

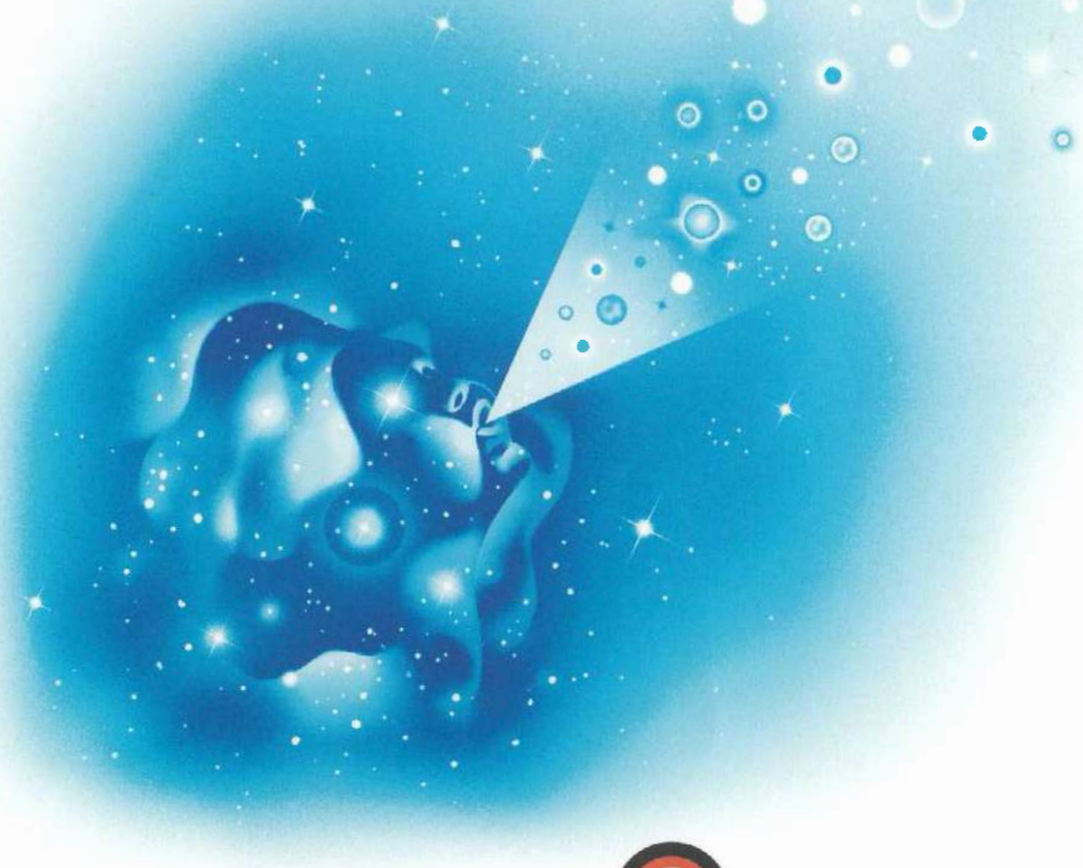
EDITORIAL
CONTRAPUNTO

EL UNIVERSO

Galaxias, estrellas, planetas, luz y energía

Texto **Marie Caroline Gravereaux**

Ilustraciones **Harol Bustos**



EDITORIAL
CONTRAPUNTO

El UNIVERSO

© Editorial Contrapunto Ltda. 2025
Av. Andrés Bello 1587, Providencia, Santiago, Chile.

DIRECCIÓN GENERAL
Ramón Álvarez Minder

EDICIÓN Y COORDINACIÓN EDITORIAL
Marie Caroline Gravereaux

PRÓLOGO
Mario Hamuy W.

TEXTO Y BOCETOS
Marie Caroline Gravereaux

ILUSTRACIONES Y PORTADA
Harol Bustos P.

DIRECCIÓN DE ARTE Y DISEÑO
Salvador Verdejo V.

EDICIÓN Y CORRECCIÓN DE TEXTOS
María José Álvarez L.
Pilar Peña B.

ASESORÍA ASTRONÓMICA
Maritza Soto V.
Mario Hamuy W.

Agradecemos la colaboración especial de ESO European Southern Observatory
por la revisión de las páginas 49-51 y 58-59

Registro de Propiedad intelectual N° 2023-A-9470
Texto: Marie Caroline Gravereaux
Ilustraciones: Harol Bustos

ISBN 978-956-257-467-9

www.contrapunto.cl

MIXTO
Papel | Apoyando la silvicultura responsable
FSC® C012521

CONTENIDO

04 **PRÓLOGO** de Mario Hamuy Wackenhut

EL SISTEMA SOLAR

06 **La Tierra en el Universo**, ¿dónde nos encontramos?

08 **El Sistema Solar** y sus cuerpos celestes

11 **La inmensidad del Sistema Solar**, un espacio casi vacío

14 **El Sol**, ¡luz y calor!

