

THE REALM OF THE NEBULAE

Por Edwin Hubble. Prólogos de Robert P. Kirshner y Sean M. Carroll. Yale University Press; New Haven, 2012.

Hubble. Cosmología

Uniformidad y expansión del universo

Cuanto la cosmología enseña halla en este libro sus dos pilares fundamentales; a saber, la uniformidad a gran escala y la expansión del universo observable. Demostró su autor que las nebulosas espirales eran universos isla independientes, situados allende los confines de nuestra galaxia. Edwin Powell Hubble, nacido en 1889 en Marshfield y autor de esa obra clásica, inició su formación superior en la Universidad de Chicago. Con una beca Rhodes se trasladó a Oxford en 1910. En 1914 tornó a la Universidad de Chicago y a su observatorio Yerkes. Participó en la Primera Guerra Mundial. Terminada, se incorporó al observatorio de Monte Wilson. Su disertación doctoral, defendida en 1917, fue una investigación fotográfica de las nebulosas, retazos de firmamento ligeramente obscurecidos, de los que entonces se sabía muy poco. Había nebulosas que constituían aglomeraciones de polvo y gas, pero la mayoría eran cúmulos estelares alejados. Por recomendación de Robert Millikan obtuvo un puesto en el observatorio de Monte Wilson, que ocupó al acabar la guerra. Hubble trabajó allí hasta su muerte, en 1953.

En el siglo XVIII, mucho antes de que las observaciones alcanzaran la calidad suficiente para distinguir entre estructuras remotas, Immanuel Kant consideraba universos isla a las nebulosas espirales, conjuntos de estrellas semejantes al de la Vía Láctea. A esta tesis se oponían quienes defendían que las nebulosas espirales representaban la formación de estrellas

individuales y sistemas solares. Pierre Simon de Laplace, que abanderaba la segunda opción, dedujo matemáticamente que el polvo y el gas en condensación adquirirían una conformación discoidal. El debate entre la postura kantiana y la laplaciana, aunque se centró en la naturaleza de las nebulosas, poseía implicaciones cruciales para el universo entero. Si Kant tenía razón, los universos isla (galaxias) se distribuirían con regularidad uniforme por todo el espacio. Si estaba de parte de Laplace, estrellas, planetas y nebulosas se hallarían confinadas en determinada región del espacio, rodeado por el vacío. La controversia llegó hasta el siglo XX. Culminó en un Gran Debate formal entre Harlow Shapley y Heber Curtis en 1920. Shapley abogaba por un pequeño universo, mientras que Curtis defendía una distribución de universos isla. Dirimirían los datos.

Antes de Albert Einstein, las cuestiones cosmológicas se planteaban en el marco de la teoría newtoniana sobre el espacio y el tiempo, paradigma dominante durante varios siglos. Newton imaginaba un espacio absoluto y eterno, en cuyo seno se movía la materia, sometida a la fuerza atractiva de la gravedad. En un universo uniforme, cabía imaginarse que una galaxia pudiera permanecer estacionaria por siempre. Einstein revolucionó la creencia newtoniana con su teoría general de la relatividad. En su teoría especial de la relatividad, de 1905, había disuelto ya el espacio y tiempo de

Newton, distintos, en un único cuadro unificado del espaciotiempo. En la relatividad general, de 1915, permitía que el espaciotiempo se doblara. Para Einstein, la gravedad era una fuerza que se movía a través del espaciotiempo, como la electricidad o el magnetismo.

Einstein añadió un nuevo término a sus ecuaciones: la constante cosmológica, que operaba contra la atracción gravitatoria ordinaria de la materia. De acuerdo con la relatividad general, un universo uniforme relleno de materia tiende a reducir su velocidad si está en expansión y a contraerse hasta una densidad infinita si se encuentra en contracción. La constante cosmológica, por el contrario, aporta un empuje perpetuo a la expansión del espacio. Merced a ese artefacto *ad hoc*, la relatividad general nos permite una cosmología sin cambios, lo que se conoce por «universo estático de Einstein». El universo estático de Einstein tiene un tamaño finito.

