

los instrumentos de Humboldt





CRÉDITOS:

MUSEO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (MUNCYT)
MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES
SECRETARÍA DE ESTADO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES

DIRECCIÓN

Fernando Luis Fontes Blanco

AUTORES

Miguel Ángel Puig-Samper Mulero
(Instituto de Historia del Centro Superior de Investigaciones Científicas)
Miguel Barral Precedo
(Museo Nacional de Ciencia y Tecnología)

EDITA

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)

ILUSTRACIÓN

Raúl Barbolla / LeRaúl

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Advantia, Comunicación Gráfica, S.A.

IMPRESIÓN

Advantia, Comunicación Gráfica, S.A.

Depósito legal: M-3985-2026

NIPO: 166260031

e-NIPO: 166260047

Publicación incluida en el programa editorial de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del año 2026.
Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado: <https://cpage.mpr.gob.es>

Síguenos en:



www.facebook.com/muncyt



@muncyt



@muncyt_es



www.muncyt.es



LOS INSTRUMENTOS DE HUMBOLDT: herramientas para una nueva visión de la naturaleza

En 1799 el joven naturalista prusiano, Alexander von Humboldt, junto al botánico francés Aimé Bonpland, partía desde el puerto de A Coruña con destino a América del Sur, para llevar a cabo la más completa y exhaustiva exploración científica de este subcontinente.

Humboldt tenía la convicción de que la naturaleza era un todo indisoluble: que los fenómenos físicos naturales y la geología del terreno determinaban la vida vegetal y animal. Y se marcó como principal objetivo probarlo mediante observaciones y mediciones sistemáticas.

Para lograrlo se equipó con una amplia colección de los instrumentos científicos más modernos y precisos del momento. Con ellos efectuó miles de mediciones, observaciones y análisis que le permitieron demostrarlo, desarrollar nuevas teorías, crear nuevas disciplinas científicas y concebir una visión innovadora de la naturaleza: la ciencia *humboldtiana*.

Este cuaderno -como la exposición a la que complementa- muestra cómo Humboldt, gracias a sus instrumentos científicos, pudo construir una nueva forma de entender, representar y divulgar la naturaleza como una red de conexiones. Y lo hace según el modelo de Humboldt, con atractivas ilustraciones. Porque como dijo nuestro protagonista "a todos les gusta ver."