16 **Mercurio**, el más próximo al Sol

17 **Venus**, brillante y abrasador

18 **La Tierra**, nuestro hogar

20 **La Luna**, el influyente satélite natural de la Tierra

22 **Eclipses solares y lunares**, ¿cuál es la diferencia?

24 **Marte**, el rojo de grandes contrastes

26 **Cinturón de asteroides**, rocas en el espacio

27 **Meteoros**, caídos del cielo

28 **Júpiter**, el rey de los planetas

29 **Saturno**, el señor de los anillos

30 **Urano**, un gigante helado atípico

31 **Neptuno**, el último de los planetas

32 **El cinturón de Kuiper** más allá de Neptuno

33 **La nube de Oort** en los confines del Sistema Solar

EL UNIVERSO

34 **Origen y evolución del Universo**, ¡una creación colosal!

36 **Las estrellas**, en permanente evolución

38 **Los exoplanetas**, ¡hacia nuevos mundos!

40 **Las galaxias**, una demostración de la fuerza de la gravedad

41 **La Vía Láctea**, un camino lechoso que cruza el cielo nocturno

42 **Los agujeros negros**, una hipergravedad que lo absorbe todo

ASTRONOMÍA

44 **Los grandes exploradores del cielo**, sus hitos y descubrimientos

48 **Los telescopios y el espectro electromagnético**, distintas miradas para ver lo invisible

49 **Los radiotelescopios**, antenas que escuchan el espacio

50 **Los telescopios ópticos**, los ojos del mundo

52 **Los telescopios de neutrinos**, cazadores de partículas fantasmas

53 **Los telescopios de ondas gravitacionales**, olas que llegan desde el infinito

54 **Los observatorios más importantes** desde la antigüedad hasta hoy

56 **Los telescopios y las sondas espaciales**, desafiando lo desconocido

58 **De la Tierra al cielo y del cielo a la Tierra**, comunicación espacial

60 **La Estación Espacial Internacional**, el hombre en el espacio

62 **Ciencia en el espacio**, un estado de ingravidez

63 **Basura espacial**, ¿riesgo de colisión?

64 **Curiosidades del espacio**, hechos insólitos y sorprendentes

68 **¿Qué veo en el cielo del hemisferio sur?** Planetas, estrellas, constelaciones y galaxias que puedes ver

70 **¿Qué veo en el cielo del hemisferio norte?** ¿Será distinto al hemisferio sur?

72 **Conceptos básicos del Universo**

76 **Desarrolla tu imaginación**

78 **Astronomía en línea**: páginas web y aplicaciones

79 **Aprender a mirar el cielo**: observatorios abiertos al público, observatorios docentes y planetarios

80 **E-ELT o European Extremely Large Telescope**, una nueva generación de telescopios



La Tierra

El planeta Tierra es el único lugar conocido donde hay vida. Nos proporciona agua, oxígeno y atmósfera.

El Sistema Solar

Es un sistema compuesto por ocho planetas que giran alrededor del Sol, junto con satélites naturales, asteroides, cometas, gas y polvo. Se estima que los límites del Sistema Solar se encuentran a unos dos años luz de distancia del Sol.

La Vía Láctea

Las galaxias son un conjunto de gases, polvo y estrellas que se mantienen unidos por la fuerza de la gravedad. Tal como el Sol, unas 200 mil millones de estrellas giran alrededor de su centro galáctico donde se encuentra un colosal agujero negro. El Sistema Solar tarda alrededor de 240 millones de años en dar una vuelta completa alrededor del centro de la galaxia Vía Láctea.

El nombre Vía Láctea significa "camino de leche" en latín, por la apariencia que tiene: una franja luminosa de estrellas y gas que atraviesa el firmamento.

¡Universo sin fin!

Se calcula que existen alrededor de cien mil millones de galaxias en el Universo y en cada galaxia un promedio de mil millones de estrellas, todas en permanente movimiento en un espacio casi vacío. ¡Esto no impide que las galaxias puedan colisionar!



¡VIAJAR EN EL TIEMPO!

La luz emitida por una estrella puede demorar mucho tiempo en llegar a la Tierra. Por eso cuando miramos una estrella, en realidad la vemos como era en el pasado.

LA TIERRA EN EL UNIVERSO

La Tierra parece una gota de agua perdida en medio del espacio, pero pertenece a un sistema bien estructurado de galaxias que forman el Universo.

¿CUÁL SERÍA LA DIRECCIÓN DE LA TIERRA EN EL UNIVERSO?
Calle: Planeta N° 3
Comuna: Sistema Solar
Ciudad: Galaxia Vía Láctea
País: Grupo Local
Continente: Supercúmulo de Virgo

El Grupo Local

La Vía Láctea es una de las galaxias que pertenece a un grupo de este tipo de objetos llamado Grupo Local y, junto con las galaxias del Triángulo y de Andrómeda, es una de las tres más grandes de este conjunto.
El Grupo Local tiene unos 10 millones de años luz de diámetro y agrupa a más de 80 galaxias.

