



**EL CEREBRO DE LOS MATEMÁTICOS.  
LOS GRANDES MATEMÁTICOS Y SUS  
FORMAS DE PENSAR,**

por David Ruelle. Antoni Bosch Editor;  
Barcelona, 2012.

## Hombres y matemáticas

*Descubriendo las estructuras  
de la realidad*

**D**avid Ruelle es un físico matemático francés conocido por sus aportaciones a la mecánica estadística y la dinámica de sistemas. Ha acuñado términos que se han convertido en habituales en la teoría del caos, como el de «atractor extraño», y es también uno de los creadores de la nueva teoría de las turbulencias.

Se trata, por tanto, de un científico de primera línea, que además de sus publicaciones técnicas (artículos y libros muy conocidos en su área de especialidad) escribe textos de carácter divulgativo. De este tipo es *Chance and chaos*, publicado en 1993 y que se ha convertido en un clásico sobre lo que podríamos denominar «leyes del caos». Ahora aparece la traducción española de *The mathematicians' brain*, cuya primera edición es de 2007 y que también va camino de convertirse en un libro de referencia.

Dirigido a lectores con curiosidad por el mundo de las matemáticas, está dividido en 23 capítulos cortos —o se hacen cortos—, cada uno centrado en un aspecto concreto y todos ellos con interesantes observaciones sobre qué son las matemáticas hoy en día, cuál ha sido su evolución y cuáles sus perspectivas de futuro. También, tal como sugiere el título, trata sobre cómo son y cómo piensan los matemáticos, pero huyendo de los tópicos del «sabio despistado», muchas ve-

ces explicando sus propias vivencias y su relación con sus colegas, algunos de ellos matemáticos muy conocidos.

Me han parecido muy interesantes sus reflexiones sobre la relación entre nuestra forma de hacer matemáticas y las habilidades con que nos ha dotado la selección natural, poco interesada en la pericia matemática. Aunque parezca que el tema está muy manido, resulta revelador el capítulo que dedica a comparar nuestro cerebro con un ordenador. Salimos muy bien parados en visión espacial, una habilidad ya no tan necesaria para detectar comida o posibles depredadores —aunque sí para conducir, mire por donde— y que utilizamos para captar de una manera muy eficiente la información que contienen figuras, gráficos o fórmulas matemáticas. Otro tema es la memoria. Ahí los ordenadores nos ganan por goleada, tanto en memoria a largo como a corto plazo, y eso limita nuestras posibilidades al desarrollar trabajo intelectual en general y matemáticas en particular. También salimos mal parados en rapidez de cálculo. Pero ganamos en habilidades lingüísticas —¡ojalá los ordenadores fueran buenos traduciendo de un idioma a otro!— y el uso del lenguaje humano es un aspecto importante en nuestra forma de hacer y de comunicar las matemáticas.

Personas con habilidades distintas de las habituales pueden aportar soluciones que a los demás no se les ocurren. ¿Cómo serían —quizá debería decir «serán»— las matemáticas desarrolladas por extraterrestres? Dice Ruelle que un alienígena no llegaría a unas conclusiones opuestas a las nuestras, pero seguramente lo que entendería y lo que le suscitaría interés sería totalmente distinto.

También están presentes reflexiones sobre la historia de las matemáticas, desde Pitágoras y el origen de la geometría hasta el movimiento Bourbaki con sus claroscuros. Dice Ruelle que en la actualidad seguramente estamos viviendo un fin de ciclo, cada vez es más difícil ampliar el ámbito de las matemáticas manteniendo el marco axiomático actual y ya han aparecido, y parece que han venido para quedarse, las demostraciones realizadas con ordenador o las que están hechas a mano pero son tan largas que resultan imposibles de seguir a quien no esté muy metido en el tema —y son muy pocos—. Según Ruelle, todo apunta a que la lógica matemática (la metamatemática) desempeñará un importante papel en el futuro de nuestras ciencias exactas.

