

PIONEROS DEL CONOCIMIENTO

Edición infantil

Juan Seguro

El universo y sus observadores

Contenido

PIO-000	Pioneros del conocimiento.....	5
PIO-001	Aprender juntos.....	6
PIO-002	Herramientas de piedra: ideas que puedes sostener.....	7
PIO-003	El fuego se convierte en herramienta.....	8
PIO-004	Lenguaje y símbolos.....	9
PIO-006	Encontrar un camino por el agua.....	10
PIO-008	Cerámica: cambiar la arcilla con calor.....	11
PIO-009	La agricultura comienza en distintos lugares.....	12
PIO-011	Fermentación: un cambio útil que no se ve.....	13
PIO-012	La rueda trabaja en equipo.....	14
PIO-014	La escritura da un nuevo hogar a la memoria.....	15
PIO-015	Pesos y medidas.....	16
PIO-019	Calendarios y estaciones arriesgadas.....	17
PIO-020	Trabajar el hierro en África.....	18
PIO-026	Eratóstenes mide la Tierra.....	19
PIO-029	El papel hace más ligera la memoria.....	20
PIO-030	Un cero que guarda una posición.....	21
PIO-031	El cero entra en la caja de herramientas.....	22
PIO-032	Traducir puede crear preguntas nuevas.....	23
PIO-033	Al-Juarismi convierte problemas en procedimientos.....	24
PIO-034	Comprobar cómo llega la luz al ojo.....	25
PIO-037	Imprimir convierte una página en muchas.....	26

PIO-038	Una brújula cuando desaparece el cielo.....	27
PIO-039	Encontrar islas más allá del horizonte.....	28
PIO-040	Los números viajan con las personas.....	29
PIO-042	Poner la Tierra sobre una cuadrícula.....	30
PIO-043	Una lente cambia lo que puede hacer un ojo.....	31
PIO-045	Vesalio compara la anatomía con cuerpos reales.....	32
PIO-046	Copérnico pone la Tierra en movimiento.....	33
PIO-047	Tycho mide el cielo con más precisión.....	34
PIO-049	Galileo ralentiza el movimiento para medirlo.....	35
PIO-052	El microscopio revela un mundo vivo oculto.....	36
PIO-053	Newton conecta una manzana que cae con la Luna.....	37
PIO-055	Un reloj puede ayudar a encontrar la longitud.....	38
PIO-057	Las máquinas de vapor enseñan antes de que la teoría esté lista.....	39
PIO-058	De la inoculación contra la viruela a la vacunación.....	40
PIO-060	Las rocas cuentan una historia anterior a las personas.....	41
PIO-061	Volta hace reproducible la electricidad.....	42
PIO-065	Semmelweis y Snow aprenden de los patrones.....	43
PIO-066	Darwin y Wallace dibujan un árbol ramificado de la vida.....	44
PIO-068	Mendel cuenta la herencia.....	45
PIO-069	Pasteur, Lister y Koch relacionan microbios y enfermedad....	46
PIO-071	Mendeleev deja huecos en la tabla periódica.....	47
PIO-075	Rayos invisibles dejan pistas visibles.....	48

PIO-077	Wegener pregunta si los continentes pueden moverse.....	49
PIO-078	Leavitt ayuda a medir un universo mucho mayor.....	50
PIO-081	Los antibióticos permiten tratar infecciones bacterianas.....	51
PIO-082	Turing separa las instrucciones de la máquina.....	52
PIO-087	ADN: una molécula que transporta información hereditaria...	53
PIO-088	Los satélites dan a la Tierra un punto de vista exterior.....	54
PIO-089	La tectónica de placas reúne muchas pistas en una Tierra móvil.....	55
PIO-091	La ciencia del clima une muchas clases de evidencia.....	56
PIO-092	Los detectores abren ventanas ocultas al universo.....	57

Pioneros del conocimiento

Pregunta

¿Cómo puede un descubrimiento ayudar a alguien que vive mucho después?

La historia

Las personas pueden enviar ideas hacia el futuro. Una herramienta, un dibujo, un libro, una medida o un archivo digital pueden conservar información cuando quien los creó ya no está. Este libro sigue algunos momentos en que los seres humanos aprendieron mejores formas de recordar, comprobar y compartir lo aprendido.

La gran idea

Nadie descubrió todo por sí solo. Las ideas nuevas suelen depender de habilidades anteriores, de otras personas y de métodos para comprobar si una explicación funciona.

Pruébalo

Elige algo que sepas hacer. ¿Cómo llegó ese conocimiento hasta ti?

Con cuidado

La historia no es una escalera que siempre sube. El conocimiento útil puede olvidarse, ocultarse, utilizarse mal o corregirse.

Aprender juntos

Pregunta

¿Cómo puede un grupo recordar habilidades útiles durante más de una vida?

La historia

El aprendizaje social no empezó con los seres humanos. Los chimpancés pueden aprender una habilidad difícil de miembros expertos del grupo aunque no consigan inventarla por sí solos. Las comunidades humanas llevaron el aprendizaje social mucho más lejos al transmitir muchos tipos de conocimiento mediante redes amplias y superpuestas.

La gran idea

Los estudios de redes de cazadores-recolectores muestran que el conocimiento puede circular entre campamentos y entre grupos de parentesco. Así, una persona tiene más posibles maestros y la información útil corre menos riesgo de desaparecer cuando alguien se marcha o muere.

Pruébalo

Piensa en una habilidad que hayas aprendido de otra persona. ¿Qué haría más fácil que esa habilidad llegara a personas fuera de tu familia o de tu clase?

Con cuidado

Las sociedades actuales de cazadores-recolectores no son fósiles del pasado remoto y los chimpancés no son humanos pequeños. Estos ejemplos ayudan a comprobar partes de la historia, no a copiar directamente una sociedad antigua.

Herramientas de piedra: ideas que puedes sostener

Pregunta

¿Puede una piedra recordar una buena idea?

La historia

Imagina que intentas cortar un alimento duro solo con las manos. Hace muchísimo tiempo, algunos homínidos descubrieron que al golpear una piedra contra otra podían obtener un borde afilado. Los ejemplos más antiguos conocidos de Lomekwi, en Kenia, tienen unos 3,3 millones de años.

La gran idea

Una herramienta es más que un objeto útil. Su forma guarda decisiones: dónde se golpeó la piedra, qué fragmento se conservó y qué borde se buscaba. Otra persona podía observar el resultado e intentar un método parecido. Así, una parte del conocimiento podía pasar de una persona a otra sin estar escrita.

Pruébalo

Observa dos herramientas cotidianas que hagan el mismo trabajo, por ejemplo dos cucharas o dos lápices. ¿Qué detalles de diseño comparten? ¿Qué cambia? ¿Para qué podría servir cada diferencia?