El cúmulo de Virgo

Los cúmulos de galaxias son grandes estructuras que reúnen a cientos o miles de este tipo de objetos. El cúmulo de Virgo tiene unos 200 millones de años luz de diámetro y contiene unas 2.000 galaxias. Este cúmulo está al centro de una estructura aún mayor de galaxias llamada "supercúmulo de Virgo", al cual pertenece el Grupo Local de la Vía Láctea. El Universo está formado por millones de otros supercúmulos.

El Universo

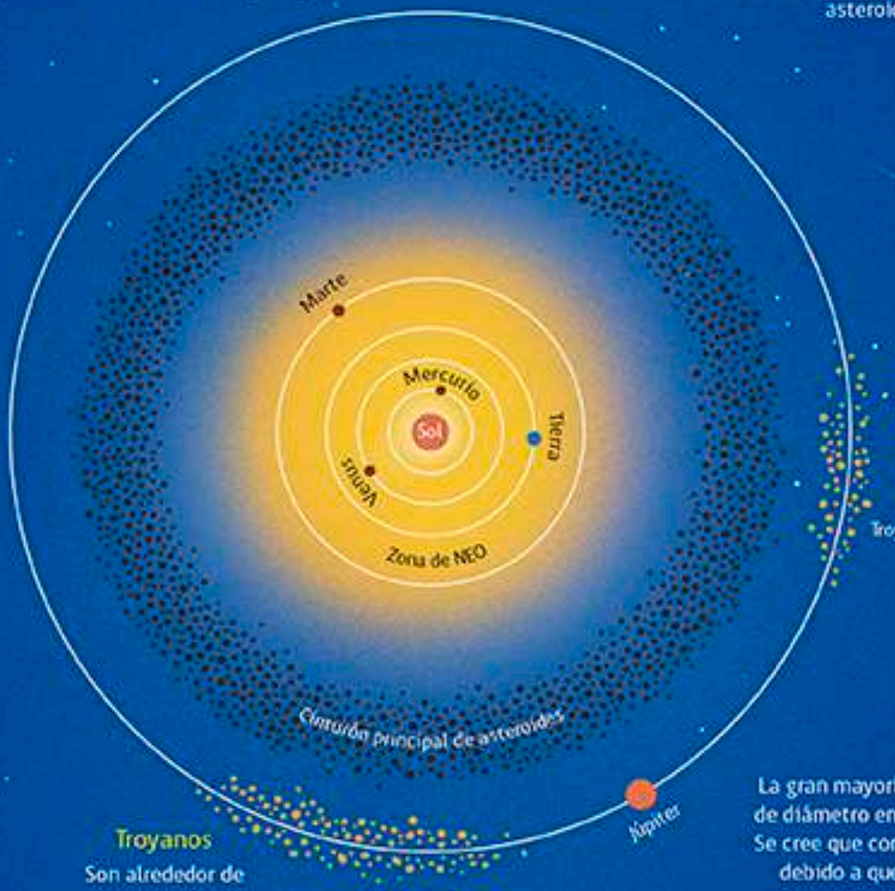
Todo lo que existe forma parte del Universo: el espacio, el tiempo, la luz, la energía y la materia, tal como las estrellas, los planetas, las galaxias, las nebulosas de gas y polvo. El Universo es inmenso, ¿pero es infinito? No lo sabemos. En lo que sí hay consenso es en la edad del Universo; los científicos calculan que tiene ¡unos 13.800 millones de años!

ASTEROIDES

Junto a los planetas, millones de asteroides giran alrededor del Sol, desde pequeñas piedras compuestas de roca, metal y minerales hasta planetas enanos.

Se cree que durante la formación del Sistema Solar, muchos cuerpos celestes chocaron entre sí hasta formar los planetas. Algunos de los fragmentos que no fueron parte de este proceso se transformaron en asteroides.

De los miles y miles de asteroides, solo 110 sobrepasan los 100 km de diámetro. Ceres, el primer asteroide descubierto en 1801 por el astrónomo italiano Giuseppe Piazzi, es el más grande con 940 km de diámetro. Compuesto de roca y hielo, es lo suficientemente grande como para ser un planeta enano. Por tamaño, le sigue el asteroide Vesta, con 525 km de diámetro.



Asteroides bajo la lupa

Los asteroides que circulan cerca de la Tierra son llamados *Near Earth Objects* (NEO, por sus siglas en inglés). Los científicos estudian sus órbitas para prevenir impactos con la Tierra. Como experimento, en septiembre 2022, la NASA lanzó la sonda DART al espacio con el objetivo de estrellarla contra el asteroide Dimorphos. Los resultados demostraron que la tecnología permite desviar de su trayectoria asteroides potencialmente peligrosos.



Un enjambre de piedras

La gran mayoría de los asteroides forman un anillo de millones de kilómetros de diámetro entre Marte y Júpiter, llamado el cinturón principal de asteroides. Se cree que corresponde a un planeta que no llegó a formarse completamente debido a que la gravedad de Júpiter impidió que sus partes se agruparan.