HUMBOLDT Y SU GRAN VIAJE

INSTRUMENTARIUM: LO MEJOR DE LOS MEJORES

INSTRUMENTOS: EL CIANÓMETRO

INSTRUMENTARIUM: EL BARÓMETRO, EL CRONÓMETRO Y EL SEXTANTE

HUMBOLDT EN A CORUÑA: UN ENSAYO GENERAL

NATURGEMÄLDE

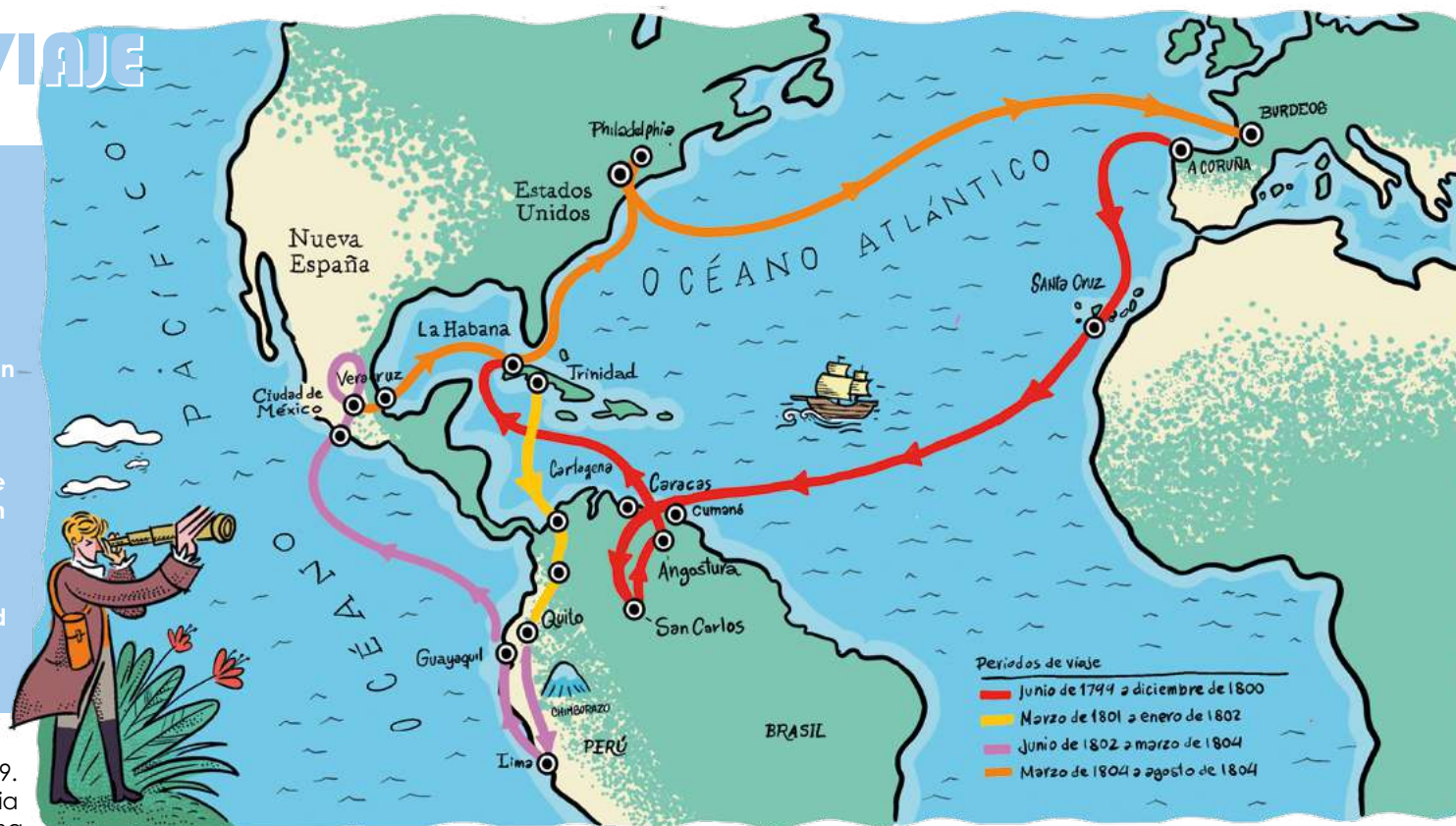


HUMBOLDT Y SU GRAN VIAJE

Reto: Antes de comenzar.... una pregunta que cualquier colegial podría responder

A mediados del s. XIX Humboldt se había convertido en el científico más famoso de su época, no solo en Europa, sino en todo el mundo. Su cumpleaños se celebraba incluso en Hong Kong. Hasta el punto de que un periodista escribió que "si se pregunta a cualquier colegial quién es Humboldt, sabrá la respuesta" (New Englander, mayo 1860).

¿Y un estudiante de la primera mitad del s. XXI?, ¿conoce también la respuesta?



Humboldt había nacido en Berlín en 1769. Su padre fue chambelán del rey de Prusia y su madre poseía una pequeña fortuna familiar. Alexander se formó con su hermano Wilhelm en el castillo familiar de Tegel con educadores de pensamiento ilustrado mostrando un enorme interés por la naturaleza, los viajes y la ilustración artística. A finales de 1796, y tras heredar la fortuna de su madre, Humboldt se lanzó de lleno a sus ambicionados viajes científicos, comenzando por Sudamérica. Para conseguir la autorización de la corona española para viajar por tierras americanas Humboldt y Bonpland viajaron a España recorriendo la costa mediterránea y el interior. Llegaron a Madrid en febrero de 1799 donde elaboraron el primer perfil preciso del relieve de la península ibérica, en el que destacaba la presencia de la Meseta. Humboldt obtuvo audiencia con Carlos IV y consiguió dos pasaportes o salvoconductos reales.

En mayo de 1799 parten hacia A Coruña para embarcarse, el 5 de junio, en la fragata Pizarro. Tras hacer escala en Tenerife, donde ascendieron el Teide, Humboldt y Bonpland llegan a Cumaná (Venezuela) en julio de ese año, comenzando una exploración intensiva del territorio sudamericano: en 1800 realizaron una expedición por el Orinoco y río Negro. En 1801 cruzaron la actual Colombia, estudiaron los Andes ecuatorianos y ascendieron volcanes como el Chimborazo. En el litoral del Pacífico, en su visita a Perú, Humboldt detectó una corriente oceánica fría que años después sería denominada "corriente de Humboldt". En 1803 llegaron a Nueva España (actual México), donde durante casi un año realizaron un detallado estudio económico, social, geográfico y político del virreinato. La expedición finalizó en 1804 tras una estancia en La Habana y una breve visita a Filadelfia, donde fueron recibidos por el presidente Jefferson. Desde allí Humboldt zarpó hacia Europa con una colección sin precedentes de mapas, muestras botánicas, zoológicas, minerales y fósiles, observaciones meteorológicas, mediciones topográficas y diarios científicos.

