

GEODIVERSIDAD

La memoria oculta de la tierra vasca

Asier Hilario Orús



GEODIVERSIDAD

La memoria oculta de la tierra vasca

Asier Hilario Orús

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

INGURUMEN, LURRALDE PLANGINTZA
ETA ETXEBIZITZA SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y VIVIENDA

Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia

Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

Vitoria-Gasteiz, 2020

Un registro bibliográfico de esta obra puede consultarse en el catálogo de la red *Bibliotekak* del Gobierno Vasco: <http://www.bibliotekak.euskadi.eus/WebOpac>

Edición

1.ª, enero 2020

Tirada

250 ejemplares



Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco
Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda

Internet

www.euskadi.eus

Edita

Eusko Jauriaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia
Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco
Donostia-San Sebastián, 1 • 01010 - Vitoria-Gasteiz

Coordinador

Gorka Arana Egia

Autor

Asier Hilario Orús

Colaboradores

Iñaki García Pascual, Inma Muguerza Perello y Manu Monge Ganuzas

Ilustraciones

Ver página 171

Fotografías

Ver página 171

Diseño**y maquetación**

EkipoPO

Imprime

GZ PRINTEK SAL

ISBN

978-84-457-3520-6

Depósito legal

LG G 0030-2020

INTRODUCCIÓN



Nuestras montañas, nuestros ríos, nuestra costa y, en definitiva, nuestro paisaje natural, son el resultado de millones de años de evolución de un planeta en constante cambio.

Las formas del relieve, las rocas, los minerales, los fósiles, los suelos y el agua forman parte de la geodiversidad de un territorio y guardan la memoria de nuestra historia más lejana. La geodiversidad es, en definitiva, la manera en que se nos muestra la herencia geológica, y proporciona el sustento necesario

para el desarrollo de la vida, además de proveer de recursos y servicios que han condicionado y condicionan nuestra historia, nuestra cultura, e incluso, nuestra propia personalidad. Mucho de lo que hoy somos está relacionado con una historia apasionante de millones de años.

La geología nos ayuda a comprender como funciona el sistema y, por lo tanto, a planificar y dimensionar mejor nuestro desarrollo y la utilización que hacemos de los recursos,

incluyendo las medidas de adaptación y mitigación ante el mayor reto global de nuestro tiempo: el cambio climático.

La Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), en su decimoséptima reunión celebrada en París del 17 de octubre al 21 de noviembre de 1972, incluyó la geodiversidad como uno de los elementos de protección del patrimonio mundial. Y esta es parte de nuestra contribución local a un reto y una responsabilidad globales.

Euskadi es un territorio pequeño, pero sus paisajes guardan una historia sorprendente de 360 millones de años. Esta es nuestra contribución al puzzle que forma la historia de la Tierra. Tenemos una diversidad geológica muy importante con algunos lugares de relevancia internacional. Este es nuestro patrimonio geológico; un patrimonio que debe ser protegido y conservado, ya que su destrucción es, casi siempre, irreversible. Los elementos geológicos son junto con la flora y fauna una parte indivisible de nuestro patrimonio natural. Cuidémoslo con el respeto que merece.

Este manual pretende dar a conocer de un modo sencillo la historia geológica de Euskadi y la manera en la que nuestra herencia geológica y geodiversidad condicionan la economía, la ecología, la historia y la cultura de nuestro pueblo.

Iñaki Arriola López

Consejero de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda

ÍNDICE

1. ANTES DE EMPEZAR	10
1.1. Servicios de la geodiversidad. Todo lo que las rocas nos dan	11
1.2. Geólogos y geólogas. Detectives del pasado leyendo la piel de la Tierra	12
1.3. La Tierra dinámica. Los continentes se mueven y los paisajes cambian	14
1.4. Nuestras rocas y minerales. El puzle de la historia la Tierra	16
1.5. Fósiles de Euskadi. Los testigos de nuestra historia	19
1.6. El tiempo geológico. Un abismo de 4.500 millones de años	22
 2. GEOLOGÍA: HISTORIA, PAISAJES Y RECURSOS	 24
2.1. Nuestra geología en 5 etapas	25
2.2. ETAPA 1. Mares y montañas del pasado (hace entre 375 y 250 Ma)	28
2.2.1. Los mares más antiguos (375 - 320 Ma)	30
2.2.2. Fuego en el interior de la Tierra (320 - 250 Ma)	34
2.3. ETAPA 2. Un gran desierto en Pangea (hace entre 260 y 200 Ma)	38
2.3.1. La erosión de la gran cadena (260 - 240 Ma)	40
2.3.2. La sal de las lagunas del desierto (240 - 210 Ma)	44
2.4. ETAPA 3. Euskadi bajo un mar tropical (hace entre 200 y 40 Ma)	50
2.4.1. La gran inundación de los mares del Jurásico (200 - 150 Ma)	52
2.4.2. Arrecifes de coral en Euskadi (130 - 100 Ma)	58
2.4.3. Los deltas que ahogaron nuestros arrecifes (105 - 100 Ma)	72
2.4.4. Volcanes bajo el mar (110 - 80 Ma)	76

2.4.5. El flysch y los grandes cañones submarinos (110 y 45 Ma)	80
2.4.6. El mar de las plataformas (90 - 40 Ma)	90
2.5. ETAPA 4. La gran colisión (hace entre 80 y 5 Ma)	96
2.5.1. Un choque de trenes (80 - 5 Ma)	98
2.5.2. Nuestros primeros paisajes continentales (45 - 5 Ma)	106
2.6. ETAPA 5. La formación del relieve (hace entre 5 Ma y actualidad)	112
2.6.1. Hielo en nuestras montañas.	114
2.6.2. Karst. La historia de las rocas que se disuelven	118
2.6.3. Ríos. Arterias de vida en el continente	128
2.6.4. La costa. Una lucha de titanes frente al mar	132
2.7 Clima y vida del pasado y presente	140
2.7.1. Grandes extinciones y cambios climáticos del pasado	141
2.7.2. El Antropoceno: ¿estamos realmente ante una nueva era geológica?	144
3. AGUA Y ENERGÍA.	148
3.1. El agua. Nuestro recurso vital	149
3.2. Combustibles fósiles. La energía de nuestra historia	154
3.3. Las renovables. El futuro de la energía en Euskadi	156
4. RIESGOS GEOLÓGICOS	158
4.1. Inundaciones. Cuando el río dice basta	159
4.2. Deslizamientos. Cuando las tierras y las rocas se caen	160
4.3. Sismicidad. ¿Terremotos en Euskadi?	161
4.4. Temporales. Cuando el mar se enfada	162

5. PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEOTURISMO	164
5.1. Lugares de interés Geológico de la CAPV. Las piezas del puzle que no podemos perder	165
5.2. Geoparkea. El Geoparque de la Costa Vasca: <i>flysch & karst experience</i>	166
5.3. Urdaibai. Nuestra Reserva de la Biosfera	167
5.4. Recursos para el geoturismo en Euskadi	168
AUTORÍA DE FOTOGRAFÍAS E ILUSTRACIONES	170

**| ANTES
DE EMPEZAR**

1.1. SERVICIOS DE LA GEODIVERSIDAD. Todo lo que las rocas nos dan

La geodiversidad de un territorio es mucho más que sus rocas, sus minerales y sus fósiles. Su valor va más allá del relato fascinante de millones de años (Ma, del latín *Mega annus*) que podemos leer a través del legado de sus paisajes.

La geodiversidad condiciona en gran medida nuestra historia, nuestra cultura y nuestros ecosistemas, y nos proporciona recursos y servicios que difícilmente se pueden cuantificar con dinero.

La geodiversidad condiciona prácticamente todo nuestro entorno. La orientación y localización de nuestros valles y relieves condiciona nuestra forma de ocupar el territorio y al mismo tiempo, marca sus variaciones climáticas. El agua que guardan y suministran nuestras montañas y suelos nos da la vida, a los seres humanos y

a miles y miles de especies de flora y fauna que dependen de ella. Las rocas se descomponen en superficie y forman los suelos, que son la base de nuestra agricultura y ganadería, de nuestros bosques y de nuestra forma de conseguir alimento. En definitiva, la diversidad geológica proporciona el sustrato donde se desarrolla la diversidad biológica, que junto al clima, nos provee de la base sobre la que se desarrollan los ecosistemas que hoy tenemos en Euskadi.

La geodiversidad ha marcado también nuestra historia. Nuestros antepasados encontraron refugio en las cuevas cercanas a la costa y nos dejaron obras de arte como las de Ekain o Santimamiñe. Los metales de Arditurri o las sales de Añana fueron elementos estratégicos durante la expansión del Imperio Romano por el norte de la península. En la Edad Media, el hierro y la disponibilidad de agua alimentaron la industria de las ferrerías que, posteriormente, tendría su continuidad en

la época moderna con los Altos Hornos de Bizkaia y la gran expansión económica y social del siglo XX en nuestro país.

Nuestras rocas han servido para construir y adornar nuestros caseríos y torres, pero también algunos edificios singulares dentro y fuera de nuestras fronteras. Edificios como la Universidad de Oñati o el Teatro Arriaga de Bilbao en Euskadi, o el edificio de la ONU en New York están revestidos de piedra de nuestras canteras. La actividad minera y de cantería también se refleja en expresiones culturales y deportivas como los barrenadores o el levantamiento y el arrastre de piedras.

En definitiva, nuestra geodiversidad, Amalur, nos ha proporcionado riqueza y materiales para el desarrollo, sí, pero también agua, suelos fértiles, ecosistemas, cultura y algo mucho más difícil de medir: el sentido de pertenencia a una tierra de paisajes naturales y culturales extraordinarios.



1.2. GEÓLOGOS Y GEÓLOGAS

Detectives del pasado leyendo la piel de la Tierra

La geología es una ciencia tan apasionante y poco conocida como la propia historia de la Tierra. Los geólogos y geólogas son especialistas que tratan de entender y reconstruir un puzle formado por millones de piezas distribuidas por todo el planeta. Son detectives del pasado y aunque actualmente se trabaja con técnicas de alta tecnología, sus herramientas básicas son muy sencillas: un martillo, una lupa, un mapa, un cuaderno de notas, una buena dosis de conocimiento y mucha imaginación.

¿Te imaginas la labor de aquellas primeras personas que se atrevieron a poner un poco de orden y sentido en el paisaje?

El conocimiento geológico de nuestra comunidad autónoma tiene una historia larga de investigación que comienza en el siglo XVIII. El despegue definitivo se produce a mediados del siglo XX con los trabajos liderados principalmente por investigadores de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea y especialistas llegados del extranjero.

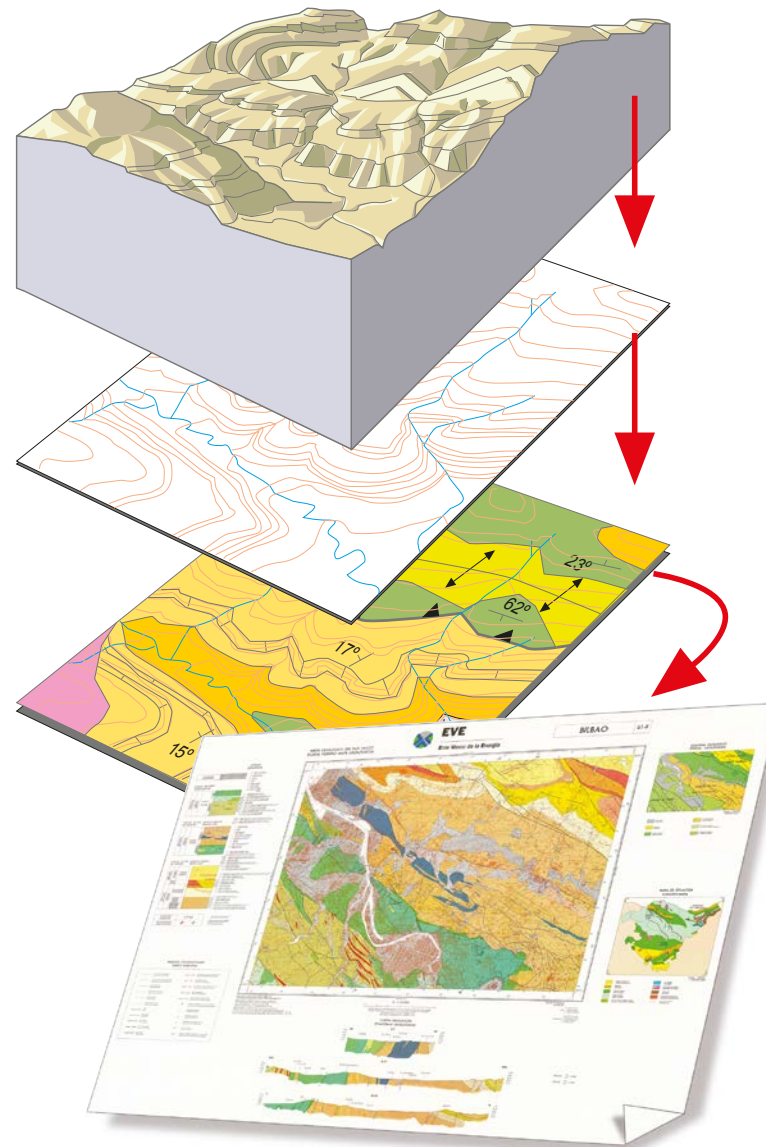
La elaboración de un mapa geológico es la base del trabajo en geología. Es el primer paso para reconstruir el puzle. Necesitamos conocer qué tipos de roca tenemos y cómo se distribuyen en el espacio y en el tiempo. Poco a poco, el geólogo o geóloga va tomando notas, identificando diferentes tipos de rocas en el campo y dibujando sobre un mapa. El mapa nos permite, por ejemplo, interpretar el subsuelo, conocer



la profundidad a la que se encuentra un yacimiento mineral, establecer un mapa de riesgos geológicos, localizar manantiales, situar rocas, planificar infraestructuras y en definitiva conocer qué tenemos bajo nuestros pies y cómo lo podemos gestionar.

El mapa geológico del País Vasco fue realizado entre los años 1984 y 1991 por el Ente Vasco de la Energía (EVE) y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y supuso un empuje definitivo al conocimiento general de la geología de nuestra tierra.

El mapa nos permite conocer qué tenemos bajo nuestros pies y cómo lo podemos gestionar.



Elaboración de un mapa geológico

1- Campo

Recolección de datos geológicos

2- Gabinete

Volcado de datos de campo sobre un mapa topográfico

3- Mapa geológico

Realización del mapa geológico

4- Publicación

Mapa geológico con esquemas y cortes.

1.3. LA TIERRA DINÁMICA

Los continentes se mueven y los paisajes cambian

¡Fósiles marinos en nuestras montañas!
Los paisajes cambian. Lo que en algún momento fue un fondo marino hoy puede ser una cumbre a 1.500 metros de altura.

Un repaso rápido por nuestra geología nos muestra que el paisaje que vemos hoy es solamente un fotograma de una película donde la imagen cambia constantemente. En Euskadi podemos encontrar arenas de playa, cantos rodados de río, sedimentos glaciares, bosques tropicales, volcanes o arrecifes submarinos convertidos en roca. Igual que las civilizaciones, las formas del relieve y sus paisajes cambian, pero a una

escala temporal inmensamente mayor. Esta es una de las mayores aportaciones de la geología a la cultura moderna.

El tiempo geológico es un factor clave. Imagínate que nuestras montañas se erosionaran a razón de 1 milímetro al año. Si no actuaran otros factores, serían suficientes 1,5 Ma para convertir nuestro montañoso país en una planicie. Y si durante ese tiempo la temperatura subiera del orden de 0,001 grados por siglo el clima sería entonces 15 grados más cálido que en la actualidad y muy posiblemente el mar nos habría inundado completamente

debido al ascenso de nivel. Pues bien, las rocas de nuestro entorno nos cuentan una historia de 375 Ma.

La superficie de nuestro planeta, la corteza, está dividida en placas rígidas que "flotan" sobre un material viscoso, el manto. Esa masa se mueve bajo nuestros pies por diferencias de temperatura y arrastra a las placas provocando que choquen entre sí o se separen con el tiempo.



La Tectónica de placas es posiblemente la teoría más importante de las ciencias geológicas.

Las placas se mueven a la misma velocidad a la que crecen las uñas, apenas unos pocos centímetros al año. Los continentes que viajan sobre esas placas chocan entre sí y dan lugar a nuevas cordilleras y volcanes que posteriormente se erosionan.

“Sabías que...
en la cima del
Everest se han
encontrado
fósiles marinos de
hace 450 Ma? ”



1.4. NUESTRAS ROCAS Y MINERALES

El puzle de la historia de la Tierra

Las rocas

Las rocas tienen colores, formas y texturas diferentes. Algunas se formaron en el fondo del mar o en el lecho de un río, otras en el interior de un volcán y algunas, incluso, en el interior de una montaña en formación. Cada una tiene su historia, y entre todas, conforman la memoria de la Tierra.

El País Vasco tiene una gran variedad de rocas. La gran mayoría son **rocas sedimentarias**, es decir, formadas por la acumulación de sedimentos. De ellas, más de un 70% son rocas originadas en el fondo marino, pero las hay también formadas en el lecho de un río, una playa, un campo de dunas o el fondo de un lago. Son las calizas, margas, areniscas, conglomerados y arcillas que conforman la mayoría de nuestros paisajes.

Hay también algunas rocas de origen volcánico, como los basaltos que se formaron en coladas de lava submarina, e incluso rocas como el granito de Aiako Harria, o los gabros de Zumarraga que son el resultado del enfriamiento lento en profundidad de un magma que no llegó a salir a superficie. Estas son nuestras **rocas magmáticas**.

Algunas rocas aparecen recocidas y recrystalizadas por acción de las fuertes presiones y temperaturas. Son las **rocas metamórficas** como las pizarras y los esquistos que aparecen en el NE de Gipuzkoa.



El ciclo de las rocas

Algunas rocas del País Vasco y su significado.

A) Gneiss metamórficos de Baigura formados hace unos 500 Ma.

B) Granitos de Aiako Harria formados en la raíz de una gran cadena hace unos 270 Ma.

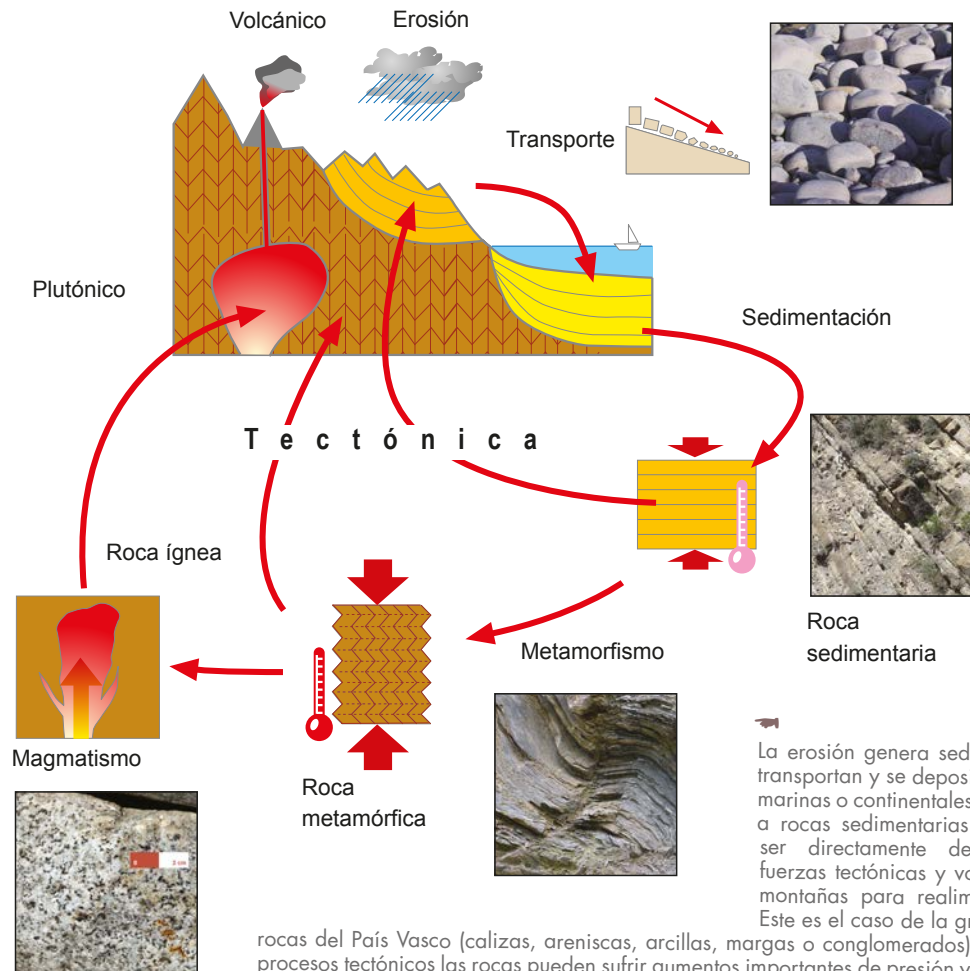
C) Conglomerados del monte Adarra formados en un río que surcaba el continente Pangea hace 250 Ma.

D) Arcillas del diapiro Añana formadas en una laguna costera hace unos 230 Ma.

E) Calizas con fósiles de rudistas del monte de Hernio formadas en un antiguo arrecife de coral hace unos 110 Ma.

F) Basaltos de origen volcánico formados debajo del mar hace unos 90 Ma.

G) Areniscas del flysch formadas a 1.000 m de profundidad bajo el mar hace unos 50 Ma.



La erosión genera sedimentos que se transportan y se depositan en cuencas marinas o continentales para dar lugar a rocas sedimentarias. Estas pueden ser directamente deformadas por fuerzas tectónicas y volver a generar montañas para realimentar el ciclo. Este es el caso de la gran mayoría de

rocas del País Vasco (calizas, areniscas, arcillas, margas o conglomerados). Durante estos procesos tectónicos las rocas pueden sufrir aumentos importantes de presión y/o temperatura y transformarse en rocas metamórficas. Incluso pueden llegar a fundirse y generar magmas que cuando cristalicen darán lugar a rocas ígneas. Si el enfriamiento de estos magmas se produce lentamente en profundidad se formarán rocas plutónicas como los granitos de Aiako Harria y si el magma consigue salir a superficie dará lugar a rocas volcánicas como los basaltos de Fruiz.

Los minerales

Las rocas están formadas por diferentes minerales. Algunos son muy comunes como el cuarzo o la calcita, principales componentes de areniscas y calizas, respectivamente. Otros, en cambio, son mucho menos abundantes como las andalucitas de los esquistos, los

feldespatos de los granitos o los olivinos de los basaltos. Y algunos destacan por su interés económico como la blenda, la pirita o la siderita, principal mineral de hierro explotado en las minas de Bizkaia.