Con cuidado

La piedra puede conservarse millones de años, pero la madera y las fibras suelen desaparecer. Por eso los arqueólogos solo ven una parte de las herramientas del pasado.

PIO-003

El fuego se convierte en herramienta

Pregunta

¿Qué cambia cuando las personas pueden mantener un fuego?

La historia

En la cueva de Wonderwerk, Sudáfrica, los científicos encontraron señales de combustión de hace aproximadamente un millón de años. En Gesher Benot Ya'aqov, Israel, materiales quemados de hace unos 780.000 años aparecen distribuidos de forma compatible con un control humano repetido del fuego.

La gran idea

El gran cambio fue hacer que el calor fuera fiable. Un fuego controlado podía dar calor y luz, transformar alimentos y materiales y convertirse en una tarea que varias personas debían mantener. Aprender qué combustible usar y cómo mantenerlo seguro convirtió un fenómeno natural en una tecnología compartida.

Pruébalo

Imagina que enseñas a alguien a mantener una pequeña hoguera útil y segura. ¿Qué tres pasos explicarías primero?

Con cuidado

Un suelo o un hueso quemado no demuestra que los humanos controlaran un fuego. Los incendios naturales pueden dejar huellas parecidas, por lo que hacen falta contexto y varios tipos de evidencia.

Lenguaje y símbolos

Pregunta

¿Cómo puede una marca representar una idea que no está presente?

La historia

En la cueva de Blombos, Sudáfrica, personas grabaron piezas de ocre hace unos 77.000 años. Una concha mucho más antigua de Trinil, Java, relacionada con Homo erectus, también lleva un grabado geométrico. Estos objetos no nos dicen palabras antiguas, pero muestran que algunas marcas podían tener significados más allá de su uso inmediato.

La gran idea

Un símbolo compartido funciona solo si las personas aprenden qué significa. Eso permite planificar, recordar reglas y hablar de cosas ausentes. Los símbolos hicieron que algunas ideas pudieran pasar con mayor facilidad de una mente a otra.

Pruébalo

Inventa un símbolo para peligro, comida o un lugar de reunión. ¿Qué tendría que aprender otra persona antes de que la marca fuera útil?

Con cuidado

Las marcas antiguas no vienen con traducción. Debemos ser prudentes y no fingir que sabemos exactamente qué significaba cada símbolo.

Encontrar un camino por el agua

Pregunta

¿Cómo llegaron personas a una tierra cuando parte del viaje cruzaba mar abierto?

La historia

Para llegar a Sahul, la antigua masa terrestre que unía Australia y Nueva Guinea, hubo que cruzar agua a través de las islas de Wallacea. La fecha del primer poblamiento de Australia sigue debatida: se discuten evidencias de hace unos 65.000 años y modelos posteriores alrededor o después de hace 50.000 años. Con cualquiera de las dos fechas, hubo travesías marítimas.

La gran idea

Esto fue algo más que seguir una costa conocida. Algunas etapas exigieron avanzar hacia aguas abiertas, mantener una dirección y llevar a un grupo a través de la incertidumbre. Corrientes, vientos, estrellas, aves u otras señales repetidas podían ayudar, pero el gran cambio fue planificar más allá de una ruta terrestre continua.

Pruébalo

Si una isla no puede verse desde la costa, ¿qué querías saber antes de decidir que una travesía fue planificada y no accidental?

Con cuidado

Las embarcaciones antiguas de madera o fibra suelen degradarse. A veces podemos demostrar que hubo un viaje sin conocer el barco exacto ni la ruta concreta.

Cerámica: cambiar la arcilla con calor

Pregunta

¿Qué apareció antes en algunos lugares: la cerámica o la agricultura?

La historia

En la cueva de Xianrendong, China, se fabricaba cerámica hace unos 20.000-19.000 años. Quienes la hacían eran cazadores-recolectores móviles, no agricultores. Figurillas de arcilla cocida de lugares como Dolní Věstonice muestran además que ya se sabía transformar arcilla con calor antes de que los recipientes cerámicos fueran comunes.

La gran idea

La gran idea es una corrección importante: la cerámica no tuvo que esperar a la agricultura. Los alfareros aprendieron que la arcilla húmeda podía moldearse, secarse y cambiar mediante calor. Grietas y vasijas rotas se convertían en evidencia sobre qué cambiar la siguiente vez.

Pruébalo

Imagina dos vasos de arcilla con distinto grosor de pared. ¿Qué mantendrías igual para comprobar qué grosor resiste mejor el calentamiento?

Con cuidado

La cerámica se conserva mucho mejor que cestas, pieles o recipientes de madera. Eso puede hacer que parezca más importante que otras tecnologías que han desaparecido casi por completo.

PIO-009

La agricultura comienza en distintos lugares

Pregunta

¿Por qué empezó la agricultura en distintos lugares con plantas diferentes?

La historia

La agricultura no comenzó en un solo centro. La producción temprana de alimentos se desarrolló en el sudoeste de Asia, China, Nueva Guinea, Mesoamérica, los Andes y partes de África y del este de Norteamérica. En Mesoamérica, la domesticación del maíz se sitúa generalmente hace unos 9.000 años; en Kuk Swamp, Nueva Guinea, hay evidencia de cultivo de hace aproximadamente 10.000 años.

La gran idea

Las personas aprendieron durante muchas estaciones. Guardar semillas, plantar, desherbar o mover agua hizo que las cosechas futuras dependieran de decisiones anteriores. Como las plantas y los ambientes eran distintos, no existió una sola receta para convertirse en agricultores.

Pruébalo

Elige dos regiones del capítulo. ¿Qué diferencias de plantas, lluvia o estaciones pudieron hacer que cultivaran de formas distintas?

Con cuidado

El cultivo, la domesticación y la agricultura son procesos graduales. Por eso los arqueólogos suelen dar intervalos aproximados y no una sola fecha de inicio.

PIO-011

Fermentación: un cambio útil que no se ve

Pregunta

¿Cómo puede aprenderse un proceso antes de saber qué lo causa?

La historia

En Jiahu, al norte de China, los arqueólogos han encontrado rastros químicos de una bebida que combinaba arroz, miel y fruta y que fue fermentada durante el séptimo milenio a. C. En el norte de Europa, ya se producían alimentos lácteos como el queso en el sexto milenio a. C. Quienes hacían estas transformaciones no podían ver los microbios implicados.

La gran idea

Aprendían observando pistas repetibles: ingredientes, recipientes, temperatura, tiempo, olor y textura. Mucho más tarde, en el siglo XIX, Pasteur ayudó a relacionar la fermentación conocida desde antiguo con la vida microbiana. La práctica llegó mucho antes que la explicación moderna.

Pruébalo

Si quisieras comparar dos procesos alimentarios seguros, ¿qué condición cambiarías y cuáles mantendrías iguales?

Con cuidado

Los alimentos fermentados rara vez se conservan directamente y no todo cambio biológico invisible es seguro. Los arqueólogos suelen depender de residuos y recipientes especializados.

