

Divulgación de la cosmología del Big bang: estudio de un caso

Juan Tomé

www.cosmologica.amonaria.com

casa@amonaria.com



Este artículo ha sido publicado en el número 46 de la revista NADIR, de la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía (ApEA). NADIR puede consultarse libremente en la web de la asociación, www.apea.es

Resumen

En este artículo se analizan los contenidos del cuadernillo “El big bang y el origen del universo”, primero de un coleccionable titulado “Los exploradores del espacio”, dirigido a niños, que el diario EL PAÍS distribuye los domingos desde el 7 de febrero de 2021. El cuadernillo relaciona el big bang y la expansión del universo usando ideas, lenguaje y argumentos perfectamente representativos de una forma de abordar esos temas en la divulgación y en la enseñanza secundaria que, aunque muy extendida, es incompatible con la concepción científica estándar. Ese carácter de caso tipo es lo que hace interesante su análisis, porque puede proporcionar herramientas para la crítica de materiales semejantes. El trabajo acaba ofreciendo textos alternativos a los del cuadernillo, para que puedan ser incorporados por profesores y divulgadores en sus explicaciones si lo consideran oportuno.

1 La portada y el índice inicial



Figura 1: Portada del cuadernillo

La figura 1 es la portada del cuadernillo. Es, claramente, la imagen de la explosión de un objeto material. Cualquiera que la vea pensará que el objeto estaba entero antes de la explosión, que se rompió en fragmentos al explotar y que esos fragmentos son los que se dibujan lanzados en todas direcciones.

El cuadernillo se plantea como un viaje de los dos niños protagonistas, Áurea y Sid, los exploradores del espacio a los que el título se refiere. En un cuadro de la página 1 se anuncian los descubrimientos que esperan a los lectores:

“En este viaje descubrirás:

- Que el universo es un globo hinchado.
- Que no hay nada más rápido que la luz.
- Que los astrónomos usan números... astronómicos.
- Que todo empezó con una gran explosión.”

Nos interesan el primero y el cuarto; el segundo y el tercero son complementarios. Lo primero que se descubrirá es “que el universo es un globo hinchado”. Y lo cuarto “que todo empezó con una gran explosión”.

El globo que se va hinchando es una analogía clásica de la divulgación del big bang, probablemente la más repetida, la más querida por los divulgadores. Pero, como toda analogía tiene limitaciones y, a la vez que ayuda a comprender algunas cosas, puede inducir errores sobre otras. Aquí, sin embargo, no hay advertencias ni matices: *el universo es un globo hinchado*. Tampoco hay matices sobre el cuarto descubrimiento: *todo empezó con una gran explosión*. La rotunda frase y la imagen de portada se refuerzan. Al avanzar en la lectura del texto se descubrirá que la idea de globo que se hincha y del big bang como explosión se sostienen recíprocamente, y forman parte de un conjunto conceptual coherente.

2 La analogía de la goma del globo que se hincha



Figura 2: Ilustración página 14

El profesor QuAnt1cuS dirige el viaje de los exploradores del espacio. Después de recibir a Áurea y Sid en la nave Atenea, les explica que en la primera etapa viajarán sólo con la imaginación, porque se trata de llegar hasta los orígenes del universo. Les hace saber entonces que “Edwin Hubble descubrió que las galaxias que nos rodean se estaban alejando unas de otras”,¹ que eso no podía ser resultado

del azar y que hay una explicación. “Y si queréis saber cuál es, coged esos globos y empezad a hincharlos.”

“Fijaos en los topes de los globos. [...] ¿Veis cómo se alejan poco a poco unos de otros? No importa en cuáles os fijéis, porque pasa lo mismo con todos. Pues bien, esto exactamente es lo que pasa con el universo. [...] Gracias a innumerables observaciones [...] sabemos que el universo se está hinchando como un globo. O, para ser más precisos, que se está expandiendo. Cada segundo que pasa se vuelve más grande y los objetos que contiene, como las galaxias, se alejan cada vez más entre sí.”