Troyanos

Son alrededor de 4.000 asteroides reunidos en dos grupos que comparten la misma órbita que Júpiter.

Los Centauros se comportan a veces como asteroides y otras como cometas. De allí el origen de su nombre, que evoca a las criaturas mitológicas mitad hombre mitad caballo. Orbitan entre Júpiter y Neptuno.



Los asteroides están compuestos de minerales valiosos y escasos en la Tierra, como el titanio, el magnesio, el oro, e incluso tendrían agua. ¿Serán los asteroides futuras estaciones de abastecimiento o explotación minera?



El asteroide Chicxulub impactó la Tierra hace 65 millones de años, dejando un cráter de 150 km de diámetro en la península de Yucatán, México. Generó cambios climáticos de tal magnitud que podría haber sido la causa de la extinción de los dinosaurios.

METEOROS

Millones de diminutas partículas de roca flotan a la deriva en medio del espacio. Son los meteoroides, pequeños fragmentos provenientes en su gran mayoría del cinturón de asteroides, de cometas o ínfimos restos de la formación del Sistema Solar. Se les llama meteoros cuando su trayectoria los lleva a entrar en la atmósfera terrestre y meteoritos cuando alcanzan la superficie de la Tierra.

¿Meteoros o estrellas fugaces?

Cada día, millones de meteoros cruzan la atmósfera a una velocidad de unos 70.000 km/h. La fricción del meteoro con el aire frena su descenso hacia la Tierra y lo vuelve incandescente al incrementar su temperatura entre 2.000 y 3.000 °C, creando una estela luminosa en el cielo. Por sus rastros de luz, los meteoros son también conocidos como estrellas fugaces.

Algunos meteoros de mayor tamaño brillan con mayor intensidad y por más tiempo, y reciben el nombre de bólidos. Alrededor de 15.000 toneladas de meteoros entran en la atmósfera cada año.

Polvo del cometa Swift-Tuttle

Estrellas fugaces

Asteroide

Espacio

Lluvia de "estrellas"

En su órbita alrededor del Sol, la Tierra se cruza con estelas de cometas llenas de polvo y diminutos granos que ingresan a la atmósfera terrestre, provocando lluvias de estrellas fugaces o enjambre de meteoros. Cada año, en agosto, puedes ver en el cielo la lluvia de meteoros Perseidas, que se produce cuando la órbita de la Tierra cruza los restos de polvo dejados por el cometa Swift-Tuttle.

Meteoroides

Meteoro

Meteorito de 2 toneladas

Meteorito de 50 toneladas

Meteorito de 100 toneladas

Meteor Crater 1.200 m de diámetro, Arizona, Estados Unidos

Tierra

Atmósfera

Meteorito

Agujero de impacto 1 m de diámetro

Cráter de impacto 10 m de diámetro

Agujero de explosión 100 m de diámetro

Cráter de Montusaqui de 370 m de diámetro, Salar de Atacama, Chile

Caídos del cielo

En general, los meteoros se desintegran al atravesar la atmósfera, pero algunos, los de mayor tamaño, tocan tierra y pasan a llamarse meteoritos. Se han encontrado en la superficie terrestre más de 50.000 meteoritos del tamaño de una pelota de tenis. Cuando son más grandes, la fuerza del impacto en la Tierra deja cráteres. Los meteoritos traen consigo minerales poco frecuentes en la corteza de nuestro planeta, como iridio o níquel, aunque su estructura y composición cambian al cruzar la atmósfera debido a las temperaturas extremas que alcanzan.

¿CUÁL ES LA DIFERENCIA ENTRE UN ASTEROIDE Y UN METEOROIDE?

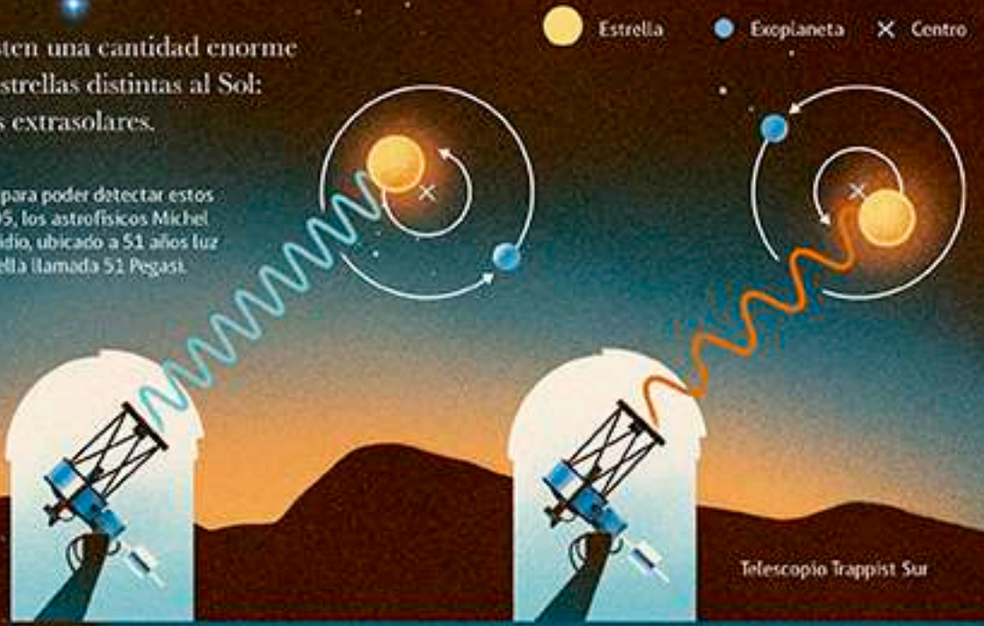
¡Su tamaño! Cualquier objeto espacial entre 100 micrómetros y 50 metros de diámetro se llama meteoroide. Más grande que esto, es un asteroide.

