

de una actividad telomerasa impediría compensar la pérdida de telómeros durante las sucesivas divisiones celulares, acortamiento de los telómeros que, además, podría ser un mecanismo de senescencia celular.

Los ensayos realizados con cultivos de células humanas o con tejidos donados por individuos de distintas edades han demostrado que la longitud de los telómeros disminuye con el número de divisiones celulares. Dicho de otro modo, la capacidad replicativa de una célula o tipo celular depende de la longitud de sus telómeros. A diferencia de los eucariotas unicelulares, que pueden dividirse infinitas veces y que tienen actividad telomerasa, las células somáticas de organismos pluricelulares son mortales; el progresivo acortamiento y pérdida de los telómeros desencadena la inestabilidad cromosómica y muerte celular.

Sin embargo, se ha encontrado actividad telomerasa en células humanas que son inmortales, tales como las células HeLa. El estudio de la actividad telomerasa adquirió una relevancia especial con el descubrimiento, en 1994, por Jerry Shay y Cal Harley, de que la telomerasa se muestra activa en más del 80% de distintos tipos de tumores humanos y ausente en tejidos circundantes. Se acepta ahora que la activación de la telomerasa en células de tejidos adultos es una alteración oncogénica que confiere inmortalidad a las células tumorales. En otras palabras, la telomerasa sería un mecanismo de la célula para evitar la senescencia celular y adquirir un fenotipo inmortal.

No conocemos los mecanismos moleculares que regulan la actividad telomerasa durante el desarrollo normal de un individuo o durante la formación de tumores. Pero hay pruebas de que la activación de la telomerasa constituye un evento tardío en la formación de tumores. En este sentido, sólo se ha detectado actividad telomerasa en los estadios más avanzados de los tumores, pero no en tumores benignos o en diversos estadios preneoplásicos. La telomerasa se perfila, pues, como un candidato ideal para ser una diana específica de terapia contra el cáncer. Los inhibidores de la telomerasa presumiblemente afectarían la capacidad replicativa de las células del tumor, pero no la de la gran mayoría de los tejidos humanos.

Antes de comprometerse al desarrollo de drogas que inhiban específicamente la telomerasa es necesario demostrar que la actividad de esta enzima resulta necesaria para la pro-

gresión y mantenimiento de tumores. El desarrollo de modelos transgénicos en los que se haya eliminado un gen esencial para la actividad telomerasa (por ejemplo el gen del componente ribonucleico) será el siguiente paso para determinar la importancia de la enzima tanto en el desarrollo embrionario normal de un organismo como en la formación de tumores malignos y metástasis.

MARÍA A. BLASCO  
Laboratorio de Cold Spring Harbor,  
Nueva York

## Cosmografía

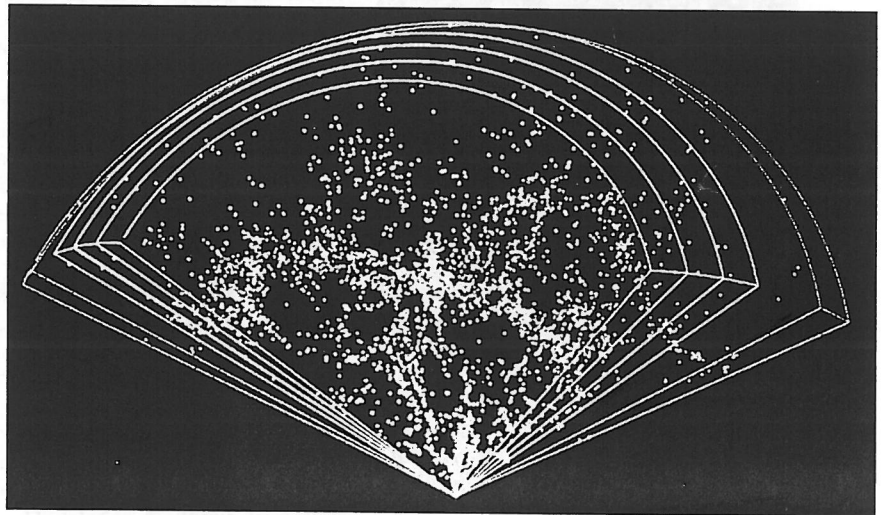
### Macroestructura y multiescalas

La Vía Láctea es una galaxia de tipo espiral que contiene más de cien mil millones de estrellas. Forma parte del Grupo Local, integrado por una treintena de galaxias, entre las que se cuenta también la de Andrómeda, a 2,2 millones de años luz de la Tierra. El Grupo Local ocupa el volumen de un cubo de 3 millones de años luz de lado. Más del 70% de las galaxias se encuentran en grupos como éste o en cúmulos todavía más ricos y densos; por ejem-

plo, el cúmulo de Virgo, que dista 60 millones de años luz de la Tierra. La región central del cúmulo de Virgo alberga más de 1000 galaxias en un volumen que sólo cuadruplica el del Grupo Local.