Durante los años siguientes Humboldt publicó numerosas obras derivadas de este viaje que no solo ampliaron el conocimiento científico de América, sino que también sentarían las bases de una visión ecológica e interconectada del mundo natural. Con este nuevo planteamiento, Humboldt revolucionó las ciencias naturales y la geografía. Además, fue pionero en percibir que la actividad humana afecta al medio ambiente, advirtió que la deforestación secaba ríos y suelos, señalando el impacto humano en el clima. Su visión de la naturaleza interconectada permanece como pilar del pensamiento científico contemporáneo.

Principales aportes científicos de Humboldt

- Geografía moderna y biogeografía: relacionó la distribución de las especies con factores geográficos, estableciendo las bases de estas disciplinas
- Climatología comparada: trazó las primeras líneas isotermas en mapas, iniciando el estudio científico del clima a escala global.
- Oceanografía: describió la corriente fría del Pacífico Sur (corriente de Humboldt), fundamental para el clima regional.
- Ecología y medio ambiente: concibió la naturaleza como un todo interdependiente y alertó sobre la influencia humana en el clima (efecto de la deforestación).
- Difusión del conocimiento: divulgó sus descubrimientos en libros, atlas y conferencias, siendo aclamado en los círculos científicos ilustrados de su época.

Actividad: ¿Dónde está Humboldt?

(... Además de en el margen izquierdo del mapa)

Como si fueras a jugar al bingo, hazte con un puñado de garbanzos o similar y trata de ubicar sobre el mapa ilustrado (o más allá de sus límites, y esto es una pista):

1. -El pico Humboldt
2. -(Dónde empieza y dónde acaba) la corriente de Humboldt
3. -La bahía Humboldt
4. -El río Humboldt y el lago Humboldt
5. -El Parque Nacional Alejandro de Humboldt
6. -La sima Humboldt
7. -Dónde encontrar al calamar Humboldt
8. -Y dónde al pingüino Humboldt
9. -Las montañas Humboldt
10. -El glaciar Humboldt
11. -El monte Humboldt
12. -Las cataratas Humboldt
13. -El Mare Humboldtianum



INSTRUMENTARIUM: LO MEJOR DE LOS MEJORES

Para su ambiciosa expedición Humboldt se hizo con el que probablemente era el más sofisticado arsenal de instrumentos científicos reunido hasta ese momento. Cada uno de los 42 instrumentos adquiridos -verdaderas obras de arte contruidos con maderas nobles, cristal y latón y que viajaban protegidos en su propia y exclusiva caja forrada de terciopelo- era el más preciso y/o el más portable de su clase.

Había termómetros para medir la temperatura del aire y el agua, barómetros para determinar la altitud, cuadrantes y sextantes para conocer la posición geográfica (incluido un pequeño sextante que podía llevar en el bolsillo), telescopios, microscopios, una balanza de precisión, cronómetros y relojes marinos para determinar la latitud, brújulas, un higrómetro, reactivos y equipo para efectuar análisis químicos, baterías eléctricas, electrómetros y electroscopios, una botella de Leyden, teodolitos, higrómetros, una aguja de inclinación magnética, eudiómetros para medir la composición y el porcentaje de oxígeno del aire a diferentes altitudes; y también un grafómetro, un círculo repetidor, un cianómetro para medir el azul de cielo, un hipsómetro con el que determinar la altitud en función del punto de ebullición del agua, hidrómetros, cadenas de agrimensor, estuches de disección, etc.



Actividad: Probablemente el más sofisticado arsenal de... letras

Encuentra los seis instrumentos protegidos en esta sopa de letras.

