

# TEMAS 33

INVESTIGACION  
*y*  
CIENCIA

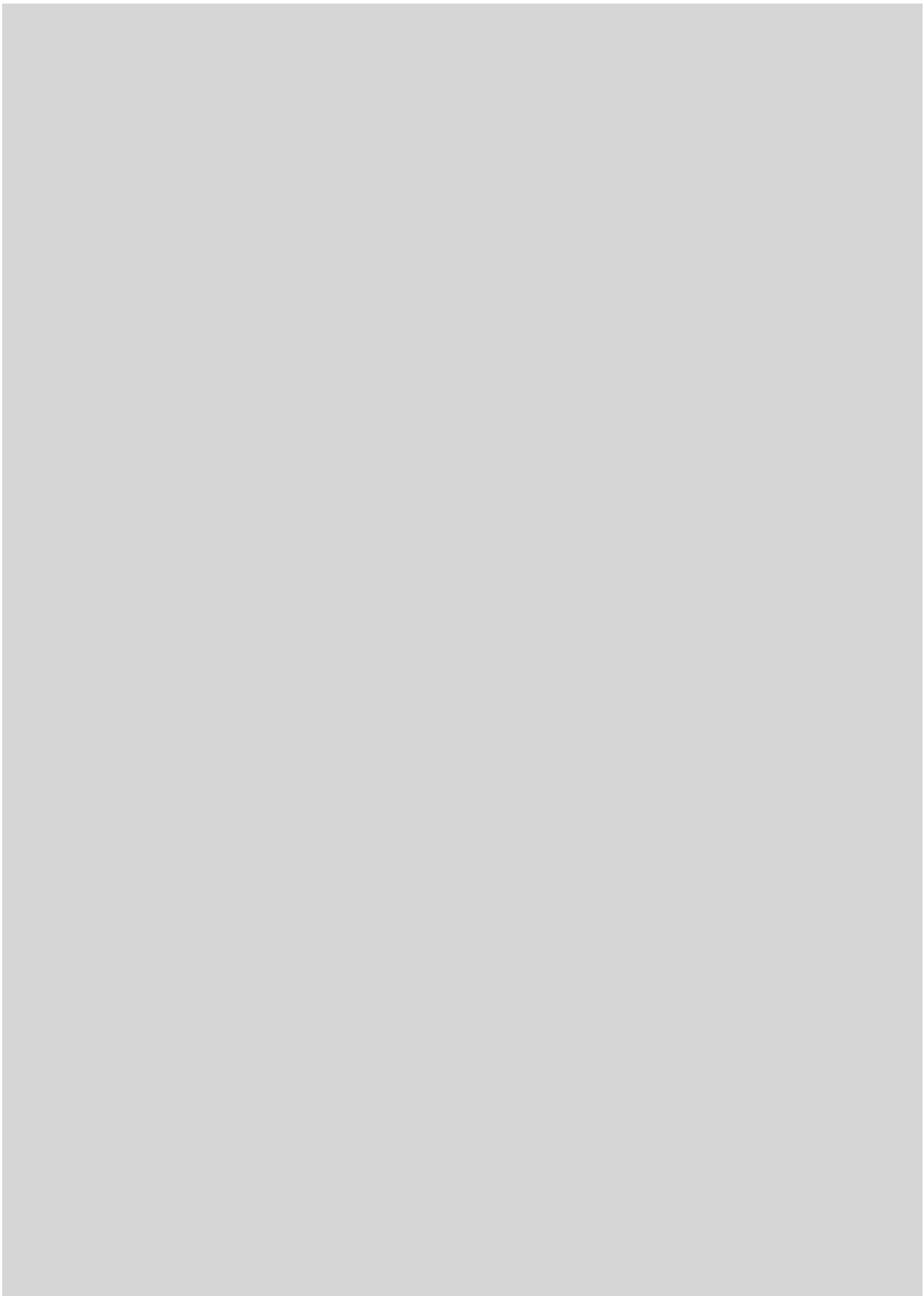
Edición española de SCIENTIFIC AMERICAN

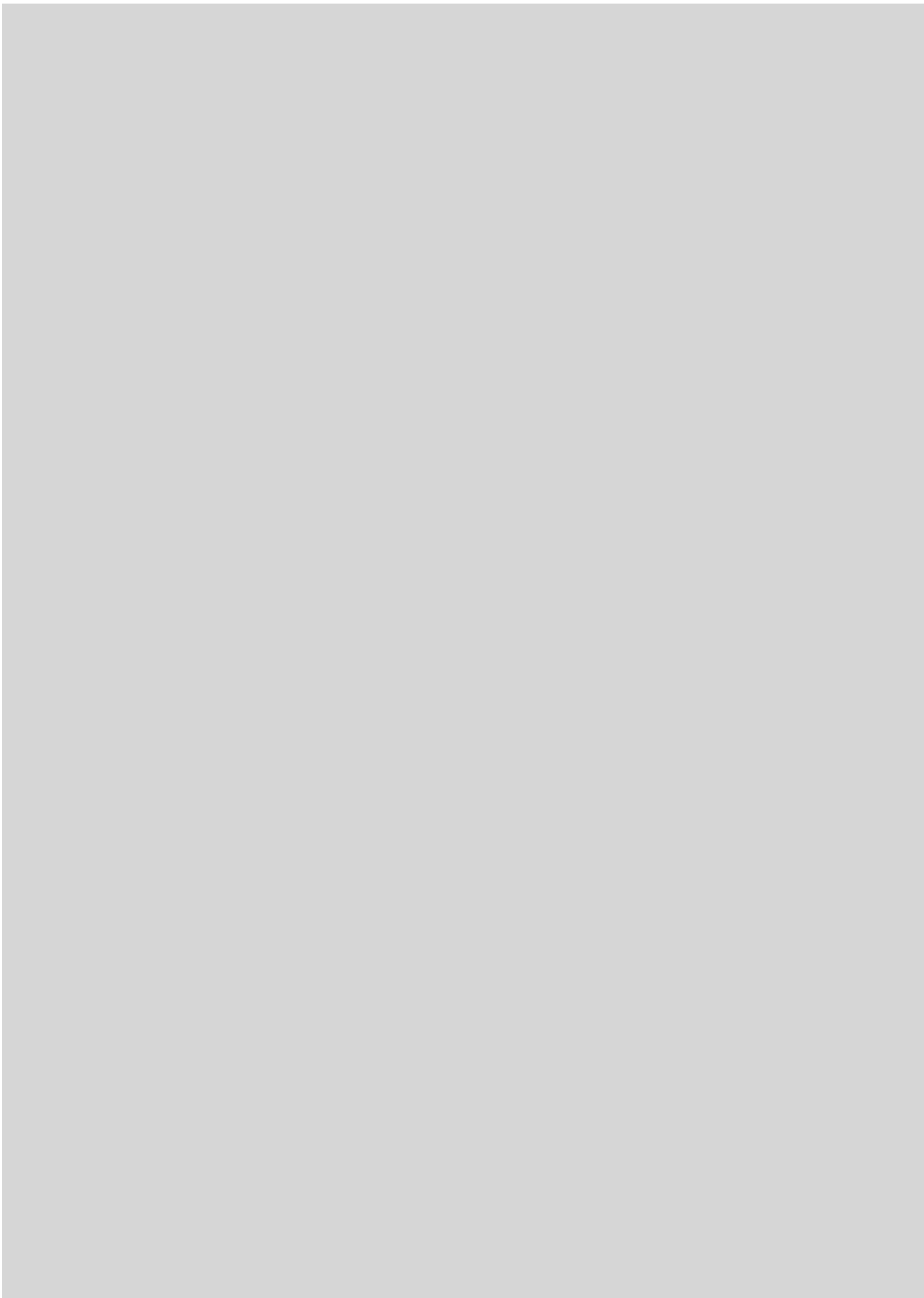
# Presente y futuro del cosmos



3er trimestre 2003

6,50 EURO





# Sumario

## INTRODUCCION

---

- 4 El sentido de la cosmología moderna**  
*P. James E. Peebles*

## EVOLUCION

---

- 8 El ciclo vital de las galaxias**  
*Guinevere Kauffmann y Frank van den Bosch*
- 18 Estrellas primigenias**  
*Richard B. Larson y Volker Bromm*

