

TÚ ESTÁS AQUÍ

GRANO DE SAL

# Travesía por los mares del cosmos

Nuestro hogar  
en el universo:  
Laniakea

Hélène Courtois

*Travesía por los mares del cosmos*

BIBLIOTECA CIENTÍFICA DEL CIUDADANO

Una serie de Grano de Sal dirigida por Omar López Cruz (Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica) y Lamán Carranza Ramírez (Unidad de Planeación y Prospectiva, Gobierno del Estado de Hidalgo)

- ▶ *Energía para futuros presidentes.*  
*La ciencia detrás de lo que dicen las noticias*  
Richard A. Muller
- ▶ *Conciencia del tiempo. Por qué pensar como geólogos puede ayudarnos a salvar el planeta*  
Marcia Bjornerud
- ▶ *Predecir lo impredecible.*  
*¿Puede la ciencia pronosticar los sismos?*  
Susan E. Hough
- ▶ *En pie. Las claves ocultas de la ingeniería*  
Roma Agrawal
- ▶ *Vaquita marina. Ciencia, política y crimen organizado en el golfo de California*  
Brooke Bessesen
- ▶ *El arte de la lógica (en un mundo ilógico)*  
Eugenia Cheng
- ▶ *La máquina genética. La carrera por descifrar los secretos del ribosoma*  
Venki Ramakrishnan
- ▶ *Travesía por los mares del cosmos. Nuestro hogar en el universo: Laniakea*  
Hélène Courtois

# Travesía por los mares del cosmos

*Nuestro hogar en el universo: Laniakea*

HÉLÈNE COURTOIS

Traducción de Alejandra Ortiz Hernández



Los códigos QR en algunas figuras remiten a videos en el canal de YouTube de la autora

Primera edición, 2021

Originally published in France as:

*Voyage sur les flots de galaxies.*

*Laniakea, et au-delà* by H el ene Courtois

  Dunod, 2020 for this third edition, Malakoff

Traducción: Alejandra Ortiz Hern andez

Revisión técnica: Omar López Cruz

Ilustraciones: Rachid Mara 

Gráficas, videos y animaciones: Daniel Pamar de

Diseño de portada: León Muñoz Santini y Andrea García Flores

Fotografía de portada: H el ene Courtois y Benjamin Le Talour

Fotografía de solapa: E. Leroux

Este libro fue publicado en el marco del Programa de Apoyo a la Publicación de la Embajada de Francia en México/IFAL

D. R.   2021, Libros Grano de Sal, SA de CV

Av. Río San Joaquín, edif. 12-B, int. 104, Lomas de Sotelo, 11200, Miguel Hidalgo, Ciudad de México, México

[contacto@granodesal.com](mailto:contacto@granodesal.com)

[www.granodesal.com](http://www.granodesal.com)  GranodeSal

 LibrosGranodeSal  grano.de.sal

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio, sin la autorización por escrito del titular de los derechos.

ISBN 978-607-99099-0-1

# Índice

Presentación, por OMAR FAYAD MENESES

Prefacio, por FRANÇOISE COMBES

Prólogo a la edición en español

Prólogo

## 1. Nuestra nueva dirección cósmica

Tú estás aquí

¿Qué es un cosmógrafo?

La cotidianidad de la investigación fundamental

Ver el cielo en relieve: la tercera dimensión

Primeras mediciones de distancias

El gran debate

La luminosidad absoluta, piedra angular para medir una distancia

Mis primeros pasos hacia lo desconocido

Tejo mi capullo

## 2. En busca del Gran Atractor

El universo en movimiento

Detectar todo lo que se mueve

La expansión del espacio

Cómo encontrar la velocidad “peculiar” de una galaxia

El descubrimiento del movimiento de nuestra galaxia en el universo

Los Siete Samuráis

La gravedad entra en escena  
Un clavado en el universo austral  
De vuelta en la Tierra  
En un callejón sin salida

3. Una mirada fresca  
¡Todo se está acelerando!  
La conquista del oeste  
Las galaxias espirales en movimiento  
Concurso de belleza: Miss Espiral  
Las ventajas de esta profesión  
Novedades también en el este  
Tener conciencia de los errores  
Nuestros primeros mapas “modernos”  
Flujos cósmicos