T	E	O	D	O	L	I	T	O	G	I	G	E	H	M	U	E	Q
E	G	I	A	L	A	O	O	Z	O	Z	L	K	I	P	G	L	T
Y	E	P	G	P	U	O	O	D	E	A	X	K	P	G	I	L	P
M	J	T	B	O	U	G	A	G	O	R	I	L	S	F	G	X	O
W	E	T	S	Y	O	A	Y	G	M	C	L	C	O	I	R	C	L
I	N	C	L	I	N	O	M	E	T	R	O	I	M	K	A	M	N
K	F	Z	L	E	O	J	V	H	X	L	L	D	E	H	F	U	B
B	E	E	N	X	E	I	A	E	N	V	E	U	T	Z	O	A	C
O	I	P	O	C	S	O	R	T	C	E	L	E	R	Z	M	J	U
S	S	I	V	C	S	S	B	A	W	E	Y	L	O	M	E	A	I
G	U	U	I	Q	I	A	P	O	W	W	O	Y	O	J	T	Z	Q
I	Q	F	B	H	I	A	Z	U	M	V	B	U	D	A	R	E	J
D	S	Y	S	S	O	T	H	Z	V	O	U	A	L	I	O	N	D
I	I	B	U	O	R	T	E	M	O	R	G	I	H	Y	Q	U	R
U	J	Z	Q	T	M	F	Y	I	O	O	O	Y	T	U	G	I	A
O	S	G	G	X	W	L	X	O	Q	Z	O	O	Q	U	Ñ	T	U
A	Z	S	X	S	W	I	P	C	C	U	E	U	L	E	J	U	D
G	Q	A	H	E	Q	B	L	U	I	V	I	A	D	P	O	S	U

Actividad: Los instrumentos, más precisos

Para no ser menos, se tú también más preciso y vincula cada uno de los instrumentos que aparecen hasta en la sopa con su correspondiente tarjeta.

- Mide la intensidad y orientación del campo magnético terrestre.

Mide la humedad relativa del aire por un pelo.

Es un instrumento de lo más repulsivo.
- Mide la presión atmosférica en grados termométricos.

Fundamental para topólogos, astrónomos y en geodesia.

Es un instrumento topográfico en toda regla.



INSTRUMENTOS: EL CIANÓMETRO

Inventado en 1789 por el meteorólogo suizo Horace de Saussure, el cianómetro es uno de los instrumentos científicos más poéticos -sino el que más-; no en vano sirve para medir el grado o intensidad de azul del cielo. Una cuestión que obsesionaba a su creador.

El cianómetro parte de un diseño tan efectivo como sencillo: un anillo dividido en 52 segmentos numerados, cada uno de ellos teñido de un tono de azul distinto y que iban desde el blanco al negro. Así, para medir el grado de azul del cielo bastaba con mirar al cenit a una distancia concreta del ojo a través del anillo y buscar el tono de azul coincidente con el celeste.

¿Por qué era tan importante determinar el azul del firmamento a ojos de Saussure? Porque llegó a la conclusión de que dependía del contenido de humedad atmosférico. La explicación definitiva al color del cielo sería ofrecida finalmente por Lord Rayleigh un siglo más tarde, como resultado de la difracción de la luz por las moléculas y partículas atmosféricas, incluidas las minúsculas gotitas de agua en suspensión que le confieren su humedad.

Posiblemente el mayor popularizador del cianómetro haya sido Humboldt quien lo convirtió en uno de sus instrumentos de cabecera. Fruto de ello, durante su ascensión al Chimborazo midió un cielo de 46 grados de azul, el más intenso registrado.