## EXPANSION

---

- 26 Exploración del espacio-tiempo mediante supernovas**  
*Craig J. Hogan, Robert P. Kirshner y Nicholas B. Suntzeff*
- 32 Antigravedad cosmológica**  
*Lawrence M. Krauss*
- 40 El sino de la vida en el universo**  
*Lawrence M. Krauss y Glenn D. Starkman*
- 48 El universo y su quintaesencia**  
*Jeremiah P. Ostriker y Paul J. Steinhardt*

## ESTRUCTURA

---

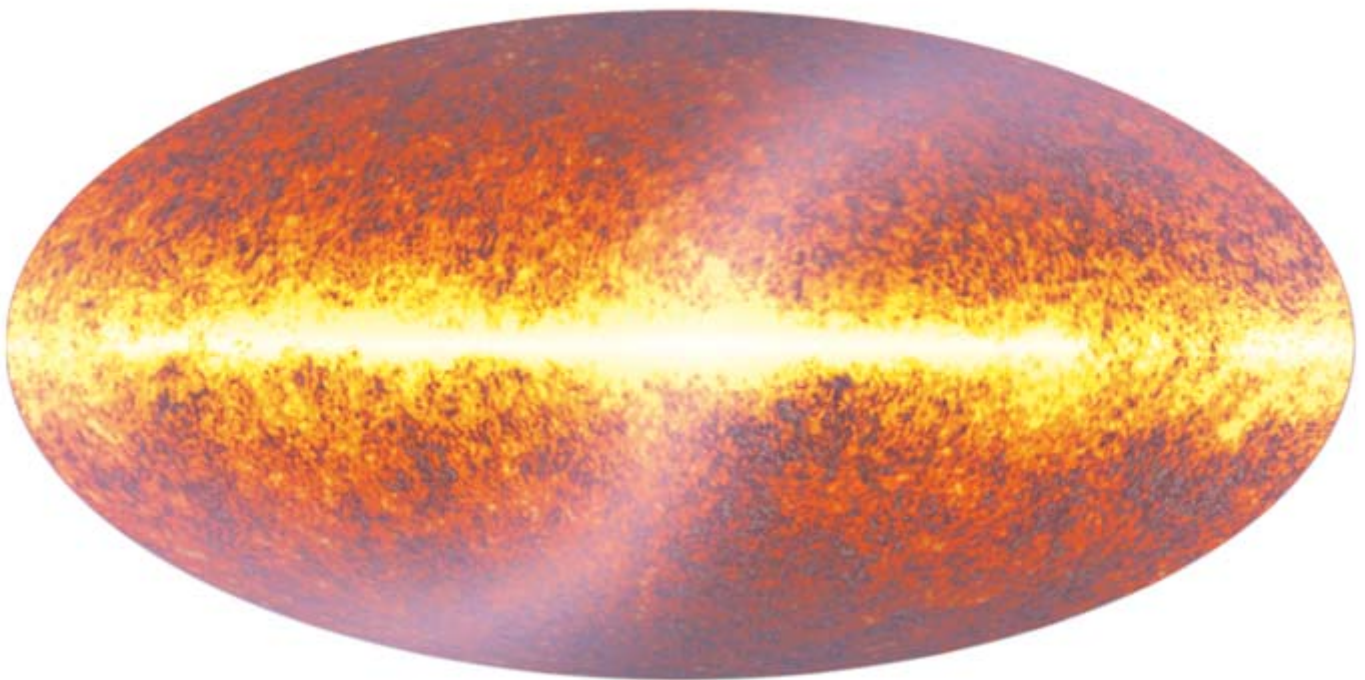
- 58 ¿Es finito el espacio?**  
*Jean-Pierre Luminet, Glenn D. Starkman y Jeffrey R. Weeks*
- 66 Nuevas dimensiones para otros universos**  
*Nima Arkani-Hamed, Savas Dimopoulos y Georgi Dvali*

## PERSPECTIVAS

---

- 73 Un cartógrafo cósmico**  
*Charles L. Bennett, Gary F. Hinshaw y Lyman Page*
- 76 Ecos de la gran explosión**  
*Robert R. Caldwell y Marc Kamionkowski*
- 82 Un telescopio para la energía oscura**  
*Pilar Ruiz-Lapuente*
- 86 Una nueva teoría del universo**  
*João Magueijo*
- 88 Ondas en el espacio-tiempo**  
*W. Wayt Gibbs*

