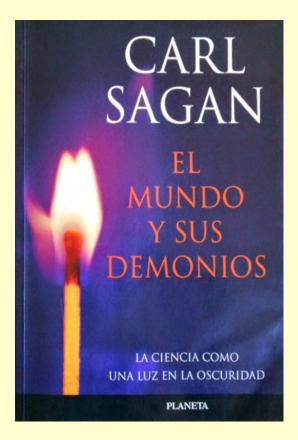


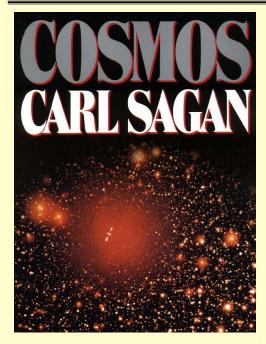


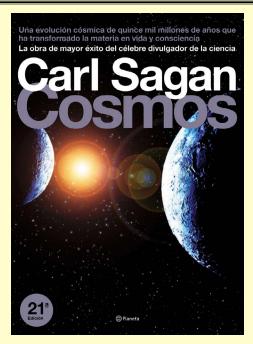
El mundo y sus demonios

La ciencia como una luz en la oscuridad de Carl Sagan



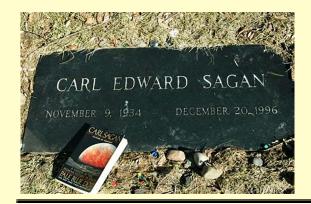
Este libro publicado en 1995 intenta explicar los procesos de la ciencia a todo público, y anima a los lectores a utilizar el pensamiento crítico o escéptico. Explica métodos que ayudan a distinguir entre ideas que son ciencia válida e ideas que son pseudocientíficas. Afirma el autor del libro que cuando se formula una nueva idea, ésta debe ser sometida a prueba, mediante experimentos y evidencias. El pensamiento escéptico da medios para construir, comprender y razonar con la finalidad de reconocer ideas válidas o erróneas, hasta donde la verificación sea posible. El libro es una reflexión contra la pseudociencia, y una defensa de la ciencia. También contiene elementos de crítica contra el sistema educativo estadounidense, problemas educativos que son globales en el mundo actual.





Portadas de la primera y última edición de Cosmos en español

Carl Sagan (1934 – 1996) fue un astrónomo estadounidense. Estudió en la Universidad de Chicago, doctorándose en Astronomía y Astrofísica en 1960. Fue profesor en las Universidades de Berkeley y de Harvard. Desde 1968 fue profesor en la Universidad de Cornell. En 1970 fue nombrado director del Centro de Estudios Planetarios. Colaborador habitual de la NASA, ideó los mensajes de las sondas Voyager al espacio exterior para contactar con probables civilizaciones extraterrestres, que se describieron en su obra "Murmullos de la Tierra, El mensaje interestelar del Voyager". Escribió varios libros de divulgación científica y de ciencia ficción. Una de sus obras en la que también analiza el trabajo científico y la creación del conocimiento científico es "El cerebro de Broca: Reflexiones sobre el apasionante mundo de la ciencia". En 1978 fue galardonado con el Premio Pulitzer por su obra "Los dragones del Edén: Especulaciones sobre la evolución de la inteligencia humana". Su obra Cosmos, de 1980, tanto el libro como la serie de televisión se convirtieron en un gran éxito mundial. Otro de sus libros famosos fue "Un punto azul pálido", escrito a propósito de una fotografía de la Tierra captada desde 6000 millones de kilómetros por la Voyager 1, en la que la Tierra se veía como un pixel azul pálido en la imagen.





Eureka, Enseñanza de las Ciencias Físicas, diciembre 2015

El libro está dividido en 25 capítulos: 1. Lo más preciado 2. Ciencia y esperanza 3. El hombre de la Luna y la cara de Marte 4. Extraterrestres 5. Argucias y secretos 6. Alucinaciones 7. El mundo poseído por demonios 8. Sobre la distinción entre visiones verdaderas y falsas 9. Terapia 10. Un dragón en el garaje 11. La ciudad de la aflicción 12. El sutil arte de detectar camelos 13. Obsesionado con la realidad 14. Anticiencia 15. El sueño de Newton 16. Cuando los científicos conocen el pecado 17. Un matrimonio entre el escepticismo y el asombro 18. El viento levanta polvo 19. No hay preguntas estúpidas 20 La casa en llamas 21. El camino de la libertad 22. Adictos del significado 23. Maxwell y los bichos raros 24. Ciencia y brujería 25. Los verdaderos patriotas hacen preguntas.

De estos 25 capítulos, hemos extractado del capítulo 2 "Ciencia y esperanza", en el que nos presenta los procesos de la ciencia y su visión personal de ella, confrontándola con la pseudociencia que es el tema de los capítulos siguientes. Consideremos los siguientes extractos del capítulo 2:



"Popularizar la ciencia —intentar hacer accesibles sus métodos y descubrimientos a los no científicos— es algo que viene a continuación, de manera natural e inmediata. No explicar la ciencia me parece perverso. Cuando uno se enamora, quiere contarlo al mundo. Este libro es una declaración personal que refleja mi relación de amor de toda la vida con la ciencia."