A



D



B



E



C



Algunos minerales del País Vasco. **A)** Blenda acaramelada (ZnS), **B)** Calcita (CaCO_3), **C)** Pirita (FeS_2), **D)** Galena (PbS) y **E)** Siderita (FeCO_3).

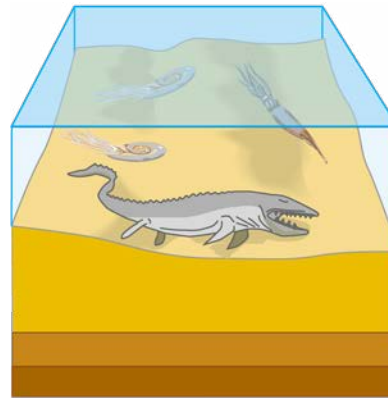
1.5. FÓSILES DE EUSKADI. Los testigos de nuestra historia

Los fósiles son los restos y las huellas de los organismos que vivieron en el pasado. Pueden ser grandes y espectaculares como los dinosaurios o pequeños e invisibles como los microfósiles marinos. Todos ellos son fundamentales para reconstruir la historia de la vida y la sucesión de escenarios en la que esta ha tenido lugar.

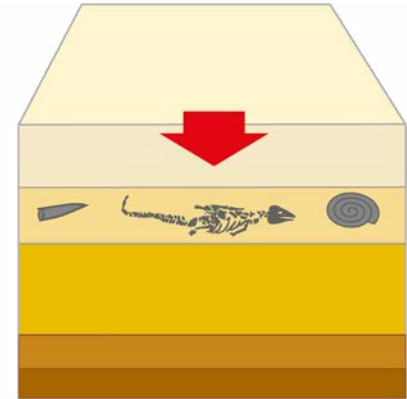
Las rocas de Euskadi son un museo natural de fósiles. Tenemos grandes amonites, dientes de tiburón, corales, peces, esponjas, reptiles marinos gigantes, algunos dinosaurios, insectos, tortugas, cocodrilos y osos de las cavernas, por citar solamente algunos ejemplos. Los fósiles han servido muchas veces para identificar la edad de las rocas, son la clave para entender los ambientes del pasado y representan los eslabones de la evolución de la vida en la Tierra.

La fosilización es un proceso selectivo que depende de muchos factores, es decir, no todos los organismos quedan fosilizados. De hecho, la mayoría se desintegra después de su muerte. Normalmente fosilizan las partes duras (huesos, dientes, conchas, etc.), pero circunstancialmente pueden fosilizar incluso semillas, esporas o granos de polen. Uno de los factores clave suele ser el rápido enterramiento de los restos por sedimentos finos, de manera que quedan

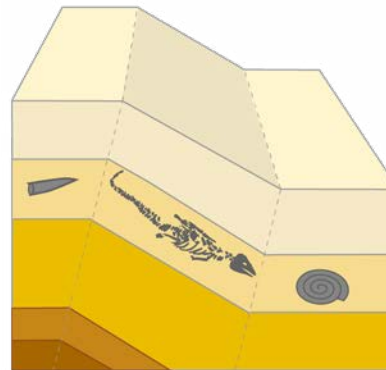
¿Cómo llega un fósil de un organismo marino a nuestras montañas?



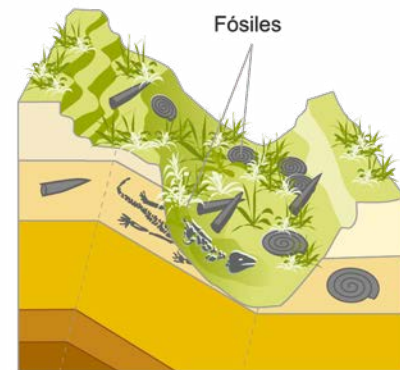
1- Los organismos mueren y caen al fondo de la cuenca.



2- Los organismos quedan enterrados por nuevos sedimentos y se inicia el proceso de fosilización.



3- La tectónica pliega las rocas con fósiles.



4- La erosión permite acceder a los fósiles enterrados.

protegidos y facilitan los procesos físico-químicos que transforman los restos del organismo en mineral.

En muchas ocasiones lo que fosiliza no es el organismo en sí, sino el molde o la impronta que este dejó en las rocas. También son muy

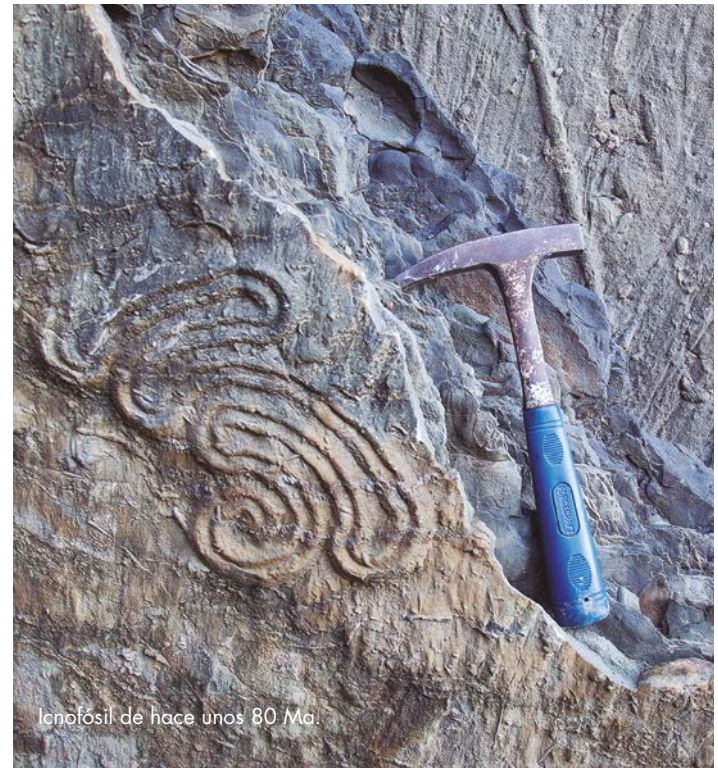
abundantes las huellas fósiles, llamadas icnitas o icnofósiles, que registran el rastro dejado por aquellos antiguos animales cuando se desplazaban por los fondos marinos, los estuarios o los márgenes fangosos de ríos y lagos de hace miles o millones de años.

Los fósiles no se entienden sin las rocas que los contienen. Un fósil fuera de contexto es como una escultura sin fecha ni autor.

“¿Sabías que... los fósiles más antiguos de Euskadi son de origen marino y tienen unos 370 Ma?,,



Braquiopodos marinos de hace unos 370 Ma.



Icnofósil de hace unos 80 Ma.



Suturas de un amonite de Mutriku de hace unos 105 Ma.



Inocerámido del flysch de hace unos 80 Ma.



Equínido de hace unos 80 Ma.



Cráneo de oso de hace unos 250.000 años.

1.6. EL TIEMPO GEOLÓGICO. Un abismo de 4.500 millones de años

La vida de nuestra especie en la Tierra supone como mucho un 0,1% de la historia total del planeta. Por eso, el tiempo geológico tiene una dimensión tan difícil de imaginar para el ser humano. Se mide en millones de años. Si redujéramos la historia de la Tierra a un solo año, nuestra sociedad moderna apenas aparecería con las campanadas del 31 de diciembre.

¿Cómo se divide el tiempo geológico?

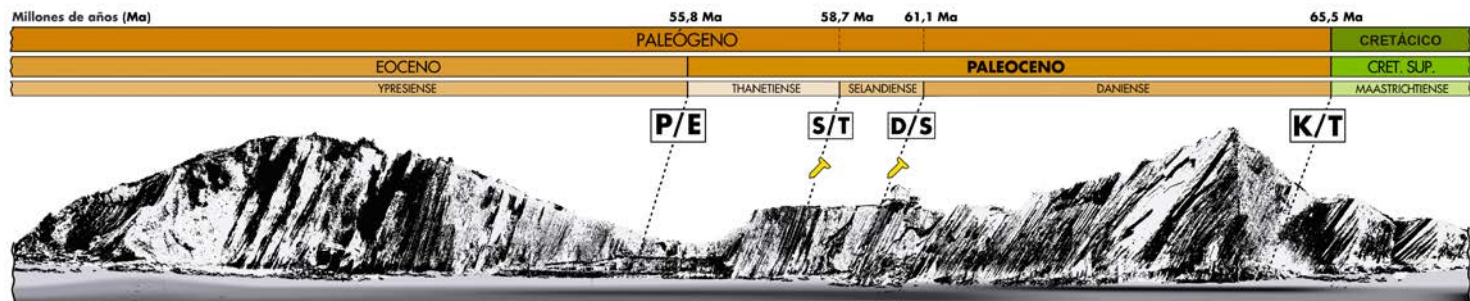
La Tierra tiene aproximadamente 4.500 Ma y su historia está llena de cambios. Estos procesos se producen generalmente de manera lenta y gradual, pero existen

Los eventos que definen los límites de los capítulos de la historia de la Tierra deben de ser globales y se deben de poder observar en diferentes lugares del planeta en rocas de la misma edad.

también cambios más bruscos que quedan reflejados en las rocas y sirven para delimitar las diferentes edades geológicas. Estos eventos están relacionados normalmente con cambios geológicos, climáticos o biológicos importantes como la extinción de los dinosaurios de hace 66 Ma que marca el límite entre el Cretácico y el Paleógeno, o el final del último episodio frío de hace 11.700 años que marca el inicio del Holoceno, nuestro tiempo geológico actual.

La Comisión Internacional de Estratigrafía elige el lugar donde mejor está representado ese evento colocando un clavo dorado (en inglés, *Golden spike*). Ese lugar será la referencia a nivel mundial y recibe el nombre de *estratotipo*.

De los 7 estratotipos que hay en la península ibérica, tres de ellos se han definido en Euskadi: dos en la playa de Itzurun de Zumaia y uno en la playa de Azkorri, en Getxo.



El flysch de Zumaia es un lugar excepcional para visualizar la división del tiempo geológico. En apenas 200 m de acantilado se pueden ver 4 límites geocronológicos importantes y consecutivos, y además dos de ellos fueron definidos estratotipo mundial. El límite entre el Cretácico y el Paleógeno (K/Pg) está definido por la extinción de los dinosaurios y más del 70% de las especies. El límite entre el Paleoceno y el Eoceno (P/E) marca uno de los mayores calentamientos climáticos de la historia de la Tierra. El límite estratotipo entre el Daniense y el Selandiense (D/S) se reconoce por un descenso importante del nivel del mar y el límite entre el Selandiense y el Thanetiense (S/T) por un cambio en la polaridad del campo magnético terrestre.



TABLA CRONOESTRATIGRÁFICA INTERNACIONAL

www.stratigraphy.org

Comisión Internacional de Estratigrafía

v 2018/08



Fanerozoico										Mesozoico										Paleozoico										Arcaico																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Eonotema / Era		Sistema / Período		Serie / Época		Piso / Edad		GSSP		Edad (Ma)		Eonotema / Era		Sistema / Período		Serie / Época		Piso / Edad		GSSP		Edad (Ma)		Eonotema / Era		Sistema / Período		Serie / Época		Piso / Edad		GSSP		Edad (Ma)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Megayense Norgriense Gronlandense	0.0117 0.0042 0.0002	152.1 ± 0.9	157.3 ± 1.0	163.5 ± 1.0	166.1 ± 1.2	168.3 ± 1.3	170.3 ± 1.4	174.1 ± 1.0	182.7 ± 0.7	190.8 ± 1.0	199.3 ± 0.3	201.3 ± 0.2	~ 208.5	~ 227	~ 237	~ 242	247.2 ± 0.2	251.902 ± 0.024	254.14 ± 0.07	259.1 ± 0.5	265.1 ± 0.4	268.8 ± 0.5	272.95 ± 1.1	283.5 ± 0.6	290.1 ± 0.26	293.52 ± 0.17	298.9 ± 0.15	303.7 ± 0.1	307.0 ± 0.1	315.2 ± 0.2	323.2 ± 0.4	330.9 ± 0.2	346.7 ± 0.4	358.9 ± 0.4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
																																							Pleistoceno	Calabriense	Gelasienne	Piacenziense	Zancliense	Messiniense	Tortonienne	Serravallienne	Langhiense	Burdigaliense	Aquitaniense	Chattienne	Rupeliense	Priabonienne	Bartoniense	Luteciense	Ypresiense	Thanetiense	Selandiense	Daniense	Maastrichtiense	Campaniense	Santonienne	Coniaciense	Turonienne	Cenomaniense	Albiense	Aptiense	Barremiense	Hauteriviense	Valanginiense	Berriasiense																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
																																																																							Plioceno	Mioceno	Oligoceno	Eoceno	Paleoceno	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior	Superior

La norma de colores se rige por la de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CCGM-IUGS) - www.ccmg.org



Traducción al castellano de J.C. Gutiérrez-Marco en colaboración con: Sociedad Geológica de España, Instituto Geológico y Minero de España, Instituto de Geociencias (IGCE-UCM) y Real Academia de Ciencias.



Todas las unidades de esta Tabla, cualquiera que sea su rango, se definen por el Estratipo Global de Límite (GSSP - Global Boundary Stratotype Section and Point) referido siempre a su límite inferior. Este proceso se halla todavía inacabado e incluirá las unidades del Arcaico y Neoproterozoico, cuyas divisiones se convirtieron inicialmente mediante edades absolutas (GSSA - Global Standard Stratigraphic Ages). La posición de los GSSP oficiales se indica en la tabla mediante el símbolo del "Clavo Dorado" (Golden Spike), que los materializa en el terreno. El original de la tabla en distintos idiomas y formatos, junto con los detalles de los estratipos globales de límite (criterio de definición de cada uno, localización geográfica y geológica, correlación, etc.), están disponibles en la web www.stratigraphy.org.

Las edades absolutas, expresadas en millones de años (Ma), son sólo orientativas, pues tanto el Ediacárico como las unidades del Fanerozoico se definen formalmente por sus correspondientes GSSP, en vez de por edades numéricas. No obstante, para aquellas divisiones que no cuentan aún con un estratipo global o con edades bien establecidas, se indican las dataciones aproximadas (~ Ma) de sus límites. Las edades numéricas han sido tomadas de Gradstein et al. (4 Geologic Time Scale 2012), con excepción de las correspondientes al Cuaternario, Paleógeno superior, Cretácico, Triásico, Pérmico y Precámbrico, que fueron aportadas por las subcomisiones respectivas de la ICS-IUGS.

Tabla diseñada por K.M. Cohen, D.A.T. Harper, P.L. Gibbard y J.-X. Fan © International Commission on Stratigraphy (IUGS), Agosto 2018

Citar como: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013, actualizada). The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.

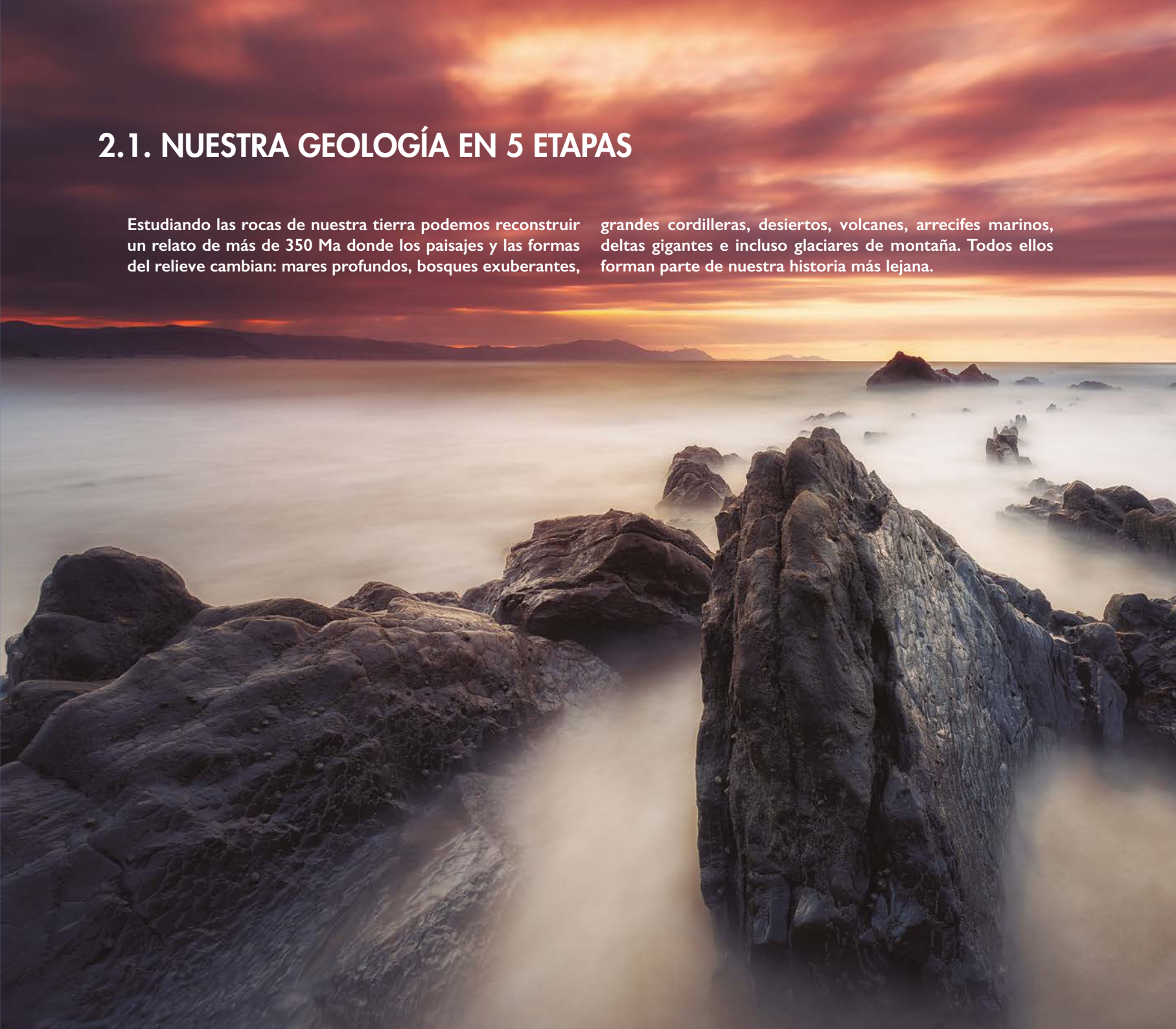
<http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2018-08.pdf>

2 GEOLOGÍA: HISTORIA, PAISAJES Y RECURSOS

2.1. NUESTRA GEOLOGÍA EN 5 ETAPAS

Estudiando las rocas de nuestra tierra podemos reconstruir un relato de más de 350 Ma donde los paisajes y las formas del relieve cambian: mares profundos, bosques exuberantes,

grandes cordilleras, desiertos, volcanes, arrecifes marinos, deltas gigantes e incluso glaciares de montaña. Todos ellos forman parte de nuestra historia más lejana.



Historia geológica del País Vasco en 5 etapas

Etapa 1 (375 - 260 Ma) Mares y montañas del pasado

El territorio del País Vasco estaba sumergido bajo un mar profundo situado entre dos grandes continentes llamados Laurasia (al norte) y Gondwana (al sur). Hace unos 300 Ma chocaron entre sí y dieron lugar a un continente único llamado Pangea con una gran cordillera en su interior.

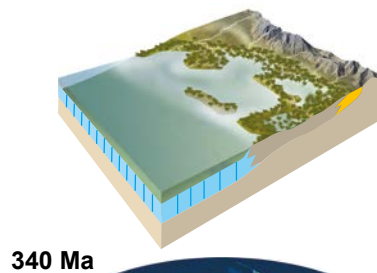
Etapa 2 (260 - 200 Ma) Un gran desierto en Pangea

Aquellos grandes relieves fueron erosionándose al tiempo que la corteza de Pangea comenzó a agrietarse. Había volcanes, grandes ríos y lagunas litorales que se desecaban por la aridez de un clima continental extremo.

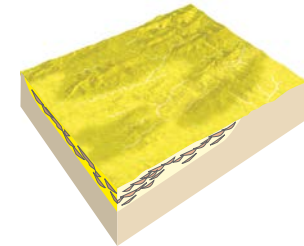
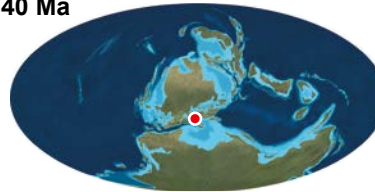
PALEO-PAISAJES

PALEO-MAPAS

● Posición aproximada del País Vasco



340 Ma



220 Ma



ERAS GEOLÓGICAS

ETAPA 1 PALEOZOICO

ETAPA 2

415 millones de años

350

300

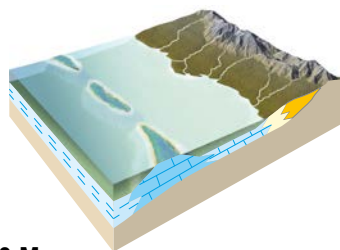
251

“ ¿Sabías que las montañas de Pangea eran incluso más altas que el actual Himalaya? ”

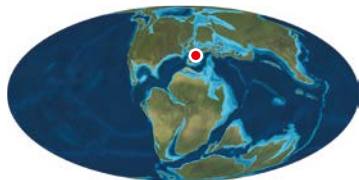
“ ¿Sabías que hoy podemos consumir sal de lagunas marinas de hace más de 200 Ma? ”

Etapa 3 (200 - 40 Ma) Euskadi, bajo un mar tropical

Pangea comenzó a disgregarse en diferentes piezas, los nuevos continentes se separaban y poco a poco el mar volvió a cubrir todo nuestro territorio durante más de 120 Ma. La mayoría de nuestras rocas se formaron en esta etapa.

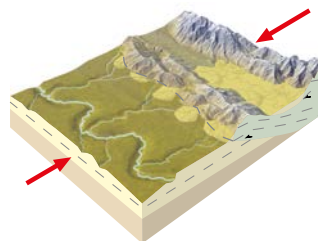


120 Ma

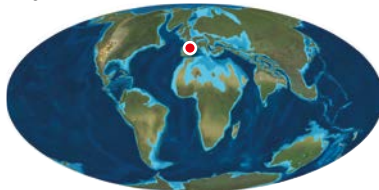


Etapa 4 (80 - 5 Ma) La gran colisión

La pequeña placa ibérica comenzó a girar y colisionó con la placa europea. Todos los sedimentos acumulados durante millones de años en el fondo del mar se deformaron y levantaron para dar lugar a los Pirineos. Euskadi emergió de las aguas.