Actividad: Fabrica un cianómetro

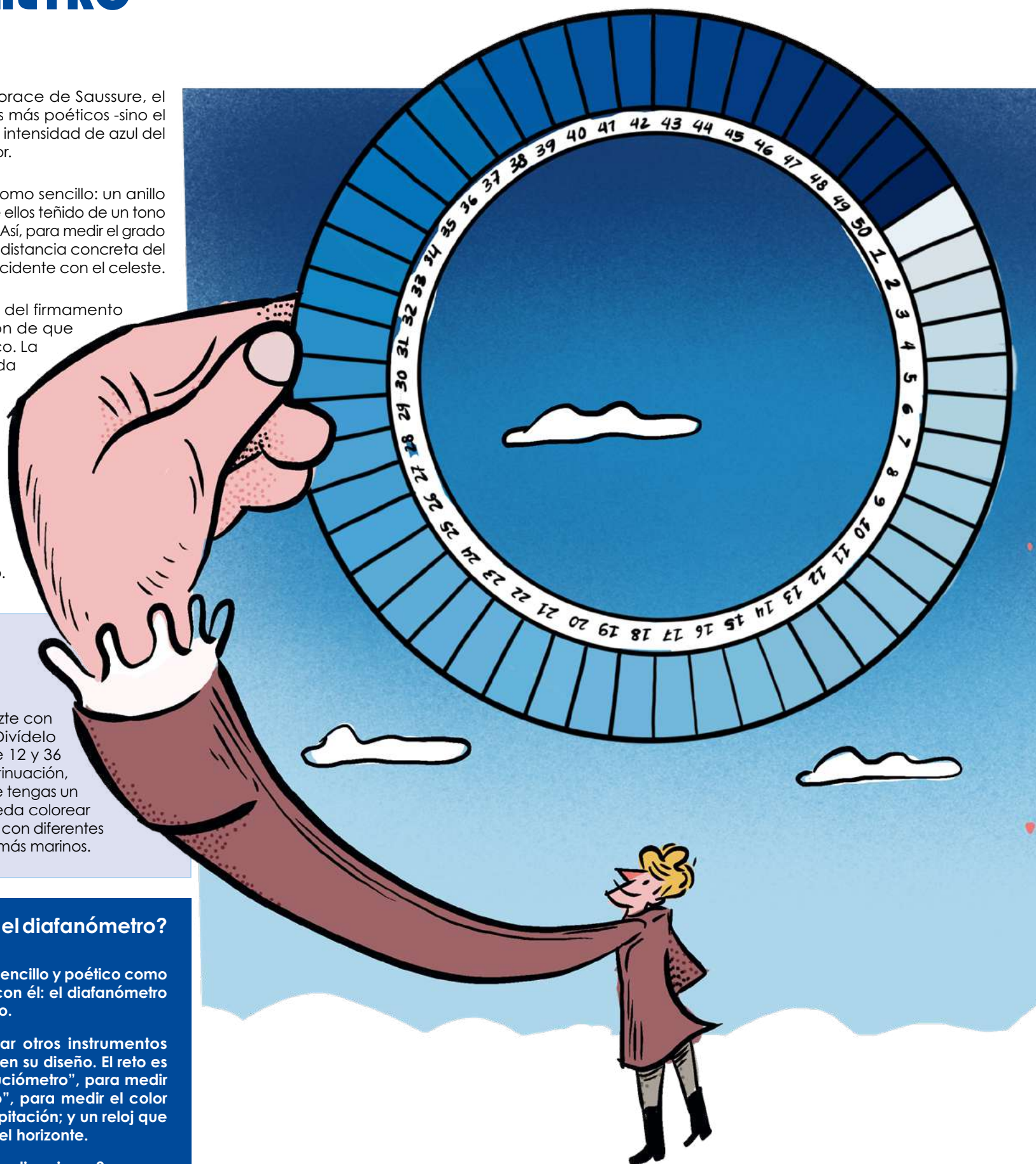
Construye tu propio y singular cianómetro. Hazte con una cartulina blanca. Recorta un círculo. Divídelo en un número manejable de sectores (entre 12 y 36 dependiendo de tu ojo para los azules). A continuación, recorta y retira la parte central de tal forma que tengas un aro o anillo con un cierto grosor. Ya solo te queda colorear los diferentes sectores desde el blanco al negro con diferentes tonos de azul, desde los más pálidos hasta los más marinos.

Reto: ¿Sabes qué es y quién inventó el diafanómetro?

Saussure también inventó otro instrumento tan sencillo y poético como el cianómetro y directamente emparentado con él: el diafanómetro que media el grado de transparencia del cielo.

Al igual que él, tú también puedes fabricar otros instrumentos emparentados con el cianómetro basándote en su diseño. El reto es que lo customices y lo conviertas en un "poluciómetro", para medir la contaminación ambiental; un "nublómetro", para medir el color de las nubes y el consiguiente riesgo de precipitación; y un reloj que permita estimar la hora en función del color del horizonte.

¿Se te ocurren otros "colorómetros" con otras aplicaciones?





INSTRUMENTARIUM: EL BARÓMETRO, EL CRONÓMETRO Y EL SEXTANTE

El barómetro, la pasión de Humboldt

Probablemente el barómetro fuese el instrumento más importante de la expedición de Humboldt: lo necesitaba para determinar con exactitud la altitud durante sus ascensiones a las montañas. La altura era un dato clave para sus estudios de biogeografía, la nueva ciencia concebida por Humboldt y que estudia la distribución de plantas y animales sobre el planeta y las causas que determinan dicha distribución: la posición geográfica, altitud, temperatura media y variabilidad de aquella; condiciones atmosféricas, composición química del terreno; etc.

