o, ¿cuáles son los números? y
ECOLISMO; o, ¿y después, qué?

Traducida al castellano de la versión original

THE PLANCK SCALE IN THE LIGHT
OF PSYCHOLOGICAL ENQUIRY

y tipográficamente recompuesta
por el propio autor

DIEGO MESCHINI

Oriundo de la ciudad de Bahía Blanca,
ávido espectador y sopesador
de manifestaciones naturales y humanas.

VANTTILA, ESPOO
NOVIEMBRE DE 2011

❦ IN MEMORIAM ❦

GARRETT JAMES HARDIN (1915–2003)

El progreso de la ciencia — de hecho, de todo verdadero conocimiento — depende del coraje de la “mayoría de uno” de Thoreau ante el casi unánime error.

EMPERADORES DESNUDOS: ENSAYOS DE UN ACECHADOR DE TABÚES (1982)

I. UNA VISTA MARCIANA

LA HISTORIA NACIENTE de la gravedad cuántica es un relato de confusión y negación — confusión que padecemos pero que negamos en lo más profundo de nuestro ser. Encontrándose huérfana, carente de un modelo en el mundo real, de un referente natural *de que tratarse*, y hallándose así incapaz de escapar década tras década de desorientación y frustraciones, la gravedad cuántica ha dado la bienvenida a la escala de Planck y la ha abrigado cual si fuera un regalo del cielo. La escala de Planck ha proporcionado a la gravedad cuántica, en general y más allá de enfoques particulares, un mango esencial de donde asirse en lo que, por lo demás, es un campo de investigación teórica desierto de observaciones y falta de señales de guía.

A la vez que la escala de Planck cobra estatura y estima en la física de frontera con rapidez temeraria, la mente alerta e inquisitiva siente, no obstante, una punzante intriga. Se siente estimulada de inmediato, llamada ineludiblemente a ahondar en la razón de ser de esta noción interponiendo una reservada distancia cual si fuera el espectador imparcial de Adam Smith; o el observador neutral de Hans Reichenbach, quien investiga ideas extrañas “como el naturalista estudia un raro espécimen de escarabajo”; o — imagen preferida de Garrett Hardin — el desprejuiciado hombre de Marte de Ernst Renan.

(Reichenbach, 1951, p. 3)

(Hardin, 1972, p. 72)

En el trabajo previo “La escala de Planck: Hechos y creencias”, investigamos el origen analítico-dimensional de la escala de Planck según es usada hoy en la gravedad cuántica, y concluimos que la pertinencia de esta escala para la física es dudosa. No es el propósito del presente trabajo repetir lo ya expuesto sino proseguir con un análisis más allá del qué y el cómo de esta llamativa idea — cuestiones éstas propias de la esfera de la física pura. Deseamos ahora indagar más profundamente por el corazón de esta idea y preguntarnos ya no, “¿Qué es la escala de Planck?” sino “¿Por qué es la escala de Planck?”

En otras palabras: sopesar la escala de Planck a la luz de la indagación psicológica.

II. FILTROS CONTRA LA ZONCERA

El biólogo-ecólogo Garrett Hardin fue un hombre maldecido con la carga de una aguda visión profética y bendecido con el don de una exposición emotiva, libre de concesiones y retórica. Asiendo sin reparos los ardientes tabúes sobre población y progreso que hoy restringen nuestro pensar, en *Filtros contra la zoncera* Hardin nos dio un conjunto de tres filtros para servirnos de herramientas del pensamiento mediante las cuales mejor sopesar los crecientes males ecológicos del mundo. Los tres filtros habían de ser aplicados en conjunto, dado que el prejuicio que cada uno de ellos comporta queda compensado por los de los otros.

El primer filtro es el *alfabetismo*. El paradigma para su aplicación a un asunto va encapsulado en la pregunta, *¿Cuáles son las palabras?* Como en el libro en cuestión dijo Hardin—con simplicidad suficiente para dejar estupefacto a cualquier gran estudioso profesional de Sapir y Whorf—, “Más allá de la comunicación, el lenguaje tiene dos funciones: promover el pensamiento, y coartarlo” (p. 28). Por ende, preguntarnos por las palabras de un asunto puede tanto mostrarnos que las al momento usadas restringen nuestro pensar y no son del todo adecuadas, como así también ayudarnos a encontrar mejores palabras que liberen nuestra mente y nos proporcionen una visión más amplia.

El segundo filtro es el *numerismo*. Éste se aplica formulando la pregunta, *¿Cuáles son los números?* Este filtro tiene por fin hacernos pensar en el aspecto cuantitativo de las cosas, además del aspecto cualitativo capturado por el filtro anterior. El filtro del numerismo requiere además que, una vez puestos en evidencia, procedamos a interpretar los números pertinentes prudentemente a la luz del conocimiento disponible.

El tercer y último filtro es el *ecolismo*. Éste es el de mayor y más profundo alcance de los tres. Su poder de penetración radica en su enfoque poco convencional, pues nos fuerza a mirar los asuntos de una forma a la que no estamos acostumbrados. Buscando satisfacción inmediata, en la sociedad actual demasiado frecuentemente abordamos la vida y las circunstancias que ésta nos presenta con una actitud de urgente inmediatez: queremos ciertas cosas, y las queremos ya—mañana a más tardar. El filtro del ecolismo nos hace tomar una perspectiva de largo plazo: en ecología, del orden de siglos; en la vida cotidiana, del orden de décadas. Una vez que ha quedado todo dicho y hecho, nos disponemos a formular la inconveniente pregunta, *¿Y después, qué?*

Los filtros de Hardin no sólo son filtros contra la zoncera de hacedores de planes de acción en un mundo que crece constantemente pero que, paradójicamente, es finito y se halla ya superpoblado. Estos también son filtros contra la zoncera en otros campos del entendimiento.

¿Qué nos relevan estos filtros al aplicarlos a la idea de la escala de Planck en el campo de la gravedad cuántica?

III. ¿CUÁLES SON LAS PALABRAS?

La escala de Planck viene caracterizada por la longitud de Planck l_p , el tiempo de Planck t_p y la masa de Planck m_p (o la energía de Planck E_p). Las palabras a pasar por el filtro del alfabetismo, por lo tanto, son “longitud”, “tiempo” y “masa” (o “energía”). Siendo estos los conceptos cimentales de la gravedad cuántica, ¿qué clase de teoría cualitativa cabe esperar construir sobre ellos?

De la consideración conjunta de estos conceptos, surge la gravedad cuántica como una teoría esencialmente *mecánica* de algo físico, pero por

el momento desconocido — aparentemente, un hecho circunstancial y secundario —, que tiene un cierto tamaño l_p y masa m_p (o energía E_p) y que evoluciona en el tiempo en períodos típicos t_p .

Pero a juzgar por los grandes prospectos revisionistas que típicamente caracterizan a este campo de estudio — visiones éstas que, se dice, involucrarían cambios revolucionarios en nuestras ideas de espacio y tiempo — longitud, tiempo paramétrico y masa dejan mucho que desear como conceptos fundacionales. ¿Cómo habría una teoría mecánica de lo que fuera de aclararnos los mismísimos conceptos que se ve forzada a asumir sin previa crítica o análisis? Si, digamos, una cuerda de longitud l , masa m y energía vibratoria E situada en algún espacio evoluciona dinámicamente en el tiempo paramétrico t , ¿cómo podría tal o cual hipotética teoría de cuerdas descubrir una capa más profunda de la naturaleza de estas ideas? La mecánica se halla basada sobre el espacio, el tiempo paramétrico y la masa; hace uso de estos conceptos, piensa sobre ellos, cabalga sobre sus lomos, pero no los explica ni puede explicarlos.

Tal hecho ha sido reconocido por David Gross, quien en una entrevista para *Nova* se expresó sobre el tema con las siguientes reveladoras palabras:

Hemos reemplazado partículas con cuerdas — éste es en cierto sentido el aspecto más revolucionario de la teoría. Pero todos los otros conceptos de la física *no han sido tocados*. . . .

Por otra parte, muchos de nosotros creemos que esto no será suficiente para lograr los postreros objetivos de la teoría de cuerdas, o siquiera para entender qué es esta teoría, cuáles son sus principios básicos; que, en algún punto, será *necesaria una revolución* o discontinuidad mucho más drástica en nuestro sistema de creencias; y que esta revolución probablemente cambiará la manera en que pensamos sobre el espacio y el tiempo, y que tal vez hasta los elimine completamente de los fundamentos de nuestra descripción de la realidad.^a

Citas originales
en la página 36.

Como Gross aparentemente reconoce, llamar revolución al reemplazo de partículas puntuales con cuerdas no parece ser del todo apropiado. Por el contrario, de sus palabras inferimos que la teoría de cuerdas no es la tan esperada revolución sino que *es ésta la que necesita* una revolución. Pero, dicho sea nuevamente, ¿cómo habría de engendrarse una revolución sobre el lomo intelectualmente fatigado de unas cuerdas mecánicas en el espacio y el tiempo paramétrico cuando, como dijimos, es precisamente este edificio mecánico el que necesita cimientos más profundos? ¿Hemos de ajustar los enigmas del espacio, el tiempo y la materia a los métodos geométrico-mecánicos que la historia nos ha proporcionado — métodos desarrollados y usados para enfrentar *otros* problemas —, o habremos de desarrollar métodos que se ajusten a los diferentes enigmas que hoy enfrentamos? ¿Hemos de ajustar la mano al guante, o el guante a la mano? Escuchemos a José Ortega y Gasset:

¿Qué sentido tiene esto? La ciencia ha de resolver hoy sus problemas, no transferirlos a las calendas griegas. Si sus métodos actuales no bastan para dominar hoy los enigmas del universo, lo discreto es sustituirlos por otros más eficaces. Pero la ciencia usada está llena de problemas que se dejan intactos por ser incompatibles con los métodos. ¡Como si fuesen aquéllos los obligados a supeditarse a éstos, y no al revés! (Ortega y Gasset, 1923, p. 162)

Además de la longitud, el tiempo y la masa, ocasionalmente suelen considerarse también la carga de Planck q_P , obtenida mediante la permitividad del vacío ϵ_0 , y la temperatura de Planck τ_P , obtenida mediante la constante de Boltzmann k_B , pero éstas no nos proporcionan gran ayuda visto el asunto desde esta perspectiva, ya que la gravedad cuántica podría en tal caso llegar a ser una teoría electrodinámica, termodinámica o electrotermodinámica basada en un grupo más amplio de conceptos pero aún desprovistos de análisis — conceptos que son, en verdad, inanalizables. Más no es mejor. De hecho, lo opuesto suele darse en la teorización científica, en la cual lo breve, si bueno, dos veces bueno — y cuanto menos, mejor.

Para empeorar las cosas, al igual que la elección de constantes que resultan en la escala de Planck básica, la elección de esta escala de Planck extendida queda del mismo modo librada al gusto del físico teórico pero sin que éste disponga de guía observacional alguna. Por ejemplo, ¿basándose en qué habrá de elegir una constante natural más cuyas dimensiones contengan la unidad de Coulomb y poder así generar la carga de Planck? Se suele elegir en este caso la permitividad del vacío ϵ_0 , o equivalentemente la permeabilidad del vacío μ_0 , pero ¿por qué no habría de ser la carga del electrón e desde ya la pertinente carga de Planck que éste busca? Y similar pero más preocupantemente: ¿por qué no habría ya de ser el radio del electrón (o del protón, neutrón o quark), $l = 10^{-15}$ m, la pertinente longitud de Planck que busca? ¿Porque la palabra “electrón” no se parece a la palabra “Planck”? ¿O porque no hace falta usar el análisis dimensional para encontrarlas?

De las palabras “longitud”, “tiempo paramétrico” y “masa” sacamos entonces la conclusión de que una teoría de gravedad cuántica basada en la escala de Planck — casi la única clase de gravedad cuántica que existe — es una teoría mecánica que no es capaz de empezar a aclarar los conceptos que la han inspirado: es capaz de pensar *en términos de ellos*, pero no es capaz de pensar *en ellos*. “¿Qué son el espacio y el tiempo?” Magnífica y formidable resuena la pregunta en las aulas y cubre las páginas de gruesos y eruditos volúmenes, pero sólo su eco retorna, sin fin, imperturbado y vacío, para acecharnos.

He aquí un ejemplo especialmente significativo de lo que Ortega y Gasset, en su ensayo “Ideas y creencias”, llamó “creencias que somos” en oposición a “ideas que tenemos”. Es decir: para comprender una concepción física de forma nueva es preciso que tengamos ideas novedosas sobre ésta, pero dado que las concepciones que ahora examinamos hacen las veces de nuestras usuales

categorías del pensamiento, del indiscutido e invisible sustrato sobre el cual se desarrolla nuestra actividad intelectual, para lograr tener pensamientos novedosos sobre estas ideas es preciso que primero las pongamos en tela de juicio. ¿Pero cómo habremos de hacer tal cosa, cuando resulta que escapar precisamente a nuestras creencias en el espacio, el tiempo y la materia es tan arduo y extenuante — porque virtualmente *todo* sustrato del pensamiento se ha aquí evaporado — que recaemos y fallamos al querer pensar nuevos pensamientos sobre estos asuntos; y así, aún cuando ejecutamos nuestro intento explícita, intencional y continuamente, con un énfasis renovado a cada instante. Aquí, a diferencia de otras creencias menores que podríamos poner en tela de juicio ni bien el asunto fuese traído a nuestra consideración (por ejemplo, la firmeza del suelo bajo nuestros pies), nos vemos cara a cara con creencias tan arraigadas que, sin ellas, nuestro intelecto queda engeguedido y paralizado con el terror propio de una súbita y negrísima oscuridad: para ver aunque más no sea algo, necesitamos desesperadamente la llama de nuestras primitivas creencias.