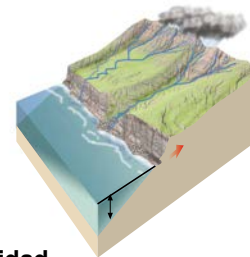


40 Ma



Etapa 5 (5 - 0 Ma) La formación del relieve

En los últimos miles de años el hielo, el agua y el mar principalmente han ido erosionando las rocas y moldeando el paisaje actual de valles, montañas y acantilados.



Actualidad



ETAPA 5

ETAPA 3

ETAPA 4

MESOZOICO

CENOZOICO

200

150

100

65

50

0

“ ¿Sabías que nuestras montañas más emblemáticas están formadas por antiguos arrecifes marinos? ”

“ ¿Sabes a qué velocidad crecen las montañas? ”

“ ¿Sabías que en nuestras montañas ha habido glaciares alguna vez? ”

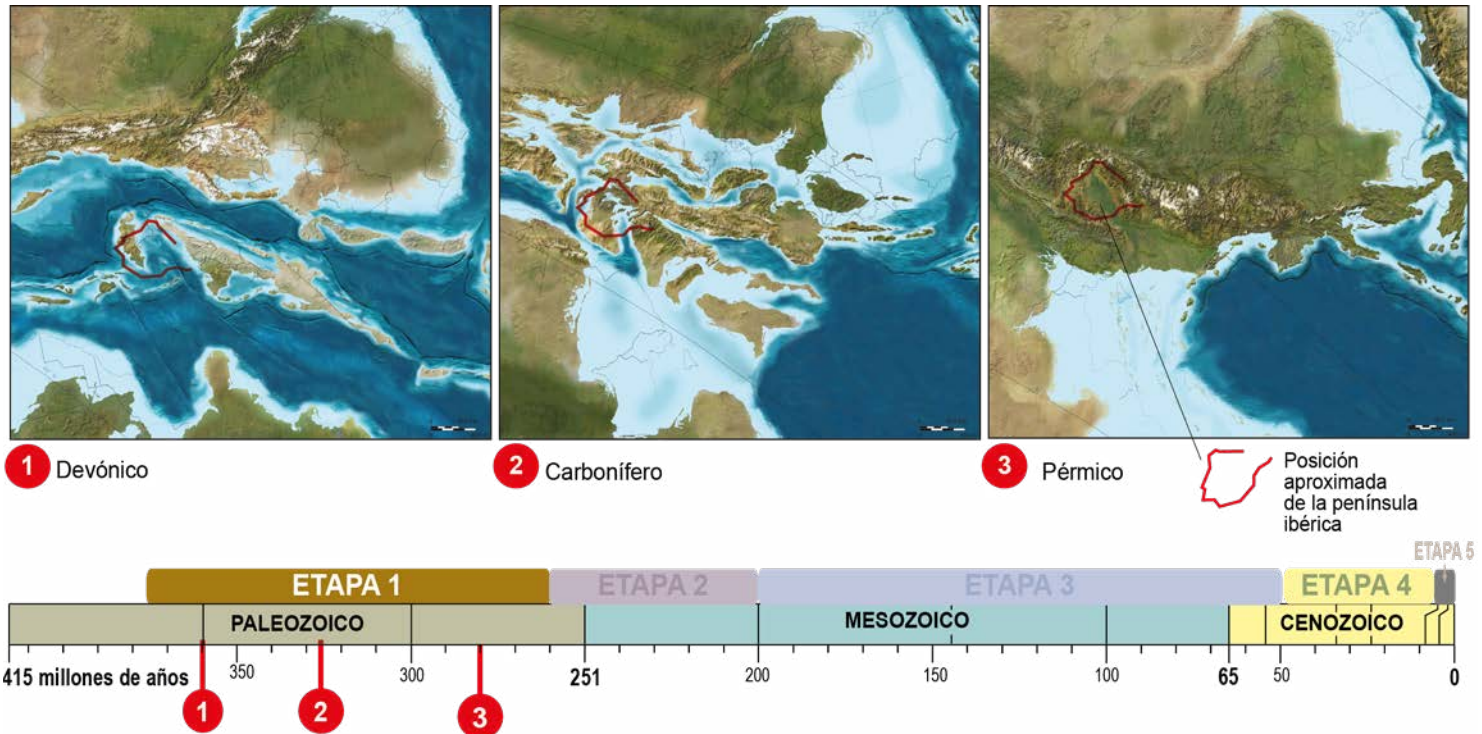
2.2. ETAPA 1. Mares y montañas del pasado (hace entre 375 y 250 Ma)

¿Qué pasó?

Al inicio de este periodo nuestro territorio se encontraba sumergido bajo un mar profundo entre dos grandes continentes:

Laurasia al norte y Gondwana al sur (2.2.1 / pág. 30). Estos dos gigantes se fueron acercando hasta que el choque

entre ellos levantó una gran cadena montañosa en Pangea conocida como la Orogenia Varisca. (2.2.2 / pág. 34).



Etapa 1. Contexto y evolución de la cuenca vasco-cantábrica durante el Paleozoico.

¿Qué evidencias tenemos y dónde se pueden ver?

Esta etapa quedó claramente registrada en las rocas del noreste de Gipuzkoa. El valle de Leizaran, el entorno minero de Arditurri (Oiartzun) o el embalse

de Añarbe (Errenteria) se sitúan sobre arcillas, areniscas y pequeños conglomerados depositados en aquel mar devónico de hace 370 Ma.

El granito de Aiako Harria y algunas rocas metamórficas de su entorno son los mejores testigos de la gran de colisión que dio lugar a Pangea.



Granito de Aiako Harria
y su entorno de rocas paleozoicas.


2.2.1. Los mares más antiguos (375 - 320 Ma) 1 2

Aquel mar antiguo y profundo de finales del Devónico tenía forma de golfo. En su fondo se depositaron arcillas y arenas intercaladas que hoy podemos ver transformadas en pizarras, areniscas y esquistos debido a los cambios sufridos durante su plegamiento y levantamiento (ver 2.2.2 / pág. 34). Hacia el oeste, donde

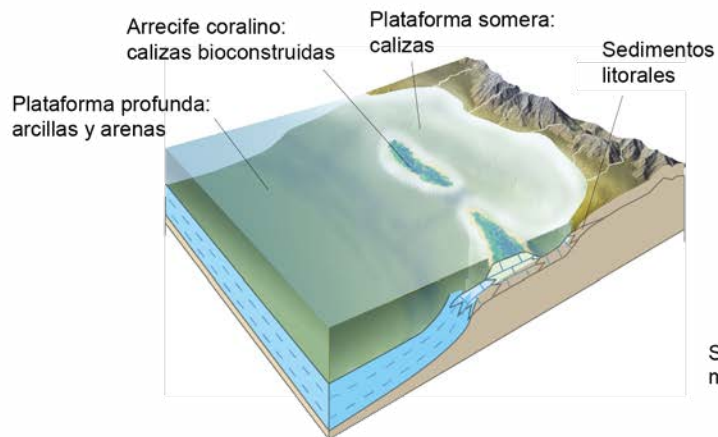
el mar era menos profundo, se formaron las imponentes calizas de los Picos de Europa. Eran los antiguos arrecifes de aquel mar paleozoico.

El acercamiento de los dos continentes dio lugar a un levantamiento paulatino del fondo marino y poco a poco comenzaron

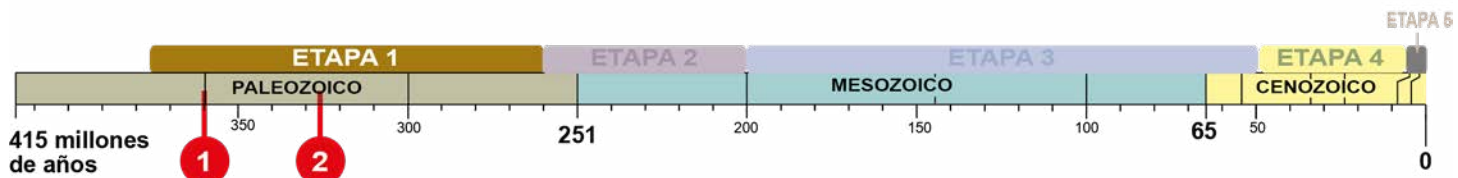
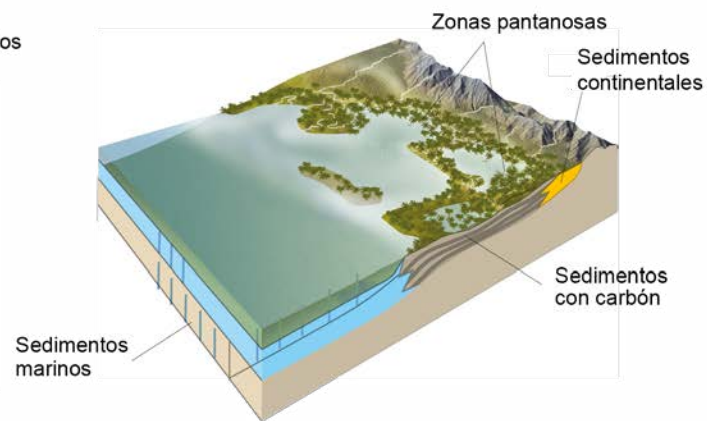
a emerger los primeros relieves continentales. Las zonas pantanosas que se formaron entonces fueron rápidamente colonizadas por los bosques frondosos del Carbonífero.

 Aspecto general de los mares paleozoicos.

1 Devínico 415 - 360 Ma



2 Carbonífero 360 - 300 Ma



Esta abundancia de materia vegetal se convirtió con el tiempo en grandes reservas de carbón como las de Asturias o León.

En las rocas de esta edad podemos encontrar restos fósiles de la vida de aquellos mares y bosques primigenios: colonias de corales, conchas de bivalvos y restos de flora carbonífera.



Las pizarras paleozoicas del NE de Gipuzkoa muestran un aspecto bastante roto, tienen un pequeño brillo y están habitualmente cubiertas por líquenes y vegetación.



Fósiles de braquiópodos que vivían en el mar devónico. Otsondo (Nafarroa).

El clima era cálido y húmedo y los helechos y equisetos crecían gigantes como los árboles.



Restos vegetales de las primeras áreas continentales ocupadas por los bosques del Carbonífero.



Biotopo protegido del Leitzaran

El valle de Leitzaran está excavado en su mayor parte en estas rocas paleozoicas y representa uno de los cauces y ecosistemas fluviales más completos de Euskadi. El río erosiona fácilmente las pizarras y da lugar a un valle profundo, estrecho y sinuoso. Los suelos son ácidos debido a la influencia del sustrato rocoso y la vegetación es muy acidófila salvo en pequeñas superficies llanas del fondo del valle donde se atenúa esa característica. Su bosque de ribera tiene un alto valor ecológico.

La vía verde de Plazaola recorre el valle a través de 21 km entre Leizor y Andoain y aprovecha el trazado del antiguo ferrocarril que unía Pamplona y Donostia-San Sebastián (1913–1958). Originalmente el ferrocarril se había construido entre 1902 y 1905 para dar salida al mineral de hierro que se explotaba en las minas de

Bizkotx (Berastegi), aunque se tiene constancia de que ya en el siglo XIV y XV se explotaban varios yacimientos en el valle. La mineralización de hierro está relacionada con las reacciones químicas producidas por el emplazamiento cercano del magma que originó el granito de Aiako Harria y que dio lugar a una activa circulación de fluidos calientes y cargados de mineral entre las rocas del entorno (2.2.2. / pág. 34).

Además de la minería, el valle reúne una gran cantidad de elementos de interés cultural como ferrerías, molinos, centrales hidráulicas y aspectos relacionados con la gestión maderera que han sido explicados en varios paneles localizados a lo largo de la vía verde y en el centro de visitantes situado en Andoain.

Pequeño afluente
del río Leitzaran.



Foto antigua del ferrocarril
de las minas de Leitzaran.

2.2.2. Fuego en el interior de la Tierra (320 - 250 Ma)

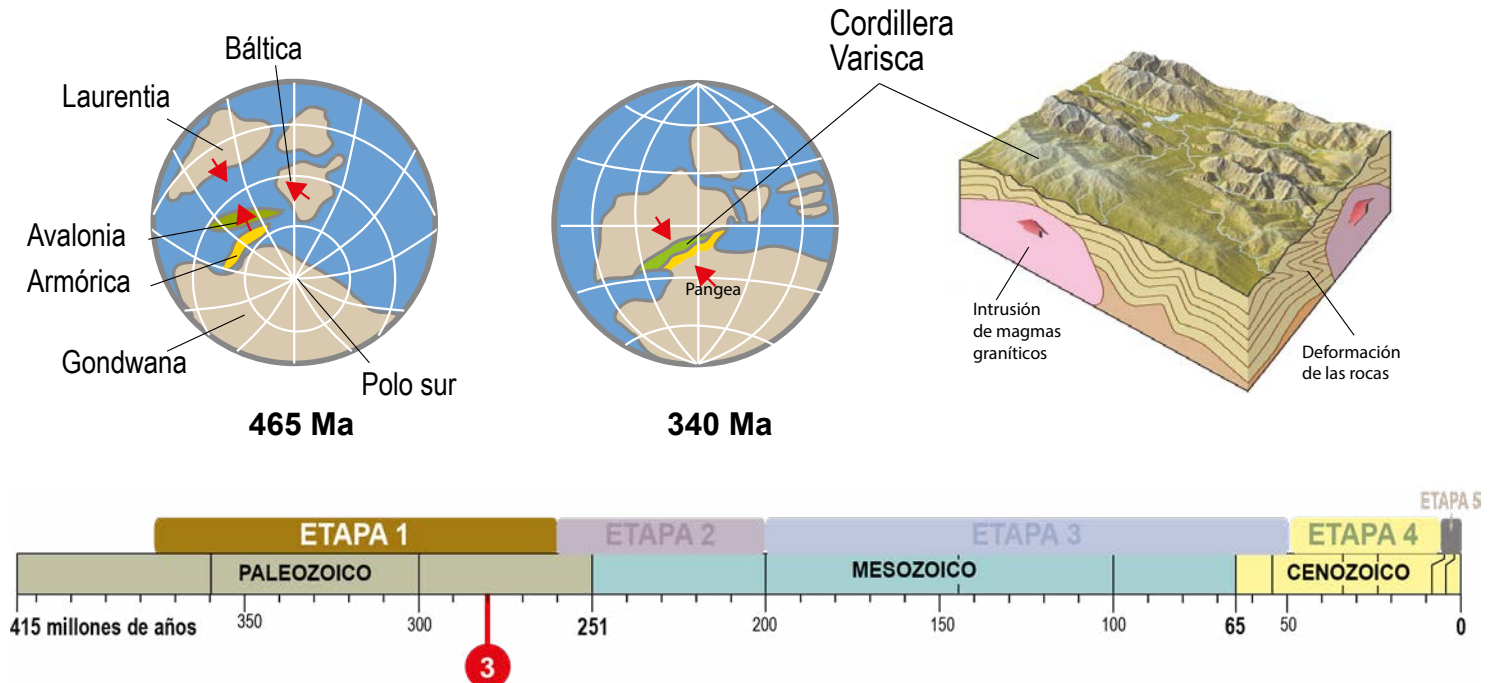
3

El choque entre los continentes de Laurasia y Gondwana fue tan brutal que dio lugar a una gran cadena montañosa de miles de kilómetros de longitud. Se cree que pudo ser tan elevada como el actual Himalaya. Aquella colisión, conocida en geología como la Orogenia Varisca, generó presiones y temperaturas que consiguieron fundir parte de la corteza terrestre. Este

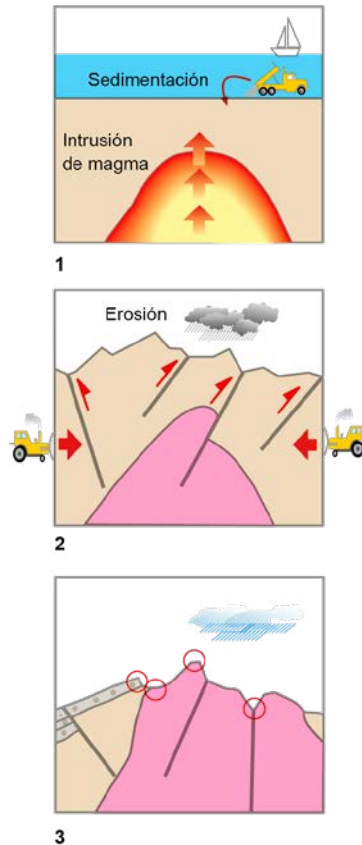
material fundido ascendió en forma de grandes bolsas de magma que quedaron emplazadas a unos pocos kilómetros de la superficie. Su enfriamiento lento dio lugar a la cristalización de los granitos, rocas muy comunes que hoy podemos ver en el Pirineo, Galicia, Extremadura o el Sistema Central.

En nuestro territorio tenemos también un testigo de aquel fuego interior: Aiako Harria es el único granito del País Vasco. Esta bolsa de magma se quedó a unos 4 km bajo la superficie hace unos 267 Ma, en un momento en el que la colisión entre los dos continentes había empezado ya a remitir:

Esquema general de la Orogenia Varisca



Formación simplificada del granito de Aiako Harria



1.- Intrusión del magma hace unos 267 Ma.

2.- Levantamiento del relieve hace unos 40 Ma.

3.- Erosión del relieve y exposición del granito.



El granito es una roca muy granuda porque está compuesta por granos o minerales formados como consecuencia del enfriamiento y cristalización de un magma rico en sílice.

Este proceso lento se produce bajo la superficie y permite que los minerales (el cuarzo, el feldespato y la mica) crezcan hasta un tamaño reconocible a simple vista.

Los granitos son rocas muy resistentes a la erosión y habitualmente dan lugar a relieves importantes y redondeados.



Aiako Harria y las minas de Arditurri



Arditurri es uno de los entornos mineros más importantes de Euskadi. Podemos encontrar escombreras, canteras, bocaminas, galerías, edificios mineros e incluso el trazado del antiguo ferrocarril minero hasta Pasaia, hoy convertido en un agradable *bidegorri*. Aquí se explotó principalmente hierro, aunque también minerales de plomo, zinc, flúor y bario.

El emplazamiento del magma caliente de Aiako Harria en profundidad provocó en las rocas del entorno una serie de reacciones químicas que dieron lugar a la formación de minerales como la blenda, la galena o la fluorita (que contienen hierro, plata, flúor, plomo o zinc) que se han explotado en las minas de Arditurri desde la época romana hasta el siglo XX. Los ingenieros de la última fase de explotación mostraron su admiración hacia lo que habían encontrado en el subsuelo con un escrito que decía: *«Cuatrocientos hombres habrían tenido que trabajar durante doscientos años para perforar semejantes minas»*.

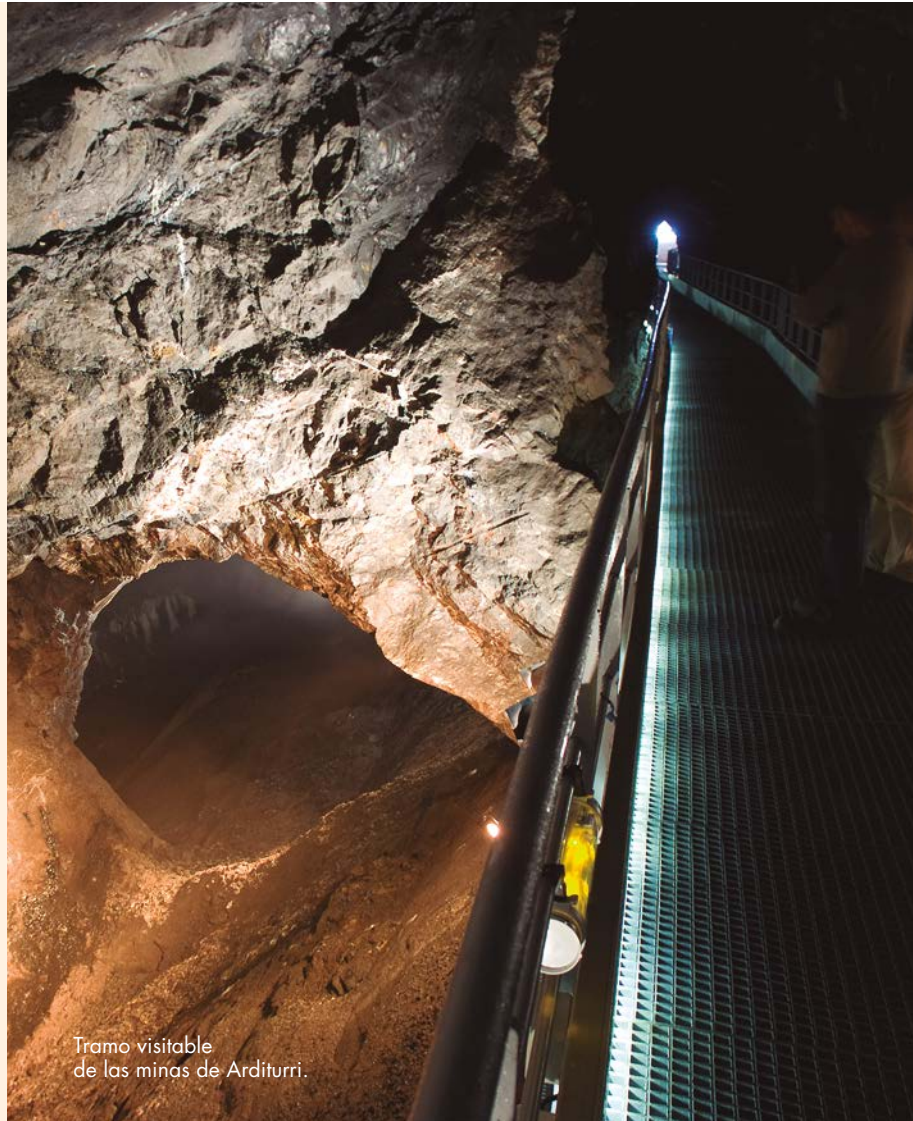
En el interior del parque se han identificado varios lugares de interés geológico del Inventario de la CAPV. Uno de ellos es la mina de Arditurri, actualmente acondicionada para la visita. En el exterior, existe un pequeño centro de interpretación del parque natural y senderos temáticos que nos permiten conocer mejor el entorno.

Aiako Harria está declarada como Parque Natural y como Zona Especial de Conservación. Aquí las montañas forman una pantalla condensadora contra la que chocan las masas de aire húmedas que entran del mar produciendo abundantes precipitaciones, las más altas de Euskadi. El sustrato granítico

es bastante impermeable y dificulta la infiltración por lo que el agua discurre mayormente por la superficie, lo que se traduce en torrenteras y riachuelos cortos con gran pendiente que originan barrancos muy encajonados como el de Endara.