"Pero hay otra razón: la ciencia es más que un cuerpo de conocimiento, es una manera de pensar. Preveo cómo será la América de la época de mis hijos o nietos: Estados Unidos será una economía de servicio e información; casi todas las industrias manufactureras clave se habrán desplazado a otros países; los temibles poderes tecnológicos estarán en manos de unos pocos y nadie que represente el interés público se podrá acercar siquiera a los asuntos importantes; la gente habrá perdido la capacidad de establecer sus prioridades o de cuestionar con conocimiento a los que ejercen la autoridad; nosotros, aferrados a nuestros cristales y consultando nerviosos nuestros horóscopos, con las facultades críticas en declive, incapaces de discernir entre lo que nos hace sentir bien y lo que es cierto, nos iremos deslizando, casi sin darnos cuenta, en la superstición y la oscuridad."

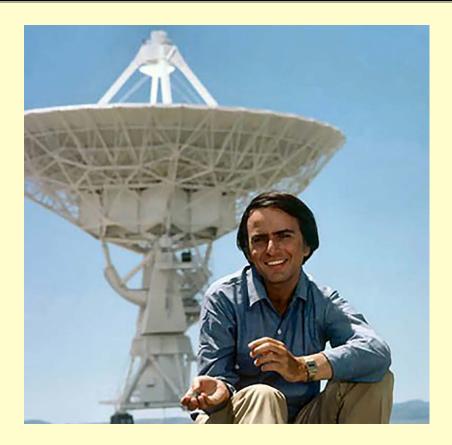
"La caída en la estupidez de Norteamérica se hace evidente principalmente en la lenta decadencia del contenido de los medios de comunicación, de enorme influencia, las cuñas de sonido de treinta segundos (ahora reducidas a diez o menos), la programación de nivel ínfimo, las crédulas presentaciones de pseudociencia y superstición, pero sobre todo en una especie de celebración de la ignorancia. En estos momentos, la película en vídeo que más se alquila en Estados Unidos es Dumb and Dumber. Beavis y Buttheadi siguen siendo populares (e influyentes) entre los jóvenes espectadores de televisión. La moraleja más clara es que el estudio y conocimeinto —no solo de la ciencia, sino de cualquier cosa— son prescindibles, e incluso indeseables."



Carl Sagan junto a un modelo del explorador Vikingo enviado a Marte

"Hemos preparado una civilización global en la que los elementos más cruciales —el transporte, las comunicaciones y todas las demás industrias; la agricultura, la medicina, la educación, el ocio, la protección del medio ambiente, e incluso la institución democrática clave de las elecciones— dependen profundamente de la ciencia y la tecnología. También hemos dispuesto las cosas de modo que nadie entienda la ciencia y la tecnología. Eso es una garantía de desastre. Podríamos seguir así una temporada pero, antes o después, esta mezcla combustible de ignorancia y poder nos explotará en la cara."

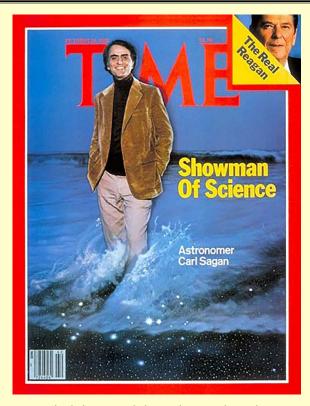
"Durante gran parte de nuestra historia teníamos tanto miedo del mundo exterior, con sus peligros impredecibles, que nos abrazábamos con alegría a cualquier cosa que prometiera mitigar o explicar el terror. La ciencia es un intento, en gran medida logrado, de entender el mundo, de conseguir un control de las cosas, de alcanzar el dominio de nosotros mismos, de dirigirnos hacia un camino seguro. La microbiología y la meteorología explican ahora lo que hace sólo unos siglos se consideraba causa suficiente para quemar a una mujer en la hoguera."



"Es mucho lo que la ciencia no entiende, quedan muchos misterios todavía por resolver. En un universo que abarca decenas de miles de millones de años luz y de unos diez a quince miles de millones de años de antigüedad, quizá siempre será así. Tropezamos constantemente con sorpresas. Sin embargo, algunos escritores y religiosos de la «Nueva Era» afirman que los científicos creen que «lo que ellos encuentran es todo lo que existe». Los científicos pueden rechazar revelaciones místicas de las que no hay más prueba que lo que dice alguien, pero es difícil que crean que su conocimiento de la naturaleza es completo."

"La ciencia está lejos de ser un instrumento de conocimiento perfecto. Simplemente, es el mejor que tenemos. En este sentido, como en muchos otros, es como la democracia. La ciencia por sí misma no puede apoyar determinadas acciones humanas, pero sin duda puede iluminar las posibles consecuencias de acciones alternativas."

"La manera de pensar científica es imaginativa y disciplinada al mismo tiempo. Ésta es la base de su éxito. La ciencia nos invita a aceptar los hechos, aunque no se adapten a nuestras ideas preconcebidas. Nos aconseja tener hipótesis alternativas en la cabeza y ver cuál se adapta mejor a los hechos. Nos insta a un delicado equilibrio entre una apertura sin barreras a las nuevas ideas, por muy heréticas que sean, y el escrutinio escéptico más riguroso: nuevas ideas y sabiduría tradicional. Esta manera de pensar también es una herramienta esencial para una democracia en una era de cambio."