Uno de los principales cuidados que se deben tener cuando se usan analogías para explicar propiedades del universo es precisar muy bien qué cosa es la que representa al universo en la analogía. En el caso del globo, lo que representa al universo es, estrictamente, la goma del globo. Ni el exterior ni el interior del globo, ni el aire contenido, representan nada en la analogía. Hay que prescindir, mentalmente, de ellos y pensar solo en la goma si se quiere entender lo que la analogía quiere enseñar. La analogía no debería llamarse “analogía del globo” sino “analogía de

¹ Es un lugar común afirmar que Edwin Hubble descubrió la expansión del universo, cosa que no debería hacerse sin más explicaciones. Lo que Hubble descubrió fue una relación entre dos magnitudes observables: la distancia a galaxias lejanas y el desplazamiento al rojo de la luz que nos llega de ellas. El descubrimiento de Hubble tiene el enorme valor de ser la primera observación con implicaciones cosmológicas, pero, desde luego, nunca interpretó sus observaciones como debidas a que “las galaxias que nos rodean se alejan unas de otras” ni, mucho menos, que ese alejamiento se debiera al “estiramiento del espacio”, la interpretación actual que la analogía del globo debería ayudar a entender.

la goma del globo”. A continuación, se explica por qué “pensar en el globo” es muy distinto de “pensar en la goma del globo”:

1. El globo se hincha, se hace más grande, mientras que la goma se estira, que es lo que se quiere enseñar. El hincharse del globo, el hacerse más grande, supone ocupación del espacio externo, un hecho que se refiere al globo y a su exterior. En cambio, el estirarse de la goma no necesita referirse a nada más, es una propiedad interna de la goma, una propiedad interna del universo representado. Si se piensa en la expansión del universo como el cambio de tamaño del globo que se hincha, es muy fácil caer en el error de pensar que el universo, el globo tridimensional, se hace más grande en un espacio tridimensional preexistente, el espacio alrededor del globo.
2. Uno de los puntos fuertes de la analogía de la goma del globo es que sirve para dejar muy claro que las galaxias no se mueven a través del espacio sino que están fijas y se separan arrastradas por él. Cuando se piensa en la expansión como aumento de volumen del globo,

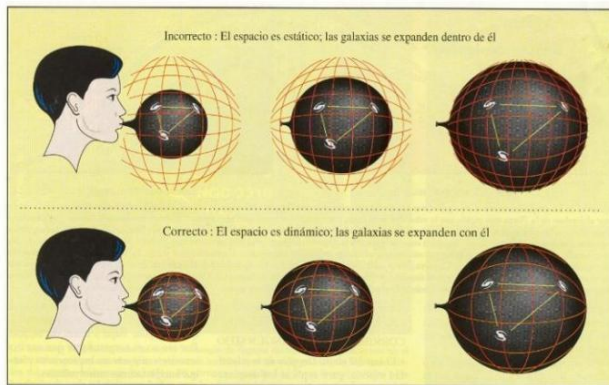


Figura 3. Odenwald y Tresch, Sky, Tribuna de Astronomía

esa utilidad del modelo se pierde, porque a medida que el globo se hincha cada una de las galaxias se va separando del centro, alejándose de él siguiendo una trayectoria radial. La figura 3 explica eso muy bien. Arriba, las coordenadas espaciales son externas al globo y las galaxias se mueven respecto de ellas hacia fuera. Abajo, las coordenadas son de la goma del globo, internas, y las galaxias no se mueven respecto de ellas, sino que se mantienen en el

mismo sitio del “espacio goma”. Si se separan es porque el espacio se estira y el retículo de coordenadas, en consecuencia, aumenta su escala.