Notemos, además, que dentro de este elemental trío de creencias — espacio, tiempo, materia — es la concerniente al tiempo la más fuertemente arraigada. De hecho, el tiempo es la más arraigada de todas las creencias que nos mantienen en pie. La creencia de que hubo un pasado, hay un presente y habrá un futuro guía cada una de nuestras expresiones, acciones y pensamientos. De acuerdo a esto, ninguna otra creencia se halla sometida a tabú más severo que la del tiempo: el tiempo es primera creencia, último tabú. A modo de ilustración, consideremos: la física de frontera ofrece las más variadas formas de entender el espacio (como una variedad multidimensional plegada sobre sí misma, un gráfico, una red, una malla, un conjunto causal, una “espuma”) pero, dondequiera que miremos, el tiempo continua siendo aquel viejo parámetro externo, t , sobre el cual ingenuamente proyectamos nuestras creencias de pasado, presente y futuro. Algunos físicos suelen deleitarse hablando de eliminar el tiempo de nuestra descripción de la realidad, y no obstante no se divisa ninguna nueva descripción genuinamente atemporal por lado alguno. Y no por nada. El tiempo y sólo el tiempo está ligado inextricablemente con el hecho de que somos, con nuestro ser consciente; y así, la metáfora de Borges, “El tiempo es la sustancia de que estoy hecho”, sea tal vez más que una mera metáfora.

(Borges, 1947,
p. 187)

Tenemos con esto una primera aproximación a nuestro asunto. Pero si queremos comprender por qué hemos llegado a la escala de Planck, debemos adentrarnos en esta indagación mucho más profundamente aún.

Tradicionalmente, la clave para el desarrollo de nuevas y mejores teorías científicas han sido siempre los experimentos de laboratorio, los trabajos de campo y la observación del mundo derredor. La historia de la ciencia es un feliz testimonio de esta aseveración: Galilei hizo caer pesas; Newton hizo girar baldes de agua; Hutton notó procesos de erosión en su chacra “mirando con ansiosa curiosidad en cada pozo, zanja o lecho de río que

se me cruzara por el camino”; Darwin juntó escarabajos, huesos y piedras; Faraday hizo pasar corrientes por cables; Einstein viajó, reloj en mano, en trenes de ensueño hacia rayos de luz, y sintió en la médula la sensación de caer; Planck miró dentro de una caja de luz; y Bohr observó el espectro de la materia rarificada.

Entre paréntesis, agreguemos al punto que, a diferencia de la mayoría de los hombres de ciencia que lo precedieron, Einstein no se basó en resultados de verdaderos experimentos para la invención de la teoría general de la relatividad. (Para la teoría especial, se basó en la observación experimental de la constancia de la velocidad de la luz.) Y, sin embargo, su método lejos estuvo de ser racionalista-deductivo, ya que, a diferencia de los físicos de frontera de hoy en día, Einstein buscó y encontró inspiración en simples experimentos mentales que *trataban del mundo real*, manteniendo siempre los pies en la tierra: los experimentos mentales de Einstein versaban de metros y relojes, de rayos de luz y trenes, de hombres en caída libre y gravitación —no estaban tejidos de cuerdas, minúsculos agujeros negros y espumas, cuyos referentes nadie ha visto jamás. A diferencia de Galilei y los demás, Einstein no se ensució las manos ni metafóricamente hablando, pero su método fue de todos modos equivalente al empirismo. Sin embargo, como ha observado López Corredoira en su ensayo “Cosmología: Sólo sé que no sé nada”, el método de Einstein es hoy percibido como racionalista-deductivo, como si se tratase de verdades emanadas de la bola de cristal del pensamiento puro, y los epígonos de Einstein, errónea y fatalmente, han sacado de aquí inspiración para tal nueva forma de hacer física.

¿Pero es que no hay también ahora fenómenos que deseemos entender, de manera renovada o por vez primera, y sobre los cuales pudiesen basarse las teorías de gravedad cuántica? Ciertamente que los hay, ya que los misterios, sin dudas, abundan: el corrimiento al rojo de las galaxias, la interferencia de la materia a través de dos ranuras o fenómeno de la existencia, la sensación consciente del tiempo y su relación con los relojes, el carácter de la experiencia consciente, la vida, etc. Pero la gravedad cuántica difiere de emprendimientos pasados, porque estos y otros enigmas no necesitan ni conducen a la escala de Planck como su modo de explicación. Por el contrario, la escala de Planck tiene su origen previa e independientemente de cualquier enigma natural que pretenda esclarecer: la gravedad cuántica construye su edificio patas arriba, con la chimenea en el sótano, o su carroza de atrás para delante, con el caballo fenomenológico siendo tirado por la carreta teórica.

Habiendo rechazado la física de frontera el tipo de inspiración y guía que abunda en los senderos de su tradición, llega ésta a la escala de Planck mirando en cambio las *palabras* “gravedad cuántica” y sacando de allí la superficial conclusión de que las constantes naturales h (cuanto), G (gravitación) y c (relatividad) deben figurar en ella en primer plano; y subsecuentemente da a la escala resultante la bienvenida, dado que las dimensiones de estas

tres constantes se combinan generosamente para producir una longitud, un tiempo y una masa típicos. Éstas son las concepciones más maleables que existen para la construcción de teorías por poseer un gran atractivo de orden cualitativo con respecto a aquel sustrato de creencias antes mencionado, a la *psique humana* tal cual es, la cual posee por naturaleza una mayor afinidad por conceptos mecánicos fácilmente visualizables, o sea, geométricos, en detrimento de otras ideas más alejadas de esta esfera. La longitud, el tiempo y la masa son, en pocas palabras, la plastilina de la psique, y he aquí en parte por qué, a pesar de su humilde origen (sobre lo cual diremos más luego), se le ha organizado a la escala de Planck tal bienvenida con fanfarrias. Dada así la escala de Planck, se la acepta de una vez y para siempre, y luego se la impone sobre cualesquiera fenómenos, sean estos enigmáticos o no, y se fuerza a estos a ajustarse al ciego tironeo del carro de sus preconcebidas explicaciones. Resulta, pues, que los fenómenos son, *en la práctica*, irrelevantes para la construcción de teorías.

Ahora bien: ¿por qué una teoría mecánica habría de resultarnos psicológicamente placentera? El estudio humano de la naturaleza comienza con el intento de figurarnos el fenómeno más elemental que se presenta en la conciencia, esto es, el cambio. El cambio encuentra su expresión primitiva en dos diferentes formas: externamente a la conciencia como movimiento (el movimiento de las cosas); e internamente a la conciencia como la sucesión de sensaciones. Desde el punto de vista de la razón humana, estas dos formas de cambio son mutuamente dicotómicas: el mundo de sensaciones y pensamientos internos que experimentamos en privado elude hasta ahora ser sometido a las extremas racionalizaciones de la física — la conciencia, por así decirlo, se rehúsa a revelar de qué está hecha —, y de aquí que no haya aún teoría física de la conciencia; pero el mundo público de las cosas en movimiento sí es, por el contrario, altamente susceptible de ser racionalizado por la física, oponiendo éste muy poca resistencia a revelar su esencia. Cabría decir entonces, invirtiendo la frase de Hardin —

Al apartar nuestra atención de la luna y concentrarla nuevamente en nuestro patio trasero, inevitablemente descubrimos que, cuanto más cercanos los problemas, más difíciles de resolver. Las verdaderas dificultades . . . no se encuentran en las estrellas sino en nosotros mismos.^b (Hardin, 1972, p. ix)

que, cuanto más lejanos los problemas, más fáciles de resolver. De hecho, el movimiento es tan ameno a la mente que el hombre comienza a formar su representación física del mundo por la mecánica: el movimiento es el fenómeno más simple de que el hombre es capaz de dar descripción física.

Como consecuencia de este hecho psicológico, una teoría mecánica resultará de gran atractivo, se hallará en la más pura resonancia, con los instintos básicos del hombre. Es, pues, de esperar que, habiendo rechazado el investigador recibir guía alguna de los fenómenos, quedará éste contando *exclusivamente* consigo mismo — con la forma de sus actuales conocimientos,

sus aprendidos métodos de teorización, sus necesidades psicológicas de visualización geométrica —, adaptando sus nuevas teorías pura y exclusivamente a estos. De aquí que se haya adoptado la geométrico-mecánica escala de Planck como base preformada para la gravedad cuántica, es decir, para la construcción de teorías por mente y mano del hombre sobre nada en particular.

Para ilustrar lo que se acaba de decir, notemos la lección que se desprende de la mecánica cuántica. A pesar de que al comienzo se esperó construir la mecánica cuántica como una teoría mecánica en el sentido primitivo del término (cf. el átomo de Bohr), fue precisamente la creciente *observación de fenómenos* cuánticos con sus peculiaridades lo que condujo a un *alejamiento* de aquella simple y predecible teoría en la que también las partículas microscópicas se comportaran determinísticamente, trazaran trayectorias o siquiera existieran en el sentido usual del término. Fue la cruda realidad de estas peculiares observaciones la única responsable del origen creativo de la mecánica cuántica tal como fue, de una teoría cuyo nombre delata los irrealizados prejuicios originales de sus hacedores: ¡lo que más tiene de mecánico la mecánica cuántica es su nombre! Y, hasta el día de hoy, se *percibe* la mecánica cuántica como un misterio en tanto y en cuanto no es mecánica.

Las palabras de Gross sobre el delicadísimo estado de la teoría de cuerdas esclarecen nuevamente esta extraña situación; su reflexión continua así: “Tenemos este poderosísimo conjunto de herramientas y métodos que describen esta *estructura intelectual*, y no obstante no sabemos verdaderamente qué se esconde en su entrañas”.^c Tal descripción de la teoría como un conjunto de herramientas, como una estructura intelectual, es una vez más acertadísima respecto de la situación de la gravedad cuántica: estructuras intelectuales es justamente lo que los físicos han producido, ingeniosas estructuras que han de servirnos de herramientas para pensar — pero *¿para pensar sobre qué?*

No se vislumbra respuesta alguna, y he aquí el quid de la cuestión. ¿Qué hay al fondo de la teoría de cuerdas o, por ser el caso, de cualquier otra teoría de gravedad cuántica? Vemos ahora que el motivo de esta desorientación es muy simple: estas teorías no nacieron de la simple experiencia, y como no sabemos *de qué* tratan, cuáles son sus modelos (lo que intentan “copiar”), a qué cosas del mundo natural se refieren, qué fenómenos observados se supone que explican, así terminan éstas siendo no más que ingeniosos trozos de pensamiento abstracto — habitantes legales del reino puramente matemático — pero no logran obtener para sí significado semántico. Tales estructuras intelectuales, propiamente dichas, viven sólo en nuestras cabezas, mientras que la naturaleza se rehúsa a reflejar siquiera un poco de la luz que aquéllas intentan echar sobre ésta. En última instancia, toda la confusión surge a causa de haber resuelto tomarnos estas teorías demasiado en serio.

Por el lado positivo, la aplicación del filtro del alfabetismo todavía tiene más para ofrecer. Si “longitud”, “intervalo temporal” y “masa” no son las palabras, ¿cuáles *son* entonces las palabras? Las palabras específicas, natu-

ralmente, son desconocidas y hoy, tal vez, inexistentes. Pero la dirección en la que deberíamos mirar para encontrarlas está clara: observación de la naturaleza, experimentos accesibles que el hombre pueda modificar y afectar. El camino hacia la gravedad cuántica no termina ni comienza con conceptos matemáticos vacuos de contenido; termina y comienza con cosas físicas que podamos observar y controlar. Cualquier teoría construida sobre tal base *poseerá* significado semántico, *tratará* sobre algo, *tendrá* un modelo, *será* física. “Cosas físicas” —*éstas* son las palabras.