La mole granítica da lugar a paredes desnudas y verticales, muy apropiadas para algunas especies rupícolas como el buitre leonado o el halcón común. Sus crestas y cumbres son especialmente favorables para contemplar la migración de aves.

Se conoce la presencia de 170 especies de vertebrados. Por su parte, el robledal atlántico de roble pedunculado (*Quercus robur*) alberga también una fauna rica y variada propia de este ecosistema tan particular de nuestras montañas.



Tramo visitable
de las minas de Arditurri.

2.3. ETAPA 2. Un gran desierto en Pangea (hace entre 260 y 200 Ma)

¿Qué pasó?

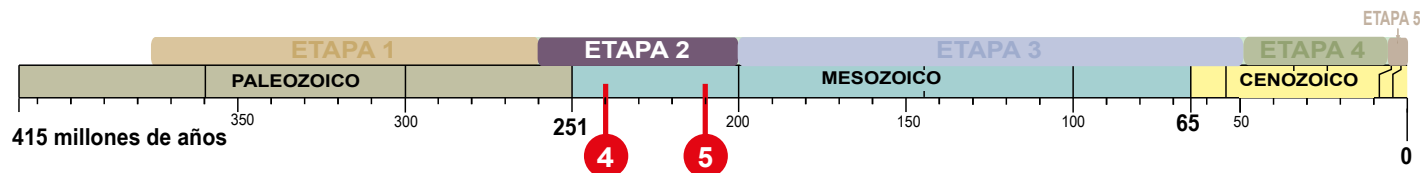
Entramos en un nuevo ciclo. La superficie de Pangea comenzó a agrietarse dando lugar a valles y depresiones donde se acumulaban enormes cantidades de sedimentos erosionados de las montañas (2.3.1. / pág. 40).

En poco tiempo, el mar inundó el territorio. Más tarde, retrocedería de nuevo para dejar una zona costera plana con grandes lagunas saladas. El clima continental era muy árido, y las lagunas fueron poco a poco evaporándose (2.3.2. / pág. 44).

4 Triásico inferior



5 Triásico superior (Keuper)



Etapa 2. Contexto y evolución de la cuenca vasco-cantábrica durante el Triásico.



Monte Adarra (Urnieta) formado por dos grandes crestones de conglomerado rojo.

Arcillas rojas del diapiro de Añana.



¿Qué evidencias tenemos y dónde se pueden ver?

La erosión de aquellas montañas dio lugar a una gran cantidad de conglomerados y areniscas rojas que hoy podemos ver en el valle de Berastegi, Valle de Leitzaran, monte Adarra o en el entorno de Aiako Harria.

La desecación de aquellas lagunas dio lugar a arcillas, yesos y sales que hoy podemos ver en la zona de Tolosa, Asteasu, Gernika-Lumo y en los diapiros de Bakio, Orduña, Murgia, Salinas de Añana, Arraia-Maeztu o Peñacerrada. Habitualmente, asociadas a estas rocas aparece también una roca sub-volcánica llamada ofita.

2.3.1. La erosión de la gran cadena (260 - 240 Ma) 4

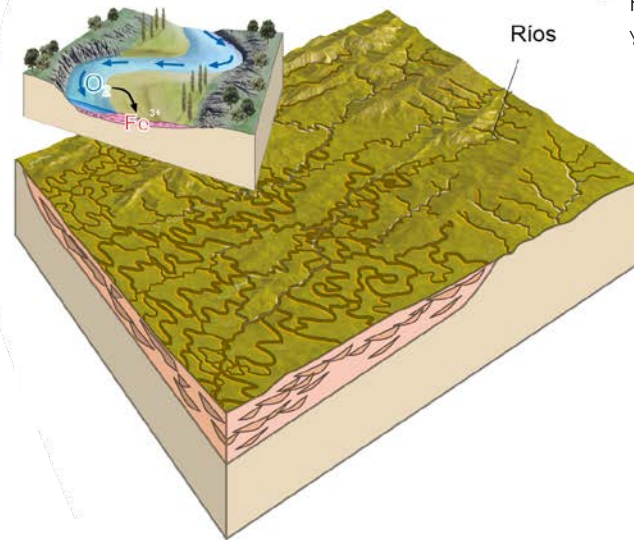
La superficie de Pangea comenzó poco a poco a fracturarse dando lugar a valles y grandes depresiones. Al mismo tiempo, las montañas se erosionaban intensamente formando enormes acumulaciones de sedimentos en la base de los principales relieves y en los cauces fluviales. Así se formaron los grandes abanicos aluviales del Triásico.

En algunos lugares la acumulación de estos sedimentos podría haber llegado a tener varios centenares de metros de espesor.

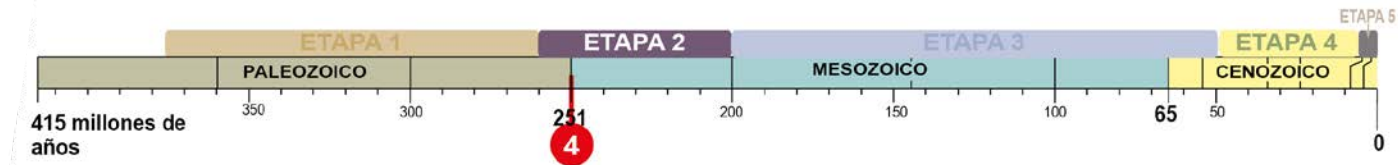
La mayoría de estos sedimentos tienen mucho cuarzo, como las rocas de las que provenían y, por lo tanto, son muy duros de erosionar. Por eso, los conglomerados y areniscas resultantes son también muy resistentes y, normalmente, resaltan en el paisaje, dando lugar a montañas como Larhun (Lapurdi), Mendaur (Nafarroa) o Pico de los Tres Mares (Cantabria) y montes Adarra y Urdelar en Gipuzkoa.

Cuando llovía lo hacía con mucha intensidad y los ríos transportaban grandes cantidades de sedimentos, principalmente cantos rodados, arenas y arcillas.

4 Buntsandstein. Permo-trias. 260 - 240 Ma



El color rojo característico está relacionado con el ambiente árido de aquella época donde el hierro se oxidaba fácilmente. Este conjunto de rocas, que en geología se conocen como *Buntsandstein*, tienen una distribución muy amplia en Europa.



Aspecto general de la zona del País Vasco durante la erosión de los relieves de la gran cadena.



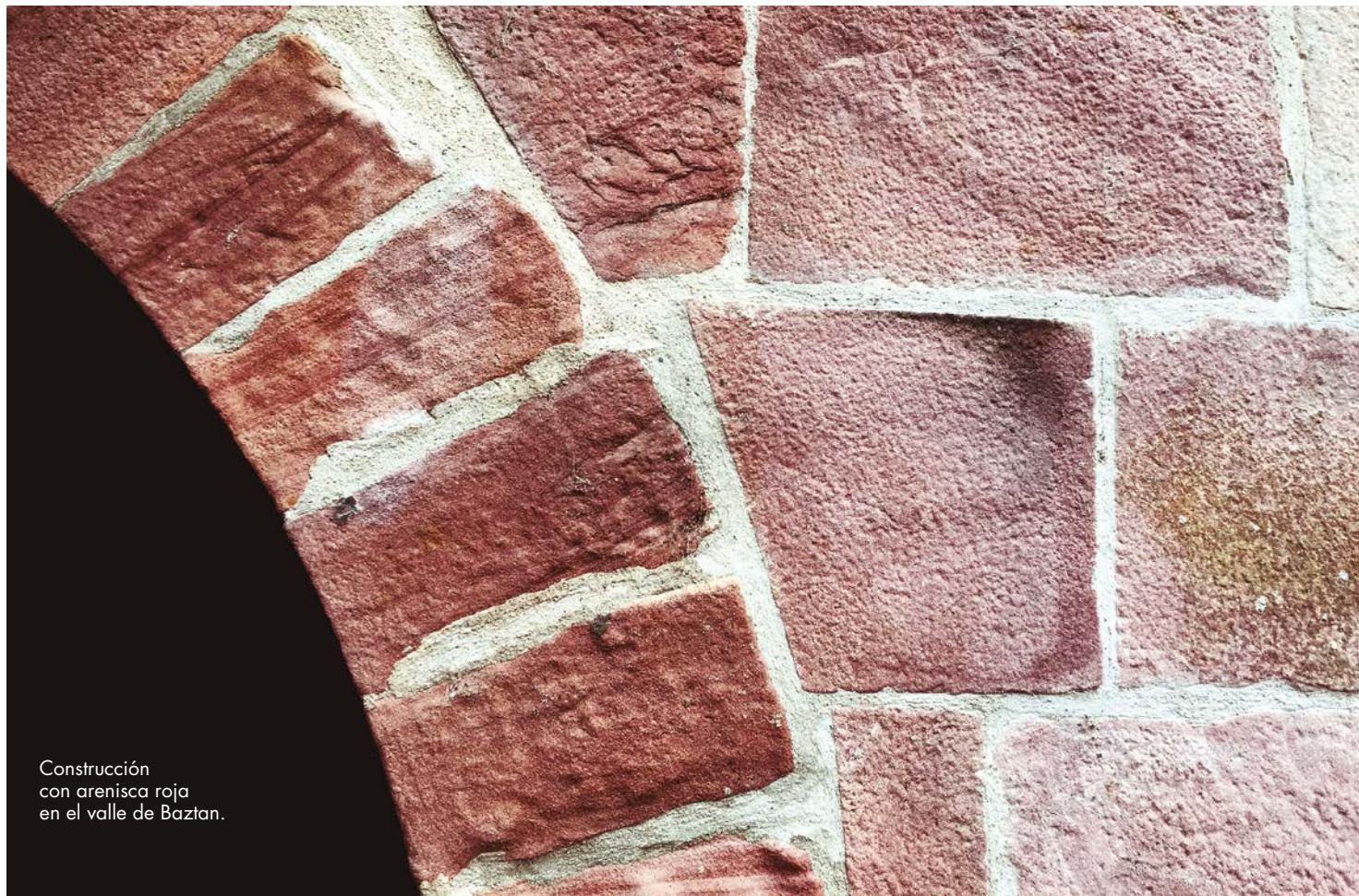
Detalle de conglomerados rojos
del monte Adarra (Urdieta).



Laminaciones de origen fluvial
en las areniscas rojas del *Buntsandstein*.

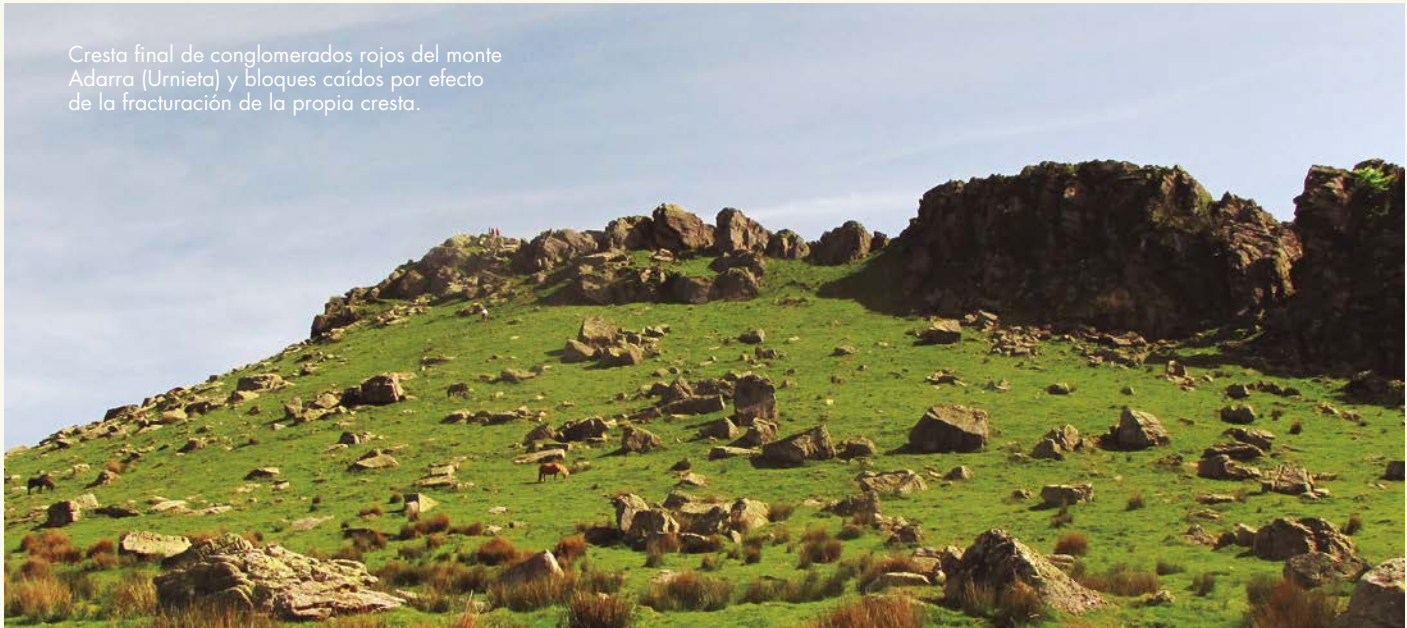
Debido a su dureza las areniscas de esta época han sido utilizadas para la construcción de iglesias y caseríos en el valle de Berastegi y en todo el Baztan navarro. Su forma plana ha permitido también

que estas areniscas se hayan utilizado como grandes losas para delimitar parcelas o como pavimento en muchos lugares del norte de la Península.



Construcción
con arenisca roja
en el valle de Baztan.

Cresta final de conglomerados rojos del monte Adarra (Urnieta) y bloques caídos por efecto de la fracturación de la propia cresta.



El monte Adarra

El monte Adarra (819 m) se sitúa entre las localidades de Urnieta y Andoain, en Gipuzkoa. Se puede acceder fácilmente a su cumbre desde el restaurante Besabi en aproximadamente una hora de caminata. Durante la ascensión caminaremos sobre las pizarras paleozoicas de la etapa anterior (más antiguas y más blandas) hasta llegar a la parte alta de la montaña, donde un paquete de conglomerados y areniscas rojas de unos 40 m de espesor marca ya el relieve final de la cima. Estos estratos tienen una inclinación de unos 40° y condicionan totalmente la morfología de la montaña.

Los conglomerados están afectados por una serie de fracturas que provocan la caída de grandes bloques que nos iremos topando según ascendemos por la ladera hasta el escarpe final. Si prestamos atención, podemos observar los cantos de cuarzo redondeados que se formaron en aquellos caudalosos ríos que hace 250 Ma dismantelaron las montañas de Pangea. Mirando con un poco más de detalle, una vez en la cima, veremos incluso que las areniscas rojas dibujan una serie de láminas que marcan los pequeños cauces y canales internos de aquellos grandes cursos fluviales.

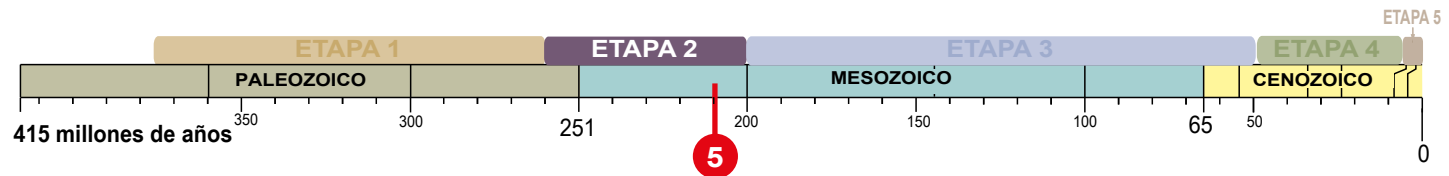
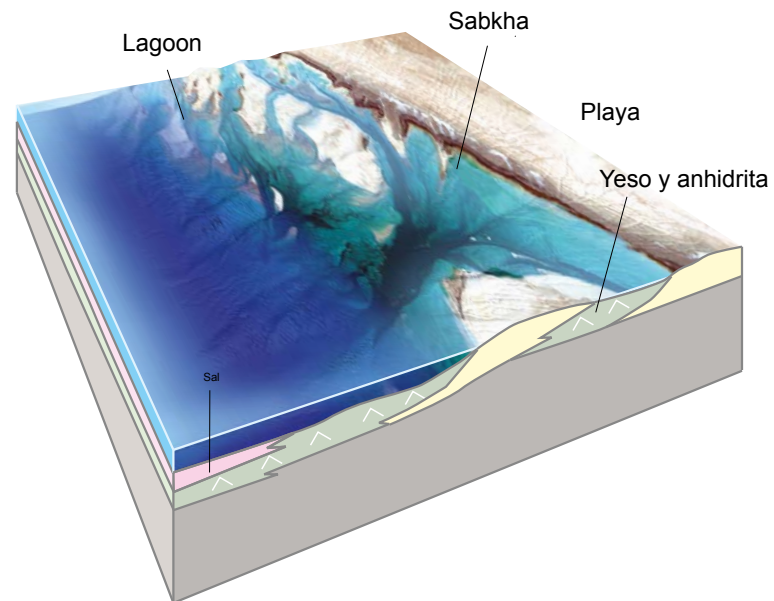
2.3.2. La sal de las lagunas del desierto (240 - 210 Ma) 5

Después del proceso de erosión las costas de Pangea tendrían ya un relieve mucho más suave. En poco tiempo, el mar de Thetis, situado al este, inundó el territorio cubriéndolo bajo una fina lámina de agua.

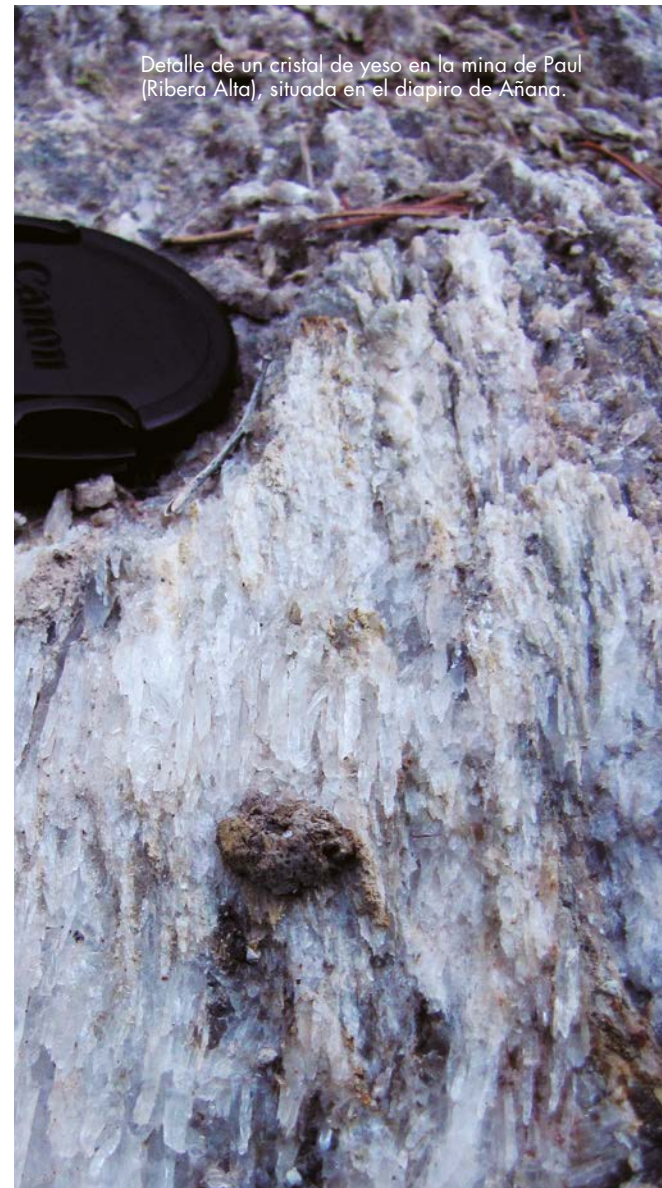
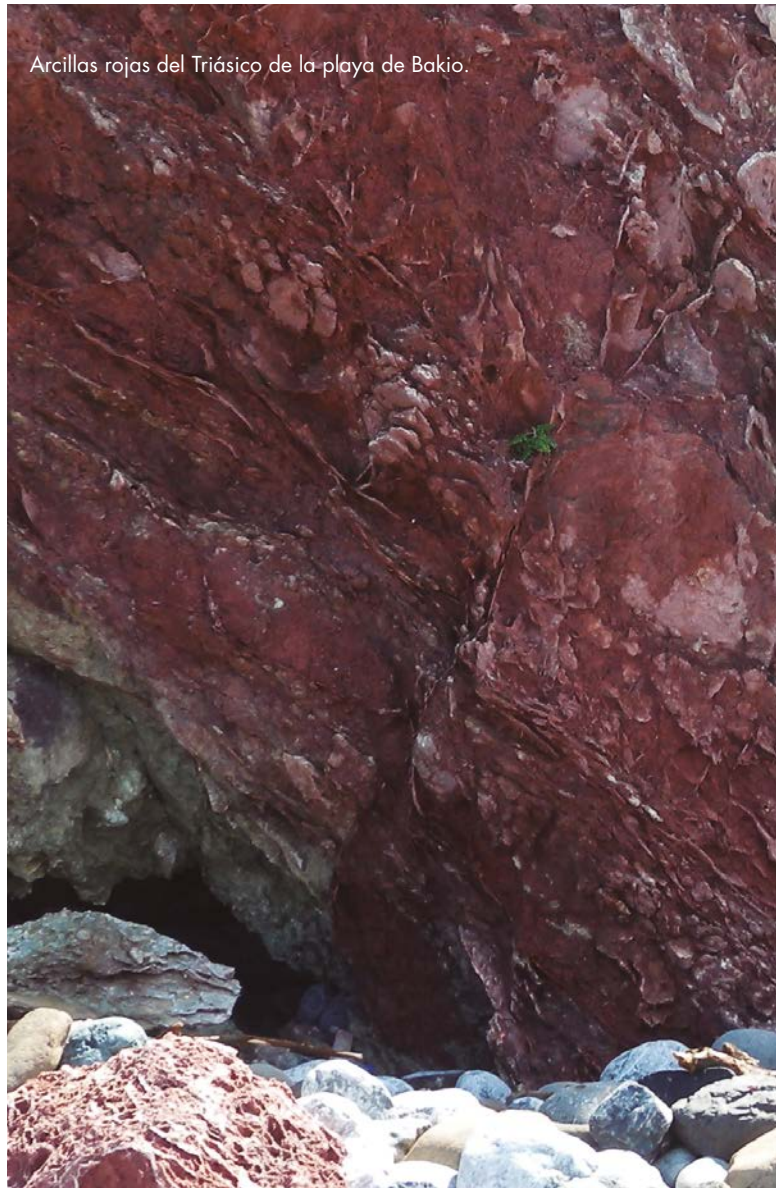
Poco a poco, el mar se fue retirando otra vez hacia el este y dejó a su paso una zona costera muy plana formada por multitud de lagunas poco profundas de agua salada. El clima árido de esta época provocó la evaporación de aquellas aguas y el depósito de grandes cantidades de arcillas, sales y yesos en el lecho de aquellas lagunas. Las arcillas son fácilmente distinguibles por su intenso color rojizo con tonos verdosos y ocre.