Portadadel Time del 20 de octubre de 1980

"Una de las razones del éxito de la ciencia es que tiene un mecanismo incorporado que corrige los errores en su propio seno. Quizá algunos consideren esta caracterización demasiado amplia pero, para mí, cada vez que ejercemos la autocrítica, cada vez que comprobamos nuestras ideas a la luz del mundo exterior, estamos haciendo ciencia. Cuando somos autoindulgentes y acríticos, cuando confundimos las esperanzas con los hechos, caemos en la pseudociencia y la superstición."

"Además, los científicos suelen ser muy cautos al establecer la condición verídica de sus intentos de entender el mundo —que van desde conjeturas e hipótesis, que son provisionales, hasta las leyes de la naturaleza, repetida y sistemáticamente confirmadas a través de muchos interrogantes acerca del funcionamiento del mundo. Pero ni siquiera las leyes de la naturaleza son absolutamente ciertas. Puede haber nuevas circunstancias nunca examinadas antes —sobre los agujeros negros, por ejemplo, o dentro del electrón, o acerca de la velocidad de la luz— en las que incluso nuestras loadas leyes de la naturaleza fallan y, por muy válidas que puedan ser en circunstancias ordinarias, necesitan corrección."

"Uno de los grandes mandamientos de la ciencia es: «Desconfía de los argumentos que proceden de la autoridad.» (Desde luego, los científicos, siendo primates y dados por tanto a las jerarquías de dominación, no siempre siguen este mandamiento.) Demasiados argumentos de este tipo han resultado ser dolorosamente erróneos. Las autoridades deben demostrar sus opiniones como todos los demás. Esta independencia de la ciencia, su reluctancia ocasional a aceptar la sabiduría convencional, la hace peligrosa para doctrinas menos autocríticas o con pretensiones de certidumbre."

"Como la ciencia nos conduce a la comprensión de cómo es el mundo y no de cómo desearíamos que fuese, sus descubrimientos pueden no ser inmediatamente comprensibles o satisfactorios en todos los casos. Puede costar un poco de trabajo reestructurar nuestra mente. Parte de la ciencia es muy simple. Cuando se complica suele ser porque el mundo es complicado, o porque nosotros somos complicados. Cuando nos alejamos de ella porque parece demasiado difícil (o porque nos la han enseñado mal) abandonamos la posibilidad de responsabilizarnos de nuestro, futuro. Se nos priva de un derecho. Se erosiona la confianza en nosotros mismos."

"Pero cuando atravesamos la barrera, cuando los descubrimientos y métodos de la ciencia llegan hasta nosotros, cuando entendemos y ponemos en uso este conocimiento, muchos de nosotros sentimos una satisfacción profunda. A todo el mundo le ocurre eso, pero especialmente a los niños, que nacen con afán de conocimiento, conscientes de que deben vivir en un futuro moldeado por la ciencia, pero a menudo convencidos en su adolescencia de que la ciencia no es para ellos. Sé por experiencia, tanto por habérmela explicado a mí como por mis intentos de explicarla a otros, lo gratificante que es cuando conseguimos entenderla, cuando los términos oscuros adquieren significado de golpe, cuando captamos de qué va todo, cuando se nos revelan profundas maravillas."

"En su encuentro con la naturaleza, la ciencia provoca invariablemente reverencia y admiración. El mero hecho de entender algo es una celebración de la unión, la mezcla, aunque sea a escala muy modesta, con la magnificencia del cosmos. Y la construcción acumulativa de conocimiento en todo el mundo a lo largo del tiempo convierte a la ciencia en algo que no está muy lejos de un meta-pensamiento transnacional, transgeneracional."

"... La ciencia no sólo es compatible con la espiritualidad sino que es una fuente de espiritualidad profunda. Cuando reconocemos nuestro lugar en una inmensidad de años luz y en el paso de las eras, cuando captamos la complicación, belleza y sutileza de la vida, la elevación de este sentimiento, la sensación combinada de regocijo y humildad, es sin duda espiritual. Así son nuestras emociones en presencia del gran arte, la música o la literatura, o ante los actos de altruismo y valentía ejemplar como los de Mohadma Gandhi o Martín Luther King, Jr. La idea de que la ciencia y la espiritualidad se excluyen mutuamente de algún modo presta un flaco servicio a ambas."



Artículos publicados en la revista electrónica Astronomía Digital N° 9.