☞ “Nos interesamos más cuando la ciencia informa lo que esos hombres [que pasan la vida en los campos y bosques] ya saben práctica o instintivamente, ya que sólo eso representa una verdadera *humanidad*, o reseña de la experiencia humana.”^d

(Thoreau, 1854,
p. 261)

IV. ¿CUÁLES SON LOS NÚMEROS?

A pesar de que el uso del filtro del alfabetismo no es para nada fácil, el hombre común suele sentirse cómodo sólo dentro del área de aplicación de este filtro más primitivo. No se siente a gusto sopesando números, y prefiere dejarle tal tarea al científico. Los científicos, como es bien sabido, tienen excelente manejo y comprensión de los números: tamaños relativos, tasas de variación, cantidades cumulativas, órdenes de magnitud, etc., son todos parte de sus tareas cotidianas. De hecho, como ha dicho Hardin en *Biología: Sus principios e implicaciones*, “Tal vez el patrón mental que mejor distingue al científico del que no lo es sea el hábito de aquél de poner las preguntas en términos cuantitativos antes de buscarles respuestas”^e (p. 19). En consecuencia, ingenuamente cabría esperar que, si bien quizá no bien dispuestos para los análisis alfabetos, los físicos supieran al menos cómo manejarse ventajosamente en la aplicación del filtro del numerismo a la escala de Planck. El estudio del fracaso del físico también en este campo — un campo en que su intelecto es tan agudo que resulta *demasiado* agudo — es capaz de brindarnos más lecciones esclarecedoras sobre su psique.

Para el hombre común, la relación del físico con los asuntos cuantitativos es tanto más abarcativa y profunda que la que él mismo tiene con los números en su vida cotidiana, que aquellos que no conocen bien la ciencia física tienden a creer que ésta *en su totalidad* trata de números, que trata ésta de números y *sólo* de números. El enamoramiento del físico con los números no es en realidad tan simple e ingenuo como se supone, porque la física no es una muestra desafortunada de ecuaciones y números (o letras), sino que se compone de ideas y conceptos cualitativos — de palabras con sentido, con significado semántico — sobre observaciones del entorno natural, las cuales, siempre que sea posible — que en la física es casi siempre — pueden *luego* ser cuantificadas y tratadas de acuerdo a esto. En este sentido, el hombre común se encuentra equivocado. La física es mucho más que meros números. Pero existe un sentido en que el hombre común está en lo cierto, como si

su desembrollada intuición y lejana perspectiva fuesen capaces de capturar un aspecto de la verdad que sólo la intuición y la ignorancia de los detalles hacen posible. ¿Cómo es esto?

En la física de frontera, reina hoy un énfasis desaforado en, metafóricamente hablando, los números. No siendo ya los fenómenos los que guían el progreso de la física, sobrevino a ésta una intoxicación narcisista con la gracia y maleabilidad de sus propias herramientas de pensamiento; y, en la física, estas herramientas vienen dadas por — ¡cuán bellamente adecuado es su *etymos!* — la disciplina de excitar la mente, o sea, la matemática. De allí la metáfora numérica. En la práctica y contra los dictámenes de la tradición física, la matemática por la matemática misma, conceptos *por sí mismos* en vez de conceptos *sobre algo*, se convierten en el orden del día. Los llamativos resultados de esta empresa son meros *tecnicismos cuantitativos*, profundos y cuidadosos estudios de detalle matemático tan desgastante y absorbente que impide formularnos preguntas sobre todo subyacente sentido conceptual en el marco de la experiencia humana. En consecuencia, los análisis numéricos del físico planckiano devienen vacíos;

(Thoreau,
1863, p. 356)

☛ “La mayoría de los hombres se sentirían insultados si se propusiera emplearlos en tirar piedras por encima de un muro, y luego en volver a tirarlas al otro lado, con el mero fin de ganarse el sueldo. Pero hay muchos individuos empleados ahora mismo en cosas menos dignas aún.”^f

se convierten en intrincadas complejidades técnicas de cálculo, recálculo y contracálculo, en perfectos vacíos semánticos donde no sopla la fresca brisa de la naturaleza, sino donde, por el contrario, debemos reinar continuamente nuestras propias exhalaciones, envenenando así la sangre de la indagación física.

Me apuro a agregar que la provocativa frase “tecnicismos cuantitativos” no quiere decir que todo análisis numérico de exigencia sea superfluo o poco necesario en la física; al contrario, tal es la naturaleza de nuestra disciplina que son estos de ordinario esenciales para su progreso y renovación. Esta crítica se refiere en cambio a aquellos tecnicismos cuantitativos que se hacen por hacer y que se justifican a sí mismos, detalles técnicos que no se hallan basados en ningún fundamento observacional. Considérese, por ejemplo, el caso del análisis tensorial en la relatividad general, la cual está basada en la correspondencia físico-matemática dada por la forma cuadrática $ds = [\epsilon g_{\alpha\beta}(x) dx^\alpha dx^\beta]^{1/2}$, donde $\epsilon = \pm 1$: por el lado físico, a la izquierda, tenemos ds , que es la separación entre dos eventos medida directamente con un reloj; por el lado matemático, a la derecha, tenemos el tensor métrico y los desplazamientos diferenciales, los cuales conectan el puro material observacional ds con la representación matemático-teórica que la relatividad general construye por medio del “tecnicismo cuantitativo”, ahora con connotación positiva, de la geometría diferencial y el análisis tensorial.

¿Cuáles son, pues, los números a pasar por el filtro del numerismo? Los números son

$$\begin{aligned}
 l_p &= \sqrt{Gh/c^3} = 4.05 \times 10^{-35} \text{ m,} \\
 t_p &= \sqrt{Gh/c^5} = 1.35 \times 10^{-43} \text{ s, y} \\
 m_p &= \sqrt{\hbar c/G} = 5.46 \times 10^{-8} \text{ kg, o} \\
 E_p &= m_p c^2 = 4.90 \times 10^9 \text{ J.}
 \end{aligned}$$

Ahora bien: si estos son los números del fundamento mecánico de la gravedad cuántica, ¿qué clase de teoría cuantitativa cabría esperar construir sobre ellos?

Estos números sugieren, primeramente, la idea de que el objeto mecánico en cuestión es del orden de $l_p = 10^{-35}$ m de largo. O que, de no ser lineal sino más bien como una superficie o un sólido, su área es $l_p^2 = 10^{-69}$ m² o su volumen $l_p^3 = 10^{-103}$ m³. Segundo, nos figuramos que este pequeñísimo algo mecánico evoluciona en el tiempo, es decir, cambia de estado (algunas de sus desconocidas propiedades toman valores significativamente nuevos) cada $t_p = 10^{-43}$ s. Tal vez, dado que es ésta una teoría mecánico-cuántica, este período típico represente la evolución temporal discreta de dicho objeto, en el sentido de que sus estados no evolucionarían continuamente sino de a saltos. Tercero, que este pequeñísimo y activísimo objeto mecánico tiene una masa del orden de $m_p = 10^{-7}$ kg, lo cual significa que, en el caso de un sólido, su densidad de masa es $m_p/l_p^3 = 10^{96}$ kg/m³. Por último, dada la incertidumbre en cuanto a su naturaleza física, si el objeto masivo en cuestión fuese similar a la materia conocida, podría también considerársele poseedor de una energía de reposo del orden de $E_p = m_p c^2 = 10^9$ J, con una densidad energética de aproximadamente $E_p/l_p^3 = 10^{113}$ J/m³.

Estas ingenuas expectativas no sufren decepción al echar un vistazo a la mecánica cuantitativa hasta aquí esbozada por el físico fronterizo. En sus teorías, el objeto mecánico mencionado toma un sinfín de formas y se lo llama de tantas otras: (I) cuerda, rizo, borde (de un gráfico, de un conjunto causal, de una malla, de una red), (II) membrana, superficie de una red espinorial (cuantización del área y el volumen) y (III) red espinorial, espuma espinorial, agujeros negros de Planck, etc., agotando, esclarecedoramente, todas y solamente las tres posibilidades contenidas en objetos uni-, bi- y tridimensionales, o generalizaciones a $n \lesssim 11$ dimensiones de los mismos, dentro de los límites geométrico-mecánicos de lo posible.

Ahora bien, los números arriba mencionados nos han dejado fríos; así expuesto el asunto lo mismo da unos números que otros. ¿Qué clase de magnitudes son éstas en el contexto de la física actual? ¿Qué clase de magnitudes son éstas en comparación con el actual conocimiento humano en estos campos?

Los objetos naturales más pequeños conocidos son los constituyentes elementales de la materia: electrones, protones, neutrones y quarks. Todos

ellos poseen un tamaño del orden de 10^{-15} m, en tanto y en cuanto de algún modo continúe siendo posible hablar de sus tamaños. Y la distancia más pequeña humanamente medible es del orden de los atómetros, o sea 10^{-18} m, que, según se afirma, puede ser medida en el Observatorio de Interferometría Laser de Ondas Gravitacionales, más conocido como LIGO, mediante la interferencia de luz entre los espejos ubicados en los distantes extremos de dos largos brazos materiales.

El evento más corto conocido es la vibración periódica de la radiación gamma de alta frecuencia que emana de la región Cygnus de la galaxia; tales son intervalos temporales del orden de 10^{-28} s (frecuencias de aproximadamente 10^{27} Hz). Otros eventos de poquísimas duraciones conocidos son las vidas medias de los bosones W y Z , que son del orden de 10^{-24} s.

Los objetos naturales más densos conocidos son las estrellas de neutrones, poseedoras de una densidad de masa máxima del orden de 10^{18} kg/m³, y los núcleos atómicos, poseedores de una densidad del orden de 10^{17} kg/m³. La densidad energética de reposo de estos objetos naturales es, pues, del orden de 10^{35} J/m³ y 10^{34} J/m³, respectivamente. En términos de la energía portada por una partícula elemental—estas sondas son las herramientas de disección más filosas de que el hombre sabe valerse— las energías más altas hasta ahora logradas, o que se sostiene se lograrán pronto, son del orden de 10^{-7} J (2 TeV) en las instalaciones del Tevatron y 10^{-6} J (14 TeV) en el Gran Colisionador de Hadrones.

Se hace ahora patente, a la luz del estado actual de habilidad práctica y conocimiento humanos, el funesto cariz que toma toda intención de acceder directamente a fenómenos hipotéticos pertenecientes a la escala de Planck (Cuadro 1). Sería necesario tender un puente sobre gigantescos abismos de 17 órdenes de magnitud de longitud, 15 órdenes de magnitud de intervalos temporales y energía, y 78 órdenes de magnitud de densidades de masa y de energía antes de poder dar sentido a cualquier observación directa de fenómenos pertenecientes a la escala de Planck.

La física consiste en el intento humano de dilucidar el cómo y el por qué de los fenómenos naturales elementales. ¿Qué fenómenos naturales intenta dilucidar el hombre mediante una representación teórica en la que tan minúsculas distancias espaciales y temporales y tan exageradas magnitudes de energía aparecen en primer plano? No se deja escuchar respuesta alguna, pues ningún fenómeno tangible necesita ser explicado por estos medios. Nada en la esfera de la experiencia humana es tan pequeño, tan activo o tan energético, ni queda explicado en base a estas magnitudes.

En un intento por aferrarse a tales representaciones teóricas psicológicamente irresistibles basadas en nada presente en la esfera de la experiencia humana, pero a su vez deseando sensatamente retener esta nueva forma de investigación dentro de los límites de la ciencia natural, inevitablemente el físico ha puesto su fe en la invención de nuevas tecnologías. (En éste, su interminable amorío con tan embriagadora dama, ¡qué cosa no espe-

	conocido	Planck	comparación (Planck/conocido)
longitud (m)	10^{-18}	10^{-35}	$10^{-17} = \frac{\text{brazo humano (1 m)}}{\text{a Próxima Centauri (4 ly)}}$
tiempo (s)	10^{-28}	10^{-43}	$10^{-15} = \frac{\text{parpadeo (0.1 s)}}{\text{desde australopiteco (4 My)}}$
energía (J)	10^{-6}	10^9	$10^{15} = \frac{\text{extracción anual (400 TJ)}}{\text{moneda, ascenso 1 m (0.1 J)}}$
dens. masa (kg/m^3)	10^{18}	10^{96}	$10^{78} = ?$
dens. energía (J/m^3)	10^{35}	10^{113}	$10^{78} = ?$

Cuadro 1: Una comparación entre los tamaños de la escala de fenómenos naturales más grandes o pequeños al momento conocidos y aquéllos hipotéticos de la escala de Planck. En cada caso, sería necesario tender un puente sobre un aciago abismo de cuanto menos una docena de órdenes de magnitud antes de poder dar sentido a cualquier observación de fenómenos hipotéticos pertenecientes a la escala de Planck. Por ejemplo, la longitud de Planck es para un ser humano, quien no puede detectar nada más pequeño que una distancia de 10^{-18} m, como el brazo de un ser humano (1 m) es para un ser que no puede detectar nada más pequeño que la distancia entre el sol y Próxima Centauri (4 ly). En las dos últimas filas, las magnitudes de Planck en cuestión son tan colosales que no es siquiera posible producir la comparación necesaria. Por ejemplo, la cosa más densa conocida, una estrella de neutrones (10^{18} kg/m^3), y la cosa menos densa conocida, el vacío intergaláctico (10^{-27} kg/m^3), no son lo suficientemente densa y etéreo para este cometido, obteniéndose: densidad de estrella de neutrones/densidad del vacío intergaláctico = $10^{45} \ll 10^{78}$. Tan de otro mundo son la densidad de masa y energía (2da columna, 4ta y 5ta filas) del supuesto agujero negro de Planck.

rára solucionar el hombre con más tecnología!) Pero como el sueño de un acelerador de partículas que abarque la circunferencia de la galaxia y con el cual sondear la escala de Planck directamente es por demás torpe y embarazoso —he aquí los límites de la indulgencia tecnológica— la búsqueda de fenómenos emergentes indirectos, a los cuales una tecnología más realista del futuro próximo pudiera ser sensible, se convirtió en un grito que moría por ser soltado, un acontecimiento que esperaba apostado en las alas de la inevitabilidad. Se da por entendido que estos efectos tienen su causa radical en la escala de Planck, pero que son amplificadas en ciertas situaciones, como un microscopio amplifica una célula, o como el movimiento browniano amplifica la actividad molecular. Amelino-Camelia, en su artículo “Fenomenología gravitocuántica”, ha reseñado el estado y porvenir de esta vacilante empresa, presentando lo que en apariencia es una visión muy medida de lo que se vaticina será la fenomenología gravitocuántica, pero que en el fondo es un optimismo puro. Los deseos del físico son órdenes para el mundo natural.