Respecto a la forma de pensar y de comportarse de los que hacen las matemáticas, el autor tiene interés en aclarar que sus afirmaciones son de tipo «estadístico». Es evidente que no todos los matemáticos son iguales. Resulta muy interesante su visión de la trayectoria de Alexander Grothendieck, con el que convivió en el Instituto de Altos Estudios Científicos de París, y que representa el paradigma de genio que realiza importantes contribuciones, íntegro, inflexible y coherente con sus principios, pero sin habilidad para adaptarse a las relaciones sociales y que acaba automarginado —o quizá sin el «auto»— del mundo de las matemáticas. Otro caso, este mucho más conocido, es el de Alan Turing, quien, después de realizar grandes aportaciones (algunas tan pragmáticas como descubrir los códigos de comunicación de los submarinos alemanes en la Segunda Guerra Mundial), fue humillado a causa de su homosexualidad y acabó suicidándose. Hubiera podido mantener una cierta hipocresía, habitual respecto a este tema en esa época, pero la rigidez intelectual frecuente en los matemáticos le llevó por otro camino.

Aunque de Newton como científico siempre se habla en términos elogiosos —¿cómo no? pensarán muchos—, el autor destaca que su desenfadada ansia de conocimiento incluía también la alquimia, a la que dedicaba gran cantidad de tiempo especulando con esotéricas relaciones entre los metales y los planetas. Un caso parecido es el de Leonardo da Vinci, también con una mente privilegiada e interesado por un amplio número de temas. Ruelle establece un paralelismo entre las personalidades de ambos personajes («sed desahogada de conocimientos e intereses diversos, así como tendencias homosexuales combinadas con una aparente castidad»), que explica echando mano de las teorías de Freud sobre curiosidad sexual sublimada en actividad artística o investigación intelectual. Es verdad que citar a Freud en contextos científicos causa controversia, pero Ruelle se mete en este terreno tomando las debidas precauciones, reconociendo algunas ideas interesantes del padre del psicoanálisis y también poniendo de manifiesto algunas de sus pifias evidentes.

Pero no todos son Grothendieck o Turing ni Newton o Leonardo da Vinci. Los matemáticos que podríamos denominar «de a pie» tienen también un cierto perfil que les caracteriza, seguramente porque

las matemáticas son una actividad que requiere unas habilidades (inteligencia, constancia) y no necesariamente otras (ser gracioso o buen administrador), lo que hace que se inclinen más por esta disciplina aquellos que responden a ese perfil. Pero hay que insistir, como hace Ruelle, en que en todas partes hay de todo y, por supuesto, entre los matemáticos hay charlatanes y vendemotos, y también personas simpáticas y gestores excelentes. Parece que otro rasgo que caracteriza a

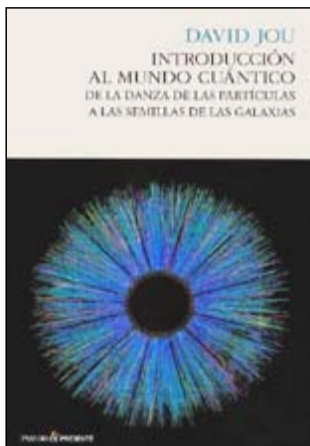
los matemáticos es una cierta dificultad para tomar decisiones rápidas. Mientras que un abogado tiene que reaccionar rápido a las interpelaciones de su contrario, o un cirujano debe ser expeditivo ante las dificultades que se le pueden presentar en el quirófano (no se puede quedar pensando ni ir a consultar bibliografía), un matemático debe asegurarse de no tomar decisiones precipitadas que pongan en peligro todo su trabajo; debe tomarse el tiempo que haga falta y primar la certeza

de sus decisiones a la velocidad con que las toma.

En definitiva, resulta curioso que un libro de tan fácil lectura contenga tantas reflexiones interesantes, no solo sobre la mentalidad de los matemáticos, sino también sobre nuestra lucha por desentrañar los misterios y las estructuras ocultas de la realidad, y sobre el papel que las matemáticas desempeñan en todo este asunto.

—Pere Grima

Universidad Politècnica de Catalunya



### INTRODUCCIÓN AL MUNDO CUÁNTICO. DE LA DANZA DE LAS PARTICULAS A LAS SEMILLAS DE LAS GALAXIAS,

por David Jou. Pasado & Presente; Barcelona, 2012.