"No todas las ramas de la ciencia pueden presagiar el futuro —la paleontología, por ejemplo— pero muchas sí, y con una precisión asombrosa. Si uno quiere saber cuándo será el próximo eclipse de Sol, puede preguntar a magos o místicos, pero le irá mucho mejor con los científicos. Le dirán dónde colocarse en la Tierra, para verlo, cuándo debe hacerlo y si será un eclipse parcial, total o anular. Pueden predecir rutinariamente un eclipse solar, al minuto, con un milenio de anticipación. Una persona puede ir a ver a un brujo para que le quite el sortilegio que le provoca una anemia perniciosa, o puede tomar vitamina B12. Si quiere salvar de la polio a su hijo, puede rezar o puede vacunarle. Si le interesa saber el sexo de su hijo antes de nacer, puede consultar todo lo que quiera a los adivinos que se basan en el movimiento de la plomada (derecha-izquierda, un niño; adelante-atrás, una niña... o quizá al revés) pero, como promedio, acertarán sólo una de cada dos veces. Si quiere precisión (en este caso del noventa y nueve por ciento), pruebe la amniocentesis y las ecografías. Pruebe la ciencia."

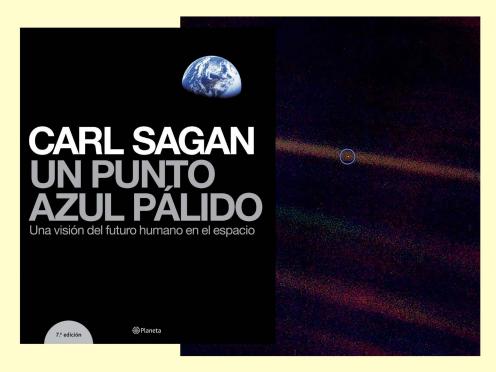
"Pensemos en cuántas religiones intentan justificarse con la profecía. Pensemos en cuánta gente confía en esas profecías, por vagas que sean, por irrealizables que sean, para fundamentar o apuntalar sus creencias. Pero ¿ha habido alguna religión con la precisión profética y la exactitud de la ciencia? No hay ninguna religión en el planeta que no ansíe una capacidad comparable —precisa y repetidamente demostrada ante escépticos redomados— para presagiar acontecimientos futuros. No hay otra institución humana que se acerque tanto."

"¿Es todo eso adoración ante el altar de la ciencia? ¿Es reemplazar una fe por otra, igualmente arbitraria? Desde mi punto de vista, en absoluto. El éxito de la ciencia, directamente observado, es la razón por la que defiendo su uso. Si funcionara mejor otra cosa, la defendería. ¿Se



DVD de la serie Cosmos

aísla la ciencia de la crítica filosófica? ¿Se define a sí misma como poseedora de un monopolio de la «verdad»? Pensemos nuevamente en este eclipse futuro a miles de años vista. Comparemos todas las doctrinas que podamos, veamos qué predicciones hacen del futuro, cuáles son vagas y cuáles precisas, y qué doctrinas —cada una de ellas sujeta a la falibilidad humana— tienen mecanismos incorporados de corrección de errores. Tomemos nota del hecho que ninguna de ellas es perfecta. Luego tomemos la que razonablemente puede funcionar (en oposición a la que lo parece) mejor. Si hay diferentes doctrinas que son superiores en campos distintos e independientes, desde luego somos libres de elegir varias, pero no si se contradicen una a otra. Lejos de ser idolatría, es el medio a través del que podemos distinguir a los ídolos falsos de los auténticos."



El punto de la derecha enmarcado por una circunferencia, muestra a la Tierra desde una distancia de 6000 millones de kilómetros.

"Nuevamente, la razón por la que la ciencia funciona tan bien es en parte este mecanismo incorporado de corrección de errores. En la ciencia no hay preguntas prohibidas, no hay temas demasiado sensibles o delicados para ser explorados, no hay verdades sagradas. Esta apertura a nuevas ideas, combinada con el escrutinio más riguroso y escéptico de todas las ideas, selecciona el trigo de la cizaña. No importa lo inteligente, venerable o querido que sea uno. Debe demostrar sus ideas ante la crítica decidida y experta. Se valoran la diversidad y el debate. Se alienta la formulación de opiniones en disputa, sustantivamente y en profundidad."



Calendario cósmico de Carl Sagan: Toda la historia del Universo convertida a un año.

"El proceso de la ciencia puede parecer confuso y desordenado. En cierto modo lo es. Si uno examina la ciencia en su aspecto cotidiano, desde luego encuentra que los científicos ocupan toda la gama de emociones, personalidades y caracteres humanos. Pero hay una faceta realmente asombrosa para el observador externo, y es el nivel de crítica que se considera aceptable o incluso deseable. Los aprendices de científicos reciben mucho calor e inspirado aliento de sus tutores. Pero el pobre licenciado, en su examen oral de doctorado, está sujeto a un mordaz fuego cruzado de preguntas de unos profesores que precisamente tienen el futuro del candidato en sus manos. Naturalmente, el doctorado se pone nervioso; ¿quién no? Cierto, se ha preparado para ello durante años. Pero entiende que, en este momento crítico, tiene que ser capaz de responder las minuciosas preguntas que le planteen los expertos. Así, cuando se prepara para defender su tesis, debe practicar un hábito de pensamiento muy útil: tiene que anticipar las preguntas, tiene que preguntarse: ¿En qué punto flaquea mi disertación? Será mejor que lo identifique yo antes que otros."