Este conjunto de rocas se conoce con el término *Keuper*, y tienen una distribución muy amplia en todo el continente europeo.

El clima árido provocó la evaporación de aquellas aguas y el depósito de grandes cantidades de arcillas, sales y yesos.



Paisaje de lagunas someras donde se depositaron las sales y arcillas del Keuper



Los diapiros. Chimeneas en el interior de la tierra

Las arcillas del *Keuper* se identifican con el color rosa en un mapa geológico. Si miramos con atención veremos que en la mayoría de los casos dibujan superficies circulares o elípticas. ¿Por qué?

Estas arcillas son muy plásticas y tienen menor densidad que las rocas que se depositaron encima de ellas en etapas posteriores (2.4 / pág. 50). El peso de estas rocas más modernas ejerce presiones de carga diferentes sobre las arcillas y estas tienden a escapar hacia arriba en forma de chimeneas aprovechando fracturas o irregularidades del subsuelo. Cuando estas chimeneas se encuentran con una capa que no pueden atravesar, las arcillas se acumulan debajo dando lugar a una gran masa con forma de champiñón.

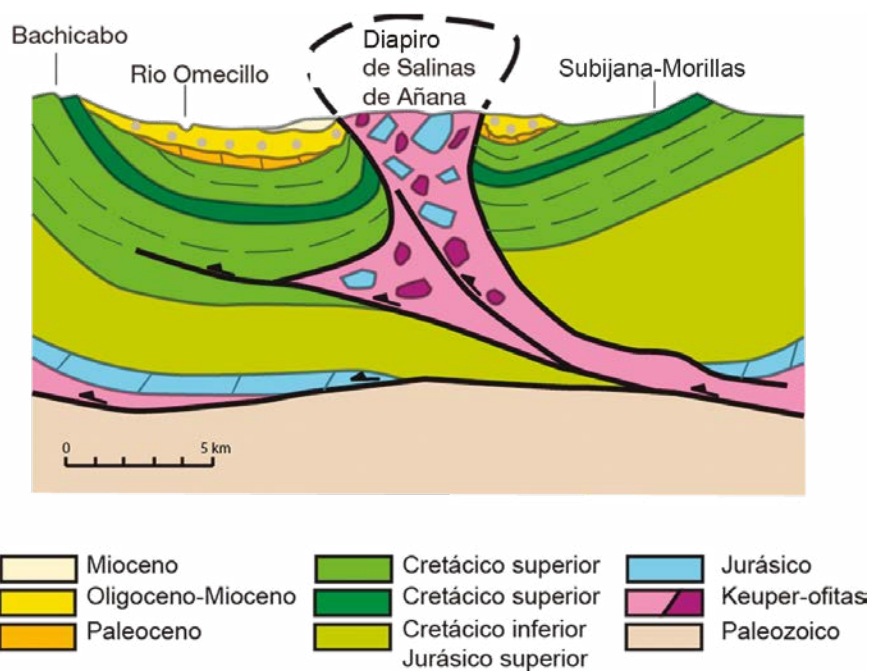
En ocasiones estas chimeneas consiguen llegar a la superficie. En cualquiera de los casos la erosión del terreno nos deja una visión en planta con formas redondeadas.

Estos procesos de ascenso, que en algunos lugares continúan hoy en día, se

produjeron durante muchos millones de años, principalmente entre el Cretácico y el Mioceno (hace entre 80 y 15 Ma).

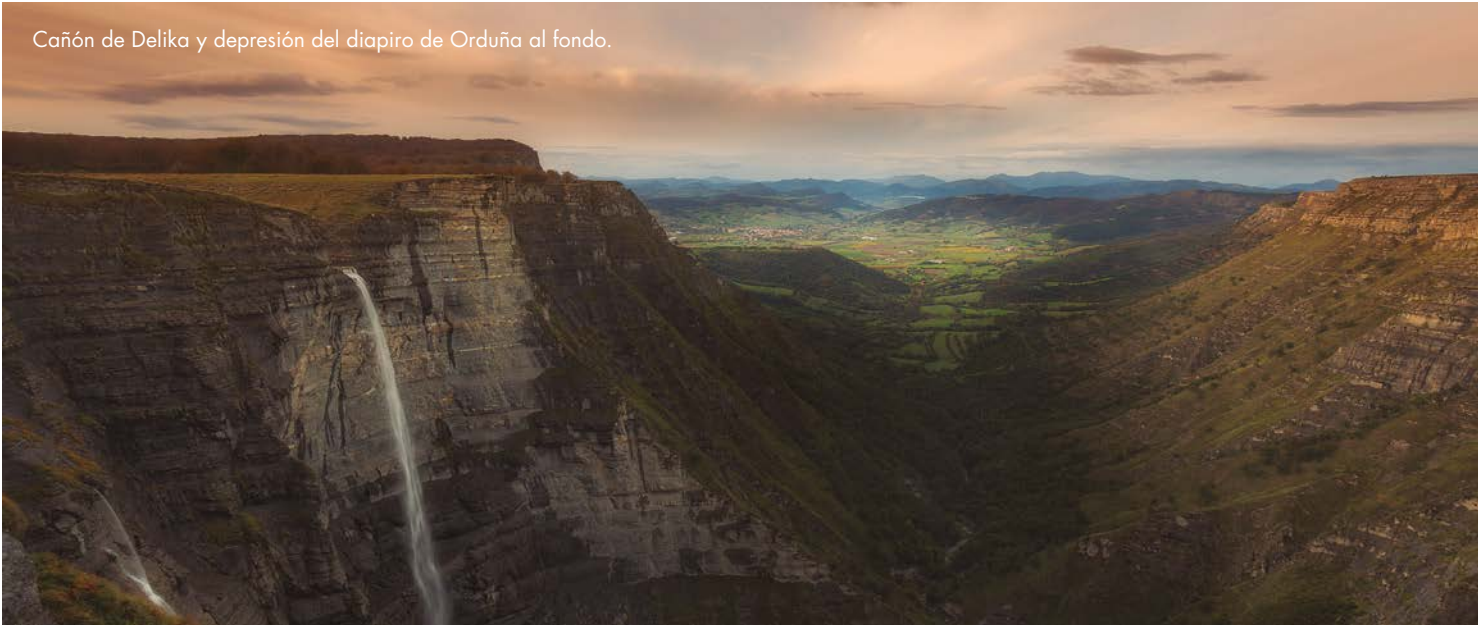
Las arcillas son rocas blandas y fáciles de erosionar. Por este motivo desde el

punto de vista orográfico los diapiros suelen ser terrenos deprimidos, bastante llanos y habitualmente de forma circular. Las depresiones de Orduña, Maeztu, Murgia o Añana son un buen ejemplo.



Esquema de emplazamiento del diapiro de Salinas de Añana.

Cañón de Delika y depresión del diapiro de Orduña al fondo.



Las ofitas

En su camino hacia arriba las arcillas tuvieron la capacidad y la fuerza suficiente para deformar las rocas del entorno y arrastrar en su ascenso grandes cantidades de ofitas. Las ofitas son rocas sub-volcánicas de color verde formadas en el Jurásico inferior. Estas rocas son muy resistentes a la erosión. Habitualmente se han utilizado como balasto en vías de

tren o capas de rodadura bajo el asfalto de las carreteras.

En el ámbito rural, gracias a su poder calorífico, las ofitas se han utilizado también como *esne harriak*, piedras de leche, que se calentaban e introducían dentro de un *kaiku* lleno de leche para la elaboración de cuajadas.



Salinas de Añana



La toponimia no engaña: Leintz-Gatzaga, Salinillas de Buradón y Salinas de Añana tienen algo que ver con la explotación de la sal.

El agua subterránea que circula por el interior del diapiro se carga en sal y sale a la superficie en manantiales con un fuerte sabor salado. Se conduce hasta las eras o terrazas donde se evapora y deja una costra de oro blanco

que, en otras épocas, aportó una ventaja fundamental en el desarrollo económico de estos pueblos. La sal ha sido moneda de cambio y causa de grandes conflictos entre las diferentes civilizaciones ya que, además de un elemento de nutrición directo para humanos y animales, era fundamental para la conservación de los alimentos.

El clima más húmedo de Leintz-Gatzaga no permitía una evaporación natural. El agua se calentaba aquí en grandes

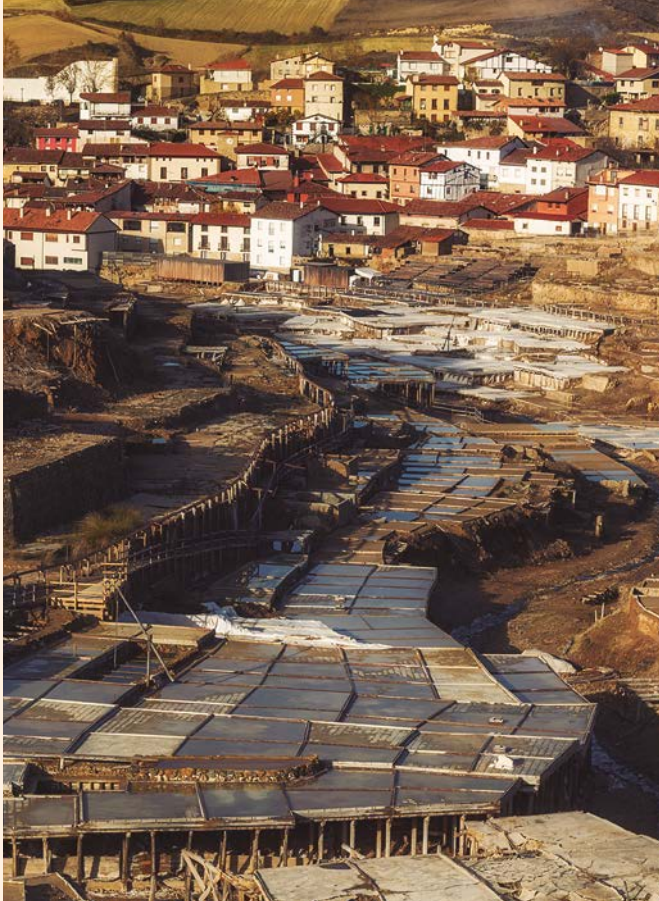
calderas. Cualquier método resultaba rentable para obtener el preciado elemento blanco.

En el Valle Salado de Añana se tiene constancia de actividad desde hace 6.700 años, pero su explotación intensiva comienza con el imperio romano, que ideó el sistema de terrazas. Durante la Edad Media las salinas fueron objeto de batalla entre vascones, visigodos y francos y fue incluso un objetivo clave en la invasión musulmana con el emir Abd-Al-Rahman ibn Muhammad a la cabeza (año 865).

Hoy en día la sal proveniente de aquellos lagunas del Triásico es muy apreciada en la alta cocina. *«Agregar una pizca de Sal de Añana a un plato es un placer mayúsculo. Incorporas parte de la memoria de un pueblo, un pedazo de su naturaleza solidificada y una fracción de la biografía de un valle ligado a una actividad artesana»*, Andoni L. Aduriz.

Además de las propias salinas y sus manantiales, existen expresiones geológicas directamente ligadas con el diapiro, como las minas de yeso de Paúl o el lago de Caicedo Yuso y Arreo, todos ellos catalogados como lugares de interés geológico de la CAPV. El lago de Caicedo Yuso y Arreo es también Zona Especial de Conservación (ZEC) por su particular ecosistema e hidrología. En general, es común encontrar en toda la zona especies raras de flora halófila adaptada a altas condiciones de salinidad.

Actualmente la Fundación Valle Salado de Añana, se encarga de recuperar y explotar este enclave único que muestra como pocos la relación entre geología, historia y cultura.



Salinas y pueblo de Añana desde el sendero circular que recorre el entorno.



Los artesanos del Triásico

Las arcillas del Triásico han sido utilizadas desde la época medieval para la fabricación de cerámica, tejas y ladrillos. En Murueta (Urdaibai) se pueden ver todavía restos de una chimenea y un antiguo horno, vestigios de la intensa actividad de este sector durante el siglo XIX.

2.4. ETAPA 3. Euskadi bajo un mar tropical (hace entre 200 y 40 Ma)

¿Qué pasó?

El mar inundó nuestro territorio para quedarse durante muchos millones de años (Jurásico – Cretácico – Paleoceno – Eoceno inferior). A lo largo de este tiempo el nivel del mar, la profundidad y la forma del fondo marino fueron cambiando y esto generó una gran variedad de ambientes sedimentarios. Los mares abiertos del Jurásico (2.4.1 / pág. 52), los arrecifes de coral del Cretácico inferior (2.4.2 / pág. 58) o los grandes cañones submarinos del flysch Eoceno (2.4.5 / pág. 80) son un buen ejemplo de esta diversidad. En algunas zonas se desarrollaron estuarios y deltas, e incluso, una importante actividad volcánica submarina durante el Cretácico. (2.4.4 / pág. 76).

Al oeste y al sur quedaban las costas de Asturias, La Rioja o Teruel donde los dinosaurios terrestres dejaron sus huellas.



6 Jurásico



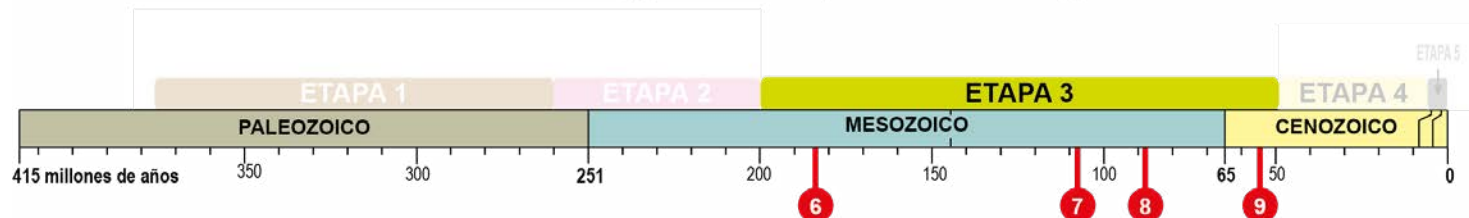
7 Cretácico inferior



8 Cretácico superior



9 Paleoceno - Eoceno



Etapa 3. Contexto y evolución de la cuenca vasco-cantábrica durante los mares del Jurásico, Cretácico y Paleógeno.

¿Qué evidencias tenemos y dónde se pueden ver?

En esta etapa se formaron la gran mayoría de las rocas que hoy conforman nuestro paisaje: calizas, margas, lutitas y areniscas que contienen generalmente una gran cantidad de fósiles marinos.

Podemos encontrar calizas formadas en mares jurásicos en la Sierra de Aralar; arrecifes de coral del Cretácico inferior fosilizados en algunas de nuestras principales montañas como Anboto, Ogoño o Aizkorri; y calizas de grandes plataformas algo más recientes en los principales relieves del sur como la Sierra Sálvada o la Sierra de Toloño-Cantabria. Cuando el nivel de mar descendía los deltas acumulaban gran cantidad de arenas que hoy podemos ver, por ejemplo, en las cumbres del Gorceia o del Ganekogorta. El flysch de las profundidades está presente en la mayoría de nuestros acantilados costeros como Sopelana, Zumaia o el monte Jaizkibel y se pueden ver espectaculares afloramientos de rocas volcánicas en el entorno de Fruiz, Eibar o Arratzu.

“¿Sabías que...
la gran mayoría de rocas
del País Vasco se formaron
debajo del mar? ,,”

Calizas arrecifales del monte Alluitz. 110 Ma.



Calizas de plataforma somera de Sierra Sálvada. 85 Ma.



Flysch de cuenca profunda en Zumaia. 55 Ma.



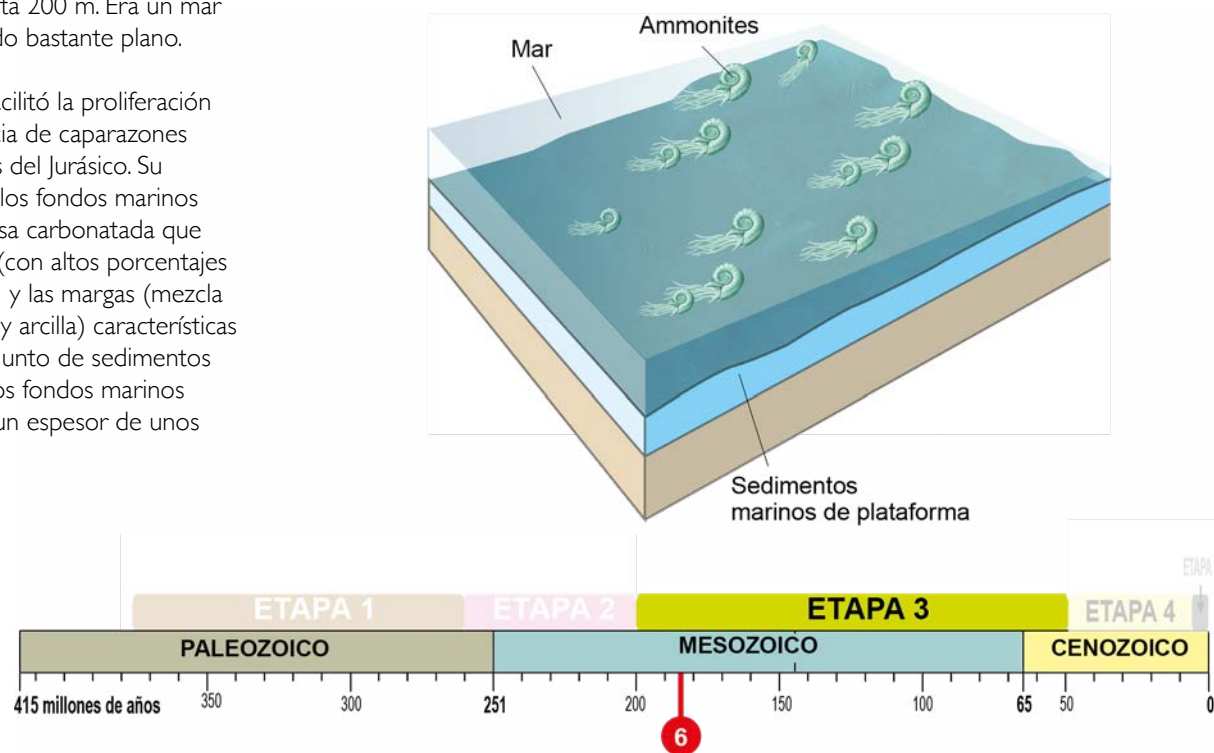
2.4.1. La gran inundación de los mares del Jurásico (200 - 150 Ma) 6


Los movimientos de placas que habían empezado a agrietar y despedazar Pangea cesaron. En ese momento el mar comenzó a inundar progresivamente el continente. Al principio, se trataba de un mar muy poco profundo, pero rápidamente paso a tener profundidades de hasta 200 m. Era un mar tranquilo con un fondo bastante plano.

El clima subtropical facilitó la proliferación de vida y la abundancia de caparazones calcáreos en las aguas del Jurásico. Su decantación lenta en los fondos marinos creó una pasta arcillosa carbonatada que hoy forma las calizas (con altos porcentajes de carbonato cálcico) y las margas (mezcla de carbonato cálcico y arcilla) características de esta época. El conjunto de sedimentos acumulado en aquellos fondos marinos puede llegar a tener un espesor de unos 1.100 m.

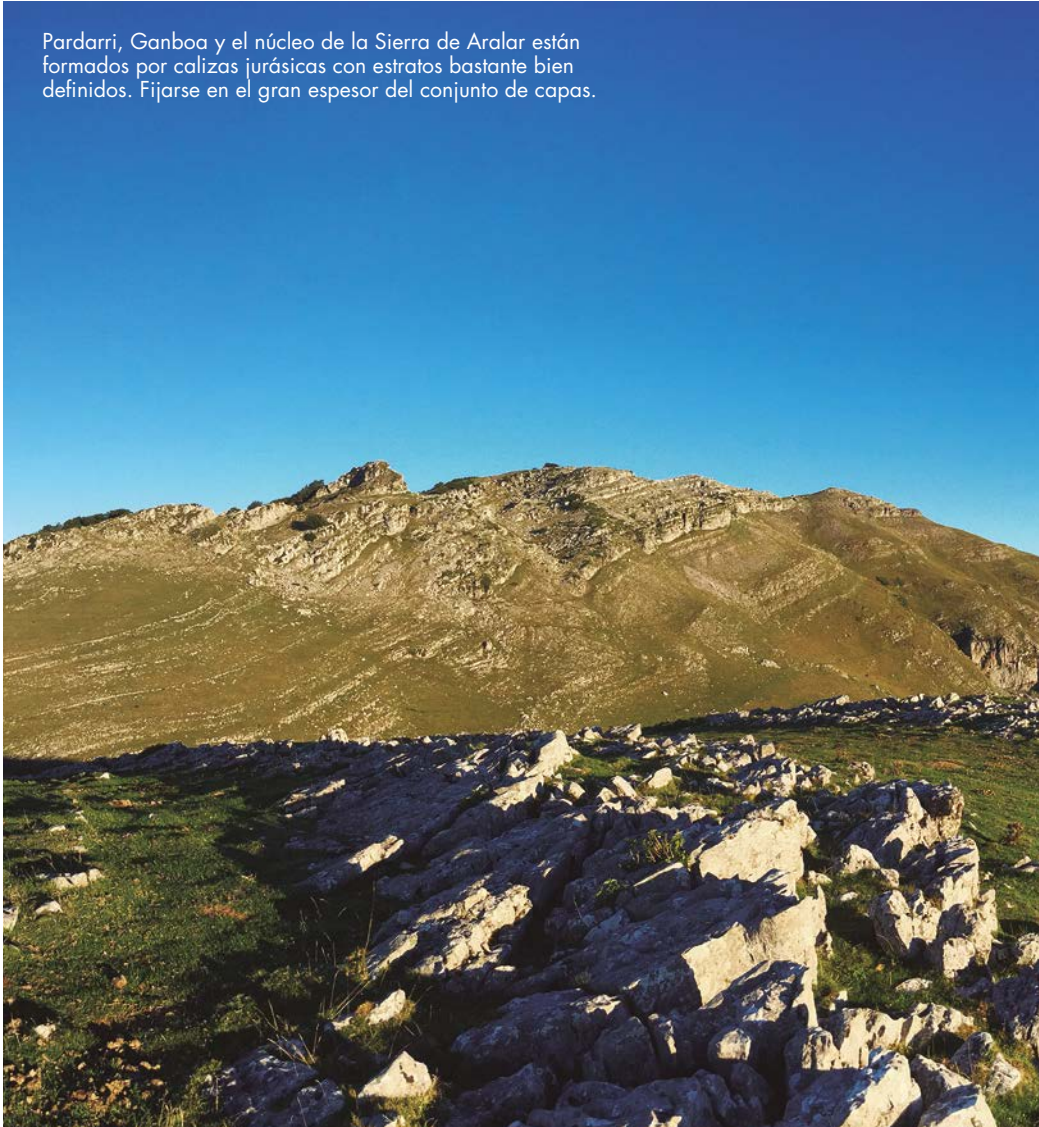
Los mejores ejemplos de estas calizas se encuentran en la Sierra de Aralar, entorno de Tolosa y el valle de Errezil. También se pueden ver en el margen este del estuario

del Oka, en Kanala (Gautegiz-Arteaga) o en el monte Kezparro (1.014 m), al sur de la Sierra de Toloño-Cantabria, en el entorno de Montoria (Peñacerrada).