4. Juegos de reconstrucción  
¡Todo se hace más grande!  
Bajo el encanto del filtro de Wiener  
Hablemos un poco de la técnica  
Los mundos según Daniel  
Inicia la cuenta regresiva  
Las cuencas hidrográficas  
Movimientos muy peculiares  
Nace un supercúmulo

5. Más allá de Laniakea  
Universos virtuales  
Paseo berlinés  
¡Siempre quiero más!  
¿Hacia un universo homogéneo?  
Una historia sin fin

Epílogo

Agradecimientos

Bibliografía

Créditos

## Presentación

Las grandes ideas pueden alcanzarnos mientras atravesamos la profunda oscuridad de la noche de los tiempos. La idea de una sociedad democrática es ya antigua, pero su valor y efectividad no han cambiado, si bien hoy los retos son mayores: ahora los desafíos trascienden fronteras y nos llevan a considerar que nuestro entorno es el planeta entero, ya no aquel pequeño ámbito de la *polis*.

Por otra parte, el libro sigue siendo el mejor vehículo para continuar el diálogo con los principales pensadores y líderes de la humanidad. Como dijo Sergio Pitol al referirse a su Biblioteca del Universitario, “El libro afirma la libertad, muestra opciones y caminos distintos, establece la individualidad, al mismo tiempo fortalece a la sociedad, y exalta la imaginación”; por todo ello, nuestra fe en el libro se renueva cada vez que rompemos la venda de la ignorancia.

En Hidalgo hemos abanderado el combate a la pobreza mediante el impulso a la ciencia y la tecnología, bajo un esfuerzo integral y decidido por procurar la seguridad de los ciudadanos, la generación de empleos y una mayor atracción de inversiones. Tenemos un compromiso con el combate a la desigualdad atacando sus fuentes desde la raíz. Como reconocemos que una de sus principales causas es la ignorancia, hemos procurado el acceso a una educación moderna y de máxima cobertura geográfica, en todos los niveles, que abarque a todas las niñas y todos los

niños del Estado. Creemos firmemente que las personas educadas pueden acceder a mejores oportunidades de movilidad social. En consecuencia, nos hemos hecho el firme propósito de ser la cuna de los científicos y los tecnólogos que abrirán nuevas formas de producción, siempre con un fuerte compromiso con el cuidado del medio ambiente. Queremos formar ciudadanos libres, que hagan suyos los valores de la democracia.

Dentro de la planeación para el desarrollo, Hidalgo está comprometido con la generación de proyectos que serán hitos transformadores de la economía y las capacidades de nuestro estado. Ejemplos de la visión que estamos impulsando son el Sincrotrón Mexicano, el Laboratorio de Gobierno Digital y Políticas Públicas, el Laboratorio Nacional de Acceso Estratégico, el Puerto de Lanzamiento de Nanosatélites, el Laboratorio Nacional LAB Chico, la Litoteca Nacional de la Industria de Hidrocarburos, el Consorcio de Innovación Textil y Manufactura, y el Radio Observatorio Nacional.

Para sostener un ambiente democrático, los ciudadanos deben estar bien informados. Por ello hemos prestado particular atención a brindar a la ciudadanía elementos que ayuden a formar opiniones basadas en el conocimiento. Las decisiones que tomemos en los próximos años serán nuestra respuesta como sociedad local a los grandes problemas que aquejan a la humanidad. El camino no es simple: corremos el peligro de perder el rumbo hacia el futuro de bienestar y equidad que buscamos en Hidalgo. Debemos estar preparados. Por ello, me enorgullece presentar la Biblioteca Científica del Ciudadano (BCC) como un esfuerzo para cubrir diversos temas de actualidad que son de importancia para los ciudadanos en un mundo globalizado. La BCC presenta el pensamiento y la opinión de grandes científicos y divulgadores sobre temas que van desde la generación de energía hasta el uso cotidiano de la lógica matemática, y en 2020 desde la estructura del

ribosoma hasta la forma en que las galaxias se desplazan en el espacio. Con esta serie, ya en su segundo año, ofrecemos el acceso a ideas poderosas y a modos rigurosos de pensar. Además hemos buscado a las mejores autoras para que su ejemplo sirva también de invitación para acabar con la desigualdad de género que aflige al quehacer científico y tecnológico.