Willem de Sitter formuló en 1916 un modelo estático con desplazamientos aparentes (no reales) hacia el rojo en los espectros de nebulosas mayores y situadas a grandes distancias. Un corrimiento de una línea espectral hacia el rojo del espectro indica que el objeto se está alejando del observador. Shapley determinó, en 1918, la distancia hasta los cúmulos globulares. De ello pareció inferirse que el universo era una unidad única e ingente. Modelo de universo isla que Hubble no tardó en arruinar.

En 1925, Knut Lundmark se valió de datos obtenidos sobre 44 nebulosas para avanzar una ley que conectaba velocidad con distancia. Pero fueron los resultados laboriosamente obtenidos por Hubble y por él anunciados en 1929 lo que terminó por convencer a la comunidad astronómica de que el universo se estaba realmente expandiendo. Ese año, Hubble sometió a prueba la predicción de De Sitter. Poseía distancias de numerosas nebulosas extragalácticas y corrimientos al rojo medidos, bajo su dirección, por Milton Humason en Monte Wilson. Los corrimientos al rojo eran mayores cuanto mayor era la distancia. La relación empírica entre corrimiento al rojo y distancia (entre corrimiento al rojo y tamaño o brillo, indicaciones inequívocas de distancia) vinieron a entenderse como una correlación entre velocidad y distancia. Las nebulosas más alejadas se estaban distanciando de nosotros a velocidades cada vez mayores en un universo en expansión, no estático.

co. Aunque se sabe que solo nos es dado observar una pequeña región del firmamento, muestra que el cosmos presenta la peculiaridad notable de manifestarse uniforme a gran escala. Vemos galaxias que siembran el espacio, con un número bastante parejo y típico. Por consiguiente, centrándonos en una sección del cielo, conocemos el cielo entero.

Hubble utilizó las estrellas variables cefeidas y la relación entre período y luminosidad descubierta por Henrietta Leavitt para establecer que las nebulosas espirales se encontraban allende la Vía Láctea. Las masas borrosas que denominamos nebulosas eran, en realidad, imponentes galaxias. La materia del universo no se hallaba confinada a una región aislada; se agrupa en galaxias y cúmulos galácticos, que se encuentran dispersos más o menos homogéneamente por todo el espacio. En 1929, midió, en efecto, las velocidades de recesión de 18 galaxias. Descubrió que tales velocidades aumentaban en proporción con su distancia de la Tierra. La relación de Hubble ($v = Hd$) se conoce ahora por ley de Hubble. La constante de proporcionalidad —que cifró en 500 kilómetros por segundo y por megaparsec— es la constante de Hubble (H). Este trabajo aportó la primera prueba directa de un universo en expansión, un concepto que había sido propuesto por los cosmólogos Friedmann y Lemaître, y que ahora resulta fundamental para entender el universo.

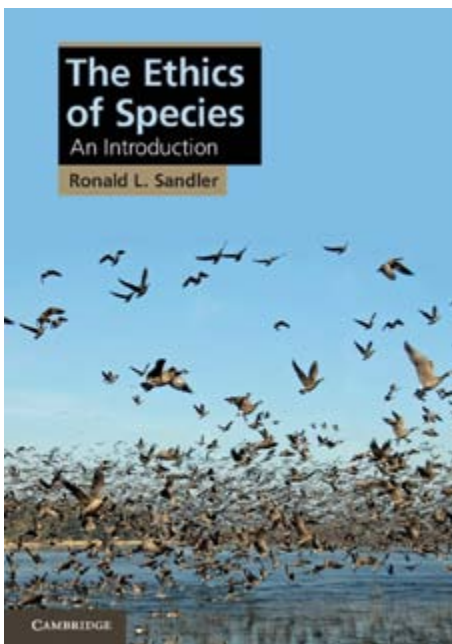
La ley de Hubble se basó en el corrimiento hacia el rojo del espectro y el principio Doppler, para indicar que el universo se expandía. Los textos un tanto ambiguos sobre ese particular dan a entender que pudo pensar que el incremento observado en el corrimiento hacia el rojo con la distancia tendría otras causas. Una prudencia que se comprende. Las observaciones de Hubble significaban que podían calcularse dos magnitudes fundamentales del universo: su tamaño cognoscible, o la distancia a la que la velocidad de recesión alcanza la velocidad de la luz, que es unos 18.000 millones de años luz; y la edad del universo, que el propio Hubble cifró en unos 2000 millones de años, aunque los cálculos modernos lo cifran entre 12.000 y 15.000 millones de años. Hubble introdujo también un sistema de clasificación sobre la forma de las galaxias, que se convirtió en criterio canónico.