 Mar somero del Jurásico en la cuenca vasco-cantábrica.

Pardarri, Ganboa y el núcleo de la Sierra de Aralar están formados por calizas jurásicas con estratos bastante bien definidos. Fijarse en el gran espesor del conjunto de capas.



Los habitantes del Jurásico

Los fósiles más característicos de esta época son los amonites, belemnites y esponjas, pero podemos encontrar también una importante variedad de algas, microfósiles, conchas de bivalvos y restos de lirios de mar (crinoideos) entre otros. Este es el reino de las calizas grises del Jurásico.



Amonites



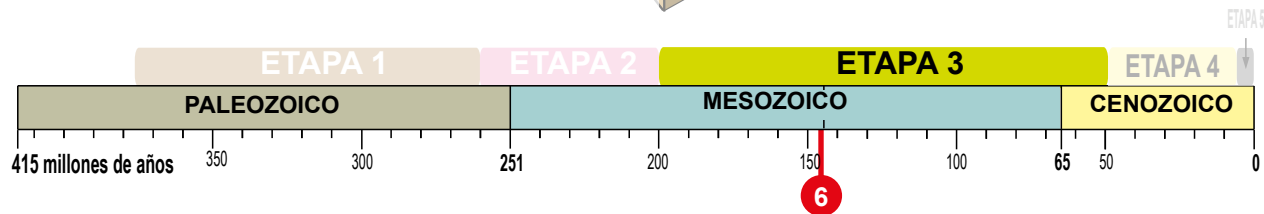
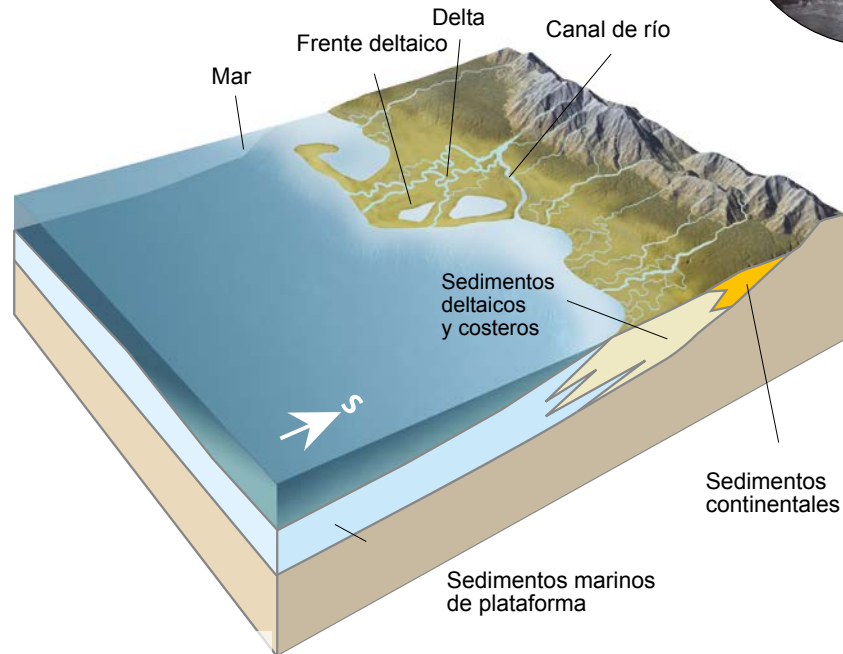
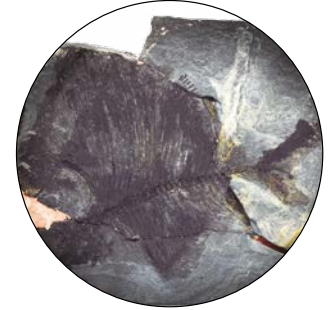
Belemnites

Los deltas del final del Jurásico

Tras 50 Ma de calma las placas comenzaron a moverse otra vez y el nivel de mar bajó considerablemente. Desde las zonas continentales situadas al sur llegaban grandes deltas que convirtieron el suroeste de nuestro territorio en una gran llanura donde se intercalaban zonas arcillosas, arenosas y pequeños lagos. Era como el actual delta del Misisipi. En sus charcas quedaron fosilizados algunos de los ejemplares más espectaculares de caracoles y peces fósiles de Euskadi.

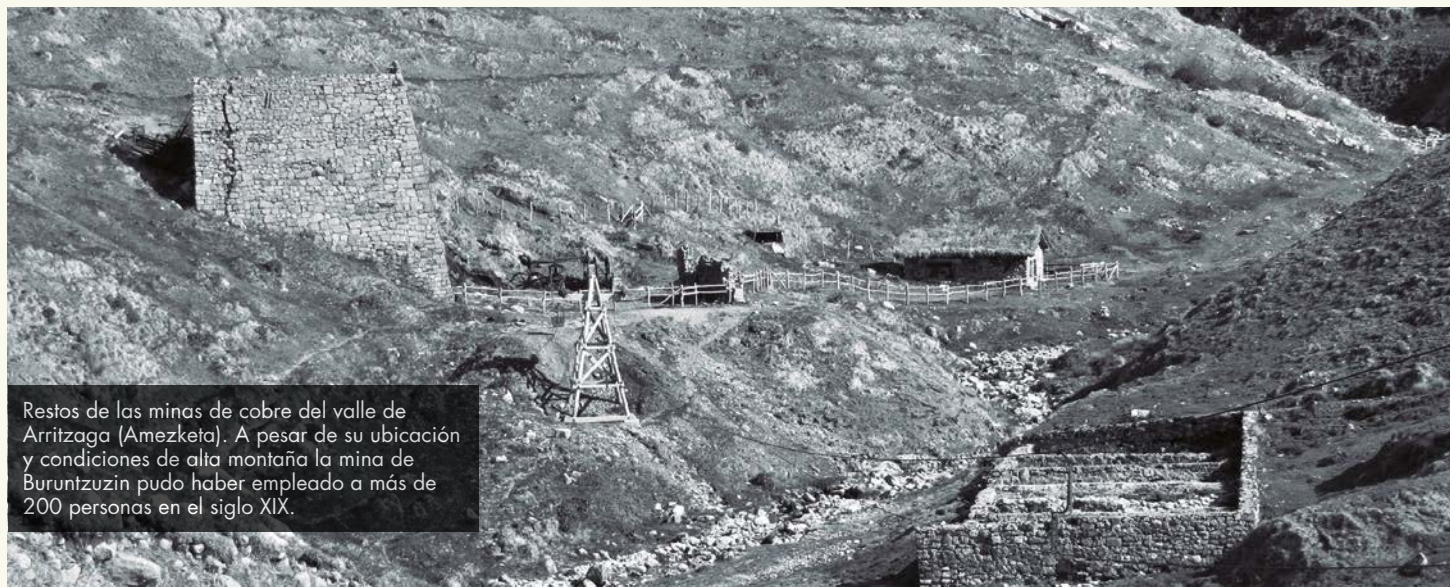
En geología estas rocas blandas de origen deltaico reciben el nombre de formación *Purbeck-Weald* y normalmente dan lugar a relieves suaves como la zona de Igaratza en Aralar o la ladera norte de la Sierra de Mendigana entre Areatza y Llodio.

Excepcionalmente algunos peces que vivían en aquellos deltas han quedado fosilizados.
Purbeck-Weald de Zeanuri.



El gran delta que cubrió el sur del territorio durante el final de Jurásico.





Sierra de Aralar. Pastores, minas y prehistoria



La Sierra de Aralar es sin duda el mejor lugar para ver las rocas del Jurásico marino del País Vasco. Ganboa (1.413 m), Pardarri (1.396 m), Aldaon (1.409 m) o Beogain (1.347 m) son algunas de las cumbres donde mejor podemos apreciar el enorme espesor de sus calizas.

El Jurásico de Aralar esconde además una de las minas de

cobre más importantes de Euskadi: las minas de Buruntzuzin en el valle de Arritzaga. Hoy todavía se pueden observar restos de las bocaminas, el cargadero de mineral, el lavadero y las vagonetas y cables que transportaban el mineral hasta Amezketa. Se explotaban filones de siderita, calcopirita, blenda, galena e incluso malaquita que se formaron por la filtración de fluidos calientes cargados de

elementos minerales entre los sedimentos jurásicos durante la etapa marina.

Aralar está declarado como Parque Natural y ZEC y es una de las áreas montañosas más importantes del País Vasco. Aunque la zona más elevada está dominada por pastos, las laderas del sur albergan importantes hayedos y encinares cantábricos. La fauna es también relevante con especies como el neverón, quebrantahuesos, águila real, tritón alpino, pito negro, acentor alpino o chova piquigualda.

Aralar es también tierra de leyendas. La actividad humana en la zona es muy antigua. Aquí se encuentra la mayor concentración de dólmenes del País Vasco.

Más información en el Parketxe de Lizarrusti.



2.4.2. Arrecifes de coral en Euskadi (130 - 100 Ma)

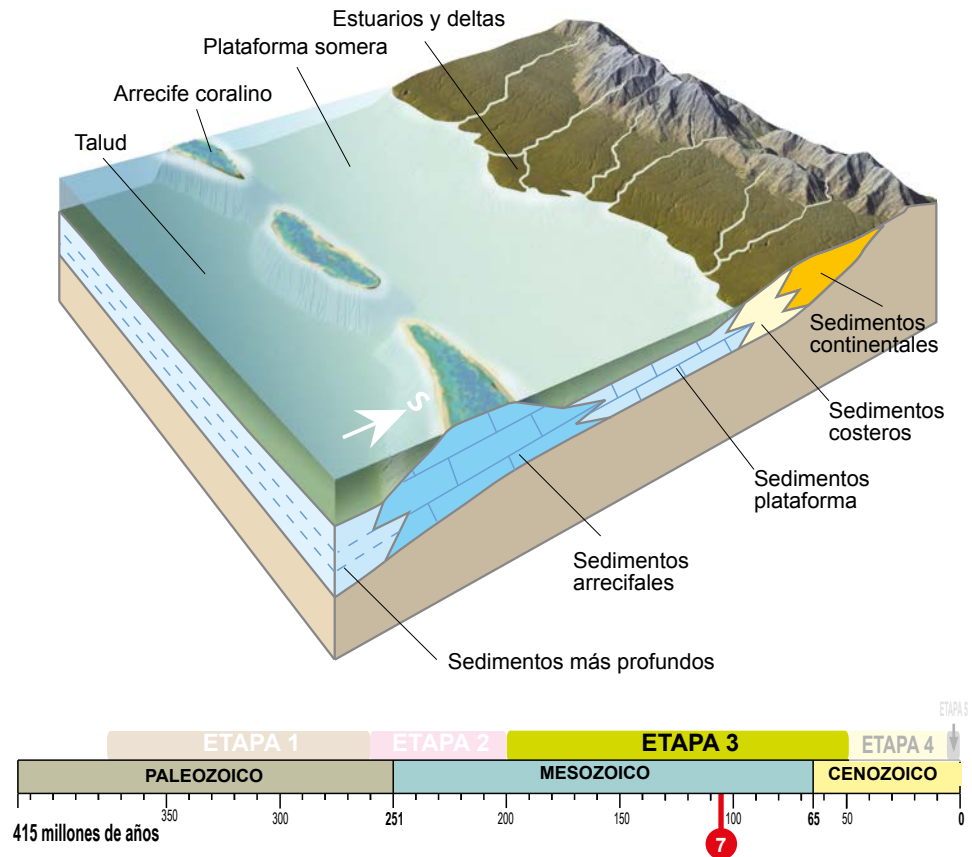
7

El mar fue poco a poco cubriendo de nuevo aquellos deltas de final del Jurásico dando lugar a una gran llanura de inundación como las que hoy podemos encontrar en el norte de Europa. Las arenas y arcillas que se depositaron en aquellas grandes planicies inundadas forman hoy las montañas situadas al sur de Bilbao como Eretza (887 m) o Ganekogorta (999 m).

Después de un tiempo de relativa calma, el fondo marino se empezó a agrietar otra vez en respuesta a la apertura del primitivo Golfo de Bizkaia. Estos movimientos dieron lugar a un fondo marino irregular y cambiante con grandes bloques elevados y surcos hundidos de gran profundidad delimitados por grandes fallas. En los bloques más elevados cubría poco y sobre ellos se formaron grandes arrecifes. Eran auténticas islas y atolones de coral. La temperatura del agua rondaba los 25°C.

Al sur, los dinosaurios caminaban por las costas de Burgos, Soria y la Rioja sobre grandes humedales y llanuras arenosas donde dejaron sus huellas.

Euskadi era un paraíso tropical donde se intercalaban atolones, lagunas, deltas y playas.



🌊 Mar tropical del Cretácico inferior en la zona del País Vasco.



Rudista. Dependiendo del corte de la roca la mayoría de las veces los rudistas se visualizan en forma de anillos irregulares.

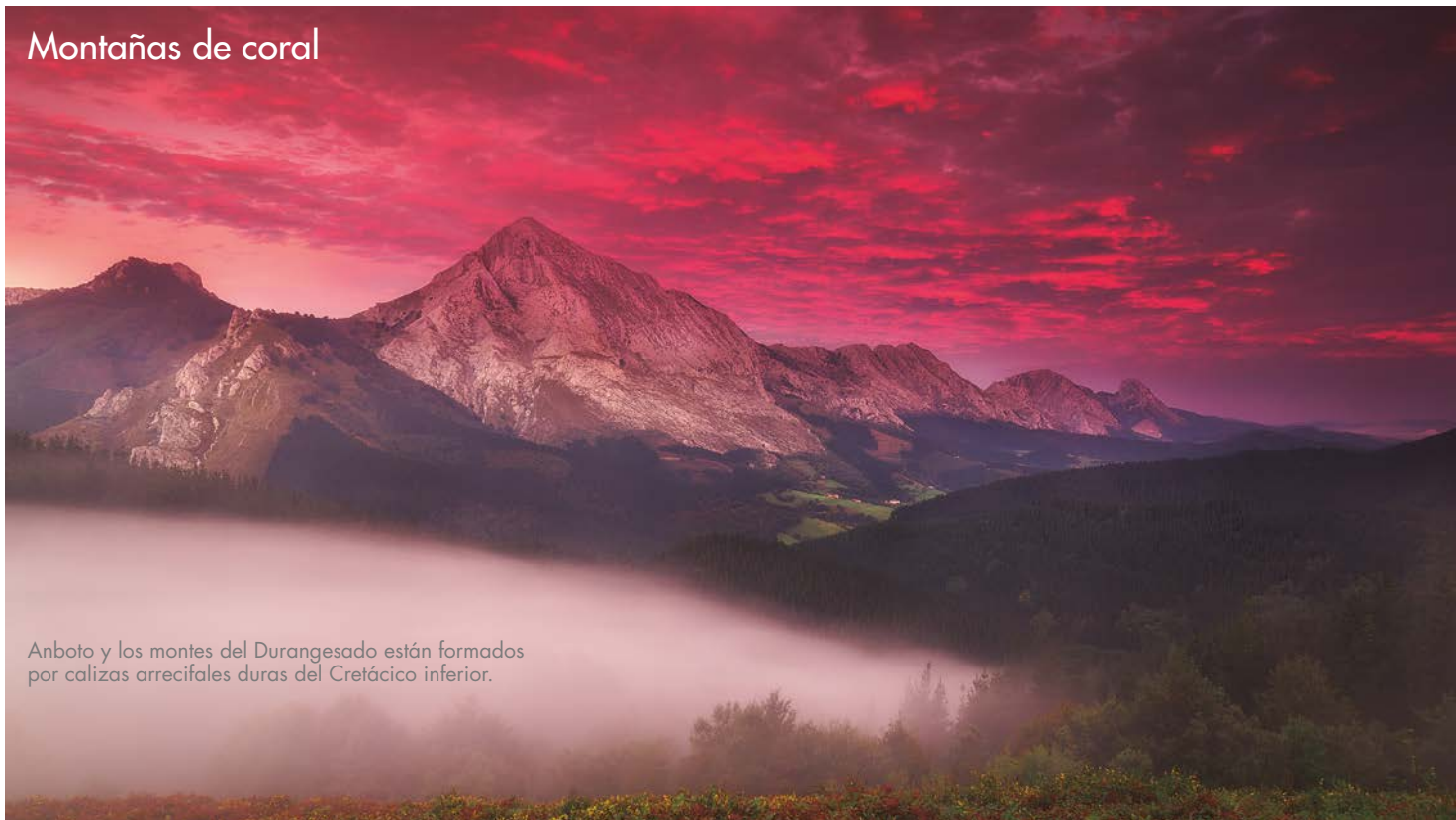


Corales coloniales fosilizados.

Los arrecifes estaban formados por una acumulación de corales de diferentes tipos, organismos microscópicos, moluscos, algas, erizos de mar y sobre todo, un bivalvo ya extinguido llamado rudista. Este bivalvo tenía forma de cono, vivía anclado al suelo y era capaz de construir grandes edificios arrecifales.

Todos estos organismos se sitúan en diferentes lugares del arrecife en función de las condiciones de corrientes, luz, pendiente... Gracias a su localización hoy podemos reconstruir con exactitud la forma de aquellos gigantes coralinos.

Montañas de coral



Anboto y los montes del Durangesado están formados por calizas arrecifales duras del Cretácico inferior.

Estos arrecifes dieron lugar a grandes espesores de roca caliza de color gris claro y aspecto masivo donde las capas no están claramente diferenciadas. Su extensión lateral suele ser reducida, ya que responde a la extensión del arrecife original y no a una plataforma abierta.

En geología estas calizas reciben el nombre de calizas urgonianas y son fácilmente reconocibles en el paisaje porque gracias a su dureza dan lugar a algunos de los relieves más importantes de Euskadi: Sierra de Armañón (856 m), Anboto (1.331 m), Aizkorri (1.551 m), Itxina (1.309 m), Txindoki (1.342 m), Udalaiz (1.120 m), Hernio (1.078 m), Izarraitz (1.030 m), Arno (618 m) o el Cabo de Ogoño (305 m).

Nuestros alpinistas han sido reconocidos a nivel internacional por sus hazañas en las grandes cumbres de la Tierra, pero todos ellos dieron sus primeros pasos aquí. Escuelas clásicas de escalada como Egin, Atxarte, Mugarra, Besaide, Baltzola, Araotz o Txindoki tienen como escenario las calizas urgonianas del Cretácico inferior.

Itxina. Un arrecife tal cual

Viajar a Itxina (Bizkaia) es sumergirse en un mar tropical del Cretácico inferior. Aquí las calizas están en posición horizontal, prácticamente tal y como se formaron en el arrecife de hace 100 Ma. Solamente tenemos que imaginar el nivel de mar unos pocos metros por encima de sus cumbres para comprender como era aquel gigante de coral.

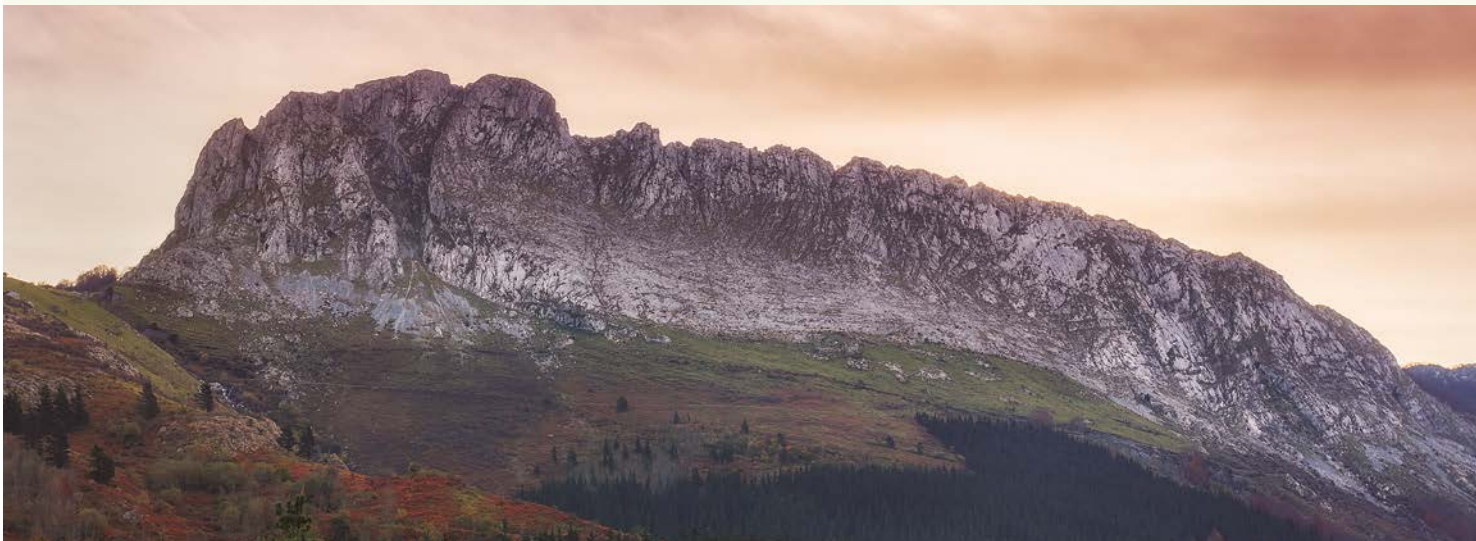
Itxina está englobado dentro del Parque Natural y ZEC de Gorbeia. La espectacularidad de este macizo radica en la cantidad y variedad de formas kársticas, tanto superficiales como subterráneas, entre las que destacan el conocido Ojo de Atxulo, la gran grieta central, la dolina de Axlaor o la cueva de Supelegor.