PIO-012

La rueda trabaja en equipo

Pregunta

¿Por qué una rueda no basta para construir un carro?

La historia

Una de las representaciones de carro más antiguas datadas con seguridad aparece en el vaso de Bronocice, Polonia, de finales del cuarto milenio a. C. Las evidencias de contextos del periodo de Uruk en Oriente Próximo y de otros yacimientos europeos son, en términos generales, de una época parecida.

La gran idea

La idea importante es que el transporte con ruedas es un sistema. Un vehículo útil necesita ruedas, eje, estructura, tracción, superficies adecuadas y mantenimiento. La innovación no fue simplemente un disco redondo: debían funcionar juntas varias clases de conocimiento.

Pruébalo

Dibuja un carro y señala cada pieza o condición que debe funcionar para transportar una carga pesada.

Con cuidado

Los carros de madera suelen degradarse y las imágenes antiguas pueden ser difíciles de interpretar. La evidencia no apoya un único lugar de origen simple para todos los vehículos con ruedas.

PIO-014

La escritura da un nuevo hogar a la memoria

Pregunta

¿Qué cambia cuando un registro puede sobrevivir a quien lo creó?

La historia

Hace más de cinco mil años, en Mesopotamia, las personas marcaban signos en tablillas de arcilla para llevar cuentas de bienes, trabajo y tierras.

La gran idea

Un registro puede revisarse más tarde, compararse con otros y ser utilizado por personas que no estaban presentes cuando se creó. La escritura dio así a los grupos una nueva forma de memoria compartida.

Pruébalo

Imagina organizar una biblioteca de clase sin ninguna lista escrita. ¿Qué problemas aparecerían?

Con cuidado

Los registros escritos ayudan a organizar, pero también pueden usarse para controlar impuestos, trabajo o acceso a recursos.

Pesos y medidas

Pregunta

¿Por qué las unidades compartidas hacen más fácil comparar conocimiento?

La historia

Las sociedades antiguas desarrollaron sistemas de medida diferentes. Las administraciones mesopotámicas usaban pesas estandarizadas, las ciudades de la civilización del Indo empleaban conjuntos muy regulares de pesas de piedra y funcionarios egipcios usaban patrones calibrados de longitud como las varas de codo. Mucho después, el sistema métrico y el SI extendieron la misma idea a escala global.

La gran idea

Un estándar permite que una medida viaje. Si dos personas usan correctamente la misma unidad, pueden comparar cantidades incluso estando lejos. Las medidas compartidas ayudaron al comercio, la construcción y la administración porque los desacuerdos podían comprobarse frente a una referencia.

Pruébalo

Mide la misma mesa con tu palmo y con una regla. ¿Qué resultado sería más fácil de repetir para otra clase y por qué?

Con cuidado

Los estándares antiguos cambiaron con el tiempo y no siempre estuvieron controlados desde un solo centro. Convertirlos a unidades modernas puede hacer que parezcan más exactos de lo que permite la evidencia.

PIO-019

Calendarios y estaciones arriesgadas

Pregunta

¿Cómo puede ayudar un calendario si la naturaleza no sigue un horario perfecto?

La historia

Los agricultores necesitan decidir cuándo sembrar, regar y cosechar, pero las estaciones no se repiten exactamente. Los calendarios mesopotámicos usaban meses lunares y a veces añadían un mes extra; la medición egipcia del tiempo interactuaba con el ciclo del Nilo; y las sociedades mesoamericanas construyeron sus propios calendarios complejos.

La gran idea

Un calendario da a una comunidad una forma compartida de organizar las estaciones esperadas y comparar un año con otro. Ayuda a coordinarse, pero no puede ordenar a la lluvia, a las inundaciones o a la temperatura que se comporten de cierta manera.

Pruébalo

Lleva un calendario sencillo del tiempo durante dos semanas. ¿Qué cosas se repiten y cuáles cambian de forma inesperada?

Con cuidado

Un calendario es una guía, no una garantía. Las observaciones locales del tiempo y del ambiente siguen siendo importantes.

Trabajar el hierro en África

Pregunta

¿Cómo pueden personas de lugares distintos aprender formas diferentes de obtener el mismo metal?

La historia

La metalurgia del hierro apareció en varias regiones africanas y las pruebas no señalan una única ruta sencilla. Los arqueólogos tienen pruebas seguras del primer milenio a. C. en la tradición Nok, en la actual Nigeria, y en la región de los Grandes Lagos. Algunas fechas más antiguas propuestas para Termit, en Níger, y Lejja, en Nigeria, siguen siendo discutidas.

La gran idea

Obtener hierro exigía controlar un horno muy caliente. Distintas comunidades utilizaron formas de horno, combustibles y sistemas de aire diferentes, incluidas toberas que llevaban aire al fuego. El objetivo común era transformar roca rica en hierro en metal que un herrero pudiera trabajar.

Pruébalo

Compara dos maneras de resolver el mismo problema, por ejemplo cocinar con hornos diferentes. ¿Qué partes pueden cambiar aunque el resultado sea parecido?

Con cuidado

Los arqueólogos no están de acuerdo sobre todas las fechas tempranas. Conviene separar las pruebas bien apoyadas de las propuestas más antiguas que siguen siendo inciertas.

Eratóstenes mide la Tierra

Pregunta

¿Cómo puede una sombra ayudar a medir un planeta?

La historia

Hace más de dos mil años, Eratóstenes sabía que el Sol parecía estar a distinta altura en dos lugares de Egipto. También disponía de una estimación de la distancia entre esos lugares. Un palo vertical produce una sombra cuya longitud y dirección permiten estimar la altura aparente del Sol.

La gran idea

Usó geometría para relacionar la diferencia de ángulos con una parte de una circunferencia completa. Si esa fracción correspondía a una distancia conocida sobre el terreno, podía ampliar el cálculo y estimar la circunferencia de toda la Tierra. Una medida local pequeña se convirtió en una pista sobre algo enorme.

Pruébalo

Coloca un lápiz vertical al Sol y mide su sombra. Si un amigo muy lejano hiciera lo mismo a la misma hora, ¿qué información adicional necesitaríais para comparar los resultados?

Con cuidado

No conservamos la explicación escrita por el propio Eratóstenes y las fuentes antiguas discrepan en algunos detalles. El método es más seguro que la exactitud concreta del número final.

El papel hace más ligera la memoria

Pregunta

¿Inventó una sola persona el papel de una vez?

La historia

Antes del papel, las personas escribían sobre muchos materiales. En China, algunas láminas antiguas de fibras halladas en lugares como Fangmatan y Xuanquanzhi son anteriores a la fecha tradicional relacionada con Cai Lun en 105 d. C., aunque todavía se debate para qué se usaron algunas de las más antiguas.