Lo que llamamos ley de Hubble es la relación aproximada entre la distancia a la que se encuentra una galaxia y su velocidad aparente. Las galaxias más remotas tienden a alejarse más deprisa de nosotros, con una velocidad aparente proporcional a su distancia. Hablamos de velocidad aparente porque lo que realmente observamos es el corrimiento hacia el rojo. En un universo newtoniano, tal corrimiento emerge del efecto Doppler: cuando un objeto en movimiento emite

ondas, la longitud de onda se comprime (corrimiento al azul) o se expande (corrimiento al rojo) si el movimiento se acerca a nosotros o se aleja. En un universo einsteiniano, por otro lado, existe una explicación alternativa: no hay galaxias que se muevan sino que es el propio espacio el que se está expandiendo, estirando la longitud de onda de la luz que viaja en su camino.

Cuando Hubble y Humason mostraron que el universo real no era estático, perdió su razón de ser la constante cosmológica. El propio Einstein pareció lamentar más tarde su «grave error». Para Hubble las galaxias más lejanas se hallaban a unos diez millones de años luz. Con las técnicas modernas medimos distancias a las galaxias de varios miles de millones de años luz. Así como Hubble se sirvió de las estrellas variables Cefeidas como parámetro luminoso, nuestra técnica más avanzada utiliza un tipo de explosión estelar conocido por supernova de tipo Ia. Por razones que no acaban de conocerse plenamente, el brillo máximo intrínseco de esas supernovas viene a ser el mismo a través del universo. Persistía abierta la cuestión de cuánta energía había en el espacio vacío. La solución apareció en 1998 cuando dos grupos de astrónomos (entre ellos, Robert Kirshner) anunciaron que nuestro universo no solo se halla en expansión, sino que se está acelerando.

—Luis Alonso



**THE ETHICS OF SPECIES.
AN INTRODUCTION**

Por Ronald L. Sandler. Cambridge University Press; Cambridge, 2012.

Ética aplicada

*Criterios normativos
en el tratamiento de las especies*

Dividido en dos grandes secciones, la primera parte de este libro aborda el valor de las especies, para una conservación fundada de las mismas y la gestión adecuada de los ecosistemas en un marco de cambio climático global. Se consagra la parte segunda a la significación ética de los límites o fronteras de las especies, que condicionan su modificación experimental y la creación de otras nuevas.

Las relaciones del hombre con el resto de la naturaleza han alcanzado cotas críticas. Hemos provocado que las especies se extingan a una velocidad celerísima en comparación con cualquier otro momento de los últimos 65 millones de años. La extinción de fondo, normal, se cifra en una especie por millón y año. Aunque las estimaciones varían. Con los datos disponibles se habla de 10.000 especies extinguidas por millón y año. La mitad de las especies se extinguirían hacia 2100. Se

impone una normativa, un criterio ético para frenar tamaño desastre. Para orientarse en el nuevo campo emergente de la ética de la naturaleza, habrá que abrir el libro por su último capítulo, donde se recapitulan en diez enunciados las tesis del autor.

De acuerdo con dicho prontuario: 1) solo algunas especies en particular y la biodiversidad en general presentan un valor instrumental; 2) solo algunas especies en particular y la biodiversidad en general obtienen un valor subjetivo; 3) las especies carecen de un valor objetivo, intrínseco; 4) las especies carecen, asimismo, de un valor objetivo histórico; 5) todos los individuos, incluidos los privados de sensibilidad, poseen valor intrínseco; 6) el estatuto moral de una entidad viene condicionado por su valor; 7) las capacidades, y no la pertenencia al grupo, justifican el estatuto moral; 8) los límites de las especies no poseen ningún significado ético objetivo; 9) los límites de las especies tienen, en cambio, un significado ético subjetivo; 10) los límites de *Homo sapiens* no gozan de un significado ético exclusivo y diferente. De ese decálogo extrae el autor diversas consecuencias para la pervivencia de las especies en el marco de un cambio climático acelerado, para la creación de individuos interespecíficos y la generación de especies novedosas. También para el fenómeno de la potenciación humana.