☛ “Sé que la mayoría de los hombres piensan de modo diferente

(Thoreau,
1849, p. 102)

a mí; pero aquellos cuyas vidas están por profesión dedicadas al estudio de estos temas o similares me satisfacen tan poco como los demás. . . . Puede que se trate de hombres de experiencia y criterio, y no cabe duda de que han inventado sistemas ingeniosos y hasta útiles, por los que sinceramente les damos las gracias; pero toda su inventiva y utilidad quedan encerradas en límites ciertamente no muy amplios.”⁸

La gravedad cuántica, no obstante, en última instancia se halla inmune a lo que estos experimentos logren o no develar. Como las representaciones teóricas que ésta se empeña en producir son tan abstractas y complejas; como se hallan éstas, a causa de su método de construcción — el pensamiento puro —, tan distantes de cualquier cosa que pueda llamarse tangible y real; como son sus predicciones tan indistintas y nebulosas, no son entonces estas teorías las que tales experimentos vendrían a examinar, sino más bien alguna que otra idea muy vaga relacionada sobre qué podría concebiblemente llegar a suceder en tal o cual límite si el espacio fuese “espumoso” o estuviese colmado de “pequeñísimos huecos”. Sean cuales fueran los vacilantes resultados, “espuma” y “huecos” pueden ser interpretados de variadas maneras, y así sólo sería necesario el reajuste de algunas perillas en la línea de ensamblaje de la gravedad cuántica para que la producción continuara sin más estorbos — ¿quién ha hablado aquí de bancarrota?

La situación es esta: tenemos todas estas teorías basadas en la escala de Planck, pero no nos explican o ayudan a entender nada perteneciente a la esfera de nuestra experiencia. ¿Qué haremos? Es menester colocar disimuladamente un referente por detrás de estas teorías, sin importar cuán retorcida y ambigua sea la faena. El origen de esta actitud puede nuevamente atribuirse a la psique del investigador, quien razona de esta manera: luego de haber invertido tanto esfuerzo, es inconcebible que éste haya sido malgastado, y que yo me encuentre ahora mismo corriendo hacia ninguna parte; los fenómenos planckianos seguramente existen, y ¿cómo podría ser tan maliciosa la madre naturaleza que habría de negarnos todo acceso a los mismos? O dicho con mayor decisión: si la matemática que hemos inventado no se ajusta al mundo natural, pues entonces ¡más le vale al mundo natural ajustarse a la matemática que hemos inventado! Así reza la privada apelación panteísta del físico al sordo e insensible cosmos.

La situación entre manos está plagada de ironía trágica. Encontrándonos a la deriva luego de un naufragio, nos asimos de un tronco para salvarnos, pero el tronco que escogimos ahora nos arrastra lejos de la costa y en la peligrosa dirección del mar abierto. Es ahora demasiado tarde para arrepentirnos y cambiar nuestro tronco por otro, porque todos los demás troncos ya han desaparecido de nuestra vista. Debemos arreglárnoslas con nuestra primera elección. Mientras la corriente nos arrastra imperceptiblemente hacia el océano infinito, la gente nos saluda plácidamente desde la costa; complacidos, les devolvemos el saludo. Estamos ahora nuevamente perdidos,

pero la situación es mucho peor: pues ahora creemos estar salvados y en consecuencia hemos dejado de ejercitar el ingenio para llegar a tierra firme. Cada tanto, un hinchado trozo de madera se desprende de nuestro precario salvavidas, y nos hundimos otro poco en el profundo mar azul — pero no importa. En momentos como éste, una jactanciosa fe en la robustez general de nuestra balsa es todo lo que necesitamos para mantener nuestro espíritu a flote.

He aquí en cuestión una física que ha equivocado el camino, porque es en ella la esfera teórica la que dirige la esfera observacional *por completo y desde el comienzo*. En su optimista artículo, Amelino-Camelia nos habla, esclarecedoramente, de la “evidencia teórica” (p. 17) entre comillas, revelándonos precisamente la necesidad de esta actitud mental patas arriba y el malestar psicológico que instintivamente produce en nosotros. La evidencia es un signo externo, una indicación, algo que atestigua una verdad. No puede por su propia naturaleza ser teórica: lo que representa; es empírica: lo que es representado. La petición que hace la gravedad cuántica de ser guiada por los hechos llega demasiado tarde, porque para cuando ésta toma lugar, el campo de estudio ya ha tenido tiempo de adquirir una vasta cantidad de prejuicios teóricos y de conferirles altos intereses. Lo único posible es entonces una maniobrabilidad sólo con respecto a pequeños ajustes *ad hoc*, pero que no se aplica, lo que sería más decisivo, a la rígida identidad general del campo de estudio, el cual ha ido madurando y tomando forma en un yeso totalmente aislado de los hechos.

Esta vista marciana de asuntos terrícolas nos ha revelado hasta aquí varias verdades, pero aún no hemos penetrado hasta el palpitante corazón de nuestro tema, y hasta que no lo hayamos hecho, no lograremos comprender verdaderamente la escala de Planck en sus más hondos y oscuros intersticios. Muy bien entonces, enfrentémonos cara a cara con esta tarea que con lujo vital nos hemos autoimpuesto: si la escala de Planck no salió de la naturaleza, ¿pues entonces de dónde salió? ¿Cómo se entiende que, a falta de toda evidencia, se espere que surjan nuevos fenómenos a esta escala de cosas con tan portentosa seguridad — tan portentosa, de hecho, que guía virtualmente todo pensamiento en gravedad cuántica? ¿Por qué estas magnitudes? ¿De dónde han salido estos números? Nuestras mentes marcianas no encontrarán la paz sin antes haber destripado este tormentoso acertijo. Para lograrlo, penetremos en el mismo a la luz de la indagación psicológica una vez más.

☛ “Conozco a unos cuantos que con sus serenos y sabios argumentos sobre este tema pondrían de manifiesto cuán limitadas son la capacidad y apertura de su mente. . . . A pesar de su especial agudeza y habilidad, es incapaz de tomar un hecho y . . . contemplarlo tal como se presenta al puro ataque intelectual . . . sino que más bien se aventura, o se ve llevado, a dar una respuesta tan desesperada como la siguiente. . . .”^h

(Thoreau, 1849,
p. 102)

El físico de la gravedad cuántica comienza por observar que existe lo que

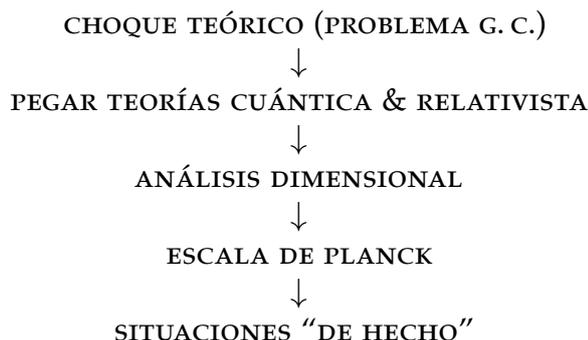


Figura 1: Verdadera cadena de razonamiento que hace el físico de la gravedad cuántica y que lleva de un supuesto choque teórico entre las teorías cuántica y relativista — considerado como el problema gravitoc cuántico —, pasando por el surgimiento de la escala de Planck, y terminando con situaciones hipotéticas “de hecho” (el “big bang”, “el universo joven”, “miniagujeros negros”, colisiones de partículas a energías descabelladas) sobre las cuales se supone que la gravedad cuántica tiene algo que decir.

él llama un “choque teórico” entre las teorías cuántica y relativista, dado que una es tan elemental como la otra pero utiliza — así reza el cliché — conceptos completamente distintos y mutuamente irreconciliables. Llama a esto un problema, quedando así preparado el escenario para la aventura gravitoc cuántica. Como hay ahora algo que *se llama* un problema (¡obsérvese bien!), se prepara el físico para resolverlo. ¿Pero qué hará? Como este “choque teórico” no involucra ningún verdadero fenómeno, decide, por así decirlo, fusionar las teorías teóricamente. Se presentan entonces la mecánica cuántica y la relatividad general como dos teorías a ser pegamentadas a toda costa y a cualquier costo, siendo la forma más vulgar y simplista de lograrlo combinar dimensionalmente las constantes básicas G , h y c . Dado que este procedimiento comporta cierta complejidad y abstracción matemática, el uso del análisis dimensional da al físico la sensación de haber dado un paso realmente respetable en la dirección correcta; mientras que haber simplemente postulado, quizá con mayor sensatez, que la longitud de Planck buscada es el radio del electrón, habría otorgado a esta acción un turbio aire de indecencia, dado que, en los tiempos bizantinizados que corren, sacar un número de una galera, meramente, carece de toda la mágica confianza que la aplicación, correcta o incorrecta, de un complicado procedimiento es capaz de ofrecernos de manera automática. De aquí el origen de la escala de Planck, y del análisis dimensional como un medio precipitado, aunque en apariencia decente, para lograr un fin. (Existen también métodos más intrincados — y cuanto más intrincados tanto más estimables — para lograr el mismo predestinado propósito; por ejemplo, la cuantización de la relatividad general, en cuyo caso se combinan, en vez de las constantes universales mismas, teorías que las contienen en su seno.) Sintiéndose no obstante intranquilo por no tratar aún sus elucubraciones sobre nada, el investigador pasa a urdir situaciones de ensueño de modo tal que su escala de Planck pueda tratar sobre las mismas: el “big bang” y el “universo joven” antes de 10^{-43} s,

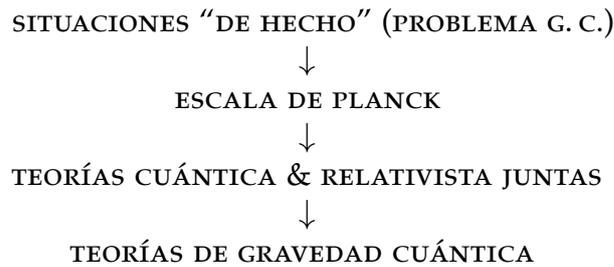


Figura 2: Cadena de razonamiento invertida y falsa, según la cual las situaciones hipotéticas originariamente fruto del ensueño teórico (el “big bang”, el “universo joven”, “los miniagujeros negros”, colisiones a energías descabelladas) se presentan ahora como hechos — ¿lo son? — cuya correcta explicación evidentemente pide considerar la escala de Planck, y por ende el simple pegoteo de las teorías cuántica y relativista. De aquí se saca la conclusión de que tal debe ser la base natural de toda teoría de gravedad cuántica. Esta inversión es llevada a cabo mediante un rápido truco de manos: se olvida que estas situaciones “de hecho” ya habían sido sacadas de la galera de la escala de Planck, y no al revés.

agujeros negros más pequeños que 10^{-35} m,

☛ Se han propuesto los agujeros negros planckianos como los habitantes modelo de la esfera gravitocuántica pero, a su vez, se dice que la relatividad general “colapsa” al nivel de la escala de Planck. ¿Es posible que haya agujeros negros allí donde la relatividad general ha perdido su validez?

colisiones de partículas más allá de 10^9 J, etc. Y ahora, en un par de pasos decisivos, el físico decreta gratuitamente que es menester entender *eso*, y que el entendimiento que ansiamos debe hallarse más allá de los límites de las teorías actuales. Y así, sin más, estipula algo así como que “son tan pequeñas las distancias y tan fuertes los campos gravitacionales que aquí interactúan que para explicar lo que sucede debemos considerar las teorías cuántica y relativista en su conjunto” (ver Figura 1). Para terminar, invierte convenientemente la cadena de razonamiento y ahora asevera que las mencionadas situaciones son los *hechos* de que trata la escala de Planck, los *hechos* sobre los que la escala de Planck se basa, los *hechos que dan origen* al problema de la gravedad cuántica (ver Figura 2). Compárese lo dicho aquí con el origen del problema de la gravedad cuántica según Amelino-Camelia al comienzo de su “Fenomenología gravitocuántica”.