La gran idea

Fabricar papel combina fibras, agua, trituration, formación de una hoja, prensado y secado. Con el tiempo, el papel se convirtió en una superficie ligera y flexible que podía facilitar copiar, transportar y guardar registros. Cai Lun fue importante en la tradición posterior, pero la tecnología tenía una historia más larga.

Pruébalo

Compara transportar diez hojas de papel con transportar diez tablillas de arcilla. ¿Cómo podría cambiar el material quién puede mover o copiar información?

Con cuidado

Un papel más barato no significa automáticamente acceso igualitario al conocimiento. La lectura, las instituciones, la censura y la copia siguen importando.

PIO-030

Un cero que guarda una posición

Pregunta

¿Por qué un calendario necesitaría un signo para «aquí no hay ninguna unidad»?

La historia

Se conservan inscripciones de Cuenta Larga de los últimos siglos antes de nuestra era y de los primeros siglos de nuestra era, anteriores a muchos ejemplos mayas clásicos. Sus registros posicionales podían ordenar intervalos mucho mayores que una vida humana.

La gran idea

El cero también es información. Indica cómo están colocadas las otras cifras y hace posible trabajar con fechas enormes sin confundir posiciones.

Pruébalo

Escribe 205 y después elimina el cero. ¿Qué ocurre con el valor? Imagina ahora un número en base 20.

Con cuidado

No conocemos a un único inventor maya del cero, y las tradiciones mesoamericanas fueron más amplias que una sola ciudad o persona.

El cero entra en la caja de herramientas

Pregunta

¿Cómo pueden diez cifras escribir números pequeños y gigantescos?

La historia

En India el valor posicional decimal se desarrolló durante siglos. Aryabhata utilizó métodos posicionales en 499 d. C. y Brahmagupta trató el cero directamente en la aritmética en 628.

La gran idea

La posición cambia el valor de una cifra. El cero marca una posición vacía, de modo que 507 no se confunde con 57. Eso facilita enseñar y comprobar cálculos.

Pruébalo

Construye tres números con 3, 0 y 7. Explica qué hace el cero en cada uno.

Con cuidado

No todas las operaciones con cero se entendieron de inmediato; dividir por cero siguió siendo un problema difícil.

Traducir puede crear preguntas nuevas

Pregunta

¿Traducir un libro puede ser también una forma de investigar?

La historia

Entre aproximadamente los siglos VIII y X, bajo dominio abasí, traductores trabajaron con textos científicos griegos, siríacos, persas medios y sánscritos. Reunirlos en árabe permitió comparar tradiciones que habían crecido por separado.

La gran idea

Una traducción no es una fotocopia. Cuando ideas de tradiciones distintas entran en una lengua compartida, se pueden comparar, descubrir conflictos y plantear preguntas nuevas.

Pruébalo

Elige una palabra científica e imagina dos traducciones posibles. ¿Cuál aclara mejor la idea y cuál podría confundir?

Con cuidado

La historia no pertenece a una sola biblioteca famosa; participaron muchas personas e instituciones.

Al-Juarismi convierte problemas en procedimientos

Pregunta

¿Cómo pueden dos historias diferentes esconder el mismo problema matemático?

La historia

En el Bagdad del siglo IX, al-Juarismi ordenó problemas algebraicos por clases y explicó procedimientos repetibles. Trabajos anteriores, como las matemáticas de Brahmagupta en la India del siglo VII, muestran que formaba parte de una historia mucho más larga.

La gran idea

Un procedimiento permite reconocer la estructura que hay debajo de una historia. Si dos problemas tienen la misma forma matemática, un método puede servir para ambos.

Pruébalo

Inventa dos historias cortas que signifiquen «un número más 5 es igual a 12».

Con cuidado

Al-Juarismi fue importante, pero matemáticas babilónicas, griegas e indias anteriores también resolvían problemas semejantes.

Comprobar cómo llega la luz al ojo

Pregunta

¿La vista sale del ojo o la luz entra en él?

La historia

En el siglo XI, Ibn al-Haytham combinó geometría con pruebas de aberturas, espejos y refracción en la obra conocida como *Libro de óptica*. Defendió que la luz procedente de los objetos entra en el ojo.

La gran idea

Un buen experimento hace que dos explicaciones predigan cosas distintas. El resultado ayuda entonces a decidir cuál encaja mejor.

Pruébalo

Haz pasar luz por dos agujeros de distinto tamaño hacia una pared. ¿Qué cambia y qué deberías mantener igual para comparar justamente?

Con cuidado

Un experimento depende del aparato y de cómo interpretamos el resultado; una sola observación rara vez responde a todo.

Imprimir convierte una página en muchas

Pregunta

¿Qué ocurre cuando copiar un libro ya no exige volver a escribir cada línea?

La historia

En Asia oriental se imprimía con planchas de madera mucho antes de los tipos móviles europeos. El *Sutra del Diamante* fechado en 868 se conserva desde época Tang; la impresión creció mucho bajo los Song y Bi Sheng experimentó con tipos móviles en el siglo XI.

La gran idea

Tallarla cuesta trabajo, pero una plancha preparada puede producir muchas páginas semejantes. La primera preparación se convierte en una superficie maestra para las siguientes copias.

Pruébalo

Presiona un objeto con relieve sobre arcilla blanda y haz varias impresiones. ¿Qué detalles se repiten y cuáles cambian?

Con cuidado

La impresión también puede multiplicar errores, y el acceso depende de papel, lectores y distribución.

Una brújula cuando desaparece el cielo

Pregunta

¿Cómo puede un marinero conservar la dirección si las nubes ocultan el Sol y las estrellas?

La historia

Las fuentes chinas permiten separar etapas: el *Wujing Zongyao* de 1044 conserva fórmulas tempranas de pólvora, Shen Kuo trató la orientación magnética en 1088 y Zhu Yu describió hacia 1119 a marineros usando una aguja orientada al sur con el cielo cubierto.

La gran idea

Una tecnología es especialmente útil cuando aporta una señal que las demás no pueden dar en ese momento. La brújula no sustituyó de golpe a estrellas y costas: se añadió al conjunto.

Pruébalo

Usa una brújula al aire libre y compara su dirección con el Sol o con una calle conocida. ¿Por qué dos pistas son más seguras que una?

Con cuidado

Brújula, pólvora y relojes no aparecieron juntos como un único invento; cada tecnología tiene su propia historia.

Encontrar islas más allá del horizonte

Pregunta

¿Cómo puedes navegar hacia una tierra que todavía no ves?

La historia

Comunidades asociadas a Lapita habían alcanzado Oceanía Remota hace unos 3.000–2.800 años. Mucho después, el poblamiento de Polinesia oriental se expandió con fuerza hacia 1190–1290 y Aotearoa/Nueva Zelanda se pobló aproximadamente en el siglo XIII.