No solo causamos la desaparición irreversible de especies. El hombre modifica la naturaleza mediante técnicas de ingeniería genética. Aunque la manipulación intencionada de las especies se ha venido produciendo desde la introducción de la agricultura a través del cruzamiento, selección, hibridación o injerto, los procedimientos de ADN recombinante insertan genes de unos individuos en otros, incluso de especies distintas. Así, se han manipulado levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) para que produzcan una concentración elevada de ácido artemisinínico (precursor de la artemisina, una droga contra la malaria) mediante trasplante, en la levadura, de genes procedentes de *Artemisia annua*, la fuente tradicional de artemisinina, y diversas especies bacterianas, que codifican la vía metabólica requerida. Se ha sintetizado el genoma entero de *Mycoplasma mycoides* y lo han insertado en otra cepa bacteriana distinta, logrando en esta iniciar los procesos metabólicos de *M. mycoides*.

Tales procedimientos han venido a complicar el concepto de especie y su

definición. Hay un elenco largo de definiciones divergentes. Unos autores atienden al aislamiento reproductor; otros a la filogenia y evolución; otros a la ocupación de un nicho ecológico característico; quienes a los perfiles genéticos; otros repiten el viejo método morfológico que distingue según la constitución anatómica. Ante semejante situación algunos se han planteado si es correcto hablar de un concepto universal de especie (monismo de especie) o existe una legítima pluralidad de conceptos de especie (pluralismo de especie). A esta cuestión suele ir asociada la de si las especies son categorías reales en las que se dividen los organismos en razón de sus peculiaridades (realismo de especie) o si son meras estipulaciones arbitrarias (convencionalismo de especie) para imponer un orden en el dominio de los seres vivos. Cuanto se predique de las especies deberá predicarse de los límites de las especies. Acontece, además, que se han propuesto múltiples definiciones de biodiversidad: diversidad genética, funcional y diversidad beta, entre otras. La postrera concierne a la diversidad entre áreas y ecosistemas; cuanto mayor es la diversidad beta entre dos o más sistemas, más especies se encuentran en un sistema.

Se le da categoría de axioma al enunciado de que las especies presentan un valor, que merece ser protegido. Pero se discrepa en torno al tipo de valor que presentan y los criterios que los regulan. Hay valores instrumentales y valores finales. De un valor se dice que es instrumental si constituye un medio para alcanzar un fin. El valor instrumental deriva siempre del fin al que sirve; no es absoluto, sino condicional. De un valor se dice que es final cuando se posee por sí mismo, por su propia naturaleza; es independiente de cualquier preferencia, actitud, juicio, emoción o estado. El valor objetivo se descubre, no se crea. En cambio, el valor subjetivo es creado por los evaluadores a través de sus juicios o preferencias; ni existe antes, ni es independiente de ellos. De acuerdo con el tipo de valor de las especies, así debería ser su gestión en el ecosistema. Algunos defienden la gestión de la biodiversidad y de especies particulares que satisfacen máximamente las actuales exigencias económicas, médicas, materiales y recreativas. Otros defienden la conservación de la biodiversidad con la esperanza de que determinadas especies

podieran resultar útiles en el futuro en una aplicación que no podemos todavía columbrar, es decir, sobre la base de su valor opcional. Los hay que sostienen que las especies y la biodiversidad poseen un valor final subjetivo en razón de las preferencias o apreciaciones, que deben guiar las prácticas ambientalistas. Y están por fin los que defienden que las especies presentan un valor final objetivo en sí mismas, haya o no quien las valore. Presentan un valor intrínseco. Sin olvidar, dentro de estos, quienes le reconocen a algunas especies un valor histórico por su función única en la evolución de la vida.