¿Qué sentido tiene esto? Un imaginario choque teórico no es capaz de darnos la base de ningún verdadero problema físico. Dos teorías no pueden hallarse en conflicto mutuo; cada una puede, según sus propios términos, sólo hallarse en conflicto con el mundo, con la evidencia de que pretende dar cuenta; en tal caso, la teoría es falsa. La mecánica cuántica y la relatividad son dos teorías verdaderas de dos diferentes parcelas de la realidad, de forma similar a como “celeste” es una descripción veraz del cielo, y “amarilla” de la miel. ¿Pero hemos de decir que “celeste” y “amarillo” se hallan en conflicto porque el cielo no es amarillo y la miel no es celeste? No cabe decir

de dos teorías que se hallen en conflicto aun si cada una de ellas explicara exitosamente, en todo sentido práctico, la misma parcela de la realidad en términos distintos; éstas estarían en conflicto tanto como “celeste” y “blue” lo están en una caracterización del cielo.

No; la única razón que puede existir para considerar juntas las teorías cuántica y relativista es que exista *aquí y ahora* un fenómeno tangible que sensatamente necesite ser explicado a partir de al menos la consideración de ambas teorías. Es decir, la razón de la gravedad cuántica debe ser la sospecha de que cada teoría por separado tiene algo parcial e incompleto que decir acerca de un fenómeno indivisible *patente y problemático*. Como ejemplo de qué quiere decirse con esto, consideremos el fenómeno que se hace patente continuamente y que llamamos cambio o, en otras palabras, tiempo. Como vimos en los postreros capítulos de la disertación *Una indagación metageométrica*, el tiempo queda parcialmente explicado, por el flanco de la relatividad general, como una separación ds o Δs entre dos eventos medida con un reloj—este es el corazón físico de la teoría—y, por el flanco de la mecánica cuántica, como una cierta premedición o preparación $\sum_i \mathcal{P}(b_i|a_i)$ de partículas materiales: la transición cuántica de todos los sistemas con propiedad a a sistemas con propiedad b . Nótese, en primer lugar, que eventos, relojes y aparatos que ponen sistemas materiales en ciertos estados cuánticos son aquí los referentes directos, o modelos, de las representaciones teóricas que hemos construido, y que son todos ellos cosas tangibles que podemos ver, manipular e influir; y, en segundo lugar, que aquí las teorías cuántica y relativista se hallan en relación al tiempo de manera similar a la que celeste y amarillo se hallan en relación al fenómeno del arco iris: ambos dan vistas parciales del fenómeno, podrían aclararnos el color verde de ser *prudentemente* considerados en conjunto, y no obstante es probable que el fenómeno, completo e indivisible, posea aspectos que son esquivos a ambos esquemas teóricos: más allá de los celestes y amarillos y verdes, debemos en última instancia esforzarnos por los rojos, naranjas, índigos y violetas de la física también.

Sin prestar atención a esta cuestión fenomenológica clave, el físico convenientemente hace recurso del análisis dimensional, ya que éste aparentemente permite tratar con los problemas de forma simple y en abstracto. Pero, como vimos en “La escala de Planck: Hechos y creencias”, el análisis dimensional no es una varita mágica para sacar resultados significativos de la nada. Los resultados que produce sólo serán pertinentes a la física cuando el análisis dimensional haya sido precedido por una amplia *experiencia práctica* con la situación con que tratamos y por una *cautelosa consideración* a fin de determinar qué clase de sistema tenemos entre manos. De hecho, el físico sólo ha menester de dar lectura al brillante librito *Análisis dimensional* de Bridgman para desembarazarse de todo pensamiento equívoco sobre el tema. Como no hay aquí ningún verdadero sistema de estudio, la gravedad cuántica saltea pasos esenciales en su uso del método, según se muestra en

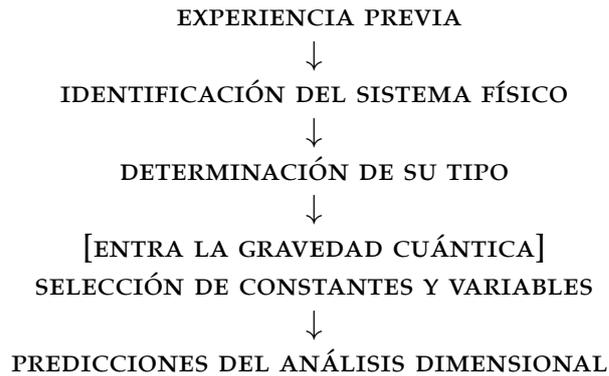


Figura 3: Pasos para el uso correcto del análisis dimensional. Ésta es la única forma de asegurarnos de que las predicciones obtenidas por este método tengan sentido físico. El uso del método en la gravedad cuántica deviene atropellado al omitir los primeros tres inomitibles pasos del procedimiento.

la Figura 3, incurriendo en la aplicación ilícita del mismo y, como cabría esperar, en el grave error. En cuanto a las situaciones “de hecho” que se postulan, son éstas totalmente insustanciales, pues considérese: (I) ¿Trátanse éstas de fenómenos? ¿Hechos? (II) ¿Cómo hemos de asegurarnos — aparte de la pura y mera repetición — que estos no son más que *escenarios imaginarios*,

☛ ¿Son acaso el universo joven, los agujeros negros planckianos y las colisiones planckianas el Aleph, los Libros de Arena y las Bibliotecas de Babel de una gravedad cuántica borgiana?

que hay en ellos algo que entender, que es aquí y no en otra parte, o en ninguna parte, que las teorías cuántica y relativista son pertinentes tomadas en conjunto? Se nos repite incesantemente que así es *porque* todos estos escenarios involucran la escala de Planck. ¿Pero no habíamos quedado en que la escala de Planck había surgido *luego de asumir* que las teorías cuántica y relativista habían de ser fusionadas en primer lugar? Las dimensiones del desastre conceptual en que se encuentra la física de la escala de Planck son ahora tan evidentes como tremendas.

No hay, pues, ningún problema gravitocúántico, porque los verdaderos problemas sólo pueden surgir del mundo, y no de los prejuicios que albergan nuestras cabezas. Llamar a algo un problema es, como dijo Jorge Luis Borges, una “insidiosa petición de principio”:

La palabra *problema* puede ser una insidiosa petición de principio. Hablar del *problema judío* es postular que los judíos son un problema. . . . Otro demérito de los falsos problemas es el de promover soluciones que son falsas también. A Plinio (*Historia natural*, libro VIII) no le basta observar que los dragones atacan en verano a los elefantes: aventura la hipótesis de que lo hacen para beberles toda la sangre que, como nadie ignora, es muy fría. (Borges, 1941, p. 47)

Desarrollar teorías fantásticas irrespectivamente del mundo derredor, para despertar y preguntarnos más tarde, demasiado tarde, por la cuestión del posible significado que comporten, es un enorme desvarío pues se teoriza en el vacío.

Entre tanto, poniendo la carga de la prueba en dudosísimas y tentativas observaciones a ser realizadas en algún momento, la gravedad cuántica continua gozando de amplios márgenes para ajustar sus teorías y cambiar de posición de verse alguna vez enfrentada a hechos tan lejanamente constringentes. En otras palabras, cómodamente tomándose a sí misma por “inocente hasta ser demostrada culpable”, la gravedad cuántica retiene, por medio de su uso de la escala de Planck, el permiso de vivir en un limbo científico en tanto no exista la tecnología apropiada para corroborarla o demostrarla equivocada de manera decisiva — y cuando se trata de esto, no bastará nada menos que un microscopio planckiano que nos muestre que el espaciotiempo *no* se halla burbujeando ferozmente. Pero la física no es un tribunal de justicia, donde siempre ha de presumirse la inocencia *de una persona* con el fin de evitar arruinarle erróneamente la vida. Se trata aquí sólo de ideas, no personas. Por ello, el punto de partida de la física debe ser — tal como a Hardin le placía decir del de la ecología — un “culpable hasta que se demuestre lo contrario”, dado que no puede ésta darse el lujo de tomar seriamente cada aseveración que se avance cuando los temas de que se trata yacen más allá de la esfera de la experiencia humana y de toda razonable indulgencia, esto es, *más allá de los límites de la tradición física*.

(Hardin, 1993,
pp. 40–43)

Lo que más probablemente acontecerá es que, independientemente de toda discusión de nuevas tecnologías e independientemente de razonamientos lógicos, la gravedad cuántica y la escala de Planck, en la práctica, sobrevirán en el mundo de los memes hasta que un suficiente número de sus practicantes y observadores se cansen, pierdan la paciencia, decidan que la sentencia ya se ha hecho esperar demasiado, y pasen entonces a preocuparse de asuntos más sustanciales, o en su defecto, erijan una nueva impostura. Este volver a sí será sin dudas un proceso interminable y de suma pesadez,

(Thoreau,
1863, p. 368)

☹ “¡Es tan difícil olvidar aquello que es peor que inútil recordar!”ⁱ

pero finalmente caeremos en la cuenta de que toda investigación física significativa, sea ésta tan mentalmente agotadora como se quiera, ha de realizarse aquí y ahora, y no en el ensueño de un mañana inverosímil y traído de los pelos.

¿Sería uno *capaz* de describir la luna armado con los conceptos de un cubo y de una unidad de longitud de un año luz? Claro que no, simplemente porque la luna — esa luna que vemos colgando del firmamento — es esférica y de unos 3500 km de diámetro. Es entonces menester simplemente rechazar estos conceptos inapropiados de cubo y año luz, pues no le sientan a la luna. Ahora bien, ¿qué clase de escala sería inapropiada para la gravedad cuántica, haciéndose necesario su inmediato descarte? No atisbamos respuesta alguna ante tan inesperado interrogante. Expresémonos de otro modo. Si, por

ejemplo, la longitud de Planck hubiese resultado ser del orden de 10^{-100} m, ¿habría entonces la gravedad cuántica rechazado la longitud de Planck y, de paso, todo el resto de la escala de un mismo saque? (¿Y de haber resultado ser del orden de 10^{-350} m? ¿Cuáles son los límites de la indulgencia racional?) Cabe dudarlo enormemente. Como, en un contexto desierto de fenómenos tangibles (“no hay luna”), sólo actúan como guía asuntos internos, y por ende insuficientes, de autoconsistencia, simetría, simplicidad, belleza y buen gusto, resulta que la magnitud de las unidades básicas obtenida no tiene importancia alguna, siendo un tamaño tan apropiado como cualquier otro. Así, la magnitud dada de las unidades de Planck es, en la práctica, completamente intrascendente para la validez o no de las representaciones teóricas que sobre ellas se erigen. En la práctica, 10^{-35} m está tan alejado de todo sentido, es tan distante y abismalmente pequeño, es un número tan vacío e incorpóreo con el cual hacer malabarismos intelectuales dentro del hermético sueño de nuestros tecnicismos cuantitativos, como lo está o es 10^{-100} m. Después de todo, siempre nos queda confiar en que la experiencia se adaptará a la magnitud de nuestros prejuicios teóricos. Una vez más: los deseos del físico son órdenes para el mundo natural.

Arribamos así a representaciones teóricas de la escala de Planck en las cuales sólo los pertinentes números vacíos de contenido y los tecnicismos cuantitativos sobre ellos erigidos juegan parte activa, pero en las cuales todo análisis conceptual subyacente en el marco de la experiencia humana queda faltante en gran medida. Esta clase de actitud, tal como queda indicada en la aceptación acrítica de la escala de Planck *cualesquiera sean las magnitudes involucradas*, no revela, pues, sabiduría o conocimiento alguno de los secretos del universo, sino más bien confusión y negación a la par de un deseo — o *necesidad*, como veremos luego — de emitir juicios eruditos que, con toda su superficialidad y ligereza, logren sin esfuerzo mantener la cabeza por sobre la superficie de las aguas del prejuicio del actual clima de opinión. Nada más vulgar, simplista y convenientemente plebeyo que tres simples numeritos: los más oscuros enigmas del cosmos al desnudo, a vista de cualquiera, en la palma de la mano popular.

Por último, nos preguntamos: ¿cuáles, entonces, *son* los números? Dígase con toda simpleza: son aquellos que resultan de la observación y experimentación del ser humano con las cosas físicas que vengan al caso — siempre y cuando tales cosas se presten razonablemente a la cuantificación. En tanto no se hayan identificado tales cosas, no existirá referente natural para una teoría de gravedad cuántica. Y una teoría sin referente, una teoría que no *trata* de nada, podrá tener su valor matemático o acaso filosófico, pero no es ni puede ser parte de las filas de las teorías físicas.

☛ “Hasta los hechos de la ciencia son capaces de empolvar la mente con su sequedad, a menos que sean de algún modo borrados cada mañana, o más bien vueltos fértiles por el rocío de la fresca y viviente verdad.”^j

(Thoreau, 1863,
p. 369)

Las verdaderas teorías físicas siempre son creadas por el hombre para explicar fenómenos naturales que éste ha observado, y no meramente para colmar páginas de revistas científicas y engrosar estadísticas y currículums, ni tampoco siquiera impulsado por los más nobles propósitos de lograr una consistencia autoreferencial o la mera satisfacción psicológica. *Hablar de algo o callar* — éste es el inquebrantable dictamen de la tradición física.