La gran idea

Una sola pista no necesita ser perfecta si varias pistas independientes pueden corregirse entre sí. La navegación puede vivir en la memoria practicada y en el movimiento, no solo en un mapa de papel.

Pruébalo

Piensa en una ruta que conozcas bien. Enumera todas las pistas que usas además de nombres de calles o un mapa digital.

Con cuidado

Las tradiciones indígenas de navegación son diversas y no deben tratarse como un método idéntico para todos.

Los números viajan con las personas

Pregunta

¿Por qué las cifras de tu teléfono se usan en tantos países?

La historia

Los numerales decimales posicionales nacieron en el sur de Asia y pasaron por culturas matemáticas de lengua árabe antes de llegar a Europa por varias rutas. El *Codex Vigilanus* registró muchas formas en 976, Gerberto de Aurillac empleó prácticas relacionadas hacia finales del siglo X y Fibonacci impulsó el sistema en 1202.

La gran idea

Una idea útil se convierte en estándar cuando las personas la enseñan, la adaptan y la usan en tareas reales. Una notación mejor no sustituye de inmediato a los hábitos antiguos.

Pruébalo

Suma los mismos dos números con cifras modernas y luego con numerales romanos. ¿Qué procedimiento es más fácil de comprobar?

Con cuidado

Llamarlos simplemente «numerales arábigos» oculta su origen surasiático y las muchas etapas de transmisión.

PIO-042

Poner la Tierra sobre una cuadrícula

Pregunta

¿Pueden dos números decir dónde está un lugar?

La historia

Ptolomeo utilizó latitud y longitud en el siglo II d. C. Jacopo Angeli tradujo su *Geografía* al latín hacia 1406–1410 y aparecieron ediciones impresas en 1475 y 1477, incorporando el enfoque de coordenadas a nuevas redes europeas.

La gran idea

Las coordenadas colocan muchos lugares dentro del mismo marco matemático. Eso permite reconstruir mapas a partir de datos y hace más fácil detectar medidas incompatibles.

Pruébalo

Dibuja una cuadrícula y da a otra persona las coordenadas de tres objetos. ¿Puede reconstruir su posición sin ver tu dibujo?

Con cuidado

Las coordenadas pueden ser muy precisas y aun así estar equivocadas si las medidas o la proyección son malas.

PIO-043

Una lente cambia lo que puede hacer un ojo

Pregunta

¿Puede una herramienta convertirse en parte de tu forma de ver?

La historia

A finales del siglo XIII ya se fabricaban en Europa gafas para facilitar la lectura cercana. Ibn al-Haytham había estudiado la luz siglos antes, mientras los artesanos de lentes dependían de vidrio adecuado, pulido y control de la curvatura.

La gran idea

Con una lente, el observador ya no es solo un ojo: es un ojo más una superficie construida que modifica cómo llega la luz.

Pruébalo

Mira texto impreso con una lupa a distintas distancias. ¿Cuándo se ve nítido, borroso o aumentado?

Con cuidado

Las lentes útiles surgieron tanto del oficio artesanal como de la teoría; la historia no es una línea simple desde un científico hasta un invento.

PIO-045

Vesalio compara la anatomía con cuerpos reales

Pregunta

¿Qué pasa si un libro famoso y un cuerpo no coinciden?

La historia

Durante siglos, la enseñanza médica europea dependió mucho de Galeno. En 1543 Andreas Vesalio publicó una anatomía muy ilustrada basada en disecciones humanas repetidas en Padua.

La gran idea

Un libro respetado puede ser cuestionado al observar de nuevo. La imprenta también permitió comparar los mismos dibujos y descripciones en lugares lejanos.

Pruébalo

Compara dos dibujos del mismo órgano. Señala un rasgo que ambos muestren y otro que difiera. ¿Qué necesitarías observar directamente?

Con cuidado

Vesalio también cometió errores. El cambio importante fue hacer la anatomía más responsable ante la observación.

Copérnico pone la Tierra en movimiento

Pregunta

¿Puede parecer que un planeta retrocede porque la Tierra también se mueve?

La historia

Copérnico publicó *De revolutionibus* en 1543. Situó la Tierra entre los planetas, girando cada día y viajando alrededor del Sol cada año.

La gran idea

Cambiar el punto de vista puede simplificar varios enigmas a la vez. Un retroceso aparente puede surgir del movimiento relativo sin que el planeta invierta realmente su dirección.

Pruébalo

Camina junto a una persona más lenta mirando de lado. ¿Por qué puede parecer que retrocede respecto al fondo lejano?

Con cuidado

Copérnico no demostró de inmediato que la Tierra se moviera, y su modelo seguía usando círculos y epiciclos.

Tycho mide el cielo con más precisión

Pregunta

¿Por qué puede importar un error de medida muy pequeño?

La historia

En Uraniborg, en Hven, desde 1576 Tycho Brahe construyó grandes instrumentos y repitió observaciones a simple vista. Sus registros eran lo bastante precisos para mostrar pequeñas diferencias entre modelos.

La gran idea

Las mejores medidas no eligen automáticamente una teoría, pero dificultan que un modelo malo se esconda dentro del error de medida.

Pruébalo

Mide cinco veces la misma longitud. ¿Cuánto varían tus resultados?
¿Podrías distinguir dos objetos que difieren solo 1 mm?

Con cuidado

Tycho no se hizo copernicano. Incluso con buenos datos puede seguir existiendo debate entre explicaciones.

Galileo ralentiza el movimiento para medirlo

Pregunta

¿Por qué hacer que algo ocurra más despacio puede ayudar a descubrir una regla?

La historia

Los objetos en caída se movían demasiado rápido para los métodos de cronometraje del siglo XVII. Galileo utilizó planos inclinados para reducir la aceleración y comparar mejor distancia y tiempo.

La gran idea

Los científicos pueden rediseñar una situación para hacer medible un patrón importante. Experimentar también consiste en crear condiciones adecuadas para una comparación justa.

Pruébalo

Haz rodar una pelota por dos rampas con pendientes diferentes. ¿Qué deberías mantener igual para compararlas bien?

Con cuidado

Galileo no inventó toda la experimentación, y no todas las historias famosas sobre sus experimentos están igualmente documentadas.

El microscopio revela un mundo vivo oculto

Pregunta

¿Qué puede mostrar una lente que el ojo solo no ve?

La historia

Robert Hooke publicó *Micrographia* en 1665 y llamó «células» a pequeñas estructuras en forma de celdillas observadas en corcho. Desde la década de 1670, Antonie van Leeuwenhoek describió microorganismos que veía con potentes microscopios simples.

La gran idea

Un instrumento puede abrir una nueva escala de evidencia. Pero también hay que aprender qué patrones son reales y cuáles proceden de las lentes, la iluminación o la preparación de la muestra.

Pruébalo

Mira papel, tela o una hoja con una lupa. Dibuja lo que ves y después cambia la iluminación. ¿Qué detalles permanecen?