3. El globo es un objeto tridimensional, una esfera, mientras que la goma del globo es un objeto bidimensional, la superficie de una esfera. El globo es un objeto finito que tiene límite, su superficie externa. Moviéndose dentro del globo se llega a la superficie que corta el paso, que separa lo que es globo de lo que no lo es. La goma, en cambio, es un objeto finito sin límites. Moviéndose por la goma (seres como sellos o calcomanías son los que harían esos viajes) nunca se llega a ningún punto en el que no se pueda seguir avanzando en la misma dirección. El globo representa un universo tridimensional finito y limitado, con frontera. La goma representa un universo bidimensional finito pero ilimitado, sin frontera.

A la vista de todas esas razones, queda claro que la descripción de la expansión del profesor QuAnt1cuS:

“[...] sabemos que el universo se está hinchando como un globo. [...] Cada segundo que pasa se vuelve más grande y los objetos que contiene, como las galaxias se alejan cada vez más entre sí.”

no ayuda a entender correctamente la expansión. Por otra parte, su descripción conduce a la idea de big bang como explosión de algo, como se ve en el siguiente epígrafe.

3 “Rebobinar la película” o “Dar marcha atrás al tiempo”

Además de Áurea y Sid, los niños, y del profesor QuAnt1cuS, el robot Marcelino completa la tripulación de la nave de los exploradores del espacio. Después de explicar a los niños la expansión mediante el globo que se hincha, el profesor QuAnt1cuS pide a Marcelino que se transforme en proyector y les dice:

“-Imaginad que estamos viendo una película sobre el universo. Gracias al Hubble y otras observaciones, sabemos que con el paso del tiempo el universo se hace cada vez más grande, las distancias aumentan y los objetos se alejan unos de otros.

-¿Podéis imaginar cómo era el universo hace, digamos, mil millones de años?

-Bueno, era más pequeño, las distancias eran menores y los objetos estaban más cerca unos de otros ... -respondió Sid. La pregunta parecía tan sencilla que debía tener alguna trampa.

-Exacto. Ahora rebobinemos un poco nuestra película hasta llegar al principio. Marcelino, por favor, ¿serías tan amable?



La esfera del universo empezó a hacerse más pequeña, como un globo que se desinfla, cada vez más pequeña, más pequeña, más pequeña... ¡hasta que desapareció!

-Parece difícil de creer, pero hace billones de años todo lo que había en el cosmos estaba concentrado en el mismo lugar: las estrellas, los planetas, los cometas, los

asteroides..., todo estaba en un punto infinitamente pequeño, mucho más diminuto que la cabeza de un alfiler.”

Al rebobinar la película, al dar marcha atrás al tiempo para llegar al principio, el error inicial de la analogía (considerar que el universo es el globo, que es una esfera), conduce a las conclusiones erróneas típicas de muchos trabajos de divulgación de la cosmología del big bang: decir que, al principio, “todo estaba en el mismo lugar”, “todo estaba en un punto”. El camino que conduce a esos errores está claro: si una esfera se hace cada vez pequeña llega a ser un punto en su centro. Pero el argumento es falso. Porque el universo no es una esfera, ni en la realidad ni en la analogía; y porque la expansión no es aumento de tamaño y rebobinarla no es empequeñecimiento.

La analogía de la goma del globo, bien entendida y bien empleada, puede evitar esos errores. Basta hacer ver que la expansión entendida como estiramiento conduce a la disminución de la densidad de la goma del globo, que se va haciendo más fina, más transparente a medida que se estira. Rebobinar el estiramiento significaría aumento de la densidad de la goma, sin referencia alguna a tamaño. Cuando se ignora todo lo que no es goma, a nada se puede referir el “tamaño” de la goma, con nada se puede comparar para decir si se hace más grande o más pequeña, de forma que hablar de tamaño es un sinsentido. Más y más “atrás en el tiempo” sólo se encontrará más y más densidad, y eso de todo el universo, no de un punto. En el caso de la goma del globo, que representa un universo finito, más y más “atrás en el tiempo” se encontrará un universo finito más denso de lo que se pueda imaginar. Pero si la analogía se planteara con una lámina de goma infinita, más y más “atrás en el tiempo” se encontrará un universo infinito más denso de lo que se pueda imaginar. De punto inicial, nada. La singularidad inicial de los modelos big bang viene definida por los valores infinitamente grandes de la densidad y de la temperatura,

no por el tamaño. De hecho, si nuestro universo es infinito, como parecen indicar las observaciones, entonces también fue infinita la singularidad big bang. Singularidad no puede confundirse con punto.