La distribución de galaxias en el espacio es casi la única información que disponemos sobre la cosmografía a gran escala. A lo largo de los últimos diez años, se han elaborado mapas tridimensionales de distribución de galaxias que nos permiten tener una visión más completa de la macroestructura cósmica. Para calcular la distancia a la que se encuentra una galaxia, medimos el desplazamiento hacia el rojo de la radiación que emite. Interpretándolo como efecto Doppler podemos estimar a qué velocidad se está alejando. La ley de Hubble nos dice que dicha velocidad aumenta con la distancia a la que se halla la galaxia en cuestión.

Conocidas la distancia y la dirección en el cielo podemos construir una imagen tridimensional. En esta cartografía cósmica observamos que las galaxias se disponen en filamentos y estructuras más o menos aplanadas, que dejan a su vez grandes zonas vacías sin la presencia aparente de materia luminosa. Una imagen familiar que ilustra esta distribución es lo que se conoce como "universo de burbujas", en el que los grandes vacíos serían como las pompas de jabón que se forman en la espuma.

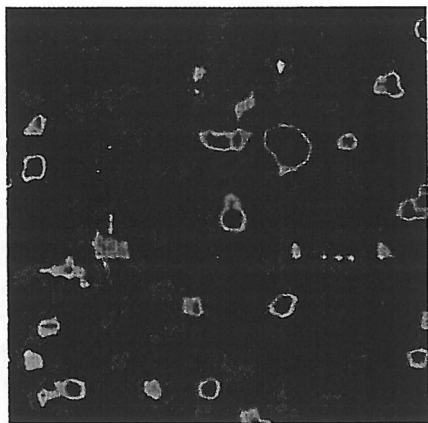


1. Imagen del universo en 4 "rebanadas", perteneciente al catálogo del Centro de Astrofísica de Harvard. Cada uno de los 3962 puntos representados corresponde a una galaxia de la que se conoce su posición en el espacio tridimensional. La Tierra se sitúa en el vértice de la figura, encontrándose el límite exterior a 650 millones de años luz de distancia. La Gran Muralla cruza la imagen de izquierda a derecha a 400 millones de años luz de la Tierra. La presencia de filamentos y vacíos queda patente. (Imagen cedida por M. J. Geller, J. P. Huchra y E. E. Falco, del Observatorio Smithsoniano de Astrofísica.)

En esta imagen, las galaxias se distribuyen en la superficie de las burbujas; forman estructuras planas, así la Gran Muralla, o filamentosas, como la cadena de Perseus-Pisces. Las zonas más densas del tejido cósmico serían los cúmulos ricos en galaxias.

La distribución de galaxias a escalas inferiores a los 40 millones de años luz no es homogénea, sino que presenta una fuerte tendencia al agrupamiento. Para medir estadísticamente el agrupamiento podemos utilizar una magnitud escalar que nos indica cuántas galaxias esperamos encontrar en promedio dentro de una esfera de radio  $r$  centrada en una galaxia elegida al azar. Si las galaxias se distribuyesen aleatoriamente en el espacio, esta cantidad sería proporcional al volumen de la esfera, es decir, variaría con la escala  $r$  como una constante por  $r^3$ . Si el comportamiento es el de una ley de potencias,  $r^D$ , pero con un exponente  $D < 3$ , la distribución posee estructura fractal, en la que el exponente  $D$  es la dimensión fractal, o más correctamente la dimensión de correlación. Se sabe que, para escalas inferiores a 40 millones de años luz, la distribución de galaxias desarrolla una estructura fractal con  $D \cong 1,3$ .

La imagen del universo va de ese modo cambiando de acuerdo con las



2. Distribución de densidad de una simulación cosmológica en un cubo de 1400 millones de años luz de lado. La imagen se obtiene proyectando sobre un plano la simulación tridimensional. El rojo corresponde a los picos de mayor densidad y el azul a las regiones menos densas, siguiendo la secuencia del arco iris. Diferentes estructuras dominan a escalas distintas, lo que pone de manifiesto la estructura multifractal subyacente. (Reproducido con permiso de *Science*, número 269, página 1245. Copyright 1995. American Association for the Advancement of Science.)

escalas de observación, desde estructuras próximas que no presentan homogeneidad hasta escalas donde podemos considerar que la materia muestra una distribución uniforme. Para interpretar esa transición hemos desarrollado un modelo, en colaboración con S. Paredes, S. Borgani y P. Coles.