## Entrando en el país de los cuantos

*Panorámica global*

«**H**e intentado que este libro refleje la enorme eficacia de la física cuántica, su incidencia en muchos de los dispositivos que rodean nuestras vidas cotidianas, su impacto multimillonario en las economías avanzadas, su dinamismo avasallador en la apertura de nuevos horizontes tecnológicos, y también sus sorpresas conceptuales, sus paradojas sobre la realidad, sus problemas abiertos, e incluso aquello que tiene de gloria y aventura de la creatividad humana.» Esta loable declaración de intenciones que el autor hace en el prólogo del libro se cumple en gran medida a lo largo del mismo. En efecto, nos encontramos ante una descripción muy conseguida tanto de los aspectos fundamentales de la mecánica cuántica como de

sus aplicaciones más importantes, es decir, de lo que más apropiadamente hemos de llamar física cuántica (campo científico al que este número de INVESTIGACIÓN Y CIENCIA dedica un dossier).

A tal fin, el libro se divide en dos partes. En la primera se dan algunos detalles históricos de la génesis y el desarrollo de las principales ideas cuánticas, desde Planck hasta Schrödinger, pasando, claro está, por Einstein y Bohr. (No se habla aquí de Heisenberg porque su famoso principio de incertidumbre se deja para la segunda parte.) La mayor parte de esta primera sección se dedica a describir las aplicaciones más importantes de las ideas cuánticas, no solo en aspectos relacionados con la física, sino también con la química y la biología. Así, tras una breve y precisa exposición de la importancia de la mecánica cuántica en el estudio de la estructura atómica y molecular, se presentan dos ejemplos, en mi opinión muy bien escogidos, de su aplicación al enlace químico: la «física cuántica del agua» y la «química cuántica del carbono» (así llamadas en el libro); en ambos resulta notable la conjunción de brevedad y claridad, en particular en la descripción de las peculiares propiedades de la molécula del agua y de la interacción entre las moléculas (puentes de hidrógeno) de esta sustancia fundamental para la vida.

El siguiente capítulo trata de física nuclear; se introducen las dos interacciones básicas: la fuerte, que da cuenta de la cohesión del núcleo atómico al actuar sobre protones y neutrones, y la débil, responsable de la emisión de rayos beta (electrones o positrones) por algunos núcleos inestables. Por cierto, hay un error en este apartado que, aunque no afecte prácticamente al contenido, sí creo debe señalarse. En la página 68, al hablar de la primera teoría de la interacción fuerte, debida al físico japonés Hideki Yukawa en

1935, y en la que se postula la existencia de los piones —este nombre lo recibieron después— como transmisores de dicha interacción (en evidente analogía con el fotón, que transmite la interacción electromagnética), se dice que estos fueron descubiertos en 1937, cuando en realidad lo fueron en 1947 por Powell y sus colaboradores en Bristol (Inglaterra). Esta inexactitud no tendría mayor importancia si no fuera porque lo que realmente se descubrió en 1937 (más precisamente, a finales de 1936, por Anderson, que había descubierto el positrón en 1932) fue el muon o mesón mu. Este hallazgo causó cierto revuelo porque se creía que se trataba de los piones postulados por Yukawa, pero no era así, y hubo que esperar a 1947 cuando se observó que el muon era realmente un producto de la desintegración de otra partícula mucho más efímera, el pion, este sí la partícula de Yukawa. (En el libro se hace notar adecuadamente que el pion no es realmente una partícula elemental, ya que se compone de un par quark-antiquark, mientras que sí lo es el muon.) Cerrando este capítulo se tratan la fisión nuclear y la fusión nuclear; la primera, desde hace tiempo de gran interés práctico —para bien y para mal— y la segunda, previsible fuente de energía limpia y abundante en un futuro esperemos no muy lejano.

En el siguiente capítulo, el quinto, se penetra en el corazón mismo de la materia abordándose la física de las partículas elementales y sus interacciones. Lógicamente, habida cuenta del espacio disponible y del carácter divulgativo del libro, no puede esperarse gran profundidad, pero la descripción que se presenta es cuidadosa e informativa.

La primera parte del libro concluye con cinco capítulos de carácter más aplicado. Se pasa revista a la electrónica cuántica; la teoría cuántica del magnetismo y sus aplicaciones en la resonancia magnética

nuclear, las memorias magnéticas y la espintrónica; la óptica cuántica, yendo del láser a la optoelectrónica; la superconductividad y la superfluidez, con sus aplicaciones; y finalmente las bases físico-cuánticas de la vida y, en particular, su posible relevancia en el funcionamiento del cerebro. Este bloque de cinco capítulos es, en mi opinión, lo mejor del libro. El autor ha sido capaz de condensar en algo más de sesenta páginas prácticamente todas las aplicaciones relevantes de la mecánica cuántica sin que esta condensación merme en absoluto la claridad expositiva.