El barómetro fue inventado por el físico italiano Evangelista Torricelli en 1643 para demostrar la existencia de la atmósfera y medir la presión atmosférica. El montaje de Torricelli consistía en un estrecho tubo de vidrio lleno parcialmente de mercurio, con el extremo superior cerrado y el inferior abierto y sumergido en un depósito abierto y lleno de mercurio. Al aumentar la presión atmosférica (el peso de la columna de aire), el mercurio del depósito era empujado hacia abajo y accedía al interior del tubo con lo que la columna de mercurio ascendía; y al revés.

Sería su colega, el francés Blaise Pascal, quien poco después, lo utilizaría por primera vez para determinar la elevación sobre el nivel del mar. De ahí que la unidad de presión en el SI sea el Pascal (Pa). Como regla general la presión disminuye aproximadamente 1 hPa (hectopascal) por cada 8 metros de altura ganada. Sabiendo la presión uniforme al nivel del mar sabremos la altura.

El sextante y el cronómetro, un matrimonio de conveniencia

El sextante resultaba ser el instrumento fundamental para determinar la latitud. Humboldt incluyó en su expedición dos de estos instrumentos, uno de ellos portable o de bolsillo: de solo dos pulgadas de radio y que, en palabras de Humboldt, resultaba especialmente conveniente para efectuar medidas a caballo o en un bote pequeño.

Por su parte, la determinación de la longitud la efectuaba con un cronómetro de precisión que marcaba con exactitud la hora de referencia de París, entonces el meridiano de referencia, la cual se comparaba con la hora local, que se determinaba in situ.

Gracias a estos instrumentos y a las medidas efectuadas con ellos, Humboldt introdujo la latitud y la longitud como nuevas variables clave para entender cómo va cambiando la vegetación: su idea era que ésta cambia tanto con la altura como con la posición geográfica. Algo que se refleja incluso en las dos caras de una misma montaña.



Actividad: 'Humboldts' expresados en Pascales

En meteorología la presión se suele expresar en milibares o hectopascales.

1 hPa equivale 1 mbar. Sabiendo que la presión a nivel del mar es de 1 atmósfera = 1013 mbar. ¿Qué presión en Pascales marcará el barómetro en la cima del Chimborazo a 6130 m? ¿Y a 5917 m, que fue la altura máxima hasta la que consiguió ascender Humboldt? ¿Y en la cumbre del Pico Humboldt, en Venezuela?

Actividad: Humboldt no contaba con Google maps

Una de las aplicaciones que permite Google maps es introducir las coordenadas geográficas para saber su ubicación exacta. Aprovechate de ello: calcula la longitud a partir de la hora local y la hora de referencia indicada por tu cronómetro marino. Combina este dato con la latitud dada y averigua dónde estás.

Latitud	Hora local	Hora de referencia
60° N	9:00	12:00
37° S	23:12	20:00
49° N	10:05	16:45
32° N	01:00	19:30



HUMBOLDT EN A CORUÑA: UN ENSAYO GENERAL

Debido a las adversas condiciones que desaconsejaban zarpar -y también por la presencia de naves de la flota inglesa en las inmediaciones-, Humboldt tuvo que permanecer diez días en A Coruña antes de partir rumbo a América. Jornadas que aprovechó para probar los instrumentos recién adquiridos en París y, realizar nuevas y diversas mediciones que le permitieron establecer la posición -longitud y latitud- de la villa de Ferrol con el cronómetro y el sextante; estimar la electricidad del aire un día de tormenta con un electrómetro; medir el porcentaje de oxígeno en la atmósfera coruñesa con el eudiómetro; probar el inclinómetro midiendo la variación de la declinación magnética; o constatar la variación de la temperatura del agua en la bahía coruñesa gracias a la sonda termométrica. Además, recorrió los paisajes coruñeses recolectando muestras de la flora local y estudió las algas y moluscos de la costa herculina.

Explorar, recolectar, medir, conectar

El método de trabajo de Humboldt se basaba en cuatro premisas fundamentales: explorar, recolectar, medir y conectar. Durante su expedición, y allí donde estuviese, observaba y anotaba las formas, tipos y comportamiento de flora y fauna y recolectaba ejemplares de plantas, animales y minerales; al tiempo que efectuaba todo tipo de mediciones. Luego con toda esta información trataba de establecer conexiones; identificar causas y consecuencias; y finalmente visualizar patrones globales.