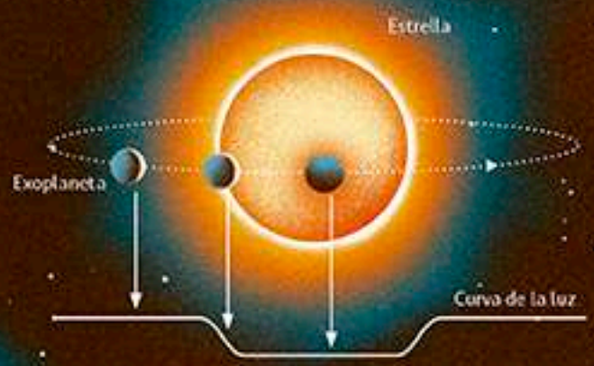
EXOPLANETAS

Fuera de los límites del Sistema Solar existen una cantidad enorme de planetas que orbitan alrededor de estrellas distintas al Sol: son los exoplanetas o planetas extrasolares.

Se necesitan instrumentos de observación de alta tecnología para poder detectar estos planetas extrasolares ubicados a años luz de la Tierra. En 1995, los astrofísicos Michel Mayor y Didier Queloz descubrieron el primer exoplaneta, Dimidio, ubicado a 51 años luz de nuestro Sistema Solar y que orbita alrededor de su estrella llamada 51 Pegasi.

En el Universo, las estrellas están acompañadas, por lo general, de uno o más planetas, así que los astrónomos buscan en nuevas estrellas, exoplanetas cercanos a ellas.





Técnica del tránsito

Este método es el más empleado actualmente en la búsqueda de planetas extrasolares. Un planeta bloquea parte de la luz de una estrella cuando pasa por delante de ella, provocando una disminución de la luz que recibimos de forma periódica. Mientras más grande es el planeta, mayor es la cantidad de luz que bloquea de la estrella, lo que facilita su detección utilizando la técnica del tránsito. Esto permite averiguar el tamaño del planeta y saber cuán cerca o lejos está orbitando a su estrella.

Técnica de velocidad radial

Los planetas inducen a las estrellas a que se muevan en torno al centro de gravedad de su sistema planetario. El método de la velocidad radial mide los movimientos oscilatorios de las estrellas observadas; mientras más masivo es el planeta y más cerca se encuentra de su estrella, mayor será la velocidad radial de la estrella, facilitando la detección de un nuevo planeta extrasolar. Por esta razón, los primeros exoplanetas descubiertos con esta técnica fueron los júpiter calientes, planetas de gran tamaño, como Júpiter, que orbitan muy cerca de sus estrellas, con períodos orbitales de solo días ¡o incluso horas!

Una exhaustiva y exigente investigación

Los astrónomos buscan exoplanetas donde la vida sea posible. Hasta ahora, 63 exoplanetas reúnen las condiciones para ser calificados como habitables:



Deben tener un tamaño similar a la Tierra.

Tamaño

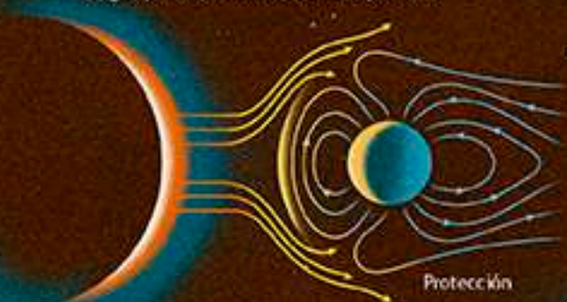
Encontrarse en una zona habitable, o sea, a una distancia de su estrella que permita una temperatura adecuada como para que tenga agua en estado líquido en su superficie.



Agua

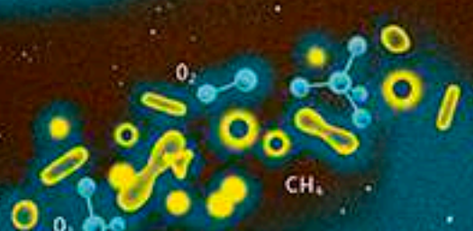
Tener una atmósfera densa para protegerse de las radiaciones y que el agua pueda permanecer en la superficie.