El modelo se funda en el análisis de la distribución de galaxias y cúmulos galácticos en escalas que van desde 40 hasta algo más de 200 millones de años luz. A estas escalas no hay homogeneidad en el universo. Para entenderlo, piénsese que el diámetro de los grandes vacíos que se han observado en la distribución de galaxias alcanza en algunos casos los 200 millones de años luz. Pero también se ha detectado que la tendencia al agrupamiento no es tan fuerte como la manifestada para escalas inferiores a los 40 millones de años luz. El valor obtenido de la dimensión  $D$  a escalas superiores es de  $D \cong 2,5$  para las galaxias de los catálogos en el espectro óptico de radiación. Sin llegar todavía al valor  $D = 3$ , que sería el correspondiente a la homogeneidad, se acerca al doble del valor que obteníamos para escalas inferiores a los 40 millones de años luz. El valor de la dimensión de correlación para el catálogo de galaxias obtenido por el satélite *IRAS* que observa en el infrarrojo es  $D \cong 2,8$ . Esto nos indica que las galaxias del *IRAS* presentan un agrupamiento inferior al de las galaxias observadas en el óptico, con lo que se confirma algo que ya sabíamos: las galaxias del *IRAS*, que son sobre todo espirales, se encuentran, en general, en entornos menos densos que las observadas en el óptico, entre las que hay una buena proporción de galaxias elípticas. Estas últimas prefieren habitar en el interior de los cúmulos ricos.

Hemos estudiado la distribución de los cúmulos galácticos basándonos en catálogos realizados a partir de placas fotográficas y a partir de las fuentes de rayos X detectadas por el satélite *ROSAT*. Y hemos comprobado que, para escalas entre 40 y 220 millones de años luz, los cúmulos presentan un valor de  $D \cong 2,1$ . De lo que se infiere un grado de agrupamiento mayor que el de las galaxias.

La propiedades de multiescala nos proporcionan un marco interpretativo para entender simultáneamente la distribución de galaxias de diferentes tipos y de cúmulos galácticos con diferente riqueza. La dimensión  $D$  será menor para los objetos más densos. Hemos comprobado que las propie-

dades de multiescala se verifican en modelos cosmológicos que simulan la distribución de los cúmulos de galaxias. La dinámica de estas simulaciones está dominada por la presencia de materia oscura.

En un futuro próximo dispondremos de un catálogo tridimensional de más de un millón de galaxias. Se obtendrá con el empleo de técnicas observacionales que permiten medir simultáneamente los desplazamientos hacia el rojo de muchas galaxias, gracias a complejos sistemas de fibras ópticas. El catálogo, al que se le ha impuesto el nombre de *SLOAN*, representará un salto cualitativo en el conocimiento de la macroestructura cósmica, y será entonces cuando debamos contrastar nuestros modelos teóricos con unas observaciones que prometen ser extraordinariamente reveladoras.

VICENT J. MARTÍNEZ  
Depto. de Astronomía y Astrofísica  
Universidad de Valencia

## Mecanismos de secreción

### *En las terminaciones nerviosas*

Las terminaciones nerviosas adrenérgicas almacenan y secretan adrenalina o noradrenalina como neurotransmisor. Durante los últimos años nuestro equipo de la Universidad de Alicante ha centrado sus esfuerzos en el estudio de sus mecanismos de secreción. Para ello hemos empleado técnicas electrofisiológicas y bioquímicas.

Resulta muy difícil abordar el estudio electrofisiológico directo de estas estructuras. Son muy pequeñas, de un diámetro aproximado de 1 micrometro, y se hallan embebidas en el órgano efector, es decir, en el órgano que inerven y sobre el que, cuando se estimula el nervio, producen un determinado efecto.

Para resolver esa aporía, decidimos investigar y recurrir a modelos alternativos, como la célula cromafín y el nervio hipogástrico ligado de gato. Las células cromafines, que se encuentran localizadas en la zona central de las cápsulas suprarrenales, contienen adrenalina y noradrenalina, al igual que las terminaciones nerviosas adrenérgicas ya mencionadas, pero no inervan ningún órgano, sino que