La tentación de “rebobinar la película” cuando se usa el globo como modelo del universo es muy grande. Cuando se tiene el globo ya hinchado en las manos, después de haberlo ido inflando poco a poco, es muy difícil resistirse a dejar que se desinflen lentamente mientras se sugiere que se está viendo en directo la evolución del universo marcha atrás. Es muy difícil porque el éxito, incluso el ¡oooh!, está asegurado muchas veces.² Pero hay que resistirse. O, en todo caso, aprovechar la situación para señalar las contradicciones que se derivan de considerar el globo, en vez de la goma del globo, como modelo del universo.

4 “Todo empezó con una gran explosión”



Figura 5: Imagen páginas 17-18

La conclusión errónea alcanzada al rebobinar la película de la expansión, deja servida en bandeja la descripción del big bang como explosión. Después de decir a los niños que “todo estaba en un punto infinitamente pequeño, mucho más diminuto que la cabeza de un alfiler”, en la página siguiente del cuadernillo, acompañando a la imagen de la figura 5, la misma que la de portada pero a doble página, el profesor QuAnt1cuS les dice:

“Hace mucho tiempo se produjo algo similar a una gran explosión. Y de aquel punto infinitesimal empezó a surgir una gran cantidad de energía y materia, toda la energía y materia que el universo contiene hoy. Fue lo que llamamos **big bang**. Y justo después del **big bang**, toda aquella materia y energía empezó a expandirse en todas direcciones, creando así el tiempo y el espacio. Al principio no había nada, y después apareció un maravilloso universo lleno de objetos.”

En ese párrafo, el big bang se presenta como un fenómeno similar a una gran explosión, una surgencia de materia y energía que empezó a expandirse en todas direcciones. Está fuera de duda que quien lo lea mientras mira la ilustración que lo acompaña guardará en su cabeza, y a buen recaudo, a prueba de intentos de sustituirla por otra, la idea de big bang como explosión de algo. Ahora bien, ¿es el big bang similar a la explosión de algo? Para responder, consideremos lo que la idea de explosión de algo supone, lo que la palabra explosión evoca. Es lo siguiente:

- a. Hay algo material que preexiste a la explosión. Una bombona de butano, un cohete de feria, una carga de fuegos artificiales, un petardo, una granada, una bomba; todos esos objetos existen antes de explotar.
- b. La explosión sucede en algún lugar concreto de un espacio. El lugar es el que ocupa la materia que explota; el espacio es el que se extiende en torno suyo.

² Hay que reconocer que ver películas al revés tiene algo profundo que lo hace fascinante. Si la película es la del universo entero deja a muchos con la boca abierta. Llamo “efecto El Hormiguero” a la necesidad de divulgadores y profesores de ciencia de incluir la espectacularidad en sus intervenciones tan a menudo como sea posible. A veces el “efecto El Hormiguero” es bienvenido; otras veces hay que renunciar a él.

- c. La explosión produce fragmentos, que salen despedidos, lanzados, impulsados, en todas direcciones, que se mueven a través del espacio en el que estaba la cosa que explotó.
- d. Los fragmentos de la explosión se mueven a diferentes velocidades: los que salen lanzados más deprisa siempre van por delante de los más lentos, en todo momento habrán llegado más lejos que los más lentos.
- e. La explosión puede ser vista “desde fuera”, desde un lugar seguro alejado del que ocupaba la cosa que explotó.
- f. La explosión es un proceso de muy corta duración.