Señales de vida

Al calificar un exoplaneta como habitable, los científicos estudian la luz que cruza la atmósfera de estos exoplanetas para averiguar su composición, temperatura y encontrar bioformas, sustancias producidas por los seres vivos como el oxígeno o el gas metano.




Kepler
Con el telescopio Trappist del observatorio La Silla, Chile, los astrónomos encontraron, a 40 años luz de distancia de la Tierra, un sistema múltiple de siete planetas, de tamaño similar al de la Tierra, que giran alrededor de una estrella llamada Trappist 1. Tres de estos planetas se ubican en lo que se llama una "zona habitable", es decir, donde podría existir agua líquida.
De los 5.500 exoplanetas descubiertos hasta ahora, 2.800 fueron encontrados por el telescopio espacial Kepler entre 2014 y 2018 con solo observar el 2 % del espacio existente en la Vía Láctea. ¡Un verdadero caza planetas extrasolares!
¡Dobles amaneceres y atardeceres!
Con el telescopio espacial TESS se descubrió en 2020 el exoplaneta TOI 1338b del tipo circumbinario, o sea, que orbita alrededor de 2 estrellas.
¿Las lunas de los exoplanetas se llamarían exolunas?
¡Sí! Estudios recientes han detectado dos posibles exolunas: la Kepler-1625 b-1 y la Kepler-1708 b-i. Serían los primeros satélites naturales que orbitan planetas fuera de nuestro Sistema Solar.
Una gran variedad de exoplanetas
Existen exoplanetas solitarios que flotan en el espacio sin orbitar ninguna estrella.
¿Encontraremos algún día vida en otro planeta, aunque sea distinta a la que conocemos y capaz de sobrevivir en un medioambiente diferente al nuestro?
El exoplaneta más cercano a la Tierra es el Próxima b. Tiene un tamaño parecido al de nuestro planeta y orbita dentro de la zona habitable de la estrella Próxima Centauri, ubicada a cuatro años luz de la Tierra.

El observatorio Paranal

Este observatorio astronómico óptico se encuentra en una de las áreas más secas del mundo, el desierto de Atacama (cerro Paranal), Chile, a 2.635 m de altitud. Pertenece al Observatorio Europeo Austral, ESO por su sigla en inglés, organización intergubernamental que reúne a 16 países europeos, más Australia como socio estratégico y Chile como Estado anfitrión de todos sus telescopios.

El Very Large Telescope (VLT, por su sigla en inglés) es el telescopio óptico e infrarrojo cercano más avanzado del mundo. Cuenta con cuatro telescopios gigantes, cada uno con un espejo primario de 8,2 m de diámetro, que pueden observar tanto de forma individual como conjunta, utilizando la técnica de la interferometría. El interferómetro del VLT (VLTI) cuenta también con cuatro telescopios auxiliares móviles de 1.8 m de diámetro cada uno, que permiten crear un telescopio virtual de hasta 130 m de diámetro, para captar detalles hasta 17 veces más finos que un telescopio individual de 8,2 m.

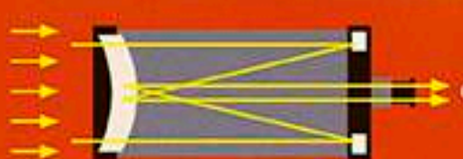
Cuatro láseres LGSF o Laser Guide Star Facility permiten crear estrellas artificiales, utilizadas como referencia para corregir las distorsiones de la luz producidas por la atmósfera terrestre.

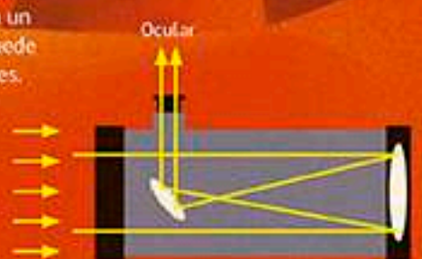
El VST o VLT Survey Telescope es un telescopio de rastreo equipado con una cámara muy poderosa para la observación principalmente en luz visible, llamada OmegaCAM. Con un campo de visión de medio grado, que es equivalente al tamaño aparente de la luna llena, el VST rastrea el cielo, detectando rápidamente objetos que después pueden ser estudiados en mayor detalle con el VLT.



Los telescopios ópticos profesionales cuentan con un espejo primario de gran tamaño que recolecta la luz proveniente de los objetos celestes y, a través de un sistema de espejos más pequeños, la dirigen hacia un detector o instrumento. Cuanto más grande es el espejo, más luz puede recolectar, lo que facilita la observación de objetos lejanos y tenues.







Hasta el siglo XVII no existían los telescopios. El fabricante de lentes holandés Hans Lippershey construyó en 1608 los primeros telescopios refractores, colocando dos lentes de vidrio en un tubo. Galileo Galilei, en 1610, mejoró este sistema desarrollando un telescopio de 30 aumentos que le permitió mirar de muy cerca la superficie de la Luna, descubrir los satélites de Júpiter y observar manchas en el Sol. Al final de su vida quedó ciego, probablemente debido a la observación directa y prolongada del Sol.