Al menos 8 especies de murciélagos viven en sus cuevas. Además, existe abundante faunarupícola y forestal aprovechando los

crestones y paredes verticales. Destaca también la presencia de más de 175 especies de musgos favorecida por la gran cantidad de madera en descomposición debido a que las formas erosivas del macizo calizo hacen muy difícil el acceso a su interior y el aprovechamiento de su bosque.

Itxina es, así mismo, el escenario de numerosas leyendas mitológicas con personajes como Mari, lamias, brujas o *Basajaun*, que habitaban sus cuevas y recovecos.

“¿Puedes imaginar la cantidad de corales, rudistas y conchas marinas que necesitamos para construir semejante arrecife?”

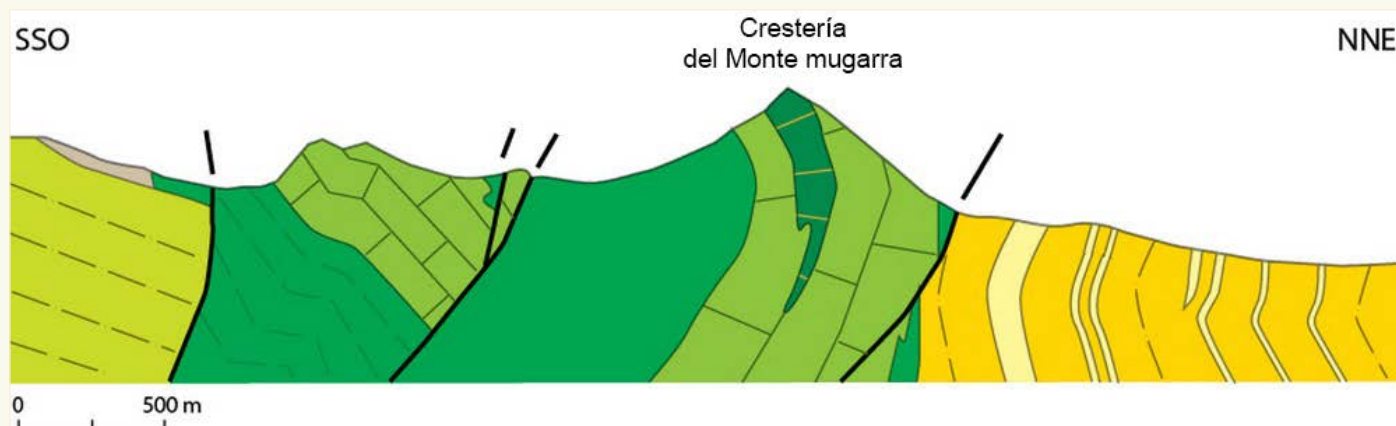




Vía verde de Arrazola. Bajo el gigante Anboto

La figura piramidal del monte Anboto (1.331 m) es uno de los grandes iconos de la montaña vasca y es también, junto con sus vecinos Alluitz (1.034 m), Astxiki (791 m), Untzillatx (934 m) y Mugarra (969 m), uno de los mejores ejemplos de los fuertes relieves que forman las calizas urgonianas en Euskadi. Anboto es, además, la guarida de Mari, principal personaje de la mitología vasca que personifica las fuerzas de la naturaleza.

La vía verde de Arrazola permite admirar la grandiosidad del monte Anboto a través del bonito valle de Atxondo. Esta vía aprovecha el trayecto del antiguo ferrocarril minero de las minas Triunfante y Potosí (hierro) y Violeta (plomo y cobre) activas durante la primera mitad del siglo XX.



- ✚ Corte geológico simplificado del Duranguesado.
Las calizas arrecifales y resistentes del Urganiano (en verde) se sitúan sobre rocas arcillosas y arenosas más blandas (naranja).

Cal, áridos, cementos y baldosas de lujo

A lo largo del tiempo los habitantes de Euskadi han sabido sacar provecho de los recursos que les proporcionaban estas grandes masas calizas.

La cal

Aunque existen evidencias del uso de la cal desde época romana, es en el siglo XVII – XVIII cuando proliferan los caleros en nuestras montañas. La cocción de las calizas muy puras proporcionaba cal de buena calidad que fue utilizada para la construcción, para blanquear los caseríos, para abonar las tierras y acabar con las plagas o para curar las heridas de los animales y desinfectar los establos. La cal fue un elemento clave en la vida del caserío vasco durante los siglos XVII–XX. A mediados del siglo XX, la cal para la construcción fue sustituida por cemento y otros productos químicos más especializados y los caleros se fueron abandonando.



Calero restaurado del caserío de Ziñoa, en el macizo de Arno (Mutriku).

Áridos, cementos y piedra ornamental

Gracias a la existencia de estas grandes masas de caliza, El País Vasco ha sido una de las principales regiones productoras de áridos y cemento para la construcción.

Aunque muchas están hoy inactivas se han contabilizado históricamente más de 250 canteras con un impacto económico muy importante en nuestro territorio. Actualmente existen todavía más de 20

canteras activas en la CAPV. En algunas explotaciones abandonadas se trabaja en proyectos de restauración ambiental que buscan integrar estos grandes socavones en el paisaje, e incluso, crear nichos ecológicos específicos para especies concretas.



Cantera de roca ornamental de Lastur (Deba).

La vistosidad y compacidad de estas calizas las han convertido también en una piedra ornamental excelente. Hay tres que destacan notablemente sobre todas las demás: el Negro Markina, el Rosa Duquesa de Lastur y el Rojo Ereño. Estas rocas, comercialmente llamadas *mármol*, se han utilizado ampliamente en obra civil, pavimentación, solería y aplacado de plazas, zócalos, portales y fachadas de edificios, algunos tan emblemáticos como el Monasterio de Arantzazu (Calizas de Lastur), la pavimentación del Kursaal o incluso el Empire State Building, la sede de la ONU, el palacio presidencial de El Cairo (Negro Markina) o el mismo Vaticano.

La extracción de estos grandes bloques se realiza actualmente con grandes sierras que han sustituido en una buena medida al hilo diamantado, pero en el pasado fueron los barrenadores los que, barra de acero en mano, realizaban los agujeros donde se introducía el explosivo para su posterior voladura.



El Negro Markina es una de nuestras rocas ornamentales más internacionales. Destaca por su negro mate y por la fracturación blanca rellena de calcita. Es algo más blanda que las calizas de Lastur y se utiliza principalmente para revestimientos de paredes.

“¿Sabías que... muchas de las rocas que se utilizan en el deporte rural vasco y en las paredes de los frontones son calizas formadas en arrecifes del Cretácico inferior?”



Muchas de las baldosas de nuestras plazas están formadas por calizas urgonianas con rudistas.



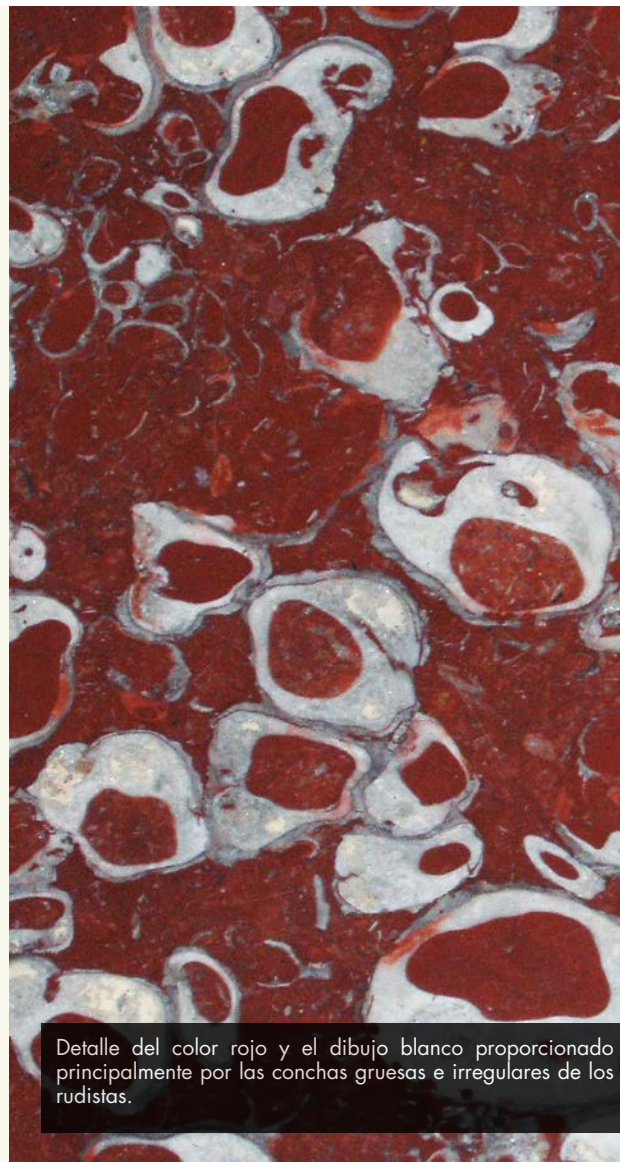
Cantera Andrabide de Rojo Ereño

La caliza roja de Ereño es, posiblemente, nuestra piedra ornamental más conocida. La podemos encontrar en fachadas, portales, suelos y paredes de multitud de edificios públicos y privados como el Teatro Arriaga y el Palacio Chavarri en Bilbao, la iglesia del Convento de Santa Clara de Gernika, y en multitud de caseríos, fuentes y esculturas de Euskadi y otros lugares. Su característico y preciado color rojo es fruto del alto contenido en hierro y hace que la enorme concentración de conchas de rudistas y chondrodontas, unos bivalvos similares a las ostras actuales, resalten en blanco sobre el fondo rojizo de la roca.

Esta caliza se ha encontrado en los yacimientos arqueológicos de Forua e Iruña Veleia, lo que indica que su valor ornamental se conoce desde la época de los romanos. Se utilizaba para aplacado en edificios ilustres, en soportes epigráficos y en aras funerarias.

Desde entonces, las canteras de Andrabide han sido explotadas hasta los recientes años ochenta. En las paredes y bloques sueltos de esta explotación se pueden ver grandes acumulaciones verticales de rudistas. Con un poco de imaginación, uno puede tener la experiencia de adentrarse en el interior de un arrecife de coral de hace 100 Ma.

Frente principal de la cantera de Andrabide (Gautegiz Arteaga).



Detalle del color rojo y el dibujo blanco proporcionado principalmente por las conchas gruesas e irregulares de los rudistas.

El hierro y los metales de nuestras entrañas



Trabajadores de la mina.

Las calizas urgonianas guardaban en su interior un gran tesoro. Un botín que cambiaría para siempre la historia económica de nuestro pueblo. En algunos lugares las calizas estaban llenas de filones de hierro.

Existen pruebas de que el hierro de estas calizas se explotaba ya hace varios siglos. Historiadores romanos como Plinio citan la existencia de *montañas rojas* con gran cantidad de hierro en las tierras vascas. Durante la Edad Media existió una multitud de ferrerías donde se producían lingotes de hierro y herramientas que se comercializaban en otras zonas de la península ibérica y el norte de Europa. La gran revolución de la minería vasca vendría a mediados del siglo XIX con el



Altos Hornos de Bizkaia.

llamado convertidor Bessemer, una gran máquina que permitió, por primera vez, la producción industrial de hierro utilizando minerales con menor riqueza como la goethita y la siderita, muy abundante en las montañas de la margen izquierda de la ría de Bilbao.

En 1902 se fundaron los Altos Hornos de Vizcaya, una de las empresas más importantes del Estado durante gran parte del siglo XX. La actividad minera para saciar a la industria siderúrgica era espectacular: En 1910 existían 93 explotaciones de

hierro al aire libre y 23 minas subterráneas en las que trabajaron cerca de 13.000 personas. Esta actividad económica atrajo a una gran cantidad de personas desde otras comunidades autónomas, condicionó totalmente el desarrollo urbanístico de la margen izquierda y cambió para siempre el paisaje natural y socioeconómico del entorno de Bilbao.

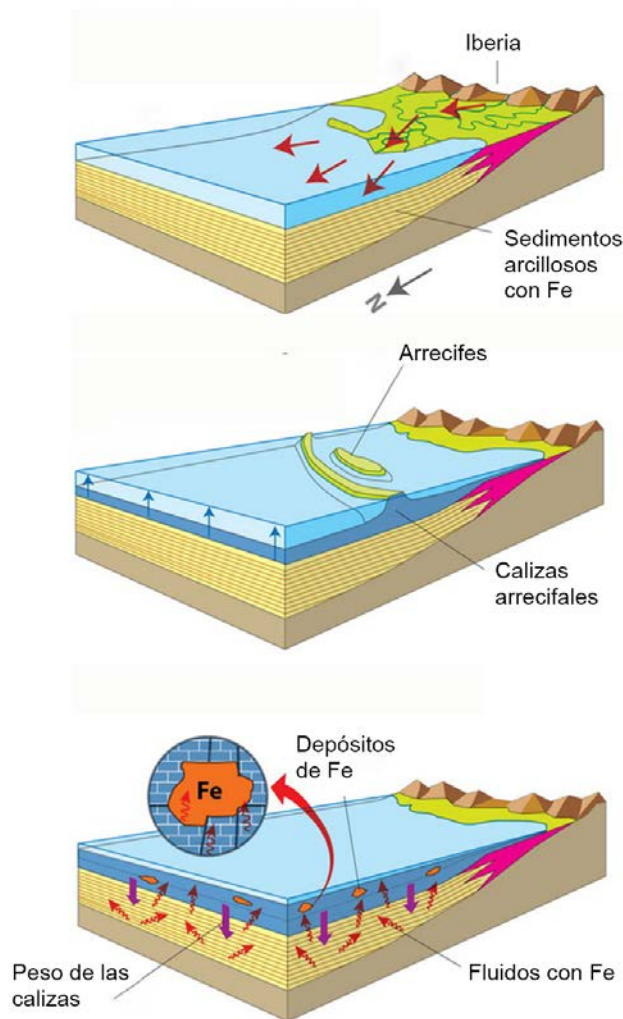
El patrimonio minero que nos queda es apasionante. La geología ha marcado completamente la historia, la economía y la cultura de este territorio.

¿Cómo se formó el hierro en las calizas urgonianas?

1.- El hierro se encontraba almacenado en los sedimentos blandos de aquellas extensas llanuras de inundación que se formaron previamente al desarrollo de los arrecifes de coral.

2.- Estos fangos fueron enterrados y cubiertos por las calizas arrecifales.

3.- La temperatura aumentó y el agua que quedaba en los poros de los fangos fue cargándose de hierro. La presión ejercida por el peso de las rocas que se habían depositado encima hizo que el *caldo de hierro* ascendiera y rellenara las fracturas de las calizas urgonianas. Localmente la calcita pura (CaCO_3), mineral principal de las calizas, fue sustituida por siderita (FeCO_3).



Otras minas / otros minerales

El hierro no fue el único mineral explotado en las calizas urgonianas de la CAPV. Existían minas muy importantes de plomo y zinc como la mina Troya de Mutiloa, las minas de Legorreta o la mina Siete Puertas en Trucios. En todas ellas se han explotado minerales como la blenda, la galena, la esfalerita, la marcasita, la pirita o la calcopirita con bastante éxito.

Estos minerales se formaron en fracturas por donde ascendía agua caliente y cargada de minerales disueltos. Cuando este caldo mineral salía a la superficie los minerales precipitaban en capas sobre el lecho marino. Eran como las *black smokers* que se conocen hoy día en los fondos marinos.



Blenda acaramelada de la mina Troya (Mutiloa).

La gran mina de cielo abierto de Bodovalle (Gallarta).



Museo de la Minería, La Arboleda y la mina de Bodovalle

La intensa actividad minera de los siglos XIX–XX ha dejado un patrimonio minero muy extenso que cuenta con grandes explotaciones a cielo abierto, filones, galerías, hornos, cargaderos, planos inclinados, trenes y herramientas; además de un sinfín de anécdotas e historias que han sido cuidadosamente recogidas en el Museo de la Minería del País Vasco de Gallarta, sin duda, el mejor punto de partida para planificar una visita por la Zona Minera.

Junto al museo se puede apreciar una de las mayores explotaciones a cielo abierto de todo el norte peninsular: la mina de Bodovalle, un impresionante socavón de 700 x 350 m y una profundidad de 150 m de donde se extrajeron más de 200 millones de toneladas de material, principalmente siderita.



Testigo de un sondeo realizado en la zona de Gallarta para delimitar la extensión del yacimiento de siderita.

Merece la pena también un paseo por el antiguo pueblo minero de la Arboleda y su entorno recuperado donde los grandes boquetes mineros son hoy apacibles lagos en una agradable zona recreativa.

Los cercanos Montes de Triano son también una zona de gran interés minero donde destacan los vistosos filones de hierro de las minas situadas en los barrios Laia y El Sauco de Galdames. Otro de los atractivos son los lapiaces en agujas, con pináculos de caliza que llegan a tener hasta 10 metros de altura. Las cavernas del subsuelo son un hábitat ideal para especies de fauna amenazada como los murciélagos.

Visitar la Zona Minera es un viaje sorprendente a nuestro pasado reciente, una historia de resistencia donde la clase trabajadora minera consiguió con su esfuerzo y sudor una vida mejor para sus descendientes y dieron un vuelco a la economía y la sociedad vizcaína.

Los barrenadores

Los barrenadores eran muy cotizados por ser los responsables de agujerear la roca para introducir el explosivo. Esta actividad en forma de competición y apuesta era uno de los espectáculos más apreciados en las plazas de los pueblos a principios del siglo XX. Recientemente se están recuperando las apuestas y se ha visto que una buena cuadrilla de barrenadores puede perforar hasta 40 cm de roca en 30 minutos.

“¿Sabías que... el grito de ánimo ¡Alirón! viene de las palabras inglesas *All Iron* (hierro puro)? Cuando los mineros encontraban un filón de alta calidad salían corriendo a festejarlo gritando ¡Aliron! aliron!”

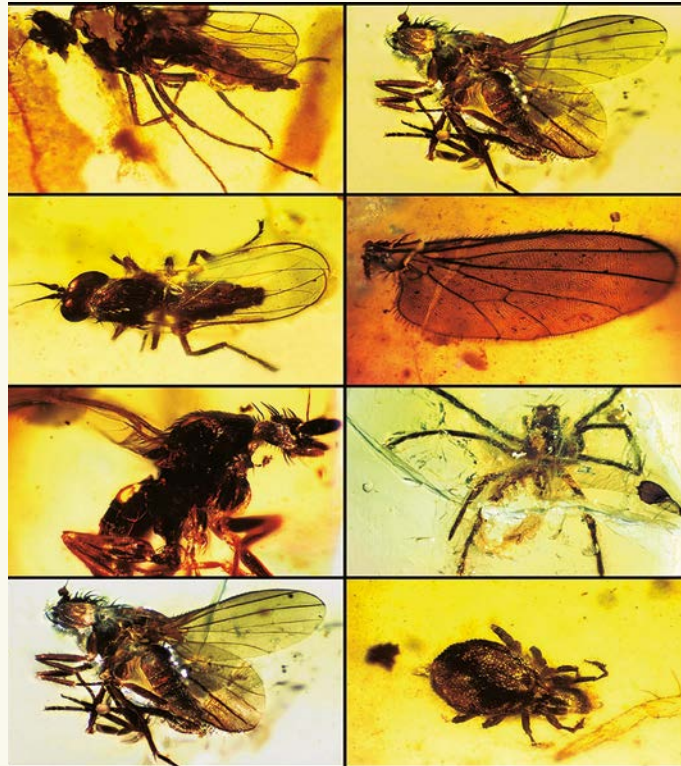


El ámbar alavés. Una ventana a los bosques de hace 120 Ma

Mientras los corales crecían en el mar tropical, en la antigua costa de la Península Ibérica ocurría uno de los fenómenos geológicos más singulares y relevantes de toda nuestra historia geológica. Hace unos 120 Ma la resina que goteaba de las coníferas de los bosques costeros quedó atrapada entre los sedimentos de una zona deltaica, en la desembocadura de un gran río. En el interior de aquella resina convertida en ámbar se han conservado de manera excepcional fragmentos de flora y pequeños insectos que quedaron pegados a ella. Se pueden citar, por ejemplo, curiosidades como plumas de dinosaurios voladores, la mosca más antigua del mundo o la primera araña fósil tejiendo su tela.

El ámbar alavés es excepcional por su antigüedad y por la buena conservación de los organismos en su interior. El yacimiento de Peñacerrada se descubrió en el año 1.994 y actualmente está protegido como bien cultural además de estar inventariado como lugar de interés geológico. Se pueden ver algunas de las piezas de ámbar y obtener más información en la exposición permanente del Museo de Ciencias Naturales de Álava, en Vitoria-Gasteiz.

“¿Sabías que... estudiando las burbujas de aire contenidas en el ámbar se ha podido reconstruir la atmósfera de hace 120 Ma en la Tierra?”



Restos de fauna atrapados en el ámbar de Peñacerrada.

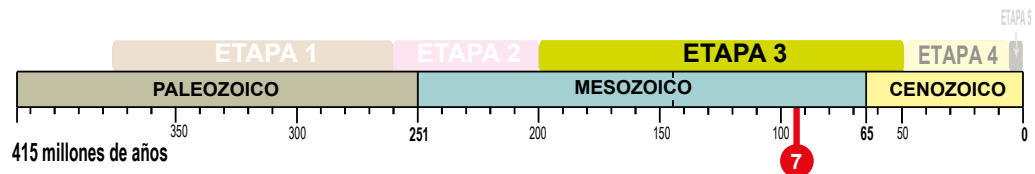
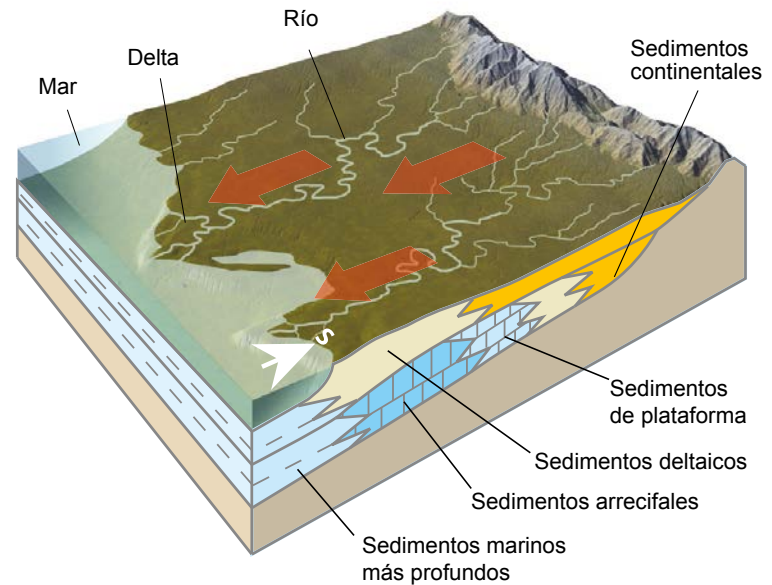
2.4.3. Los deltas que ahogaron nuestros arrecifes (105 - 100 Ma) 7

El Cretácico inferior era un paraíso tropical, pero sus días estaban contados. El enemigo era lento pero constante y estaba en el continente, al sur:

La erosión de Iberia era cada vez más intensa y los ríos comenzaron a transportar una mayor carga de sedimentos hacia el mar. Al principio se formaron algunos deltas pegados a la costa, pero sus aguas frías, turbias y fangosas no molestaron demasiado a los arrecifes. Poco a poco un movimiento tectónico hizo que la zona de costa emergida se elevara y basculara hacia el mar produciendo el vuelco de estos sedimentos sobre los arrecifes.