La segunda parte está dedicada a los aspectos más conceptuales de la mecánica cuántica, bajo el título «Las perplejidades de la física cuántica: la sorpresa del mundo». En ella se presenta una descripción bastante ajustada de las cuestiones más relevantes de la fundamentación de la teoría cuántica: complementariedad, indeterminismo (principio de Heisenberg), entrelazamiento, desigualdades de Bell... Además, se hace ver que estas cuestiones, lejos de ser meramente académicas, han

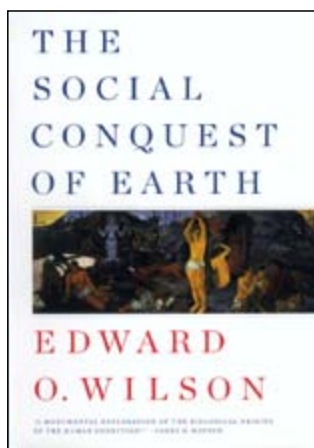
sido decisivas en el nacimiento de la importante área de la información cuántica, mostrando como ejemplo de aplicación de esta la computación cuántica, así como, muy sucintamente, la teleportación y la criptografía cuántica. Hay, asimismo, un capítulo, el 16, oportunamente dedicado a la formulación de Feynman (suma sobre caminos o integral de camino) de la mecánica cuántica, que de alguna manera proporciona la base de la llamada formulación de historias consistentes decoherentes, una versión moderna «corregida y ampliada» de la interpretación de los muchos universos, usada mayoritariamente en cosmología cuántica. Y precisamente a esta se dedica el penúltimo capítulo del libro, «Universo. Física cuántica y cosmología», que mantiene la línea de concisión y claridad presentes a lo largo de toda la obra.

Mención aparte merece el último capítulo (antes de la conclusión y un útil glosario), que está dedicado a «la física cuántica como inspiradora del arte y la literatura; como supuesta indagadora de la consciencia y la libertad; o como campo

de apertura hacia la mística y la religiosidad», difícil empeño que se satisface muy aceptablemente. Se incluyen en este capítulo dos poemas relacionados de alguna manera con la física cuántica: el primero debido al autor del libro, que, además de reconocido científico, es un notable poeta en catalán; está traducido de esta lengua al castellano y se titula «Dualidad onda-corpúsculo», perteneciente al libro *Las escrituras del universo* (2005); el segundo es del libro *El canto cósmico*, de Ernesto Cardenal, y se titula justamente «Cántico cuántico». Simpático —y algo más— detalle el hacer esta excursión al campo de las humanidades desde la perspectiva de la física cuántica.

En resumen, un libro muy bien escrito y con una amplia información sobre los fundamentos y aplicaciones de la mecánica cuántica que considero de interés general, pues al no incluir apenas tecnicismos resulta muy asequible a personas no expertas en esta disciplina.

—José L. Sánchez Gómez  
Universidad Autónoma de Madrid



**THE SOCIAL CONQUEST OF EARTH,**

por Edward O. Wilson. Liveright Publishing Corporation. Nueva York, 2012.

**Condición humana**

*Una nueva visión sobre la evolución y naturaleza del hombre*

Nadie cuestiona la capacidad de Edward O. Wilson por abordar, e iluminar, las cuestiones centrales del mundo orgánico, con el hombre en su epicentro. De sus numerosas obras de fuste (*On human nature*, *The ants*, *Sociobiology: The new synthesis*, etcétera) esta viene a ser un compendio y un proyecto de trabajo. En ciencia experimental todo está abierto y la perspectiva de lo alcanzado no es más que punto de arranque para abordar la investigación subsiguiente. Aquí es la biología entera la que se somete a criba a través de un enfoque que diríase apendicular y en tanto paradójico: la explicación del

hombre mediante su comparación con especies sociales de invertebrados.