# INTRODUCCION



# El sentido de la cosmología moderna

*Un enjambre de ideas y teorías, no siempre compatibles, es el fruto de la extraordinaria vivacidad de esta disciplina hoy en día*

P. James E. Peebles

Corren tiempos excitantes para los cosmólogos. Asistimos a una oleada de descubrimientos, bullen las ideas y ha cobrado nuevo auge la investigación para someter a prueba las nuevas hipótesis. Pero atravesamos también tiempos de confusión. No pueden ser correctas todas las ideas que están sobre el tapete, seguro. Ni siquiera son coherentes entre sí. ¿Cómo juzgar el progreso? Razonaré mi punto de vista.

Los cosmólogos hemos establecido firmemente los fundamentos del campo sobre la refutación de teorías ya periclitadas. En los últimos 70 años hemos reunido pruebas abundantes de que nuestro universo se expande y enfría. En primer lugar, la luz procedente de galaxias remotas está corrida hacia el rojo; así debe ocurrir si el espacio se expande y las galaxias se alejan entre sí. En segundo lugar, un mar de radiación térmica inunda el espacio, de acuerdo con lo que cabe esperar de un espacio que fue más denso y caliente. En tercer lugar, el universo contiene grandes cantidades de deuterio y helio, que es lo que procede si en el pasado las temperaturas fueron mucho más altas. En cuarto lugar, las galaxias parecían, miles de millones de años atrás, nítidamente más jóvenes, según debe suponerse de una era más

cercana al tiempo en que no existían galaxias. Por último, la curvatura del espacio-tiempo parece estar relacionada con el contenido de materia del universo, tal y como debería acontecer si el universo se expande de acuerdo con las predicciones de la teoría de Einstein de la gravitación, la relatividad general.



Que el universo está expandiéndose y enfriándose es la esencia de la teoría de la gran explosión —denominación gráfica, pero que puede inducir a error—, en el bien entendido de que describe la evolución del universo, pero no cómo empezó.

Suelo comparar el proceso de asentar los resultados, sea en cosmología o en otra ciencia, con el ensamblaje de un marco. Buscamos reforzar cada pieza de prueba mediante el machihembrado de otros tipos de mediciones. Nuestro marco de la expansión del universo está ensamblado con rigidez suficiente como para considerarlo sólido. Nadie cuestiona con seriedad la teoría la gran explosión; todas las piezas encajan de maravilla. Incluso la alternativa más radical —la última encarnación de la teoría del estado estacionario— no pone en duda que el universo se expande y enfría. Todavía se dejarán oír opiniones divergentes en cosmología, pero atañen a los añadidos a la parte consolidada.

Por ejemplo, no sabemos qué hacía el universo antes de expandirse. Una teoría puntera, la de la inflación, es una adición atractiva en el marco mencionado, pero carece de refuerzos firmes. En eso es precisamente en lo que los cosmólogos se afanan ahora. Si las mediciones en marcha están de acuerdo con las huellas de la inflación, entonces las contaremos como un argumento convincente de esta teoría. Pero mientras eso no ocurra, me abstendría de apostar sobre la realidad de la inflación. [N. de la R.: los resultados del primer año de observaciones del satélite WMAP, publi-

**Nuestro marco de la teoría de la gran explosión está apuntalado sólidamente.**



## Ficha de las principales teorías

Concepto	Nota	Comentarios
El universo evolucionó a partir de un estado más caliente y denso	Sobresaliente alto	Pruebas convincentes obtenidas desde muchos ángulos de la astronomía y la física
El universo se expande tal como predice la teoría de la relatividad general	Sobresaliente bajo	Pasa los exámenes, pero muy pocos de tales exámenes han sido exigentes
La materia oscura constituida por partículas exóticas domina las galaxias	Notable alto	Muchas líneas de pruebas indirectas, pero hay que encontrar todavía las partículas y descartar las teorías alternativas
La mayor parte de masa del universo se distribuye de forma suave; actúa de acuerdo con la constante cosmológica de Einstein, causando la aceleración de la expansión	Notable bajo	Prometedor ajuste de medidas recientes, pero tiene que hacerse mucho más para depurar las pruebas y resolver problemas teóricos
El universo creció de la inflación	Incompleto	Elegante, aunque carece de pruebas directas y requiere una extrapolación enorme de las leyes de la física