Actividad: ¿Para qué perder el tiempo?

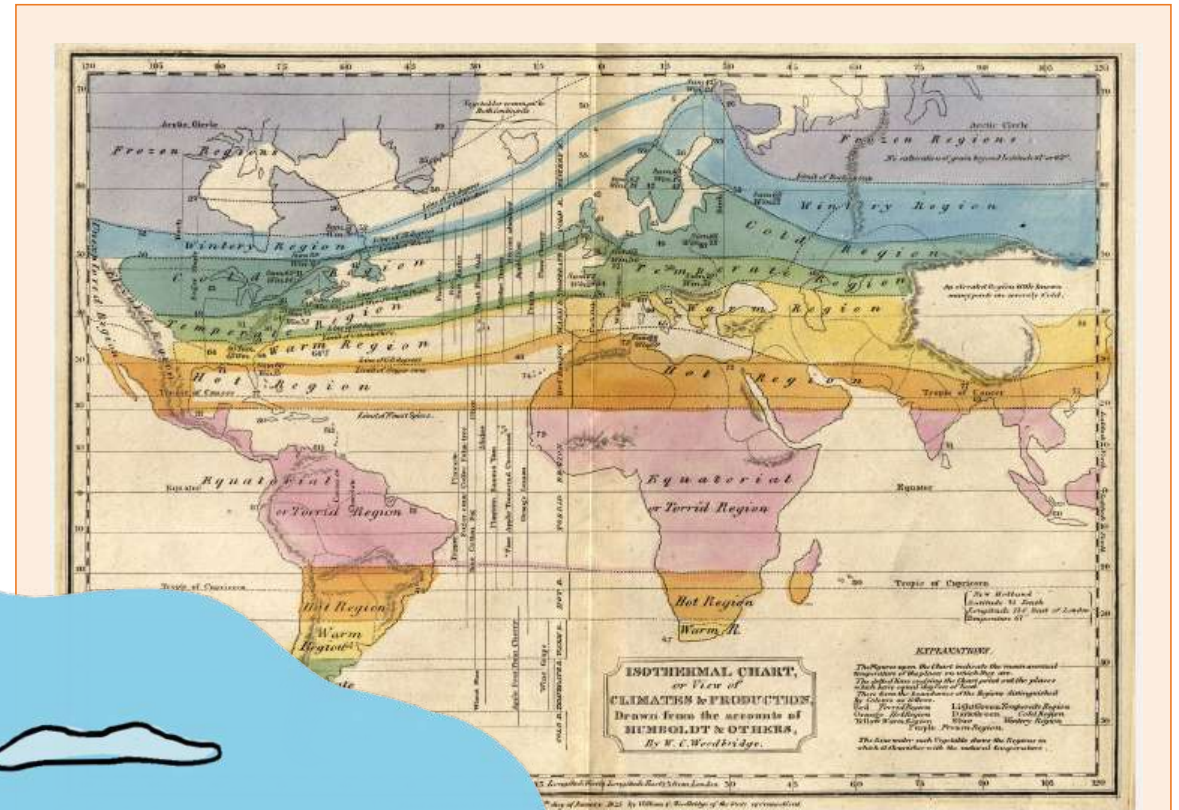
Pon a prueba los instrumentos que has fabricado en las actividades previas.

1. Encuentra e identifica todos los instrumentos que aparecen en las ilustraciones de este cuaderno.
2. Recorre los paisajes próximos a tu casa y recolecta muestras de la flora local.

Actividad: Moluscos 'haberlos hailos' (que no te dejen retratado)

Los moluscos son animales invertebrados de cuerpo blando y sin segmentar. Estos son algunos ejemplos: caracol, ostra, lapa, pota, pulpo, berberecho, espagueti de mar, mejillón, percebe, nautilo, carabela portuguesa, navaja, longueirón, bígaro, mincha, quisquilla.

1. Descubre a los intrusos.
2. Conecta cada molusco con el grupo al que pertenece: gasterópodos, bivalvos, cefalópodos.
3. Identifica a los retratados.



Actividad: En esta isoterma como en casa

Allí donde fuese, también durante su estancia en A Coruña, una de las primeras cosas que hacía Humboldt era medir y anotar la temperatura del terreno, del aire y del agua.