Como asesor científico de la BCC está el doctor Omar López Cruz, astrónomo que a su destacada trayectoria en la investigación de agujeros negros suma una decidida vocación por divulgar el conocimiento. Le he solicitado a Lamán Carranza Ramírez, titular de la Unidad de Planeación y Prospectiva, que codirija la BCC. Es poco común en nuestro país encontrar la colaboración entre políticos y científicos; por ello, celebro con gran beneplácito que la dirección de la BCC esté en sus manos.

No es frecuente encontrar juntos, en una sola frase, vocablos como *libros, ciencia y ciudadanía*. La BCC expresa la convicción de que estos tres campos de acción pueden potenciarse unos a otros. Quien se asome a los títulos de esta serie hará suyo lo mejor de la palabra escrita, del pensamiento crítico y de la vida responsable en comunidad. Si queremos alcanzar grandes resultados, debemos pensar en grande. Estoy seguro de que las siguientes páginas nos ayudarán a hacerlo y, por qué no, también a soñar en grande.

LIC. OMAR FAYAD MENESES  
Gobernador Constitucional  
del Estado de Hidalgo

## Prefacio

¿Qué es un cosmógrafo? Un geógrafo del cosmos. Así se define Hélène Courtois y además agrega una dimensión temporal: en astronomía, viajar lejos es remontarse en el tiempo. ¡Abróchense los cinturones, porque en esta obra exploraremos nuestro entorno inmediato hasta 500 millones de años luz!

Los cientos de miles de galaxias que nos rodean no están distribuidos de manera homogénea. Al contrario, se aglomeran en cúmulos densos, separados por grandes vacíos y unidos por filamentos cósmicos que forman una suerte de telaraña. Las imágenes nos muestran, en dos dimensiones, esa red de galaxias proyectadas en el cielo. Y luego, ¿cómo se obtiene la distancia, la tercera dimensión, la profundidad?

La narración que sigue no se detiene ni un instante y en ella acompañamos a la autora en sus peregrinaciones a lo largo del mundo para trabajar con diferentes telescopios. Primero son telescopios ópticos y luego radiotelescopios. Las numerosas campañas de observación requieren un trabajo de equipo en colaboración con astrónomos de todo el mundo. El equipo de Hélène Courtois surfea sobre las olas cósmicas y observa día y noche, aprovechando todos los husos horarios posibles. Fue así como en 2009, durmiendo muy poco, ¡logró llevar a cabo 480 noches de observación!

Una etapa clave del proceso fue la posterior reconstrucción de la geografía en tres dimensiones de

nuestro universo local. El *software* debe ser inteligente para tomar en cuenta los diversos errores involucrados en las observaciones, al igual que la falta de observaciones en ciertas regiones. Si faltan algunas velocidades, se pueden reconstruir, como si se tratara de un fresco de Pompeya al que le faltaran fragmentos. Hay que adivinar la información faltante, con algoritmos basados en modelos y simulaciones de materia oscura, con ayuda de las probabilidades óptimas y los filtros de Wiener diseñados para atenuar los efectos del ruido.

La culminación de todo este trabajo es el descubrimiento de la geografía/cosmografía de nuestro universo local con sus cuencas hidrográficas y la existencia de nuestro supercúmulo: Laniakea. Es curioso que estemos en el borde de la gran estructura, muy cerca del Gran Vacío local. Al final, ¿se descubrió el Gran Atractor? ¡Dejémoslo en suspenso para permitir que el lector lo descubra!