V. ¿Y DESPUÉS, QUÉ?

¿Cabe esperar un entendimiento liso y llano acerca del funcionamiento del tangible mundo derredor a partir de las elucubraciones del erudito de la gravedad cuántica? A duras penas, porque las investigaciones de éste no tratan de fenómenos sino que se hallan divorciadas de los mismos. Hacer malabares con símbolos tomados prestados de paradigmas físicos exitosos anteriores no puede proporcionarnos un mejor entendimiento de la naturaleza si los símbolos que ahora manipulamos, usados fuera de su contexto original, no tratan de la naturaleza. ¿Dónde están las cosas de que hablamos? ¿A qué se refieren los nombres y símbolos usados? ¿Cómo se traducen sus efectos a la esfera del quehacer humano?

Uno tras otro, artículos de investigación vacíos de significado van amontonándose, a ritmo cada vez más veloz, en inmensa pila.

Cf. (Thoreau,
1854, p. 182)

☪ ¿Por medio de *esta* pila nos cabe esperar trepar por fin al cielo?

Estos son artículos de investigación física que tratan sólo acerca de sí mismos — sin dudas, un oxímoron. Imaginemos esta tendencia continuada indefinidamente hacia el futuro. ¿Hacia dónde lleva? ¿Adónde vamos? ¿Y después, qué?

Según observó Hardin en *La naturaleza y el destino del hombre* (pp. 344–345), a medida que los gobiernos empezaron a interesarse por cosechar los frutos de la ciencia, los administradores de ésta se aficionaron excesivamente por auditar las actividades de los científicos, lo cual inevitablemente condujo a estos a tomar una actitud con vistas a los demás, es decir, a prestar más atención a sus colegas que al problema que los ocupa. Así es que develar los enigmas del mundo ya no es la preocupación principal del científico; quizá, no sea ésta ya su preocupación en absoluto. Su preocupación es calzar en su asfixiante, agobiante marco cultural, jugar dentro de los hieráticos reglamentos de este nuevo mundo feliz que se torna más y más feliz con frenesí, en el que vive gente así. Los reglamentos, que no hace mucho consistían simplemente en el infame dictamen, “Publicar o morir”, son hoy mucho más numerosos, mucho más variados, mucho más tortuosos y rebuscados. No caben dudas: la progresiva bizantinización de la cultura ha dejado atrás la relativa simplicidad de aquel “publicar o morir”. Hoy la supervivencia del científico depende de que éste consiga “méritos” al peso: puestos, posiciones como experto y posiciones de confianza y administración

(¿cuál es la diferencia?) ocupadas; citas recibidas; disertaciones supervisadas; artículos arbitrados; viajes al exterior (¿y domésticos?); agradecimientos, becas y premios recibidos; conferencias a que ha asistido; posters presentados; charlas dadas; etc. — de todos estos items, las publicaciones son sólo uno. Por ello, es menester un nuevo y más acertado lema: *Hacer mérito o ser pretérito*. Ahora bien: ¿es *ser* y *hacer* algo lo que es meritorio, o ser un *buen* algo y hacer algo *bien*? ¿Cuál es el mérito de ser un árbitro vanidoso, un profesor penoso, un supervisor ausente, un autor prolífico insípido y pueril, un charlatán ampliamente citado, o de irse a Escocia en un viaje de investigación que, a lo mejor, no vino a servir para nada más que ir de visita a la tumba de Maxwell?

Pero atendamos ahora la cuestión principal, y prosigamos concentrándonos solamente en el anacrónico dictamen: el científico debe publicar o morir. Pues entonces, no quepan dudas, el científico publicará. Apurado por avanzar —tómese la palabra con pinzas— lo más rápido posible,

☛ “¿Por qué hemos de tener tan desesperada urgencia por lograr el éxito, y de embrollarnos en empresas tan desesperadas?”^k

(Thoreau, 1854,
p. 345)

el científico tenderá a seguir líneas de menor resistencia intelectual. Una idea significativa que requiriera diez años, por no decir veinte, treinta o una vida entera, para madurar en la mente de un individuo es hoy un producto intelectual simplemente imposible. Lo único que al científico le cabe hacer es doblegarse a la venidera era del epigonismo: retorcer y reconectar violentamente ideas preconcebidas y previamente exitosas — concebidas, de hecho, por aquellos que *sí* dedicaron una vida para pensarlas —; rumiar los productos regurgitados de estos más intensos y refinados intelectos, con la vana esperanza de que pegoteando los trozos de nuestro actual conocimiento vaya a descubrir alguna nueva conexión de relevancia. Desde el campamento de la física suele escucharse el repetidísimo lamento de que las piezas no encajan: mecánica cuántica y relatividad general, ¡piezas de un defectuoso rompecabezas! ¡Ay! ojalá le importasen, pudiesen importarle, los aprietos del nuevo físico a la incompasiva e insolidaria naturaleza.

La alternativa a no manotear y crear algo — ¡lo que fuere! — con lo que resulte estar a nuestro fácil alcance sería abstenerse de hacer aseveraciones eruditas y admitir que no hay gran cosa que valga la pena decir por el camino marcado por estas líneas inerciales de menor resistencia intelectual. En tal situación, sería mejor dedicarnos a pensar en vez de escribir, siendo aquello un indispensable requisito para esto; pero, por otra parte y como es bien sabido, esto es contrario a la mencionada vara mediante la cual se miden los logros, por naturaleza no cuantitativos, del nuevo científico. Éste no se puede dar el lujo de esperar — mientras se dedica a pensar intensamente y a poner sus ideas a prueba en privado — y escribir sólo cuando tiene ideas significativas que anunciar,

☛ “A mi regreso a casa, se me ocurrió, en 1837, que tal vez pudiese sacar algo en claro de esta cuestión mediante la paciente

(Darwin,
1859, p. 3)

acumulación de datos y reflexión sobre toda clase de hechos. . . .
Luego de cinco años de trabajo, me permití especular sobre el
tema, y escribí unas breves notas. . . .”¹

pues entonces no tendría bultos que presentar para ser evaluado, y esto comprometería su situación. Visto desde la perspectiva opuesta —la del administrador de ciencia— estos requerimientos son perfectamente inteligibles: si se alentara a los científicos a escribir sólo cuando tienen ideas significativas que anunciar, no habría entonces bultos que auditar, pesos que pesar, cantidades que contar, índices de citas que calcular. Y, de acuerdo con el reinante Dogma de la Existencia al Peso —“Si no se puede contar, no existe” — ¿cómo habríamos de evaluar el mérito científico? ¿Mediante las pesadísimas y tremendamente dolorosas actividades llamadas leer y pensar? Para el administrador de ciencia, el lema de Gauß, *pauca sed matura*, es una abominación.

La calamidad de este asunto ha quedado bien encapsulada en la observación de Upton Sinclair, según la cual “Es difícil lograr que alguien entienda algo cuando su sueldo depende de que no lo entienda!”^m Lo calamitoso no es que esto sea cierto al ser predicado de cualquiera en general, digamos, el operario de una máquina, porque en el sagrado nombre de la eficiencia, a veces no se espera que uno entienda; es el hecho de que esto es ahora cierto predicado de una clase de hombre de quien debería serlo en menor grado; de hecho, de quien no debería serlo en grado alguno: uno de los *quintaesenciales buscadores de la verdad*, el científico. Como consecuencia de los atroces requerimientos impuestos sobre sus artífices, despiadadamente se ha hecho de la ciencia académica una actividad intelectual que sólo puede llevarse a cabo exitosamente

☛ **éxito:** *hacia los demás* conquista de riquezas, aceptación o eminencia; cf. **logro:** *hacia uno mismo* consecución mediada por el esfuerzo, la habilidad y la perseverancia.

por hombres masa,

(Thoreau,
1863, p. 367)

☛ “Es por falta de un hombre que hay tanta gente.”ⁿ

porque

Es, intelectualmente, masa el que ante un problema cualquiera se contenta con pensar lo que buenamente encuentra en su cabeza. Es, en cambio, egregio el que desestima lo que halla sin previo esfuerzo en su mente, y sólo acepta como digno de él lo que aún está por encima de él y se exige un nuevo estirón para alcanzarlo. (Ortega y Gasset, 1929, p. 128)

Tanto el dilema que nos presenta esta situación como su solución, dejada en estado indeterminado a causa de su actual inviabilidad, fueron ya señalados por Joseph J. Thomson:

Si uno le paga un sueldo a una persona para que haga investigación, tanto ella como uno querrán tener algo que señalar a fin de año para mostrar que el dinero no ha sido desperdiciado. Al prometer un trabajo de excelencia, sin embargo, los resultados no suelen surgir de manera regular; de hecho, muchos años pueden transcurrir sin que se obtenga resultado tangible alguno, y entonces la situación del trabajador asalariado se tornaría vergonzosa y sería natural que prefiriera trabajar en cosas de menor nivel, o al menos pertenecientes a otro plano, donde asegurarse de obtener resultados tangibles año tras año que justifiquen su sueldo. La situación es ésta: Uno quiere tal clase de investigación, pero si uno le paga a alguien para hacerla, esto lo llevará a hacer investigaciones de otro tipo. Lo único que se puede hacer es pagarle para que haga otra cosa y dejarle suficiente tiempo libre para que se dedique a la investigación por el amor que a ella tiene.^o [Citado en (Hardin, 1960, p. 344).]

Quizá fuera mejor dejar la tarea de evaluar el mérito científico a la posteridad o a la naturaleza misma, o, menos democrática y más apropiadamente, a aquellos pocos que entienden hoy lo que *es* el mérito científico; el administrador de ciencia, como señala Thomson, mejor haría dedicándose a evaluar el mérito del científico por medio de alguna otra norma como, por ejemplo, la calidad — repito: *calidad*, ese sustantivo tan radicalmente incontable pero para nada abstracto —

☛ “No quisiera ser uno de esos que tontamente pretende hincar un clavo en meros listones y revoque; tal cosa me quitaría el sueño por la noche. . . . Hincá un clavo y aseguralo tan fielmente que puedas despertarte a la noche y pensar en tu trabajo con satisfacción. . . . Cada clavo que hincamos debería ser como otro remache en la máquina del universo, siendo uno quien continua el trabajo.”^p

(Thoreau, 1854,
p. 348)

de su enseñanza; o por su talento para inspirar y guiar a los mejores miembros con inclinación científica de la nueva generación en la archidifícil tarea de pensar crítica e independientemente sobre algo de modo que posea la *posibilidad* de llegar a resultados significativos; o por la claridad de su expresión, la profundidad de su pensamiento, su magnanimidad, su sabiduría. ¡Pero me dejo entusiasmar! La evaluación de cualquiera de estas altas virtudes, no hay dudas, se halla fuera del alcance del vulgar administrador, siendo él mismo el producto de una cultura de masas, un hombre masa en medio de las masas. No por nada ha dejado Sir Thomson indeterminada esa “otra cosa” por la cual debería pagársele al científico, dado que la única clase de tarea que el administrador es capaz de evaluar es el absurdo lanzamiento de piedras por sobre un muro, ida y vuelta, “con el mero fin de que se ganen el sueldo”. Las piedras pueden ser contadas mecánicamente, o mejor

aún, tomadas al kilo de un solo manotazo. La calidad, la magnanimidad, la sabiduría sólo pueden ser percibidas por aquellos que en alguna medida las ponen en práctica o poseen. Así, siendo la distinción, la egregiedad, la calidad, cosas burocráticamente inestimables, sea lo que fuera esa “otra cosa” que Thomson plantea, no servirá de norma para la selección de *grandes* hombres quienes se dediquen, en el amplio tiempo libre que se les otorga, a investigaciones *de excelencia*

(Thoreau,
1854, p. 125)

☞ “A la larga, los hombres sólo alcanzan aquello a lo que apuntan. Por lo tanto, aunque fracasaran de inmediato, convendría que apuntaran a algo alto.”^q

por amor a las mismas; sea lo que fuera esa “otra cosa”, debe ésta ser hoy algo evaluable por medios burocráticos, en bulto y al manotazo, y sólo quienes se distinguen en la faena de lanzar piedras por sobre un muro, ida y vuelta, serán seleccionados por este medio — ¿y qué clase de investigación hemos de esperar de lanzadores de piedras que, en su tiempo libre, se dedican a la investigación por el amor que a ella tienen?

Planteemos la pregunta del ecolismo una vez más: *¿Y después, qué?* Hemos visto que la pregunta tiene dos respuestas diferentes que se complementan. Desde un punto de vista puramente físico, la respuesta es simplemente, “Y después, nada”. Nada en tanto que no se ha logrado ni contribuido a la ciencia nada de verdadero valor; nada se ha ganado, nada se ha perdido: como en Bizancio, toda evolución y desarrollo han quedado detenidos. Esto está diametralmente opuesto a la situación como se presenta en la ecología — la situación para la que Hardin concibió la pregunta del ecolismo —, donde la respuesta es demasiado a menudo, “Y después, el desastre”. Desastre dicho en un sentido muy real, dado que un progreso miope y un crecimiento empujado meramente por consideraciones económicas no puede, a la larga, más que causar daño a los habitantes de un mundo finito. Pero también en la física la respuesta puede ser algo muy distinto a ese inocuo “nada” mencionado, y ser, por el contrario, aquí también “desastre”. Así es cuando miramos a la física como una actividad social. En tal caso, la respuesta a la pregunta del ecolismo es, “Y después, fraude o fiasco”. Cuál de los dos ha de ser depende del conocimiento conciente del físico y de sus verdaderas intenciones.