Refractor



El telescopio reflector, inventado en el siglo XVII por Isaac Newton, utiliza dos espejos curvos. El espejo primario es el encargado de recolectar la luz, la cual es dirigida al segundo espejo, de menor tamaño, que refleja la luz recibida hacia el observador. Existen distintos tipos de telescopios reflectores, como los Gregorianos o los Cassegrain, cuya diferencia radica en la posición del espejo secundario.

Reflector

Schmidt-Cassegrain



TELESCOPIOS ÓPTICOS



El cielo austral visto desde el observatorio Paranal, ubicado en el desierto de Atacama, Chile.

Lejos de las luces y de la contaminación lumínica de las ciudades, ubicados a gran altura donde la atmósfera es más quieta y transparente, se encuentra el reino de los telescopios ópticos. Son los ojos del mundo que nos permiten descubrir y observar con una capacidad cada vez más asombrosa los objetos del Universo situados a millones de años luz de distancia, para entender cada vez mejor su estructura y evolución.

VISTA

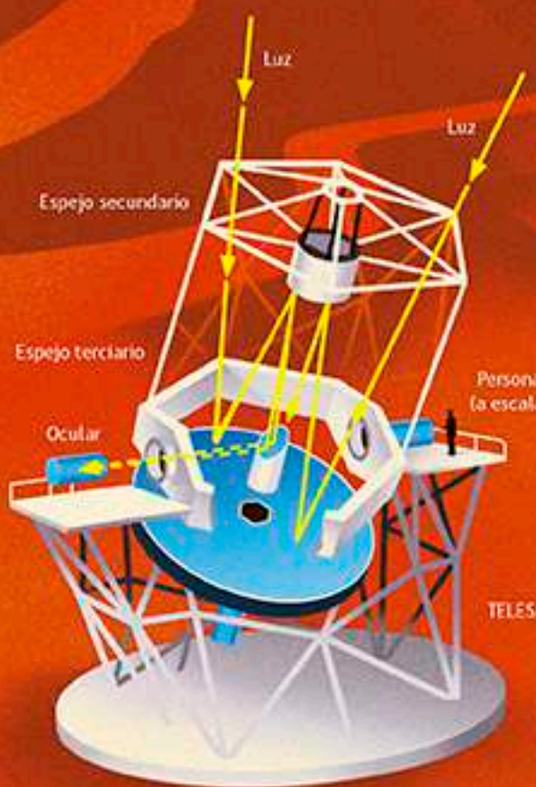
VISTA, o Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy, cuenta con una cámara infrarroja de gran campo que permite rastrear grandes secciones del cielo, de tamaño equivalente a unas ocho veces el área de la luna llena. La gran superficie colectora de su espejo, de 4 m de diámetro, permite el rastreo de pequeños objetos en el Sistema Solar, el descubrimiento de estrellas débiles y lejanas en nuestra galaxia, y el estudio de la naturaleza de la materia oscura. Pronto con este telescopio se podrá recrear en 3D un 5 % del Universo observable.

NGTS, o Next Generation Transit Survey, es un conjunto de 12 telescopios de 20 cm de diámetro dedicados a buscar exoplanetas utilizando la técnica del tránsito, que mide con precisión la atenuación del brillo de una estrella cuando un planeta se cruza frente a ella. Es un proyecto liderado por un consorcio de universidades del Reino Unido, Suiza y Alemania.

SPECULOOS, o Search for habitable Planets EClipsing Ultra-cOOl Stars, es un conjunto de 4 telescopios de 1 m de diámetro. Buscan planetas alrededor de las estrellas más frías de nuestra vecindad solar, utilizando el mismo método de tránsitos. Es un proyecto liderado por la Universidad de Lieja, Bélgica.