Con cuidado

Ver microbios no demostró por sí solo que causaran enfermedades. Eso exigió pruebas causales posteriores.

Newton conecta una manzana que cae con la Luna

Pregunta

¿Podría la misma regla afectar a una manzana que cae y a la Luna?

La historia

Durante mucho tiempo, las personas estudiaron por separado los objetos que caen y el movimiento de los planetas. Newton se preguntó si ambos problemas podían conectarse.

La gran idea

Desarrolló leyes del movimiento y una regla matemática para la gravedad. Lo más poderoso fue proponer que la misma física básica podía aplicarse en la Tierra y en el cielo. La Luna no cae en línea recta hacia la Tierra porque avanza lateralmente mientras la gravedad curva continuamente su trayectoria y produce una órbita.

Pruébalo

Haz girar una pelota pequeña atada a una cuerda. La cuerda cambia continuamente la dirección de la pelota. ¿En qué se parece esto a la idea de que la gravedad curva la trayectoria de la Luna? ¿Dónde deja de servir la comparación?

Con cuidado

La teoría de Newton tuvo un éxito enorme, pero no respondió a todas las preguntas. Más tarde la ciencia encontró situaciones en las que hicieron falta teorías nuevas.

Un reloj puede ayudar a encontrar la longitud

Pregunta

¿Cómo puede decirte dónde estás saber la hora en otro lugar?

La historia

Encontrar la latitud en el mar era más fácil que encontrar la longitud. La Longitude Act británica de 1714 impulsó mejores métodos. Los cronómetros marinos de John Harrison, incluido H4 hacia 1759, mostraron que un barco podía transportar una hora de referencia fiable a través del océano.

La gran idea

La Tierra gira mientras pasa el tiempo. Si los navegantes conocen la hora local y la hora de un lugar de referencia, la diferencia puede convertirse en una posición este-oeste.

Pruébalo

Divide un círculo en 24 partes iguales. Si el círculo completo tiene 360 grados, ¿cuántos grados corresponden a una hora?

Con cuidado

Los cronómetros no fueron la única solución. También se usaron distancias lunares y la navegación dependía de tablas, instrumentos y entrenamiento.

Las máquinas de vapor enseñan antes de que la teoría esté lista

Pregunta

¿Pueden los ingenieros aprender de una máquina antes de comprender por completo el calor que contiene?

La historia

Las máquinas de Newcomen bombeaban agua de minas hacia 1712. En la década de 1760 James Watt mejoró la eficiencia con un condensador separado y patentó la idea en 1769.

La gran idea

Construir y medir máquinas puede crear preguntas científicas. Consumo de combustible, presión, condensación y trabajo pueden compararse antes de que exista una teoría completa del calor.

Pruébalo

Piensa en una bicicleta. Nombra una medida que ayudaría a mejorarla aunque no conocieras toda la física de la fricción y los materiales.

Con cuidado

Que una máquina funcione demuestra que un diseño funciona, no que la explicación de por qué funciona sea necesariamente correcta.

De la inoculación contra la viruela a la vacunación

Pregunta

¿Cómo combatieron la viruela antes de saber que existían los virus?

La historia

La viruela era una enfermedad mortal. En distintas partes de Asia, África y el mundo otomano se desarrollaron formas de inoculación que a menudo causaban una enfermedad más leve que después protegía, aunque la propia práctica podía ser peligrosa.

La gran idea

En el siglo XVIII, el conocimiento sobre inoculación viajó entre comunidades. Edward Jenner probó después si una infección de viruela vacuna podía proteger contra la viruela humana. Su trabajo contribuyó al desarrollo de la vacunación. El tratamiento llegó antes de que se conocieran los anticuerpos, los virus o la memoria inmunitaria.

Pruébalo

Supón que un tratamiento parece funcionar. ¿Qué te haría confiar más: un solo éxito, muchos éxitos repetidos o una comparación justa entre grupos tratados y no tratados? Explica tu elección.

Con cuidado

Los primeros experimentos no cumplirían las normas actuales de seguridad y consentimiento. La historia también incluye conocimientos importantes de comunidades asiáticas, africanas y otomanas, no solo el trabajo de Jenner.

PIO-060

Las rocas cuentan una historia anterior a las personas

Pregunta

¿Cómo puede un acantilado recordar acontecimientos de hace millones de años?

La historia

Steno mostró que, en capas no alteradas, las inferiores suelen ser más antiguas que las superiores. Hutton utilizó después lugares como Siccar Point para explicar que la deposición, la inclinación y la erosión exigían tiempos enormes. William Smith comparó fósiles para relacionar estratos a distancia.

La gran idea

La Tierra tiene una historia escrita en capas y fósiles. La geología puede reconstruir el orden de los acontecimientos incluso antes de conocer sus edades numéricas exactas.

Pruébalo

Apila papeles de colores como si fueran estratos, inclina el conjunto, córtalo y añade nuevas capas. ¿Qué ocurrió primero?

Con cuidado

El registro rocoso está incompleto. La erosión, el enterramiento y el metamorfismo pueden borrar partes de la historia.

PIO-061

Volta hace reproducible la electricidad

Pregunta

¿Qué pueden hacer los científicos cuando la electricidad dura más que una chispa?

La historia

Hacia 1800 Alessandro Volta construyó una pila con metales alternos y separadores húmedos. Otros experimentadores podían reconstruirla. Nicholson y Carlisle utilizaron pronto una fuente voltaica para descomponer agua, y Davy empleó grandes baterías para aislar potasio y sodio en 1807.

La gran idea

Una fuente reproducible convierte un efecto espectacular en una herramienta. La electricidad podía aplicarse una y otra vez sobre la materia.

Pruébalo

Dibuja tres celdas repetidas de una batería. ¿Qué piezas deben mantenerse en el mismo orden para que otra persona pueda copiarla?

Con cuidado

Las primeras pilas cambiaban mientras funcionaban, así que reproducible no significaba perfectamente constante.

PIO-065

Semmelweis y Snow aprenden de los patrones

Pregunta

¿Puede un patrón salvar vidas antes de que la causa sea visible?

La historia

En 1847 Semmelweis comparó salas de maternidad en Viena e introdujo el lavado de manos con compuestos clorados tras relacionar la enfermedad con material procedente de autopsias. En 1854 John Snow estudió el cólera en Londres y comparó personas expuestas a distintos suministros de agua.

La gran idea

Las comparaciones cuidadosas pueden revelar exposiciones peligrosas antes de conocer el microorganismo exacto. Cambiar una exposición también puede poner a prueba la explicación.

Pruébalo

Imagina dos grupos que reciben agua de fuentes distintas. ¿Qué otros datos anotarías para que la comparación fuera justa?

Con cuidado

Un patrón puede engañar si los grupos también difieren en otros aspectos importantes.