Muchas anécdotas esmaltan esta búsqueda de 20 años. Las digresiones sobre la vida cotidiana de los astrónomos y los investigadores la vuelven mucho más viva y humana. ¡La investigación no es un río tranquilo! Hay fracasos de los cuales uno aprende mucho si persevera. Cada vez más a menudo, las observaciones cosmológicas requieren la intervención de vastos grupos de investigadores y la carrera de Hélène Courtois es una demostración perfecta de esta transición. Tras haber comenzado en grupos de menos de diez personas, hoy forma parte de grandes equipos de colaboradores que llegan hasta el consorcio que prepara la misión Euclid, el cual ¡reúne a 1200 personas! El libro hace un elogio del trabajo en equipo y de las colaboraciones internacionales, en las que todas las habilidades se comparten para complementarse.

Por último, hay recuadros didácticos que recapitulan una noción o un concepto. Éstos permiten aclarar un punto oscuro sin cortar el hilo de la narración. Además, pueden leerse de manera independiente. Hélène Courtois hace gala

de sus talentos pedagógicos para describir en detalle los diversos indicadores de distancia usados, la expansión del universo, los conceptos de materia oscura y energía oscura, el fondo de radiación cósmica y sus anisotropías o una breve historia del mundo...

FRANÇOISE COMBES  
Astrofísica, miembro de la  
Academia de Ciencias de Francia,  
Medalla de Oro del CNRS 2020

## Prólogo a la edición en español

Hacer mapas del cielo es una práctica arraigada en la historia de México desde hace mucho tiempo. Según algunos descubrimientos arqueológicos, en el sitio de Xochicalco, unos pocos kilómetros al sur de Cuernavaca, se celebró hace unos 1200 años una gran reunión de astrónomos. En esa época, mirar al cielo estaba muy probablemente relacionado con la pregunta “¿en qué momento estamos?”, y esa reunión se organizó para ajustar en seis días el calendario.

En todo el planeta, los científicos siempre han necesitado cooperar para hacer grandes avances y tomar decisiones importantes. Todavía hoy eso es lo que hacemos: compartir ideas, datos y herramientas, discutir, trabajar como un equipo global en todo el planeta, hacer preguntas impulsadas por la curiosidad natural para comprender las maravillas de nuestro universo, nuestro mundo, nuestro ecosistema, la vida.

Algunos tratamos de responder a la pregunta “¿dónde estamos?”. Este libro te dará una visión de cómo podemos construir mapas del universo, midiendo dónde y a qué distancia están las otras galaxias que rodean a la Vía Láctea. Y también te mostrará que todas estas galaxias viajan en el espacio, como grandes naves que llevan pequeños trozos de vida como nosotros. Nuestra Vía Láctea, y nosotros con ella, recorreremos dos millones de kilómetros cada hora, hacia una dirección muy precisa. Casi en esa dirección está el Gran Atractor, una enorme

concentración de masa muy difícil de observar directamente con los telescopios. Este libro te explicará cómo es ese viaje de nuestra Tierra. Si estamos viajando, significa que venimos de algún lugar, así que la siguiente pregunta que el cielo puede responder después de cuándo y dónde es cómo.

Desde el Observatorio de Tacubaya, en la Ciudad de México, a principios del siglo xx y durante la Revolución mexicana, el cielo fue mapeado sin parar. Luego se realizaron estudios de objetos azules con una cámara Schmidt en el Observatorio de Tonantzintla. En los tiempos modernos, los mexicanos han realizado investigaciones sobre galaxias, grupos y cúmulos de galaxias. Recientemente, en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) y en el Instituto de Astronomía, de la UNAM, los astrónomos mexicanos descubrieron una de las galaxias más antiguas detectadas hasta ahora. Este descubrimiento nos ayuda a saber qué edad tenemos y cómo las galaxias —y por lo tanto nuestros átomos— evolucionaron en el tiempo: si alguien te pregunta tu edad, contesta que tienes unos 13 mil millones de años, ¡porque estás hecho de polvo de estrellas!

Así que embarquémonos en una travesía en el tiempo y en el espacio, para encontrar nuestro lugar en el universo.

# Prólogo

Nuestra galaxia y sus vecinas se desplazan por el universo con una velocidad descomunal de ¡varios cientos de kilómetros por segundo! Esta observación se conocía desde inicios de la década de 1960, sin que los astrofísicos lograran explicar por completo la razón. En la década de 1990, un equipo estadounidense sugirió que estos movimientos se deben a una masa enorme, el Gran Atractor, por desgracia situado en una región difícil de observar.