Pues bien, de todas esas cualidades de las explosiones, solo la de ser un proceso de muy corta duración conviene al big bang. El resto no le cuadra de ninguna manera. La cosmología del big bang no supone nada anterior a la explosión, ni considera espacio vacío preexistente alrededor de lo que se piense que explota, ni hay fragmentos que salen despedidos a diferentes velocidades, ni es posible ninguna observación “desde fuera”. A pesar de su nombre, la cosmología del Big bang no tiene nada que ver con la idea de explosión.

5 La familia de ideas “el big bang fue una gran explosión”

La coherencia interna es una propiedad de cualquier sistema de ideas que pretenda serlo, y eso con independencia de que el sistema pueda ser correcto o no. El grado de coherencia de un sistema podrá ser mayor o menor, pero las contradicciones internas hacen a cualquier sistema insostenible. Pues bien, la idea de que “el big bang fue una gran explosión”, más que una idea aislada, es un conjunto, una familia de ideas bien relacionadas consistentes entre sí. Veamos algunos aspectos concretos de la coherencia de esa familia:

1 Los universos de la familia “el big bang fue una gran explosión” tienen un punto singular.

Si el universo se imagina como una esfera, su centro es un punto singular: ninguno de los demás puntos tiene sus propiedades, en particular su simetría. Si se usa un globo para representar la expansión de ese universo, su centro es singular. Es el centro de la expansión, el punto del que se alejan todas las galaxias al hinchar el globo. Y “dando marcha atrás al tiempo” es el punto en que todas las galaxias convergen, el punto singular inicial, el lugar donde acontece el big bang, la gran explosión.

2 Los universos de la familia “el big bang fue una gran explosión” tienen frontera.

La frontera de los universos originados en una “gran explosión” está marcada por los objetos que salieron despedidos a mayor velocidad, los que van por delante de los demás. En la analogía del globo, la frontera es la goma del globo y las galaxias fijadas a la goma son las de avanzadilla. La goma del globo separa el interior, la “esfera universo”, del exterior, el “no universo”.³

³ Podría pensarse que la gran explosión ocurre en un espacio vacío preexistente y que, por lo tanto, las galaxias de avanzadilla no marcan ninguna frontera, que tanto el interior como el exterior del globo son partes de ese espacio. Pero, en tal caso, la gran explosión no sería el origen del universo, sino, tan solo, una explosión local en algún lugar del universo vacío preexistente; y el globo no sería todo el universo, sino solo la parte donde la explosión se produjo: el universo sería entonces la habitación y todo el espacio tridimensional.

3 *En los universos de la familia “el big bang fue una gran explosión” las galaxias se mueven radialmente.*

La gran explosión lanza fragmentos en todas las direcciones radiales posibles a partir del punto singular donde la explosión ocurre. En consistencia con ello, cuando el universo se representa por un globo, el movimiento de las galaxias al hincharse el globo es radial, alejándose del centro del globo. Más evidente es ese movimiento radial cuando se “da marcha atrás al tiempo” y se desinfla el globo, porque ahora todo sucede más rápido que al hincharlo y el movimiento de las galaxias, ahora acercándose al centro, es más notorio.

Queda claro que la incoherencia no es el problema de la familia de ideas “el big bang fue una gran explosión”. El problema es que no cumple el Principio Cosmológico de Homogeneidad, incompatible con la existencia de puntos singulares; que no cumple con la condición de no fronteras que la cosmología científica impone a cualquier modelo de universo para evitar contradicciones internas; y que no se ajusta a la idea científica de expansión, que se entiende como estiramiento del espacio que arrastra galaxias fijas embebidas en él.

La familia de ideas “el big bang fue una gran explosión” tiene más miembros que los que se han citado aquí. El siguiente cuadro los lista todos, los que han aparecido en el texto analizado y los que no. En paralelo, se listan los miembros de la familia alternativa que corresponde a la concepción científica de los modelos big bang.