"El científico participa en reuniones y discusiones. Se encuentra en coloquios universitarios en los que apenas el ponente lleva treinta segundos hablando cuando la audiencia le plantea preguntas y comentarios devastadores. Analiza las condiciones para entregar un artículo a una revista científica para su posible publicación, lo envía al editor y luego éste lo somete a árbitros anónimos cuya tarea es preguntarse: ¿Lo que ha hecho el autor es una estupidez? ¿Hay algo aquí lo bastante interesante para ser publicado? ¿Cuáles son las deficiencias de este estudio? Los resultados principales ¿han sido encontrados por alguien más? ¿El argumento es adecuado, o el autor debería someter el informe de nuevo después de demostrar realmente lo que aquí es sólo una especulación? Y es anónimo: el autor no sabe quiénes son los críticos. Esta es la práctica diaria de la comunidad científica."

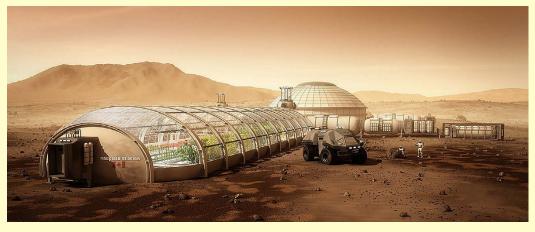
"¿Por qué soportamos todo eso? ¿Nos gusta que nos critiquen? No, a ningún científico le gusta. Todo científico siente un afecto de propietario por sus ideas y descubrimientos. Con todo, no replicamos a los críticos: espera un momento, de verdad que es buena idea, me gusta mucho, no

te hace ningún daño, por favor, déjala en paz. En lugar de eso, la norma dura pero justa es que si las ideas no funcionan, debemos descartarlas. No gastes neuronas en lo que no funciona. Dedica esas neuronas a ideas nuevas que expliquen mejor los datos. El físico británico Michael Faraday advirtió de la poderosa tentación

de buscar las pruebas y apariencias que están a favor de nuestros deseos y desatender las que se oponen a ellos... Recibimos como favorable lo que concuerda con [nosotros], nos resistimos con desagrado a lo que se nos opone; mientras todo dictado del sentido común requiere exactamente lo contrario."

"Las críticas válidas te hacen un favor.

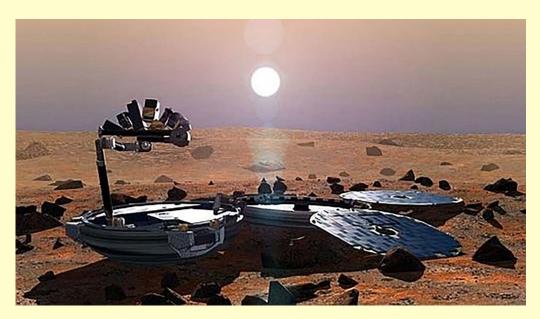
Hay gente que considera arrogante a la ciencia, especialmente cuando pretende contradecir creencias arraigadas o cuando introduce conceptos extraños que parecen contrarios al sentido común. Como un terremoto que sacude nuestra fe en el terreno donde nos hallamos, desafiar nuestras creencias tradicionales, zarandear las doctrinas en las que hemos confiado, puede ser profundamente perturbador. Sin embargo, mantengo que la ciencia es parte integrante de la humildad. Los científicos no pretenden imponer sus necesidades y deseos a la naturaleza, sino que humildemente la interrogan y se toman en serio lo que encuentran. Somos conscientes de que científicos venerados se han equivocado. Entendemos la imperfección humana. Insistimos en la verificación independiente —hasta donde sea posible— y. cuantitativa de los principios de creencia que se proponen. Constantemente estamos clavando el aguijón, desafiando, buscando contradicciones o pequeños errores persistentes, residuales, proponiendo explicaciones alternativas, alentando la herejía. Damos nuestras mayores recompensas a los que refutan convincentemente creencias establecidas."



Una base en Marte, soñada por Carl Sagan.

"Aquí va uno de los muchos ejemplos: las leyes de movimiento y la ley de cuadrado inverso de gravitación asociadas con el nombre de Isaac Newton están consideradas con razón entre los máximos logros de la especie humana. Trescientos años después, utilizamos la dinámica newtoniana para predecir los eclipses. Años después del lanzamiento, a miles de millones de kilómetros de la Tierra (con sólo pequeñas correcciones de Einstein), la nave espacial llega de manera magnífica a un punto predeterminado en la órbita del objetivo mientras el mundo va moviéndose lentamente. La precisión es asombrosa. Sencillamente, Newton sabía lo que hacía."

"Pero los científicos no se han conformado con dejarlo como estaba. Han buscado con persistencia grietas en la armadura newtoniana. A grandes velocidades y fuertes gravedades, la física newtoniana se derrumba. Éste es uno de los grandes descubrimientos de la relatividad especial y general de Albert Einstein y una de las razones por las que se honra de tal modo su memoria. La física newtoniana es válida en un amplio espectro de condiciones, incluyendo las de la vida cotidiana. Pero, en ciertas circunstancias altamente inusuales para los seres humanos —al fin y al cabo, no tenemos el hábito de viajar a velocidad cercana a la de la luz— simplemente no da la respuesta correcta; no es acorde con las observaciones de la naturaleza. La relatividad especial y general son indistinguibles de la física newtoniana en su campo de validez, pero hacen predicciones muy diferentes —predicciones en excelente acuerdo con la observación— en esos otros regímenes (alta velocidad; fuerte gravedad). La física newtoniana resulta ser una aproximación a la verdad, buena en circunstancias con las que tenemos una familiaridad rutinaria, mala en otras. Es un logro espléndido y justamente celebrado de la mente humana, pero tiene sus limitaciones."



