

¿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.   Abr  chense 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 est  n 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,   c  mo 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,   logr   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 1 200 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 investi-

gaciones 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.

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 cotidiana.

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 impulsor 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.