Los miembros de la familia de ideas “el big bang fue una gran explosión”	Los miembros de la familia alternativa acorde con los modelos científicos big bang
1 El big bang fue una gran explosión que originó el universo.	1 El big bang es la fase explosiva inicial del proceso universo.
2 El universo tiene fronteras, como una esfera, como un globo.	2 El universo no tiene fronteras, como la superficie esférica, como la goma de un globo.
3 La expansión se entiende y se describe como aumento de tamaño.	3 La expansión se entiende y se describe como estiramiento del espacio.
4 Las galaxias se mueven radialmente a través del espacio, a partir del punto de explosión.	4 Las galaxias están en reposo en el espacio, fijas en la red de coordenadas universales.
5 El desplazamiento al rojo cosmológico es debido al efecto Doppler.	5 El desplazamiento al rojo cosmológico es debido al estiramiento de fotones.
6 La ley de Hubble es una relación entre velocidades de galaxias y distancia.	6 La ley de Hubble es una relación entre desplazamiento al rojo y distancias.
7 La relación entre rapidez del incremento de distancias y las distancias se identifica con la ley de Hubble.	7 La relación entre rapidez del incremento de distancias y las distancias es distinta de la ley de Hubble.

6 Textos alternativos

La familia de ideas “el big bang fue una gran explosión” está muy extendida en la divulgación de la cosmología. Quizás alguien piense que las ideas de esa familia son más sencillas que las correctas, y que por eso son más apropiadas para niños. Pero no es nada fácil imaginar la explosión de un universo entero, ni que “todo estaba en un punto infinitamente pequeño”, ni entender qué quiere decir que “de aquel punto infinitesimal empezó a surgir [...] toda la energía y materia que el universo contiene hoy”, ni cómo al expandirse toda esa energía y materia iba “creando el tiempo y el espacio”, ni concebir que “la esfera del universo empezó a hacerse más pequeña [...] hasta desaparecer”. Repetidas muchas veces, y oídas muchas veces también, todas esas frases comienzan a hacerse familiares, para los niños y para los divulgadores. Pero, sin el aval de la repetición, no son ni más sencillas ni más comprensibles que sus equivalentes correctas.

Para finalizar este trabajo, se presentan en la columna izquierda de la tabla siguiente los textos del cuadernillo “El big bang y el origen del universo” que se han analizado. En la columna derecha, para facilitar la comparación, se presentan los alternativos, manteniendo tanto como ha sido posible su lenguaje, su composición y su extensión.

Textos del cuadernillo analizado	Textos alternativos
<p>“En este viaje descubrirás:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que el universo es un globo hinchado. • Que no hay nada más rápido que la luz. • Que los astrónomos usan números... astronómicos. • Que todo empezó con una gran explosión.” 	<p>En este viaje descubrirás:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que el universo es como la goma de un globo que se va estirando. • Que no hay nada más rápido que la luz. • Que los astrónomos usan números... astronómicos. • Que las fases iniciales del universo fueron explosivas.
<p>“Fijaos en los topos de los globos. [...] ¿Veis cómo se alejan poco a poco unos de otros? No importa en cuáles os fijéis, porque pasa lo mismo con todos. Pues bien, esto exactamente es lo que pasa con el universo. [...] Gracias a innumerables observaciones [...] sabemos que el universo se está hinchando como un globo. O, para ser más precisos, que se está expandiendo. Cada segundo que pasa se vuelve más grande y los objetos que contiene, como las galaxias se alejan cada vez más entre sí.”</p>	<p>Gracias a innumerables observaciones [...] sabemos que el universo se está estirando como la goma de un globo. Se dice que se está expandiendo. Cada segundo que pasa el espacio se estira más y los objetos que contiene, como las galaxias, se separan cada vez más entre sí. Fijaos en los topos de los globos. Ninguno cambia de sitio, ninguno se mueve por la goma de acá para allá. Y sin embargo, ¿veis cómo se separan poco a poco unos de otros? No importa, además, en cuáles os fijéis, porque pasa lo mismo con todos. Pues lo mismo pasa con las galaxias en el universo: se separan pero no se mueven; se separan, tan sólo, porque el espacio se estira.</p>