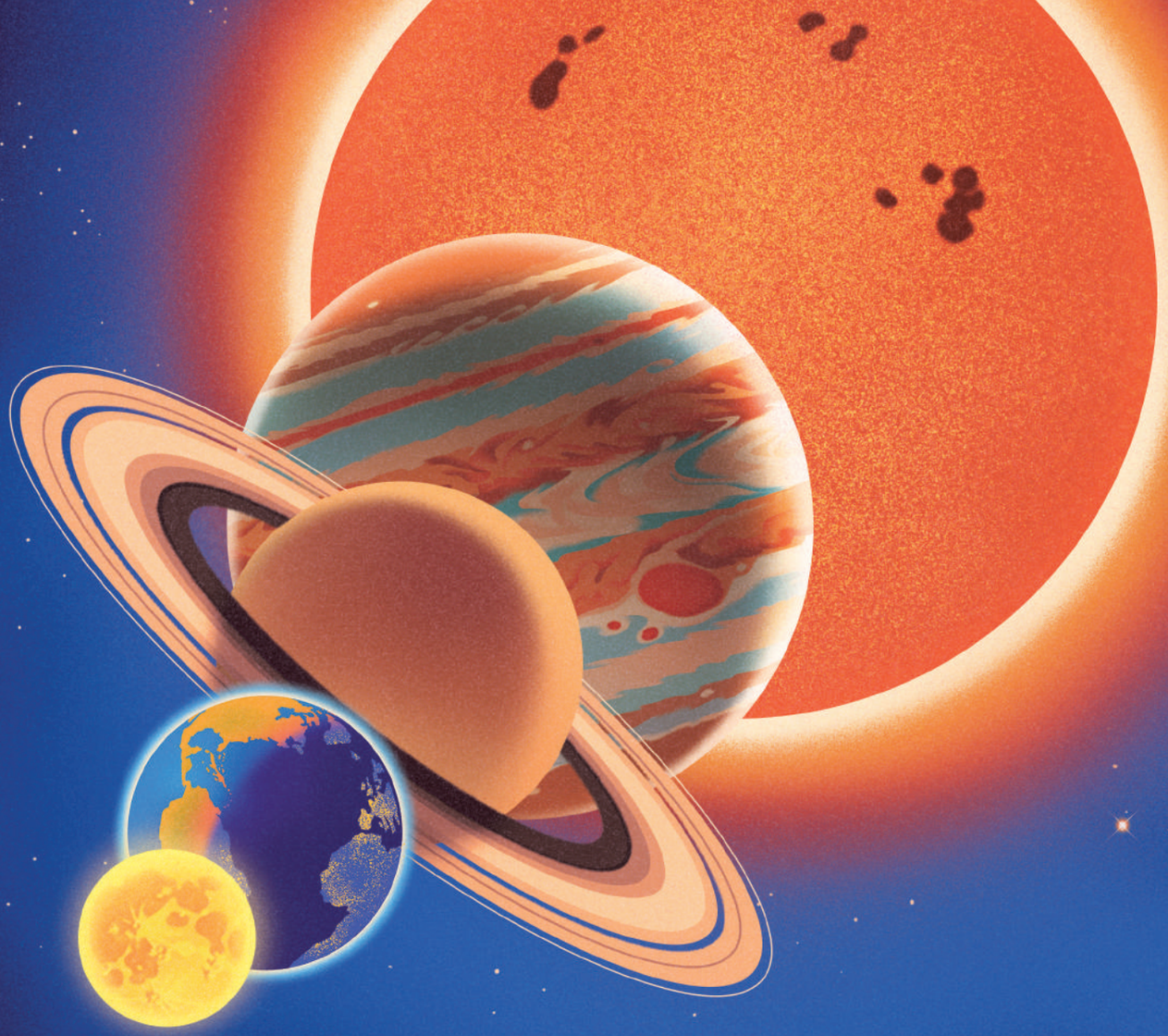
El conjunto sur del Cherenkov Telescope Array, CTA, por su sigla en inglés, es una cooperación internacional que involucra a más de 200 institutos de 31 países. Estará ubicado a unos 11 km del cerro Paranal y será el conjunto de telescopios para la detección indirecta de rayos gamma de altas energías más grande del mundo. Permitirá estudiar con detalle sin precedentes los fenómenos más energéticos del Universo, entre ellos, supernovas, estallidos de rayos gamma y agujeros negros supermasivos.



TELESCOPIO ÓPTICO

La Residencia

En medio de un paisaje similar al de Marte, a unos 100 km de la ciudad más próxima y a 2.400 m de altitud en el cerro Paranal, se encuentra la Residencia, un oasis de vegetación y descanso para el personal que ahí trabaja. Cuenta con 108 habitaciones, 18 oficinas, restaurante, sala de música, biblioteca y 1.000 m^2 de jardines con piscina y sauna dando espacio al personal durante los turnos de trabajo y horas libres. En las afueras de la Residencia se filmó en 2008 parte de la película *James Bond Quantum of Solace*.



EL UNIVERSO

Galaxias, estrellas, planetas, luz y energía

¿Qué es el Universo? ¿Existen planetas parecidos a la Tierra? ¿Vemos el mismo cielo nocturno desde los hemisferios sur y norte? ¿Cómo nacen las estrellas? ¿El Universo sigue creciendo? ¿Qué es la basura espacial?

Disfruta este libro y descubre la respuesta a estas y otras preguntas. Aprenderás sobre la formación del Universo, las galaxias, sus estrellas, los planetas, los agujeros negros y los astros del Cosmos. Recorre la línea del tiempo con los descubrimientos de grandes científicos que han marcado el desarrollo de la astronomía y sorpréndete con las nuevas tecnologías y los observatorios de última generación que han permitido explorar el espacio cada vez con mayor profundidad.

A través de impresionantes y didácticas ilustraciones, te invitamos a conocer el Universo del cual somos apenas una pequeña parte.

Textos y bocetos de Marie Caroline Gravereaux
Ilustraciones de Harol Bustos

Recomendado para +8

EDITORIAL CONTRAPUNTO

ISBN 978-956-257-467-9
9 789562 574679