Pertenece a la ética no solo evitar la destrucción, sino impulsar de forma activa la conservación. Se llama in situ a la conservación de una especie o población en su hábitat. Difiere de la conservación ex situ, que se refiere a la conservación fuera de su hábitat, como los zoológicos o bancos de semillas. Puesto que la conservación in situ se guía por el contexto histórico y evolutivo, no resulta sorprendente que busque la promoción de especies endémicas y la remoción de especies foráneas, pues las primeras mantienen mejor la integridad ecológica y biodiversidad. Mas, aunque la mayoría de las especies invasoras suelen ser problemáticas, no todas producen pérdidas económicas, ni arruinan los servicios del ecosistema, ni ponen en peligro las comunidades preexistentes. Antes bien, aumentan la riqueza de especies, así como la diversidad filogenética y genética de la zona. Se ha puesto particular énfasis en la denominada colonización asistida (también, migración asistida o reubicación gestionada), es decir, al traslado intencionado de individuos de una especie de un lugar a otro más allá de su hábitat.

No solo existen variaciones dentro de la especie. Los organismos transgénicos comprenden híbridos interespecíficos y quimeras interespecíficas. Los híbridos interespecíficos son organismos cuyas células contienen material genético procedente de más de una especie. En un híbrido, el material genético de varias especies se combina a nivel celular. Ese material genético recombinado se presenta a través de las células del organismo. Por su parte, las quimeras interespecíficas son organismos que presentan células derivadas de individuos de más de una especie. Más que poseer células que contienen material genético de varias especies donantes, las quimeras interes-

pecíficas constan de células procedentes de especies diversas.

Ambas prácticas (hibridación interespecífica, a través del ADN recombinante y genómica sintética, y quimerización interespecífica, a través de inyección de células madre, injerto de tejidos, enucleación de oocitos e inserción de ADN) encierran potencial para producir individuos que dilatan el horizonte de las fronteras de especie. Por lo demás, los individuos interespecíficos no constituyen ninguna novedad en biología evolutiva. Pero muchos se cuestionan si la creación intencionada de tales individuos es legítima desde el punto de vista ético. Por razones intrínsecas y no extrínsecas o consecuenciales. Sostienen que la creación intencionada de organismos transgénicos o interespecíficos es cuestionable o inmoral, con independencia de las consecuencias que ello comporte.

La réplica a esa objeción muy extendida se basa en el argumento de que los individuos interespecíficos son habitua-

les en la naturaleza. En contrarréplica se aduce que asuntos y acontecimientos que se reputan abominables cuando los realiza el hombre no son infrecuentes en la naturaleza: copulación forzada, reducción selectiva de recién nacidos, etcétera. Que se den en la naturaleza no nos justifica que lo haga el hombre. Vinculado con este planteamiento es el argumento de lo antinatural: si algún tipo de acontecimiento no ocurre ni puede ocurrir en la naturaleza, con independencia de la facultad del hombre, entonces no cabe (es éticamente reprochable) que el hombre produzca intencionadamente ese acontecimiento o proceso. Podemos ejemplificarlo en quienes se oponen a los cultivos genéticamente modificados. Los consideran antinaturales. Sin embargo, es palmario que hay posibilidades que solo son alcanzables gracias al hombre (desde la tostadora hasta el ordenador). El hecho de que algo no lo produzca la naturaleza a través de la evolución no quiere decir que sea cuestionable.

Contra la creación intencionada de individuos interespecíficos se oponen también los que abogan por una debida integridad del genoma del organismo sometido a ingeniería genética. Por integridad se entiende el interés del organismo, su bienestar, que no sufra daño. Así, el Comité Holandés de Biotecnología Animal declara: «Las intervenciones de la biotecnología no son solo un problema en razón de los efectos negativos potenciales sobre la salud y bienestar de los animales, sino también en razón del cambio de su material genético, que interfiere en su identidad. Mediante la modificación genética de los animales, sus propiedades son deliberada y específicamente cambiadas en beneficio del hombre. Esas modificaciones constituyen una violación de la integridad genotípica del animal». Esa violación de la identidad la llevan al extremo los reduccionistas que dicen que el organismo deja de ser tratado como un ser vivo para manejarse como una máquina química.

—Luis Alonso

LOS EJEMPLARES DE

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA

FORMAN VOLÚMENES
DE INTERÉS PERMANENTE



Para que pueda conservar y consultar mejor la revista, ponemos a su disposición tapas para encuadernar sus ejemplares.



Disponibles
las tapas del año 2012

Para efectuar su pedido:

☎ 934 143 344

✉ administracion@investigacionyciencia.es

🌐 www.investigacionyciencia.es