<p>“-Imaginad que estamos viendo una película sobre el universo. Gracias al Hubble y otras observaciones, sabemos que con el paso del tiempo el universo se hace cada vez más grande, las distancias aumentan y los objetos se alejan unos de otros.</p> <p>-¿Podéis imaginar cómo era el universo hace, digamos, mil millones de años?</p> <p>-Bueno, era más pequeño, las distancias eran menores y los objetos estaban más cerca unos de otros ... -respondió Sid. La pregunta parecía tan sencilla que debía tener alguna trampa.</p> <p>-Exacto. Ahora rebobinemos un poco nuestra película hasta llegar al principio. Marcelino, por favor, ¿serías tan amable? La esfera del universo empezó a hacerse más pequeña, como un globo que se desinfla, cada vez más pequeña, más pequeña, más pequeña... ¡hasta que desapareció!</p> <p>-Parece difícil de creer, pero hace billones de años todo lo que había en el cosmos estaba concentrado en el mismo lugar: las estrellas, los planetas, los cometas, los asteroides..., todo estaba en un punto infinitamente pequeño, mucho más diminuto que la cabeza de un alfiler.”</p>	<p>-Imaginad que estamos viendo una película sobre el universo. Gracias al Hubble y otras observaciones, sabemos que el espacio se estira, las distancias aumentan y los objetos se separan unos de otros.</p> <p>-¿Podéis imaginar cómo era el universo hace, digamos, mil millones de años?</p> <p>-Bueno, las distancias eran menores, los objetos estaban más cerca unos de otros y la goma estaría menos estirada... -respondió Sid. La pregunta parecía tan sencilla que tenía que tener alguna trampa.</p> <p>-Exacto. Ahora rebobinemos un poco nuestra película. Marcelino, por favor, ¿serías tan amable?</p> <p>La goma del globo empezó a encogerse más y más, a volverse cada vez más apretada, más densa, hasta que quedó como estaba antes de estirla.</p> <p>-Parece difícil de creer, pero hace billones de años el universo era inconcebiblemente más denso que ahora. Un trozo de universo de aquella época que fuera como una cabeza de alfiler tendría tanta masa como todo el sistema solar junto y mucho más. Si el universo es infinito, como dicen nuestras observaciones, sería infinito también entonces y así de denso por todas partes.</p>
<p>“Hace mucho tiempo se produjo algo similar a una gran explosión. Y de aquel punto infinitesimal empezó a surgir una gran cantidad de energía y materia, toda la energía y materia que el universo contiene hoy. Fue lo que llamamos big bang. Y justo después del big bang, toda aquella materia y energía empezó a expandirse en todas direcciones, creando así el tiempo y el espacio. Al principio no había nada, y después apareció un maravilloso universo lleno de objetos.</p>	<p>El universo ha sido, y todavía será, un proceso muy largo. Las fases iniciales, muy densas, muy calientes y de presiones muy altas, fueron explosivas. Por eso las llamamos fases big bang. El espacio empezó a estirarse muy deprisa y el universo se fue enfriando. Cuando la temperatura bajó lo suficiente pudieron formarse, y durar, las maravillosas estructuras que ahora vemos, vivos como nosotros incluidos, imposibles en aquellas primeras fases tan inhóspitas.</p>

Corresponde ahora a los lectores decidir qué textos dejan a los niños (y a sus padres, muy probables lectores del cuadernillo) en mejores condiciones de ampliar y afianzar su conocimiento y su comprensión de la cosmología del big bang.