Estas sistemáticas y exhaustivas medidas termométricas y su posterior interpretación en conexión con la vegetación local y cómo esta varía le permitieron visualizar, concebir y plasmar en un mapa las isothermas: líneas que conectan distintos lugares geográficos y que muestran las mismas temperaturas medias (y rangos de variabilidad) y que, por tanto, nos permiten visualizar pautas climáticas globales.

¿En qué momento (y dónde) durante su expedición americana Humboldt se sentiría climáticamente como en casa (en su Tegel natal)? ¿y en que otras partes del mundo?

¿Y dónde se sentiría como en A Coruña?



NATURGEMÄLDE

A su regreso a París, en 1804, Humboldt concibió una nueva visión del mundo en el que todas las fuerzas de la naturaleza están interconectadas entre sí. Para explicarlo desarrolló una revolucionaria forma de presentar la información científica: a través de vistosas ilustraciones a las que bautizó como *Naturgemälde* ("pintura de la naturaleza"): tan atractivas y sugerentes como idóneas para visualizar las conexiones entre las distintas fuerzas de la naturaleza y cómo éstas determinan la vida.



Pintando el Chimborazo

El *Naturgemälde* original mostraba el monte Chimborazo en una sección transversal y la distribución de las plantas desde el valle hasta la línea de nieve. En el cielo estaban reflejadas las aturas de otras montañas. A izquierda y derecha de la montaña había 16 columnas en las que, junto a la altitud, se consignaba la variación de distintos parámetros y fenómenos naturales en función de aquella.

En definitiva, una representación visual integral que mostraba las correlaciones entre la vida animal y vegetal en función de la altitud, la latitud y las condiciones atmosféricas, meteorológicas y del terreno.



Actividad: Humboldt el ecologista

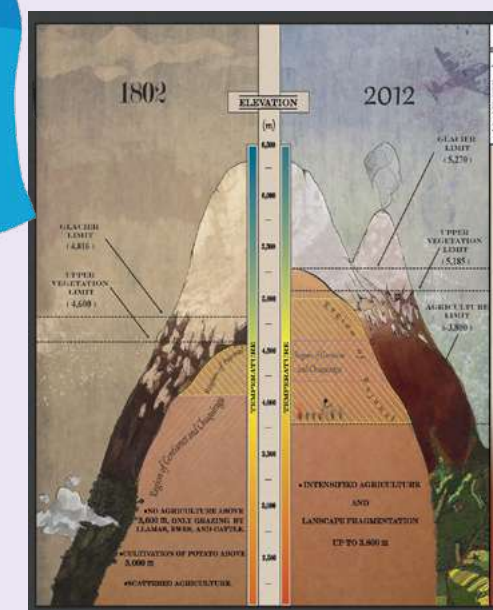
Humboldt fue el primero en comprender que la actividad humana influye en el clima; y también en advertir y prevenirnos sobre nuestra irresponsable forma de proceder respecto a la naturaleza.

En 2012 se publicó un estudio que mostraba cómo el cambio climático acontecido en estos dos siglos había modificado la geografía vegetal -la distribución de las distintas especies vegetales- en el Chimborazo. Un cambio plasmado en esta ilustración comparativa.

¿Qué cambios se han producido?
¿Cuáles te parecen los más significativos?

¿Qué conclusiones puedes extraer a partir de ella? ¿Cómo ha afectado el cambio climático a la vegetación local?

Basándote en lo que sabes sobre el cambio climático y cómo ha evolucionado en estos últimos años dibuja una figura equivalente en la que reflejes cómo estimas que será el panorama en el momento actual y en cien años.



<https://www.pnas.org/cms/10.1073/pnas.1509938112/asset/b26d9c0e-5bcc-4001-9584-b61f0b68a8e3/assets/graphic/pnas.1509938112fig03.jpeg>

Actividad: Toda la información, de un solo vistazo

A continuación, se presenta un corte de una región del *Naturgemälde*.

¿Qué especies se dan entre los 3.999 y los 4.300 metros?

¿Qué tipo de organismos se encuentran justo bajo el límite de las nieves perpetuas?

¿A que altitud crece la especie *Ranunculus gusmani* (en la actualidad *R. gusmannii*)?

<https://www.pnas.org/cms/10.1073/pnas.1904585116/asset/9d7847c9-97e8-4afa-8dbe-fed182cb7d07/assets/graphic/pnas.1904585116fig01.jpeg>