Una sonda exploradora en Marte.

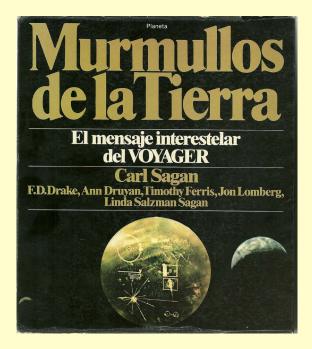
"Sin embargo, de acuerdo con nuestra comprensión de la falibilidad humana, teniendo en cuenta la advertencia de que podemos acercarnos asintóticamente a la verdad pero nunca alcanzarla del todo, los científicos están investigando hoy regímenes en los que pueda fallar la relatividad general. Por ejemplo, la relatividad general predice un fenómeno asombroso llamado ondas gravitacionales. Nunca se han detectado directamente. Pero, si no existen, hay algo fundamentalmente erróneo en la relatividad general. Los pulsares son estrellas de neutrones que giran rápidamente, cuyos períodos de giro pueden medirse ahora con una precisión de hasta quince decimales. Se predice que dos pulsares muy densos en órbita uno alrededor del otro irradian cantidades copiosas de ondas gravitacionales... que con el tiempo alterarán ligeramente las órbitas y los períodos de rotación de las dos estrellas. Joseph Taylor y Russell Hulse, de la Universidad de Princeton, han usado este método para comprobar las predicciones de la relatividad general de un modo totalmente nuevo. Según sus hipótesis, los resultados serían inconsistentes con la relatividad general y habrían derribado uno de los pilares principales de la física moderna. No sólo estaban dispuestos a desafiar la relatividad general, sino que se los animó a hacerlo con entusiasmo. Al final, la observación de pulsares binarios da una verificación precisa de las predicciones de la relatividad general y, por ello, Taylor y Hulse recibieron conjuntamente el Premio Nobel de Física en 1993. De modos diversos, otros muchos físicos ponen a prueba la relatividad general: por ejemplo intentando detectar directamente las elusivas ondas gravitacionales. Confían en forzar la teoría hasta el punto de ruptura y descubrir si existe un régimen de la naturaleza en el que empiece a no ser sólido el gran avance de comprensión de Einstein."

"Esos esfuerzos continuarán siempre que haya científicos. La relatividad general es ciertamente una descripción inadecuada de la naturaleza a nivel cuántico, pero, aunque no fuera así y la relatividad general fuera válida en todas partes y para siempre, ¿qué mejor manera de convencernos de su validez que con un esfuerzo concertado para descubrir sus errores y limitaciones?"

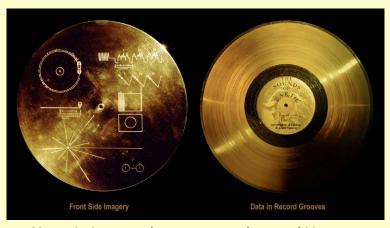
"Vale la pena leer los dos párrafos que siguen, no para entender la ciencia que describen sino para captar el estilo de pensamiento del autor. Se enfrenta a anomalías, paradojas aparentes en física; «asimetrías», las llama. ¿Qué podemos aprender de ellas?"

Es sabido que la electrodinámica de Maxwell —tal y como se entiende actualmente—conduce a asimetrías que no parecen inherentes a los fenómenos, cuando se aplica a cuerpos en movimiento. Tómese, por ejemplo, la acción electromagnética dinámica recíproca entre un imán y un conductor. El fenómeno que aquí se observa depende únicamente del movimiento relativo entre el conductor y el imán, mientras que la visión habitual establece una bien definida distinción entre los dos casos en que uno u otro de esos cuerpos está en movimiento. Ya que si el imán está en movimiento y el conductor en reposo, aparece en los alrededores del imán un campo eléctrico con una cierta energía definida, que produce una corriente en aquellos lugares donde se sitúan partes del conductor. Pero si el imán está estacionario y el conductor en movimiento, no surge ningún campo eléctrico en los alrededores del imán. Sin embargo, en el conductor encontramos una fuerza electromotriz, para la que no existe la energía correspondiente, pero que da lugar —suponiendo que el movimiento relativo sea el mismo en los dos casos discutidos— a corrientes eléctricas de la misma dirección e intensidad que las producidas por las fuerzas eléctricas en el caso anterior.

Ejemplos de este tipo, junto a los intentos que sin éxito se han realizado para descubrir cualquier movimiento de la Tierra con respecto al «éter», sugieren que los fenómenos de la electrodinámica lo mismo que los de la mecánica no poseen propiedades que corresponden a la idea del reposo absoluto. Más bien sugieren que, como se ha demostrado en el primer orden de pequeñas cantidades, serán válidas las mismas leyes de electrodinámica y óptica para todos los marcos de referencia en que sean aplicables las ecuaciones de mecánica.