PIO-066

Darwin y Wallace dibujan un árbol ramificado de la vida

Pregunta

¿Por qué un árbol representa mejor la evolución que una escalera?

La historia

Darwin y Wallace desarrollaron de forma independiente ideas sobre selección natural y las presentaron conjuntamente en 1858. Darwin sostuvo en 1859 que las especies cambian por descendencia y que las especies emparentadas comparten antepasados. La variación que afecta a la supervivencia y a la reproducción puede cambiar las poblaciones a lo largo de las generaciones.

La gran idea

La vida se ramifica. La semejanza puede ser evidencia de ascendencia compartida y ninguna especie viva es simplemente un peldaño hacia otra.

Pruébalo

Dibuja cuatro especies ramificadas y marca qué pareja comparte el antepasado común más reciente.

Con cuidado

La evolución no significa que todos los rasgos sean perfectos ni justifica ordenar jerárquicamente a los grupos humanos.

Mendel cuenta la herencia

Pregunta

¿Qué pueden revelar muchos cruces de guisantes que no muestra una sola familia?

La historia

Entre 1856 y 1863 Gregor Mendel cruzó plantas de guisante con rasgos claramente distintos y contó la descendencia. Presentó el trabajo en 1865 y lo publicó en 1866. Las proporciones recurrentes sugerían que los factores hereditarios podían separarse y recombinarse.

La gran idea

Contar muchos descendientes puede revelar un patrón estadístico de herencia. Mendel no conocía el ADN ni los genes en el sentido moderno.

Pruébalo

Lanza dos monedas 40 veces y cuenta los resultados. Compara tus totales con los de otro grupo.

Con cuidado

Muchos rasgos reales son más complejos que los rasgos sencillos de guisante elegidos por Mendel.

PIO-069

Pasteur, Lister y Koch relacionan microbios y enfermedad

Pregunta

¿Cómo puede un microbio invisible formar parte de una explicación comprobable?

La historia

Pasteur mostró a finales de la década de 1850 que los microorganismos podían impulsar la fermentación. Lister utilizó el razonamiento microbiano para desarrollar cirugía antiséptica y publicó su principio en 1867. Koch empleó después cultivos, tinciones y experimentos con animales en sus trabajos sobre carbunco, tuberculosis y cólera.

La gran idea

Los científicos relacionaron microbios y causas combinando microscopios con exposición controlada, intervención y aislamiento.

Pruébalo

Imagina dos recipientes estériles: uno protegido de contaminación y otro expuesto deliberadamente. ¿Qué resultado apoyaría una explicación microbiana?

Con cuidado

No todas las infecciones se deben a un solo organismo actuando por sí mismo; el huésped, los virus y las comunidades microbianas pueden complicar la explicación.

PIO-071

Mendeleev deja huecos en la tabla periódica

Pregunta

¿Por qué dejaría un científico un espacio vacío en una tabla a propósito?

La historia

En 1869 Mendeleev organizó los elementos mediante propiedades químicas recurrentes y pesos atómicos. Dejó huecos donde el patrón sugería elementos desconocidos y predijo algunas de sus propiedades. El galio se identificó en 1875, el escandio en 1879 y el germanio en 1886.

La gran idea

Una buena clasificación puede hacer más que ordenar hechos conocidos: puede formular predicciones arriesgadas sobre lo que todavía no se ha observado.

Pruébalo

Inventa seis elementos con propiedades que se repitan y ordénalos en una tabla. ¿Dónde iría un séptimo elemento que falta?

Con cuidado

La primera tabla periódica no era la tabla moderna; algunas posiciones y pesos atómicos seguían siendo inciertos.

Rayos invisibles dejan pistas visibles

Pregunta

¿Cómo puede algo invisible revelar el interior de la materia?

La historia

Röntgen anunció los rayos X en 1895, Becquerel encontró radiación procedente del uranio en 1896 y Marie y Pierre Curie midieron la radiactividad desde 1898. Los instrumentos transformaron emisiones invisibles en marcas, imágenes y efectos eléctricos comparables.

La gran idea

Los nuevos detectores permitieron inferir estructuras ocultas a partir de huellas repetibles. Los átomos dejaron de ser solo unidades invisibles de las fórmulas químicas y pasaron a investigarse como sistemas con comportamiento interno.

Pruébalo

Coloca un objeto dentro de una caja cerrada y pide a otra persona que infiera su forma usando solo pistas indirectas, como sonido o peso. ¿Qué puede saberse sin verlo?

Con cuidado

Invisible no significa inofensivo. Los rayos X y los materiales radiactivos pueden dañar tejidos, por lo que medir también exige protección.

PIO-077

Wegener pregunta si los continentes pueden moverse

Pregunta

¿Por qué aparecen fósiles y rocas semejantes en continentes hoy separados por océanos?

La historia

Wegener reunió formas de costas, fósiles, cinturones de rocas y huellas de climas antiguos para defender desde 1912 que los continentes habían estado unidos. Su explicación seguía incompleta porque no disponía de un mecanismo convincente para moverlos.

La gran idea

Varias pistas independientes pueden apoyar una reconstrucción histórica incluso antes de conocer todos los mecanismos. La tectónica de placas aportó después un mecanismo mucho más sólido.

Pruébalo

Recorta un «continente» de papel en dos y separa las piezas. ¿Qué rasgos coincidentes seguirían indicando que antes estaban unidas?

Con cuidado

El parecido de las costas por sí solo no basta. Los argumentos fuertes reúnen distintos tipos de evidencia y producen predicciones comprobables.

PIO-078

Leavitt ayuda a medir un universo mucho mayor

Pregunta

¿Cómo puede una estrella variable ayudar a medir distancias enormes?

La historia

Henrietta Swan Leavitt descubrió que el periodo de las estrellas cefeidas se relaciona de forma regular con su luminosidad. Una vez calibrada, esa relación podía servir para estimar distancias. Slipher midió velocidades mediante espectros, y Lemaître y Hubble ayudaron a relacionar distancia y expansión cósmica.

La gran idea

La astronomía puede combinar un método para medir distancia con otro para medir movimiento. Cuando mediciones independientes encajan con un modelo físico, el universo puede estudiarse como un sistema dinámico cuantificable.

Pruébalo

Imagina dos mediciones de las mismas galaxias: distancia y desplazamiento espectral. ¿Por qué es útil que procedan de métodos distintos?

Con cuidado

La historia del universo en expansión fue construida por muchas personas. No debe reducirse a Hubble, y el trabajo de Leavitt sobre distancias fue esencial.

PIO-081

Los antibióticos permiten tratar infecciones bacterianas

Pregunta

¿Cómo puede una sustancia frenar bacterias sin limitarse a intoxicar todo el organismo?

La historia

Fleming describió en 1929 la acción antibacteriana de la penicilina. En 1940-1941 Florey, Chain y el equipo de Oxford la convirtieron en un tratamiento reproducible, y programas posteriores permitieron producir cantidades mucho mayores.