Pues bien, ¡resulta que una de nuestras grandes especialidades en Lyon es justamente la (g)astronomía! Nuestra búsqueda del Gran Atractor terminaría por conducir a mi equipo y a mí a descubrir el supercúmulo de galaxias en el que vivimos y al cual nombramos Laniakea.

El objetivo de esta obra es compartirte la historia de este descubrimiento de gran alcance. Deseo proponer una visión simplificada del universo y las leyes físicas que lo rigen. Por eso, evito a propósito utilizar formalismos matemáticos (excepto las potencias de diez), con el riesgo de perder un poco de rigor en las explicaciones. Ante todo, lo que más me importa es restituir el conjunto de la labor científica que los investigadores llevan a cabo de manera coti-diana.

A lo largo de la narración, describiré los métodos de análisis y visualización que nos permiten construir mapas en los que las grandes estructuras del universo (filamentos, supercúmulos, vacíos) se develan poco a poco. Conforme avances en la lectura, te familiarizarás con tu nuevo

entorno extragaláctico (adjetivo que califica todo lo que se encuentra fuera de nuestra galaxia), aquel que nosotros los cosmólogos calificamos de “local”, pero que no obstante abarca un radio de más de mil millones de años luz a nuestro alrededor.

En este libro, actualizado con motivo de la nueva edición en francés, también incluí nuestros descubrimientos más recientes después del de Laniakea: la red de las velocidades cósmicas, el repulsor de dipolo y el Punto Frío.

Terminaré echando un vistazo al impacto de ese descubrimiento en nuestros conocimientos actuales. De hecho, esta investigación permite comprender mejor diferentes procesos de la formación de las galaxias y sienta las bases para prospecciones futuras, las cuales se llevarán a cabo con los siguientes telescopios multiantenas terrestres y espaciales.

La narración rendirá homenaje a diferentes investigadores, hombres y mujeres de todas las nacionalidades que han participado de una manera u otra en este descubrimiento. Elegí incluir algunas semblanzas de astrofísicas excepcionales —Henrietta Leavitt, Sandra Faber, Wendy Freedman, Vera Rubin, Renée Kraan-Korteweg— con el fin de presentar una imagen distinta del astrónomo. Habría podido citar a muchas otras. De este modo, veremos que los descubrimientos no están ligados al origen ni al género, sino a la determinación individual y al trabajo en equipo.

Pero, basta de preámbulos: instálate cómodamente en tu asiento y acompáñame en este viaje en el tiempo y el espacio, que sigue mis campañas de observación desde mis inicios como joven estudiante en el *bush* australiano hasta tiempos más recientes, bajo las palmeras hawaianas o en las bellas inmediaciones de una inmensa zona radio silente anidada en el corazón del condado de Pocahontas en Virginia Occidental.

# 1. Nuestra nueva dirección cósmica

*En el que recorro la cronología de los progresos científicos que permitieron a los cosmólogos localizar las galaxias en el espacio y construir los primeros mapas del universo local en tres dimensiones*

TÚ ESTÁS AQUÍ

Desde el 4 de septiembre de 2014, es oficial: ¡tenemos una nueva dirección cósmica! En efecto, ese día se publicó en la prestigiosa revista científica inglesa *Nature* el artículo en el que anunciamos el descubrimiento de Laniakea. El supercúmulo extragaláctico con ese nombre es la estructura de galaxias más grande que se conoce hasta hoy y a la cual pertenecemos. Su nombre, de origen hawaiano, significa “horizonte celeste inmenso”. De hecho, su tamaño es gigantesco, muy difícil de concebir: mide alrededor de 500 millones de años luz de diámetro, es decir que la luz tarda 500 millones de años en atravesarlo de un extremo a otro. Contiene alrededor de 100 mil galaxias grandes como la nuestra y un millón de galaxias más pequeñas, ¡lo cual representa alrededor de 100 mil billones de soles!

La historia del descubrimiento de Laniakea, en el cual contribuí activamente, es lo que voy a contarte en este libro.