Portada del libro homónimo.



Mensaje interestelar transportado por el Voyager

"¿Qué intenta decirnos aquí el autor? Más adelante trataré de explicar los antecedentes. De momento, quizá podemos reconocer que el lenguaje es ahorrativo, cauto, claro y sin un ápice más de complicación que la necesaria. No es posible adivinar a primera vista por la redacción (o por el poco ostentoso título: «Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento») que este artículo representa la llegada crucial al mundo de la teoría de la relatividad especial, la puerta del anuncio triunfante de la equivalencia de masa y energía, la reducción de la presunción de que nuestro pequeño mundo ocupa algún «marco de referencia privilegiado» en el universo, y en varios aspectos diferentes un acontecimiento que marca una época en la historia humana. Las palabras que abren el artículo de 1905 de Einstein son características del informe científico. Su aire desinteresado, su circunspección y modestia son agradables. Contrastemos su tono contenido, por ejemplo, con los productos de la publicidad moderna, discursos políticos, pronunciamientos teológicos autorizados... o, por qué no, con la propaganda de la solapa de este libro."



"Somos polvo de estrellas que piensa acerca de estrellas. Somos el medio para que el Cosmos se conozca a sí mismo." Carl Sagan

"Nótese que el informe de Einstein empieza intentando extraer un sentido de unos resultados experimentales. Siempre que sea posible, los científicos experimentan. Los experimentos que se proponen dependen a menudo de las teorías que prevalecen en el momento. Los científicos están decididos a comprobar esas teorías hasta el punto de ruptura. No confían en lo que es intuitivamente obvio. Que la Tierra era plana fue obvio en un tiempo. Fue obvio que los cuerpos pesados caían más de prisa que los ligeros. Fue obvio que algunas personas eran esclavas por naturaleza y por decreto divino. Fue obvio que las sanguijuelas curaban la mayoría de las enfermedades. Fue obvio que existía un lugar que ocupaba el centro del universo, y que la Tierra se encontraba en ese lugar privilegiado. Fue obvio que hubo un sistema de referencia en reposo absoluto. La verdad puede ser confusa o contraria a la intuición. Puede contradecir creencias profundas. Experimentando, llegamos a controlarla."

"Hace muchas décadas, en una cena, se pidió al físico Robert W. Wood que respondiera al brindis: «Por la física y la metafísica.» Por «metafísica» se entendía entonces algo así como la filosofía, o verdades que uno puede reconocer sólo pensando en ellas. También podían haber incluido la pseudociencia."

"Wood respondió aproximadamente de esta guisa: El físico tiene una idea. Cuanto más piensa en ella, más sentido le parece que tiene. Consulta la literatura científica. Cuanto más lee, más prometedora le parece la idea. Con esta preparación va al laboratorio y concibe un experimento para comprobarlo. El experimento es trabajoso. Se comprueban muchas posibilidades. Se afina la precisión de la medición, se reducen los márgenes de error. Deja que los casos sigan su curso. Se concentra sólo en lo que le enseña el experimento. Al final de todo su trabajo, después de una minuciosa experimentación, se encuentra con que la idea no tiene valor. Así, el físico la descarta, libera su mente de la confusión del error y pasa a otra cosa." ¹

"La diferencia entre física y metafísica, concluyó Wood mientras levantaba su vaso, no es que los practicantes de una sean más inteligentes que los de la otra. La diferencia es que la metafísica no tiene laboratorio."

"Para mí, hay cuatro razones principales para realizar un esfuerzo concertado que acerque la ciencia —por radio, televisión, cine, periódicos, libros, programas de ordenador, parques temáticos y aulas de clase— a todos los ciudadanos. En todos los usos de la ciencia es insuficiente —y ciertamente peligroso— producir sólo un sacerdocio pequeño, altamente competente y bien recompensado de profesionales. Al contrario, debe hacerse accesible a la más amplia escala una comprensión fundamental de los descubrimientos y métodos de la ciencia."

Como lo expresó el físico Benjamín Franklin: «En el curso de esos experimentos, ¿cuántos bellos sistemas construimos que pronto nos vemos obligados a destruir?» Al menos, pensaba Franklin, la experiencia bastaba para «ayudar a hacer un hombre humilde de un vanidoso».