ROBERT GENDLER

cados en febrero de 2003, se han interpretado como una confirmación de algunas predicciones básicas de la hipótesis de la inflación y una reducción del número de modelos inflacionarios concretos viables.] No estoy criticando la teoría; simplemente quiero señalar que éste es un trabajo arriesgado y nuevo que debe esperar su comprobación.

Más sólidos son los datos que abonan la idea de que la masa del universo consiste en materia oscura agrupada en torno a la periferia de las galaxias. También tenemos respaldo a favor de la denostada constante cosmológica de Einstein o de algo similar; sería el agente de la aceleración que el universo parece estar experimentando. A principios del decenio de 1990, los cosmólogos daban la bienvenida a la materia oscura como una forma elegante de explicar los movimientos de las estrellas y el gas en las galaxias. Muchísimos investigadores, sin embargo, mostraban su desagrado ante la constante cosmológica. Hoy la mayoría la aceptan, o su concepto aliado, la quintaesencia. Los físicos de partículas han recogido el guante que la constante cosmológica lanza a la teoría cuántica. Este cambio de opinión no refleja debilidad, sino que muestra que el campo se encuentra en un estado de

caos saludable alrededor de un marco sólido que crece poco a poco. Estudiantes de la naturaleza, ajustamos nuestros conceptos al progreso de las lecciones.

Las enseñanzas, en este caso, incluyen los signos de la aceleración de la expansión: el brillo de las supernovas cercanas y lejanas; la edad de las estrellas más viejas; la curvatura de la luz alrededor de masas remotas, y las fluctuaciones de la temperatura del fondo de radiación térmico del firmamento [véase “Antigravedad cosmológica”, de Lawrence M. Krauss, en *este mismo número*]. Pese a las pruebas, impresionantes, me siento todavía incómodo respecto a los detalles de la constante cosmológica, incluidas las posibles contradicciones con los resultados de las simulaciones de la evolución de las galaxias y su distribución espacial. La teoría del universo en aceleración es un edificio en construcción. Admiro la arquitectura, pero no quisiera mudarme allí todavía.

Con el tiempo, la inflación, la quintaesencia y otros conceptos sometidos a debate o bien estarán sólidamente integrados en el marco central o bien se abandonarán sustituidos por algo mejor. En cierto modo, trabajamos fuera de la obra. Pero el universo es un lugar complicado, y sería

necio pensar que agotaremos las líneas de investigación productivas en un tiempo cercano. La confusión es un signo de que estamos haciendo algo bien: es la conmoción fértil de una planta en construcción.

### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

- EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO. P. James E. Peebles, David N. Schramm, Edwin L. Turner y Richard G. Kron en *Investigación y Ciencia*, diciembre 1994.
- THE INFLATIONARY UNIVERSE: THE QUEST FOR A NEW THEORY OF COSMIC ORIGINS. Alan H. Guth. Perseus Press, 1997.
- BEFORE THE BEGINNING: OUR UNIVERSE AND OTHERS. Martin Rees. Perseus Press, 1998.
- THE ACCELERATING UNIVERSE: INFINITE EXPANSION, THE COSMOLOGICAL CONSTANT, AND THE BEAUTY OF THE COSMOS. Mario Livio y Allan Sandage. John Wiley & Sons, 2000.
- CONCLUDING REMARKS ON NEW COSMOLOGICAL DATA AND THE VALUES OF THE FUNDAMENTAL PARAMETERS. P. James E. Peebles en *IAU Symposium 201: New Cosmological Data and the Values of the Fundamental Parameters*. Dirigido por A. N. Lasenby, A. W. Jones y A. Wilkinson; agosto 2000. Borrador disponible en [xxx.lanl.gov/abs/astro-ph/0011252](http://xxx.lanl.gov/abs/astro-ph/0011252) en la Web.