La gran idea

Un medicamento útil debe funcionar en pruebas controladas y poder producirse de forma fiable. Los antibióticos tratan bacterias sensibles, pero su uso también selecciona bacterias resistentes.

Pruébalo

Dibuja dos poblaciones bacterianas antes y después de un antibiótico. ¿Qué ocurre si sobreviven unas pocas bacterias resistentes y se reproducen?

Con cuidado

Los antibióticos no curan infecciones víricas, y usarlos sin necesidad puede hacer más difíciles futuras infecciones bacterianas.

PIO-082

Turing separa las instrucciones de la máquina

Pregunta

¿Cómo puede una misma máquina realizar muchas tareas diferentes?

La historia

Turing describió en 1936-1937 una máquina universal abstracta: cambiando las instrucciones simbólicas, una misma máquina general podía imitar muchos procedimientos. Los ordenadores electrónicos con programas almacenados hicieron después práctica esa separación entre máquina y programa.

La gran idea

Un programa es una secuencia de instrucciones capaz de cambiar lo que hace un ordenador de propósito general sin reconstruir todo su soporte físico.

Pruébalo

Escribe instrucciones para que un compañero dibuje un cuadrado sin enseñarle el dibujo final. ¿Qué instrucción resulta ambigua?

Con cuidado

Los ordenadores son herramientas generales, no magia. Algunos problemas requieren demasiado tiempo o memoria y otros no pueden resolverse mediante un algoritmo.

ADN: una molécula que transporta información hereditaria

Pregunta

¿Cómo averiguaron los científicos de qué están hechos los genes?

La historia

Durante años se pudo estudiar la herencia sin conocer su base material. Avery, MacLeod y McCarty relacionaron la transformación bacteriana con el ADN; Hershey y Chase añadieron evidencia usando bacteriófagos. Rosalind Franklin y Raymond Gosling obtuvieron medidas de difracción de rayos X que imponían restricciones sobre la forma del ADN, junto con trabajos de Wilkins y otros investigadores.

La gran idea

En 1953 un modelo de doble hélice reunió evidencia química y de difracción. El emparejamiento de bases complementarias sugería una forma de copiar la información hereditaria.

Pruébalo

Piensa en una cremallera cuyos dos lados encajan. ¿Por qué dos hebras complementarias podrían facilitar la copia y en qué falla esa comparación?

Con cuidado

El ADN no es una receta completa de un organismo. También importan las células, el desarrollo y el ambiente, y esta historia incluye cuestiones importantes sobre el reconocimiento de la contribución de Franklin.

PIO-088

Los satélites dan a la Tierra un punto de vista exterior

Pregunta

¿Qué aprendemos al observar la Tierra una y otra vez desde la órbita?

La historia

Sputnik 1 entró en órbita en 1957 y Explorer 1 lo siguió en 1958. El detector de Explorer ayudó a revelar partículas cargadas atrapadas alrededor de la Tierra. Poco después los satélites también ofrecían imágenes meteorológicas y enlaces de comunicación.

La gran idea

La órbita permite observaciones repetidas a gran escala. Un mismo tipo de instrumento puede comparar nubes, océanos, hielo o tierra en regiones extensas y a lo largo del tiempo.

Pruébalo

Elige un lugar de la Tierra y enumera tres cosas que un satélite podría medir allí de forma repetida. ¿Qué medidas necesitarían además comprobaciones en superficie?

Con cuidado

Los datos de satélite dependen de calibración y procesamiento. Una imagen desde el espacio no es por sí sola una explicación completa.

PIO-089

La tectónica de placas reúne muchas pistas en una Tierra móvil

Pregunta

¿Qué evidencia mostró que el propio fondo oceánico se mueve?

La historia

El sonar cartografió dorsales y fosas, y los magnetómetros marinos detectaron bandas magnéticas en el fondo oceánico. Hess propuso la expansión del fondo oceánico en 1962; Vine y Matthews predijeron en 1963 que las inversiones del campo magnético producirían franjas equivalentes a ambos lados de una dorsal.

La gran idea

Dorsales, fosas, franjas magnéticas y cinturones sísmicos podían explicarse dentro de un único sistema de placas móviles. Ese marco aportó el mecanismo que faltaba en la deriva continental de Wegener.

Pruébalo

Dibuja una dorsal y añade bandas magnéticas correspondientes a ambos lados. ¿Qué patrón esperarías si se forma nueva corteza y se aleja de la dorsal?

Con cuidado

La tectónica de placas explica dónde ocurren muchos terremotos, pero no permite saber el día exacto en que sucederá uno concreto.

La ciencia del clima une muchas clases de evidencia

Pregunta

¿Cómo pueden los científicos estudiar el clima de todo un planeta?

La historia

En 1896 Arrhenius calculó cómo el dióxido de carbono podía afectar a la temperatura superficial. Las mediciones de Keeling, publicadas en 1960, mostraron después un ciclo estacional junto con un aumento prolongado del dióxido de carbono atmosférico. Manabe y Wetherald utilizaron en 1967 un modelo climático para estudiar la interacción entre radiación y vapor de agua.

La gran idea

El conocimiento del clima se fortalece cuando coinciden evidencias distintas: mediciones atmosféricas, calor oceánico, hielo, satélites, teoría física y modelos informáticos pueden ponerse a prueba mutuamente.

Pruébalo

Dibuja tres cajas llamadas atmósfera, océano y hielo. Añade flechas para mostrar cómo un cambio en una puede afectar a otra. ¿Qué flecha querrías medir?

Con cuidado

Los modelos climáticos no predicen el tiempo exacto de un día futuro concreto. Permiten estudiar cómo responde el sistema climático bajo condiciones físicas y escenarios definidos.

Los detectores abren ventanas ocultas al universo

Pregunta

¿Qué pueden aprender los astrónomos cuando la luz visible no basta?

La historia

En 1962 instrumentos transportados por cohetes detectaron rayos X procedentes de fuera del Sistema Solar. Penzias y Wilson midieron el fondo cósmico de microondas en 1965, y en 1968 se describieron púlsares mediante sus rápidos pulsos de radio. Décadas después, los detectores de ondas gravitacionales y los observatorios de neutrinos añadieron nuevas formas de estudiar fenómenos cósmicos violentos.

La gran idea

Cada detector responde a mensajeros distintos. Combinar radio, rayos X, microondas, neutrinos u ondas gravitacionales puede revelar partes de un mismo fenómeno que ningún canal mostraría por sí solo.

Pruébalo

Imagina un fenómeno cósmico observado por tres detectores. Haz una tabla con lo que cada uno mediría directamente y con lo que los científicos todavía tendrían que inferir.

Con cuidado

Una señal débil puede confundirse con ruido de fondo. La calibración y las comprobaciones independientes forman parte de la evidencia.