Introduce al lector en la cuestión abriendo un capítulo sobre Paul Gauguin y uno de sus cuadros más famosos, para demostrar que las preguntas fundamentales de los hombres de todos los tiempos (¿de dónde venimos?, ¿a dónde vamos?, ¿qué somos?) no pueden responderse satisfactoriamente desde la filosofía, sino que requieren un estudio científico riguroso. El origen del hombre moderno, sostiene Wilson, «fue un golpe de fortuna dispar, buena para nuestra especie un instante, mala para el resto de la vida para

siempre». (Sabidas son sus preocupaciones por el futuro de la biodiversidad y de la misma vida en el planeta, expresadas en *The diversity of life* y *The creation*.) La selección de grupo constituye para el autor el único modelo capaz de explicar la aparición y predominio del hombre.

En 1897, en Panaauiá, no lejos del puerto tahitiano de Papeete, Gauguin preparó el caballete para plasmar sobre lienzo una inquietud que le atenazaba. Debilitado por la sífilis, arruinado en lo económico y hundido por la muerte reciente de su hija Aline, consciente de que su vida llegaba a su fin, quería que ese cuadro fuera el último. Cuando lo terminó, subió a la montaña decidido a suicidarse. Dudó a última hora y la sífilis acabó con él, dos años después. Gauguin se había propuesto reflejar en la pintura su concepción de la condición humana. Mirada con detenimiento, observamos una fila de figuras con un fondo de paisajes de Tahití. La mayoría de los personajes son mujeres, que representan el ciclo biológico de la vida humana: un infante a la derecha; un adulto de sexualidad ambigua en el centro, con los brazos alzados, símbolo del autorreconocimiento; hacia la izquierda, una pareja joven que recoge y come manzanas son el arquetipo Adán y Eva en búsqueda de conocimiento; y en el extremo izquierdo,

la muerte, una anciana que se debate en desesperación y se supone inspirada en *Melancholia*, grabado realizado por Alberto Durero en 1514. En el extremo superior izquierdo del cuadro escribió su título famoso: *D'où venons nous / Que sommes nous / Où allons nous?*

En una generación, espera Wilson, conoceremos la base física de la consciencia. Pero ni siquiera entonces sabremos qué somos ni de dónde venimos. Habrá antes que dar respuesta a dos cuestiones básicas: por qué existe la vida social y cuáles fueron las fuerzas motoras que la trajeron a la existencia. Daremos una explicación si sabemos conjugar la información procedente de la genética molecular, la neurociencia, la biología evolutiva, la ecología, la psicología social e incluso la arqueología e historia. Y tomar como punto de comparación otros conquistadores sociales de la Tierra: hormigas, abejas, avispas y termitas. No sería la primera vez que metodológicamente procediéramos así. Los biólogos han recurrido con éxito a las bacterias y levaduras para desentrañar los principios de la genética molecular humana. Nos hemos apoyado en gusanos y moluscos para conocer las bases de nuestra organización neural y memoria. Las moscas del vinagre nos han enseñado muchísimo sobre el desarrollo embrionario de nuestra especie. No hemos aprendido menos de los insectos sociales para conocer mejor el origen y el significado de la humanidad.

En el hombre se culmina una epopeya evolutiva que se representó con gran peligro y sin solución de continuidad. En la mayor parte del tiempo implicado, las poblaciones precursoras eran de talla pequeña, de un tamaño que, en el curso de la historia de los mamíferos, significaba extinción precoz. Todas las bandas prehumanas, tomadas en conjunto, no sumaban más allá de unas decenas de miles de individuos. En fecha muy temprana, los ancestros prehumanos se dividieron en dos o más. Por entonces, la vida media de una especie de mamífero era de medio millón de años. Por eso se extinguieron la mayoría de las líneas colaterales prehumanas. La que estaba destinada a dar origen al hombre moderno se expuso a la extinción muchas veces en el último medio millón de años. Pudiera haber bastado una sequía dura en un tiempo y lugar inapropiados, una epidemia o la presión de otros primates competidores. La evolución de la biosfera no hubiera dado marcha atrás para ofrecernos una nueva oportunidad.