Si, ciego ante las cadenas de su ámbito de investigación, amontona artículo tras artículo en la honesta creencia de que está contribuyendo significativamente a la física, se trata entonces del mal menor llamado fiasco; en otras palabras, el fracaso total. Al pasar los años y las décadas, puede que el físico empiece a preguntarse, impelido por un segundo dogma reinante, el Dogma de la Calidad al Peso — “Si pesa más, es mejor” — por qué tantas toneladas de papel

(Thoreau,
1854, p. 191)

☞ “Suben los libros a las estanterías, pero baja la inteligencia que los escribe.”^r

no han comportado verdadero progreso, siendo aún las mismas viejas preguntas las que asedian el frente de la investigación. “¿Es que, después de todo, no hemos aprendido nada significativo en todo este tiempo?” se pregunta el físico con honesta perplejidad a medida que se acerca al fin de su vida. Y así, pues, el fracaso total de la física por lograr los mismísimos objetivos que son su razón de ser resulta de esta fijación como barroca según la cual el acto de producción es más importante que el resultado logrado. Si, por otro lado, plenamente consciente de hallarse embarcado en una carrera hacia ninguna parte, el físico navega plácida y felizmente en tanto su cómoda cabina en el barco de la ciencia no le sea arrebatada, trátase en tal caso de un fiasco. Un engaño deliberado en que cualquier duda que se experimente es puesta bajo cubierta y hecha a un lado, y en que debe halagarse el propio trabajo siempre que sea posible, presentándolo como un estupendo éxito o una gran revolución. En este marco, un trabajo científico no es ni más ni menos que un medio para publicitar ideas cual si fueran artículos de consumo, y para manipular a lectores y hacedores de planes de acción para que crean que ellas son de gran valor. A causa de que el éxito es hoy, en círculos académicos tanto como en otros, algo manufacturado desde dentro mediante una frívola e irresponsable apelación apropiante del hombre masa a las masas, se cae irremediabilmente en el fraude, pues la honestidad es un lujo que no nos podemos dar.

☞ “Apenas si conozco siquiera a un *intelectual* que sea tan amplia y auténticamente liberal que se pueda pensar en voz alta en su compañía. La mayoría de aquéllos con quienes uno intenta hablar pronto arriban a una posición relativa a una institución en la que tienen intereses, es decir, una forma particular, y no universal, de ver las cosas.”^s

(Thoreau, 1863,
p. 364–365)

Los gobiernos sólo intentaron cosechar los frutos de la ciencia, y los burócratas designados para llevar a cabo la tarea sólo intentaron simplificar su trabajo —pero en ciencia como en ecología, como dijo el sabio, *nunca se puede hacer sólo una cosa*.

VI. LA FÍSICA SE ENCUENTRA CON LA PSICOLOGÍA EN LA ESCALA DE PLANCK

Las preguntas más sencillas son las más difíciles de hacer. ¿Quién las formulará? No hay esperanza de que el experto de visión tubular sea quien lo haga, pues sus pensamientos se hallan entorpecidos por el peso de sus vacíos tecnicismos cuantitativos, y su visión miopeamente focalizada en los detalles meramente matemáticos de sus investigaciones.

Nos tornamos hacia el mítico hombre de Marte. Con sus pies firmemente asentados en tierra marciana, su visión amplia y envolvente, y su juicio aún no enturbiado por una lectura excesiva de optimistas artículos de investigación, calmadamente da éste voz a sus pensamientos rebosantes

de alfabetismo, numerismo y ecolismo, sin dejarse intimidar por la fría y deshumanizada competencia del experto terrícola:

(Thoreau,
1854, p. 216)

☞ “En ocasiones noté que pensaba por sí mismo y que expresaba su propia opinión, un fenómeno tan raro que estaría dispuesto cualquier día a caminar diez millas para observarlo.”^t

¿Por qué una teoría mecánica de gravedad cuántica? ¿Cuál es la cosa que se mueve? ¿Alguno de ustedes la ha visto? Si se mueve en el espacio y el tiempo, ¿cómo se dispone entonces la gravedad cuántica a dar una explicación completamente innovadora de estos mismos conceptos? — pues me he enterado que tal es su propósito.

¿Por qué es el objeto mecánico tan pequeño, tan inquieto, tan energético? ¿Ser más pequeño significa ser más fundamental? ¿Por qué, siendo cada uno de ustedes un ser tan individualmente creativo, se dedican todos a formular representaciones teóricas en las que la escala de Planck juega un papel central, si no existe ningún fenómeno en la Tierra o en Marte que pida ser explicado a esta escala de las cosas?

Según me he enterado, el objetivo de las teorías científicas que ustedes formulan es explicar el mundo natural. ¿Ustedes, aquí y ahora, las formulan para lograr por medio de ellas comprender algún fenómeno? — ¿o para lograr cosas al margen?

No se deja escuchar respuesta alguna. El experto de visión tubular cae con desazón en la cuenta de que las preguntas más sencillas — las que él no se hace — son también las más difíciles de responder.

¿Qué diría alguien que abrió nuevos caminos en física de abajo hacia arriba, sobre la base de fenómenos naturales, de observaciones y experimentos, sobre el tema de la escala de Planck como cimiento para una mejor física? ¿Si un hombre de la tradición física, esa tradición que ahora tan raudamente va desapareciendo por las fronteras de la disciplina, se propusiera avizorar cómo seguir avanzando, también habría arribado éste a la escala de Planck como la forma futura de la misma? La respuesta a la primera pregunta es “nada”; la respuesta a la segunda, “absolutamente no”.

Musitando sobre las divergencias de la teoría cuántica de campos, en *Física y filosofía* Werner Heisenberg hace consideraciones generales según el análisis dimensional. Armado con la constante de Planck h y la velocidad de la luz c , especula sobre la necesidad de una tercera constante fundamental, de modo tal que pueda obtenerse un trío de constantes con dimensiones de longitud, masa y tiempo. Al ir desarrollándose este análisis, el lector del nuevo siglo queda poseído por una creciente sensación de que Heisenberg está a punto de introducir la constante gravitacional G y derivar la escala de Planck a partir del conjunto $\{h, c, G\}$. Pero estas expectativas quedan

decepcionadas, pues Heisenberg, basándose en la evidencia experimental disponible, escribe:

A juzgar por nuestro conocimiento actual de estas partículas [elementales], la forma más apropiada de introducir la tercera constante universal sería asumir una longitud universal de aproximadamente 10^{-13} cm, es decir, un tanto menor que el radio de los núcleos atómicos livianos.^u (Heisenberg, 1958, p. 111)

¿Por qué 10^{-15} m y no 10^{-35} m? ¿Debería Heisenberg ajustarse a los nuevos tiempos? ¿O debería el nuevo físico ajustarse a la evidencia experimental?

¿Y qué del propio hombre que inventó las unidades en cuestión, el mismísimo Max Planck? ¿Qué diría hoy él sobre toda esta gran cuestión? Tal fue su ejemplaridad como miembro de la tradición física que bien podría arriesgarme a decir que, de haber sabido Planck que, como resultado de su inocente jugueteo con las constantes de la naturaleza, su nombre terminaría encabezando, un siglo más tarde, las filas de la actual debacle en la física de frontera, probablemente lo habría pensado dos veces antes de dejar que su pluma garabateara lo que resultaría ser un capricho tan mentalmente infeccioso.

En vista de sus temblorosos cimientos en cuanto a cuestiones de alfabetismo, numerismo y ecolismo, ¿por qué se pone no obstante tanto ímpetu en tomar la escala de Planck como algo esencial? Obtuvimos aquí una respuesta más profunda que las habituales poniendo atención en la constitución psicológica del investigador humano. La mente humana, a un tiempo que intenta alcanzar más allá de los límites del conocimiento, ansía no obstante la familiaridad de conceptos mecánicos y de intuiciones preestablecidas, la soltura de las herramientas geométricas, la comodidad y seguridad de la contención geométrica, y la vía rápida de la inercia intelectual, de la repetición formularia y epigónica.

☛ "Había vivido allí menos de una semana cuando mis pies marcaron un sendero desde mi puerta hasta la vera de la laguna; y aunque hace cinco o seis años desde la última vez que lo anduve, está aún bien distinguible. . . . La superficie de la tierra es blanda e impresionable por los pies de los hombres; y así también con los senderos por los que viaja la mente. ¡Cuán desgastadas y polvorientas, pues, deben hallarse las carreteras del mundo, cuán profundos los surcos de la tradición y la conformidad!"^v

(Thoreau, 1854,
P. 343)

En cuanto a las necesidades geométricas del hombre, Stanisław Lem ha lamentado con amargura que la imaginación humana debe visualizarlo todo. Al verse enfrentado con un paisaje completamente ajeno a su experiencia, su personaje se ríe

de los enormes esfuerzos que hacen los artistas de la Tierra por alcanzar más allá de los límites de la imaginación humana (que

debe visualizarlo todo); de cómo los pobres diablos golpean contra las paredes de sus mentes; y de cuán poco, verdaderamente, se apartan de la banalidad, a pesar de esforzarse al extremo por hacerlo — mientras que aquí, en un solo acre, había más orgullosa originalidad que en un centenar de sus ansiosas, angustiosas muestras de arte.^w (Lem, 1986, p. 31)

El proceso creativo en ciencia y en arte es bastante similar, y estas dos esferas del quehacer humano han sido correctamente emparejadas por varios pensadores. No cabe sorprenderse entonces de que los escollos creativos que padecen los artífices del arte sean los mismos que padecen los artífices de la ciencia.

En cuanto a la inercia intelectual de los hombres, dijo el filósofo español con característica agudeza,

De ordinario, se tiene la impresión de vivir entre sonámbulos que avanzan por la vida sumergidos en un sueño hermético ... en que las ideas no son reacción despierta y consciente ante las cosas, sino uso ciego, automático, de un repertorio de fórmulas que el ambiente insufla en el individuo. ... Es innegable que mucha parte de la ciencia y de la literatura se ha hecho también en trance sonambólico. ... (Ortega y Gasset, 1927, p. 143)

Mientras sea más ventajoso hacer ciencia durante nuestro sueño nocturno en vez de en las horas matutinas de nuestra más intensa y refinada percepción consciente, el actual trance sonambólico de la física no verá los rayos del alba.

En el caso particular que aquí hemos considerado, esta situación llevó a la mente humana a atraparse en la marginalidad de una jaula de 10^{-103} metros cúbicos — un refugio intelectual, por así decirlo — del que no desea siquiera espiar hacia afuera, y mucho menos escapar. A la luz de esto, la escala de Planck se presenta como *leitmotiv* de las necesidades psicológicas y sociológicas del hombre al intentar crear una nueva física. Es la escala que resultó más a mano para cumplimentar una tarea que se hacía ya desesperadamente necesario satisfacer: si la constante gravitacional G , la constante de Planck h y la velocidad de la luz c no se hubieran combinado grácilmente para producirla, entonces se habría dispuesto otra escala para ocupar el puesto vacante.

Vemos ahora que, si es que la física se encuentra con algo sustancial en absoluto en la escala de Planck, no es esto pues, como sugiere el título del desconcertante libro de Callender y Huggett al son de las trompetas y platillos del nuevo milenio, algo tan majestuoso como la filosofía, sino más bien — inesperadamente para el físico duro empapado del ideal de objetividad extrahumana — la menos majestuosa pero más pertinente psicología: la psicología del investigador humano quien, a la deriva en un mar desierto de fenómenos, se asió instintivamente a la promesa que encarnaba un endeble tronco pasajero.

☪ “Vistas desde un punto de vista inferior ... [estas] son, en muchos sentidos, cosas muy admirables y poco comunes, por las cuales dar gracias, y tal como muchos las han descrito; pero vistas desde un punto de vista un poco más alto, son como yo las he descrito; vistas desde un punto de vista más alto aún, y desde el más alto posible, ¿quién ha de decir lo que son, o que en absoluto vale la pena que las observemos y pensemos en ellas?”^x

(Thoreau, 1849,
p. 101)

TERMINAL MARCIANA

Hace ciento cincuenta años terrestres, Henry Thoreau, entonces enviado marciano a la Tierra explorando en las cercanías de la laguna Walden (42.4384° N, 71.3420° W), habló así de lo que vio. Los hombres, escribió,

se hallan en un gran apuro por construir un telégrafo magnético de Maine a Texas; pero Maine y Texas puede que no tengan nada importante que comunicarse. Ambas se encuentran en el mismo aprieto que aquel hombre que estaba ansioso por conocer a una distinguida mujer sorda, pero cuando ella le fue presentada, y un extremo del cono auricular de ésta fue puesto en su mano, no tuvo nada que decir. Como si lo principal fuese hablar con rapidez y no con sentido. Están deseosos de hacer un túnel bajo el Atlántico para traer el viejo mundo algunas semanas más cerca del nuevo; pero tal vez la primera noticia que se filtre hasta la amplia y aleteante oreja norteamericana sea que la Princesa Adelaida tiene la tos convulsa.^y (Thoreau, 1854, p. 144)

A juzgar por el estado de la cosas sobre la Tierra según las he observado y descrito en esta indagación, en mucho ciertamente ha cambiado este planeta en el interín, pero en nada, después de todo, ha cambiado el hombre.