- "A pesar de las abundantes oportunidades de mal uso, la ciencia puede ser el camino dorado para que las naciones en vías de desarrollo salgan de la pobreza y el atraso. Hace funcionar las economías nacionales y la civilización global. Muchas naciones lo entienden. Ésa es la razón por la que tantos licenciados en ciencia e ingeniería de las universidades norteamericanas —todavía las mejores del mundo— son de otros países. El corolario, que a veces no se llega a captar en Estados Unidos, es que abandonar la ciencia es el camino de regreso a la pobreza y el atraso.
- La ciencia nos alerta de los riesgos que plantean las tecnologías que alteran el mundo, especialmente para el medio ambiente global del que dependen nuestras vidas. La ciencia proporciona un esencial sistema de alarma.
- La ciencia nos enseña los aspectos más profundos de orígenes, naturalezas y destinos: de nuestra especie, de la vida, de nuestro planeta, del universo. Por primera vez en la historia de la humanidad, podemos garantizar una comprensión real de algunos de esos aspectos. Todas las culturas de la Tierra han trabajado estos temas y valorado su importancia. A todos se nos pone la carne de gallina cuando abordamos estas grandes cuestiones. A la larga, el mayor don de la ciencia puede ser enseñarnos algo, de un modo que ningún otro empeño ha sido capaz de hacer, sobre nuestro contexto cósmico, sobre dónde, cuándo y quiénes somos.
- Los valores de la ciencia y los valores de la democracia son concordantes, en muchos casos indistinguibles. La ciencia y la democracia empezaron —en sus encarnaciones civilizadas— en el mismo tiempo y lugar, en los siglos VII y VI a. J.C. en Grecia. La ciencia confiere poder a todo aquel que se tome la molestia de estudiarla (aunque sistemáticamente se ha impedido a demasiados). La ciencia prospera con el libre intercambio de ideas, y ciertamente lo requiere; sus valores son antitéticos al secreto. La ciencia no posee posiciones ventajosas o privilegios especiales. Tanto la ciencia como la democracia alientan opiniones poco convencionales y un vivo debate. Ambas exigen raciocinio suficiente, argumentos coherentes, niveles rigurosos de prueba y honestidad. La ciencia es una manera de ponerles las cartas boca arriba a los que se las dan de conocedores. Es un bastión contra el misticismo, contra la superstición, contra la religión aplicada erróneamente. Si somos fieles a sus valores, nos puede decir cuándo nos están engañando. Nos proporciona medios para la corrección de nuestros errores. Cuanto más extendido esté su lenguaje, normas y métodos, más posibilidades tenemos de conservar lo que Thomas Jefferson y sus colegas tenían en mente. Pero los productos de la ciencia también pueden subvertir la democracia más de lo que pueda haber soñado jamás cualquier demagogo preindustrial."

"Para encontrar una brizna de verdad ocasional flotando en un gran océano de confusión y engaño se necesita atención, dedicación y valentía. Pero si no ejercitamos esos duros hábitos de pensamiento, no podemos esperar resolver los problemas realmente graves a los que nos enfrentamos... y corremos el riesgo de convertirnos en una nación de ingenuos, un mundo de niños a disposición del primer charlatán que nos pase por delante."

"Un ser extraterrestre recién llegado a la Tierra —si hiciera un examen de lo que presentamos principalmente a nuestros hijos en televisión, radio, cine, periódicos, revistas, cómics y muchos libros— podría llegar fácilmente a la conclusión de que queremos enseñarles asesinatos, violaciones, crueldad, superstición, credulidad y consumismo. Insistimos en ello y, a fuerza de repetición, por fin muchos de ellos quizá aprendan. ¿Qué tipo de sociedad podríamos crear si, en lugar de eso, les inculcáramos la ciencia y un soplo de esperanza?"



Panorama del cielo nocturno del hemisferio sur

La aplicación didáctica de la lectura de este capítulo y del libro completo, se puede efectuar en una asignatura de Didáctica de una especialidad científica, Historia y Filosofía de la Ciencia, u otras similares, a nivel universitario o también de Educación Media. El autor de estas notas ha empleado el libro en la asignatura Didáctica de la Astronomía. En algunas asignaturas de Didáctica de las Ciencias, se analiza la conceptualización de Naturaleza de la Ciencia², sus aspectos epistemológicos, el conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia y las visiones deformadas de la ciencia. Por ejemplo, se sugiere plantear las siguientes actividades:

- Analizar por qué el autor puso como subtítulo de su obra "La ciencia como una luz en la oscuridad".
- ¿Cuál es la concepción de ciencia que plantea el autor? ¿Se puede inferir alguna concepción deformada de la ciencia? Para responder este interrogante se puede ayudar de la siguiente referencia³.
- Analizar la afirmación del autor acerca de que la civilización global que se ha construido en sus elementos más cruciales –tales como el transporte, las comunicaciones y todas las demás industrias: la agricultura, la medicina, la educación, el ocio, la protección del medio ambiente e incluso la institución democrática clave de las elecciones– dependen profundamente de la ciencia y la tecnología.
- Cuál es el concepto de error en la ciencia? ¿Cuál es la opinión del autor respecto al error en el trabajo científico?
- ¿Qué plantea el autor como uno de los grandes "mandamientos" de la ciencia?
- ¿Qué significa predicción en ciencia? ¿Cuándo y cómo una ciencia puede predecir un fenómeno?
- A partir de los ejemplos que da el autor, y los que analiza en los capítulos siguientes, comparar lo que es la ciencia y sus procesos, y una pseudociencia.
- Analizar la siguiente frase del libro, planteada por el autor, y sus implicaciones educativas: "La ciencia es una manera de pensar y tendría que ser la actitud a asumir para resolver los problemas que se nos presentan en la vida cotidiana".

Selección y notas: Juan Espinoza G.

² Vázquez, Á., Acevedo, J. y Manassero, M. Consensos sobre la Naturaleza de la Ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. Revista Iberoamericana de Educación, on line.

³ Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002) Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. Revista Enseñanza de las Ciencias, 2002, 20 (3), 477-488.