En el Eoceno tardío, hace unos 35 millones de años, aparecieron los primeros Catarrinos; algunas especies que dieron origen a los monos del Viejo Mundo, primates y humanos. Hace unos 30 millones de años, los antepasados de los monos del Viejo Mundo divergieron evolutivamente de primates y humanos. Durante los seis millones de años transcurridos desde la divergencia chimpancé-prehumano hasta la aparición de *Homo sapiens* se precipitaron muchos acontecimientos que culminaron en la salida de África. Hace dos millones de años, primates homínidos cruzaron el suelo africano a zancadas. Lograron una radiación adaptativa en la que múltiples especies coexistieron en el tiempo y se solaparon al menos parcialmente en sus respectivos dominios geográficos. Dos o tres eran australopitecinos y por lo menos tres diferían lo bastante en el tamaño del cerebro y en la dentición como para merecer su adscripción al género *Homo*. Todas esas especies vivían en un mundo interrelacionado de sabana, bosque de sabana y bosque de ribera. Los australopitecinos eran vegetarianos. Las especies del género *Homo* recogían y consumían alimentos vegetales; pero también comían carne, de preferencia restos de grandes presas matadas por otros depredadores, aunque también cazaban pequeños animales que podían gestionar por sí mismos. Ese cambio entró de forma exclusiva en el laberinto evolutivo y marcó todas las diferencias.

A medida que los glaciares continentales avanzaban hacia el sur a través de Eurasia, África sufrió un período prolongado de sequía y enfriamiento. Buena parte del continente estaba cubierta de pradera árida y desierto. En ese tiempo de estrés, la muerte de unos cuantos miles de individuos, quizá solo de unos cientos, podría haber cortado la línea que conducía a *Homo sapiens*. Aisladas en África mientras los neandertales vivían todavía, había estirpes arcaicas de *Homo sapiens*, cuyos descendientes iban a propagarse de una manera explosiva fuera del continente. Poblaron el Viejo Mundo, hallaron el camino de Australia y arribaron hasta el Nuevo Mundo y Oceanía. Sustituyeron a las poblaciones existentes de neandertales hace unos 20.000 años.

*Homo neanderthalensis* medró en Europa y el Levante. Omnívoros como nuestros antepasados, los neandertales tenían estructuras óseas macizas y un cerebro mayor que el del *Homo sapiens* moderno. Emplearon útiles de piedra muy bastos, aunque especializados. La mayo-

ría de sus poblaciones se adaptaron a los duros climas de la estepa de mamuts. Conocidos solo a través de unos cuantos fragmentos óseos, los denisovanos fueron especie vicaria de los neandertales que vivieron en Oriente.

Los neandertales desaparecieron hace unos 30.000 años, ya fuera por competencia por el espacio y el alimento, por matanza directa o por ambos con nuestros antepasados.

Hace solo 10.000 años se inventó la agricultura, un proceso que se iteró de forma independiente al menos en ocho ocasiones en el Nuevo y Viejo Mundo. Su adopción incrementó drásticamente el suministro de alimentos y, con ello, la densidad de población. Ese avance decisivo permitió un crecimiento exponencial de la población y la transformación del entorno natural en unos ecosistemas muy simples.

*Homo sapiens* es un animal eusocial, condición que alcanzaron nuestros antepasados prehumanos para establecer alianzas. La vía hacia la eusocialidad vino marcada por un compromiso entre la selección basada en el éxito relativo de los individuos dentro de los grupos y la basada en el éxito relativo entre grupos, una mezcla compleja y sutilmente calibrada de altruismo, cooperación, compensación, dominio, reciprocidad, defección y engaño. Para participar en el juego, fue necesario que las poblaciones adquiriesen en el curso evolutivo un grado cada vez mayor de inteligencia. Tenían que sentir empatía con los otros, medir las emociones de amigo y enemigo por igual, juzgar las intenciones de todos y planificar una estrategia para las interacciones sociales. El cerebro debía construir rápidamente escenarios mentales de relaciones personales, a corto y a largo plazo. Sus recuerdos tenían que viajar en el pasado para rememorar escenarios y en el futuro distante para imaginar las consecuencias de cada relación. Operando en planes alternativos de acción se hallaba la amígdala y otros centros del cerebro y del sistema nervioso autónomo controladores de las emociones. Así nació la condición humana, egoísta unas veces, altruista otras, dos impulsos casi siempre en conflicto.

¿Cómo alcanzó *Homo sapiens* ese lugar único en su travesía a través del enorme laberinto de la evolución? La respuesta es que nuestro destino estaba prefijado por dos propiedades biológicas de nuestros antepasados remotos: talla importante y movilidad limitada.

—Luis Alonso