Nuestro enviado marciano a la Tierra también dejó entonces pautas directrices para futuros exploradores quienes, como yo, se atrevieran en camaradería a penetrar en este afligido punto del sistema planetario; a saber:

Afirmémonos, e hincamos y hundamos los talones a través del barro y la sucia aguanieve de la opinión, y el prejuicio, y la tradición, y la ilusión, y la apariencia, ese aluvión que cubre el mundo, por París y Londres, por Nueva York y Boston y Concord, por la iglesia y el estado, por la poesía y la filosofía y la religión, hasta llegar a un fondo duro y a unas piedras bien en su sitio, un lugar que podamos llamar *realidad*, y decir, Esto es, y lo es sin dudas; y luego comenzar, armados con un punto de apoyo, por debajo de los raudales y de la helada y del fuego, un lugar donde poder fundar una pared o un estado, o afirmar un poste de luz con seguridad, o tal vez un calibre, no un Nilómetro sino un Realómetro, de modo que las eras futuras puedan conocer cuán

profundos raudales de farsas y apariencias se habían acumulado de tanto en tanto.”^z (Thoreau, 1854, pp. 177–178)

Habiendo alcanzado más allá del sinsentido de las convenciones y clichés humanos, más allá de la farcedad de una insincera retórica humana, más allá del asfixiante chaleco de fuerza de una cultura humana hieratizada — y sólo así habiendo comprendido verdaderamente — mi mente marciana se halla ahora en paz.

CITAS ORIGINALES

- a We’ve replaced particles with strings — that in a sense is the most revolutionary aspect of the theory. But all of the other concepts of physics have been left untouched. . . . On the other hand, many of us believe that that will be insufficient to realize the final goals of string theory, or even to truly understand what the theory is, what its basic principles are. That at some point, a much more drastic revolution or discontinuity in our system of beliefs will be required. And that this revolution will likely change the way we think about space and time, maybe even eliminate them completely as a basis for our description of reality. (Gross, Entrevista para *Nova*.)
- b As we withdraw our attention from the moon and focus it once more on problems in our back yard we inevitably discover that the nearer problems are the more difficult. The real difficulties . . . lie not in the stars but in ourselves. (Hardin, 1972, p. ix)
- c We have this incredibly powerful set of tools and methods that describe this *intellectual structure*, and yet we really don’t know what lies at the core of that.” (Gross, Entrevista para *Nova*).
- d We are most interested when science reports what those men [who spend their lives in the fields and woods] already know practically or instinctively, for that alone is a true *humanity*, or account of human experience. (Thoreau, 1854, p. 261)
- e Perhaps no single thought pattern distinguishes the scientist quite so clearly from the nonscientist as his habit of putting questions into quantitative form before seeking answers. (Hardin, 1961, p. 19)
- f Most men would feel insulted if it were proposed to employ them in throwing stones over a wall, and then in throwing them back, merely that they might earn their wages. But many are no more worthily employed now. (Thoreau, 1863, p. 356)
- g I know that most men think differently from myself; but those whose lives are by profession devoted to the study of these or kindred subjects content me as little as any. . . . They may be men of a certain experience and discrimination, and have no doubt invented ingenious and even useful systems, for which we sincerely thank them; but all their wit and usefulness lie within certain not very wide limits.” (Thoreau, 1849, p. 102)
- h I know of those whose serene and wise speculations on this theme would soon reveal the limits of his mind’s range and hospitality. . . . Notwithstanding his special acuteness and ability, he is unable to take a fact . . . and behold it as it lies absolutely to be disposed of by the intellect . . . but ventures, or is driven, to make some such desperate answer as the following. . . . (Thoreau, 1849, p. 102)

- i It is so hard to forget what it is worse than useless to remember! (Thoreau, 1863, p. 368)
- j Even the facts of science may dust the mind by their dryness, unless they are in a sense effaced each morning, or rather rendered fertile by the dews of fresh and living truth. (Thoreau, 1863, p. 369)
- k Why should we be in such desperate haste to succeed, and in such desperate enterprises? (Thoreau, 1854, p. 345)
- l On my return home, it occurred to me, in 1837, that something might perhaps be made out on this question by patiently accumulating and reflecting on all sorts of facts. . . . After five years' work I allowed myself to speculate on the subject, and drew up some short notes. . . . (Darwin, 1859, p. 3)
- m It is difficult to get a man to understand something when his salary depends upon his not understanding it! (Observación de Upton Sinclair.)
- n It is for want of a man that there are so many men. (Thoreau, 1863, p. 367)
- o If you pay a man a salary for doing research, he and you will want to have something to point to at the end of the year to show that the money has not been wasted. In promising work of the highest class, however, results do not come in this regular fashion, in fact years may pass without any tangible result being obtained, and the position of the paid worker would be very embarrassing and he would naturally take to work on a lower, or at any rate a different plane where he could be sure of getting year by year tangible results which would justify his salary. The position is this: You want this kind of research, but, if you pay a man to do it, it will drive him to research of a different kind. The only thing to do is to pay him for doing something else and give him enough leisure to do research for the love of it. [J. J. Thomson citado en (Hardin, 1960, p. 344).]
- p I would not be one of those who will foolishly drive a nail into mere lath and plastering; such a deed would keep me awake nights. . . . Drive a nail home and clinch it so faithfully that you can wake up in the night and think of your work with satisfaction. . . . Every nail driven should be as another rivet in the machine of the universe, you carrying on the work. (Thoreau, 1854, p. 348)
- q In the long run men hit only what they aim at. Therefore, though they should fail immediately, they had better aim at something high. (Thoreau, 1854, p. 125)
- r Up come the books, but down goes the wit that writes them. (Thoreau, 1854, p. 191)
- s I hardly know an *intellectual* man, even, who is so broad and truly liberal that you can think aloud in his society. Most with whom you endeavor to talk soon come to a stand against some institution in which they appear to hold stock, that is, some particular, not universal, way of viewing things. (Thoreau, 1863, p. 364–365)
- t I occasionally observed that he was thinking for himself and expressing his own opinion, a phenomenon so rare that I would any day walk ten miles to observe it. . . . (Thoreau, 1854, p. 216)
- u Judging from our present knowledge of these [elementary] particles, the most appropriate way of introducing the third universal constant would be by the assumption of a universal length the value of which should be roughly 10^{-13} cm, that is, somewhat smaller than the radii of the light atomic nuclei. (Heisenberg, 1958, p. 111)
- v I had not lived there a week before my feet wore a path from my door to the pond-side; and though it is five or six years since I trod it, it is still quite distinct. . . . The surface of the earth is soft and impressible by the feet of men; and so with the

- paths which the mind travels. How worn and dusty, then, must be the highways of the world, how deep the ruts of tradition and conformity!" (Thoreau, 1854, p. 343)
- w He laughed at the mighty efforts made by the artists of Earth to reach beyond the boundary of human imagination (which must visualize everything); at how the poor devils beat against the walls in their minds; and at how little, really, they departed from platitude, though straining to the utmost to depart — while here, in a single acre, there was more proud originality than in a hundred of their anxious, anguished art shows. (Lem, 1986, p. 31, original en polaco)
- x Seen from a lower point of view . . . [these] are, in many respects, very admirable and rare things, to be thankful for, such as a great many have described them; but seen from a point of view a little higher, they are what I have described them; seen from a higher still, and the highest, who shall say what they are, or that they are worth looking at or thinking of at all? (Thoreau, 1849, p. 101)
- y We are in great haste to construct a magnetic telegraph from Maine to Texas; but Maine and Texas, it may be, have nothing important to communicate. Either is in such a predicament as the man who was earnest to be introduced to a distinguished deaf woman, but when he was presented, and one end of her ear trumpet was put into his hand, had nothing to say. As if the main object were to talk fast and not to talk sensibly. We are eager to tunnel under the Atlantic and bring the old world some weeks nearer to the new; but perchance the first news that will leak through into the broad, flapping American ear will be that the Princess Adelaide has the whooping cough. (Thoreau, 1854, p. 144)
- z Let us settle ourselves, and work and wedge our feet downward through the mud and slush of opinion, and prejudice, and tradition, and delusion, and appearance, that alluvion which covers the globe, through Paris and London, through New York and Boston and Concord, through church and state, through poetry and philosophy and religion, till we come to a hard bottom and rocks in place, which we can call *reality*, and say, This is, and no mistake; and then begin, having a *point d'appui*, below freshet and frost and fire, a place where you might find a wall or a state, or set a lamp-post safely, or perhaps a gauge, not a Nilometer, but a Realometer, that future ages might know how deep a freshet of shams and appearances had gathered from time to time. (Thoreau, 1854, pp. 177–178)

REFERENCIAS

- Amelino-Camelia, G. (2008). Quantum gravity phenomenology. (arXiv: 0806.0339v1 [gr-qc])
- Borges, J. L. (1941). Las alarmas del doctor Américo Castro. En *Otras inquisiciones* (pp. 47–54). Buenos Aires: Emecé. (Esta edición publicada en 2005.)
- Borges, J. L. (1947). Nueva refutación del tiempo. En *Otras inquisiciones* (pp. 170–187). Buenos Aires: Alianza. (Esta edición publicada en 1976.)
- Bridgman, P. W. (1931). *Dimensional analysis*. New Haven, London: Yale University Press. (Esta edición publicada en 1963.)
- Callender, C., y Huggett, N. (Eds.). (2000). *Physics meets philosophy at the Planck scale*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection; or,*

- The preservation of favoured races in the struggle for life.* Hertfordshire: Wordsworth. (Esta edición publicada en 1998.)
- Hardin, G. (1960). *Nature and Man's fate.* London: Jonathan Cape.
- Hardin, G. (1961). *Biology: Its principles and implications.* San Francisco: Freeman.
- Hardin, G. (1972). *Exploring new ethics for survival: The voyage of the spaceship Beagle.* New York: Viking.
- Hardin, G. (1993). *Living within limits: Ecology, economics, and population taboos.* Oxford: Oxford University Press.
- Heisenberg, W. (1958). *Physics and philosophy.* London: Penguin. (Esta edición publicada en 1989.)
- Lem, S. (1986). *Fiasco,* M. Kandel (Trans.). San Diego: Harvest/HBJ. (Esta edición publicada en 1988.)
- López Corredoira, M. (2005, September). Cosmología: Sólo sé que no sé nada. *Caos y Ciencia.* (www.caosyciencia.com/ideas/articulo.php?id=050905)
- Meschini, D. (2007). Planck-scale physics: Facts and beliefs. *Foundations of Science*, 12, 277–294. (arXiv:gr-qc/0601097v1)
- Meschini, D. (2008). *A metageometric enquiry concerning time, space, and quantum physics.* Ph. D. thesis, Research report 1/2008, Department of Physics, University of Jyväskylä. (arXiv:0804.3742v1 [gr-qc])
- Ortega y Gasset, J. (1923). El sentido histórico de la teoría de Einstein. En *El tema de nuestro tiempo* (Fifteenth ed., pp. 147–168). Madrid: Revista de Occidente. (Esta edición publicada en 1963.)
- Ortega y Gasset, J. (1927). Paisaje con una corsa al fondo. En *Obras completas* (fourth ed., Vol. 6, pp. 139–147). Madrid: Revista de Occidente. (Esta edición publicada en 1958.)
- Ortega y Gasset, J. (1929). *La rebelión de las masas* (Forty-first ed.). Madrid: Espasa Calpe. (Esta edición publicada en 2007.)
- Ortega y Gasset, J. (1934). Ideas y creencias. En *Obras completas* (fourth ed., Vol. 5, pp. 381–409). Madrid: Revista de Occidente. (Esta edición publicada en 1958.)
- Reichenbach, H. (1951). *The rise of scientific philosophy.* Berkeley: University of California Press.
- Thoreau, H. D. (1849). Civil disobedience. En *Walden and other writings* (pp. 85–104). New York: Bantam. (Esta edición publicada en 1981.)
- Thoreau, H. D. (1854). Walden. En *Walden and other writings* (pp. 105–351). New York: Bantam. (Esta edición publicada en 1981.)
- Thoreau, H. D. (1863). Life without principle. En *Walden and other writings* (pp. 355–373). New York: Bantam. (Esta edición publicada en 1981.)

☛ “Cualquier hombre que tenga más razón que sus vecinos ya constituye una mayoría de uno.”