Era el gran delta de Balmaseda, un asesino silencioso perfecto cuyas arenas y arcillas fueron ahogando y sepultando los arrecifes. Solamente en lugares concretos como Karrantza, Egino y Aralar algunos arrecifes, probablemente situados en zonas un poco más elevadas consiguieron sobrevivir.

El continente se elevó y los sedimentos se volcaron sobre los arrecifes.



Esquema ilustrativo de la invasión de los deltas del sur sobre los arrecifes de coral.

Los sedimentos del gran delta de Balmaseda tienen una influencia muy importante en nuestro paisaje. Se trata de una de las formaciones geológicas que mayor extensión ocupa en nuestro territorio (410 Km²). Los tramos más

arcillosos dan lugar a relieves más suaves como en el entorno de Oñati, Legazpi, Otxandio o el Valle de Aiara, donde el relieve ha posibilitado la actividad agrícola. En cambio, los tramos más arenosos del delta son más resistentes a la erosión

y forman un cordal de montañas redondeadas que incluyen Zalama (1.335 m) y Kolutza (883 m) en el entorno de Balmaseda o Gorbeia (1.482 m) y la Sierra de Elgea (1.192 m), en el norte de Álava.



Elgea fue el primer parque eólico de Euskadi.



Sierra de Elgea. Los molinos de Euskadi

La Sierra de Elgea forma una alineación de montañas muy redondeadas situadas entre la Llanada Alavesa y las cumbres calcáreas de Aizkorri. Es la frontera natural entre Álava y Gipuzkoa.

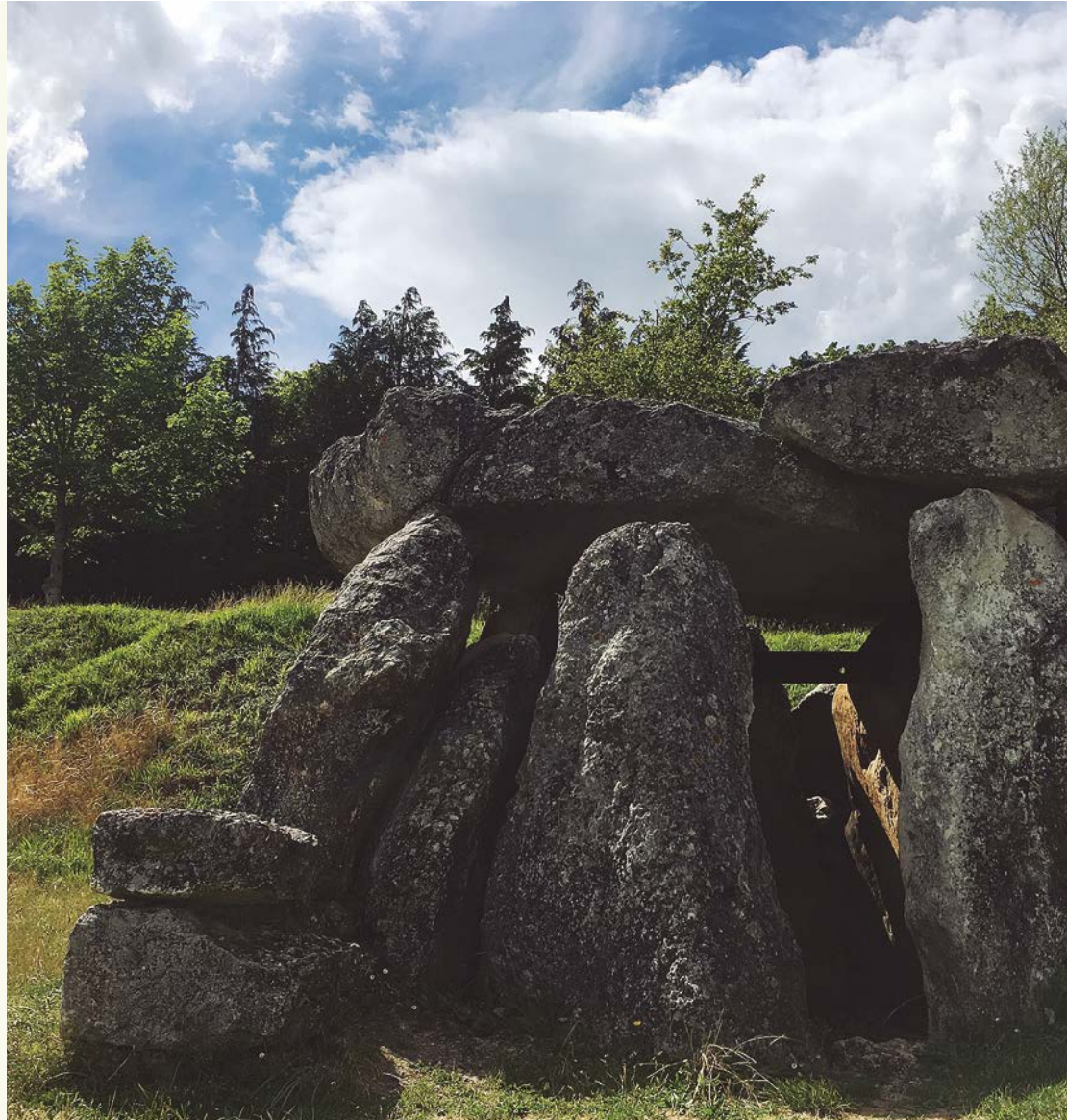
La erosión de las capas de arenisca da lugar a relieves redondeados sin escarpes importantes. Su altitud ronda los 1.000 metros y se puede acceder fácilmente a través de la multitud de pistas que ascienden desde la vertiente alavesa. El sustrato arenoso y la orientación sur de la vertiente alavesa convierten estas laderas en potenciales lugares para el desarrollo de marojos que hoy podemos ver, intercalados con plantaciones forestales, en las partes más bajas de la montaña. En la parte alta el marajo desaparece para dar lugar a prados y piornales. Desde aquí, las vistas del entorno de Arantzazu, las cumbres de Aizkorri, la cuenca de Vitoria o los Montes de Iturrieta al sur, son realmente amplias y bonitas.

Pero hay algo que destaca sobre todo lo demás: los molinos. Elgea es uno de los parques eólicos más importantes de Euskadi.

Dolmen de Aizkomendi

Estas montañas tuvieron algo de sagradas en el pasado. Sus cumbres tienen una gran cantidad de restos megalíticos del neolítico. Las capas gruesas y resistentes de sus areniscas fueron utilizadas en monumentos tan conocidos como el dolmen de Aizkomendi, situados en el valle a unos 7 kilómetros de distancia.

El dolmen de Aizkomendi se sitúa en Eguilaz, al pie de la Sierra de Elgea, y sus grandes losas están formadas por capas de arenisca que de alguna manera tuvieron que ser transportadas hasta aquí desde la sierra.



2.4.4. Volcanes bajo el mar (110 - 80 Ma) 8

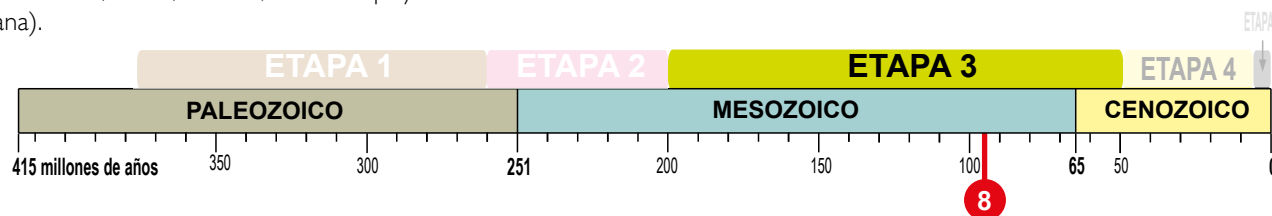
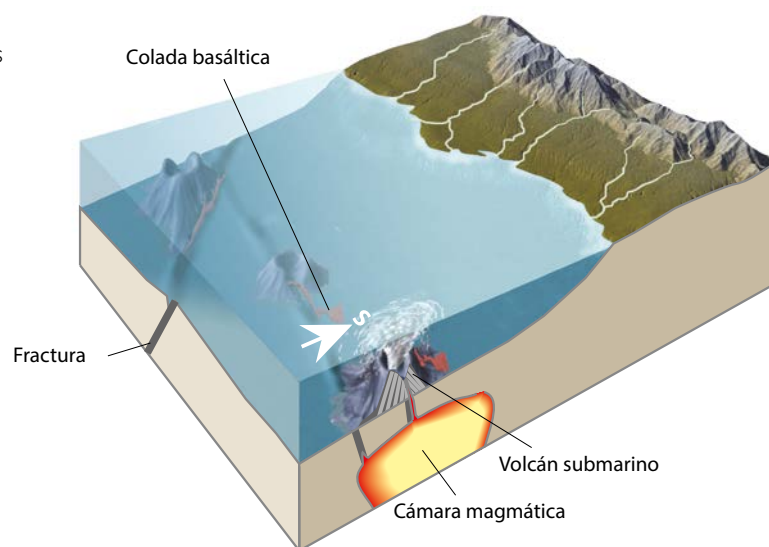
No es fácil de creer, pero aquellos fondos marinos que hoy conforman nuestro territorio fueron durante un tiempo un auténtico hervidero de volcanes y emisiones de lava.

La Península Ibérica se estaba desplazando lentamente hacia el sur en una rotación antihoraria que comenzó a abrir el Golfo de Bizkaia. En el fondo marino se formaron grandes fracturas que sirvieron para que el magma profundo ascendiera a través de ellas. En algunos casos este magma consiguió salir al lecho marino dando lugar a pequeñas coladas de lava o volcanes submarinos. En otras ocasiones el magma no conseguía llegar a la superficie y se quedaba atrapado en forma de conductos o acumulaciones en niveles inferiores llamados diques y *stocks* magmáticos, respectivamente.

Cuando un magma de composición básica se enfría rápidamente en superficie se forman basaltos, y si lo hace lentamente bajo la superficie da lugar a rocas de tipo gabro. En ambos casos se trata de rocas muy duras de color casi negro.

Los mejores ejemplos de rocas volcánicas se pueden ver en la zona de Eibar, Soraluze, Elgoibar, Monte Karakate (Soraluze), entorno de Gernika-Lumo, Forua, Arratzu, Fruiz o la playa de Meñakoz (Sopelana).

Esta actividad no fue algo puntual. Las rocas generadas en este periodo caliente forman una pila de sedimentos y rocas magmáticas de 2.500 m de espesor.



Esquema simplificado de la actividad volcánica submarina en la cuenca vasco-cantábrica.



 Columnas de basalto en la cantera de Fruiz.

La Cantera de Aldai (Fruiz). Nuestra pequeña calzada de los gigantes

La explotación de estas rocas magmáticas para la producción de áridos ha dado lugar a pequeñas canteras en municipios como Bergara, Antzuola, Gernika, Errigoiti o Fruiz. La gran mayoría están hoy cerradas.

La cantera de Fruiz muestra una morfología muy característica en las coladas volcánicas: la disyunción columnar, es decir, una disposición sorprendente en columnas hexagonales perfectas. Estas columnas se forman por la acumulación de tensiones durante el proceso de enfriamiento de los magmas basálticos. Son muy fáciles de reconocer en paisajes volcánicos como las Islas Canarias o el Cabo de Gata en Almería. En Irlanda existe un lugar mundialmente conocido llamado *La Calzada de los Gigantes*. Nuestro modesto ejemplo no se puede comparar con estos lugares, pero es muy singular a escala de nuestra geología.



Lavas almohadilladas de Meñakoz.

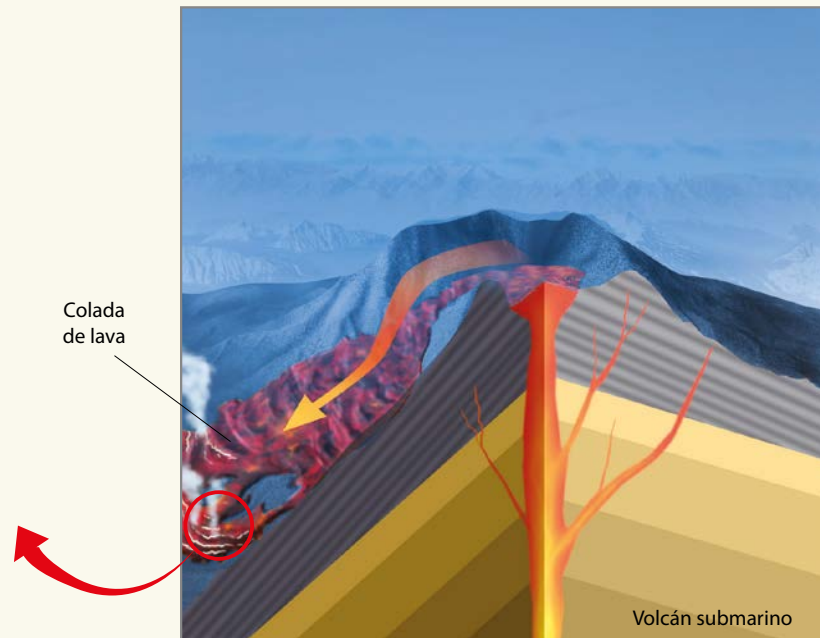
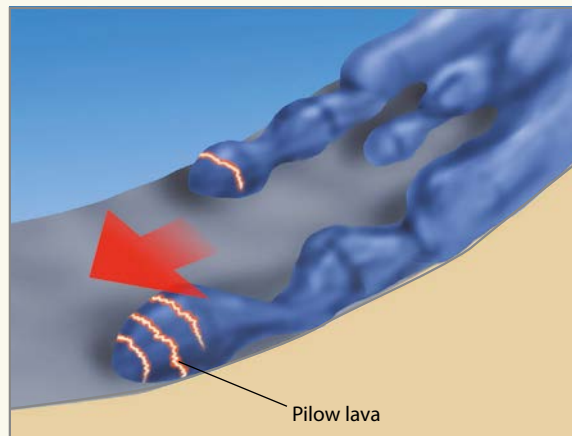
Meñakoz.

Un viaje por las lavas submarinas de Euskadi

Cuando uno visita la playa de Meñakoz no se puede imaginar que el Cabo de Atxabaltza, que separa esta pequeña cala rocosa de la concurrida playa de Sopelana, es un paraíso para los vulcanólogos submarinos. El nombre del cabo es premonitorio; nos vamos a encontrar con rocas de color negro que nos permitirán viajar a aquellos fondos marinos con coladas de lava, chimeneas y fisuras humeantes por donde asomaba el elemento rojo. El fondo marino de nuestro territorio era un hervidero.

Las lavas almohadilladas tienen formas redondeadas y alargadas que recuerdan a un conjunto de almohadas apiladas. La lava sale a la superficie del fondo marino a unos 1.200°C y al entrar en contacto con el agua marina, se enfría rápidamente formando un lóbulo con una corteza sólida que alberga en su interior lava todavía fundida y en movimiento. El empuje de la lava puede romper el lóbulo y hacer que este caiga pendiente abajo hasta acumularse en forma de bola junto con otros lóbulos. La lava puede también romper el frente del lóbulo y generar uno nuevo en la parte delantera, avanzando poco a poco hacia delante.

Formación de lavas almohadilladas en el frente de una colada submarina.



2.4.5. El flysch y los grandes cañones submarinos (110 - 45 Ma) 7 8 9

El flysch es una de las formaciones geológicas más conocida de nuestro territorio. Se ha descrito muchas veces como un gran libro de la historia de la Tierra. Es realmente así. Se trata de una excelente colección de miles de fondos marinos profundos convertidos en páginas de un libro excepcional que alberga una parte importante de nuestra historia geológica.

¿Qué es y cómo se forma?

El flysch es una alternancia de capas duras y blandas de origen marino profundo. Su formación responde a dos procesos diferentes.

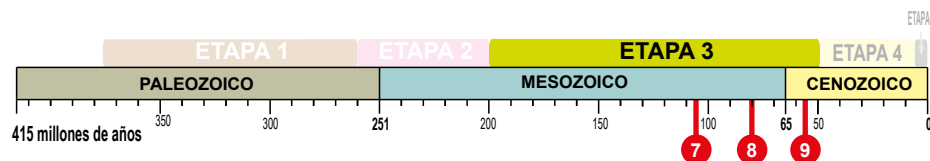
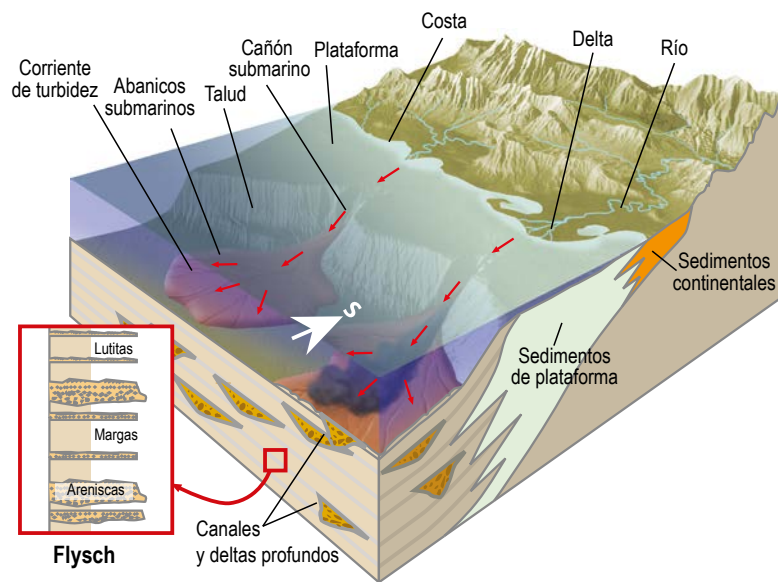
1.- Decantación lenta

Las capas se forman por decantación lenta de sedimentos finos en el fondo del mar; principalmente conchas de organismos microscópicos y sedimento fino provenientes de la erosión de los continentes.

Cuando la proporción de los primeros es mayor se formará una caliza (capa dura); si existe un equilibrio entre ambos el sedimento dará lugar a una margas (capa más blanda), y si predominan los sedimentos arcillosos tendremos una lutita (capa blanda).

En algunos lugares se ha podido comprobar que el tiempo de formación de cada una de estas capas fue de unos 10.000 años y que su alternancia responde a movimientos

astronómicos cíclicos del eje y la órbita terrestre. Son los ciclos de Milankovitch que controlaban el clima, y por lo tanto, condicionaron también el aporte de sedimentos a los fondos marinos.



El flysch se formó en los fondos marinos profundos de la cuenca, en torno a 1.000 metros de profundidad.

2.- Aludes submarinos o turbiditas

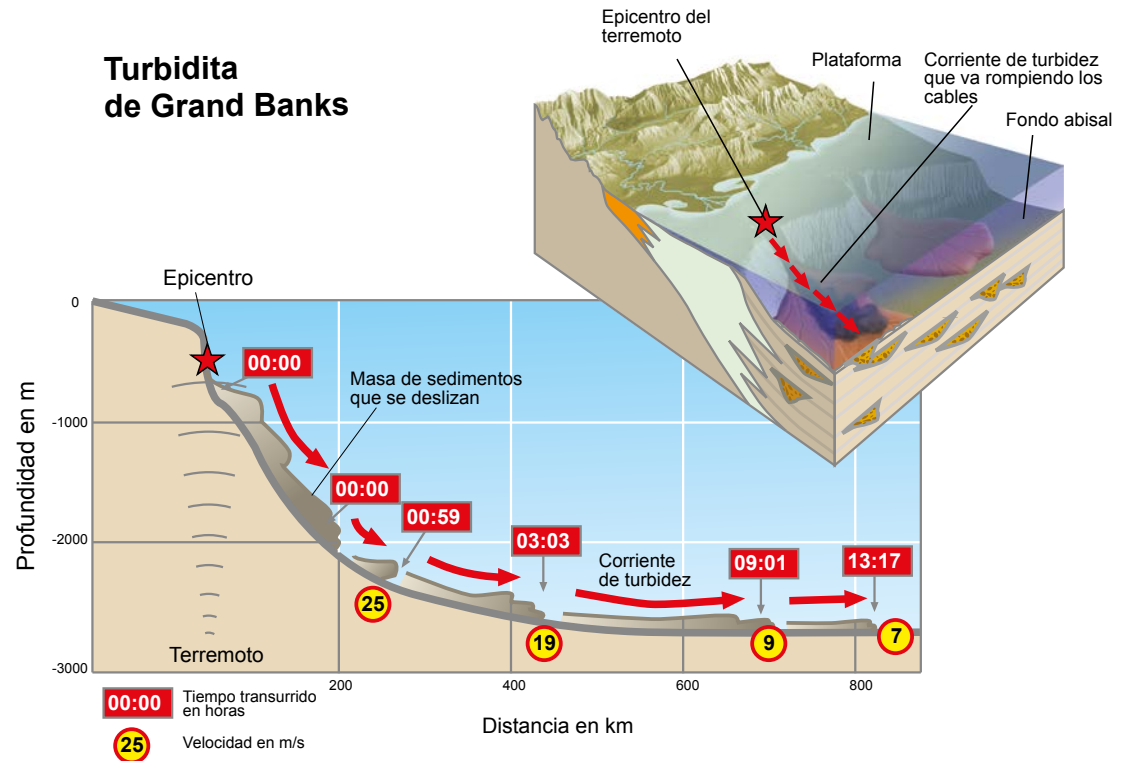
Existe otro tipo de capas en el flysch que habitualmente se intercalan entre las lutitas y margas más blandas. Son areniscas y tienen un origen completamente diferente. Se forman como consecuencia de grandes aludes submarinos llamados corrientes de turbidez, y por eso, reciben el nombre de turbiditas.

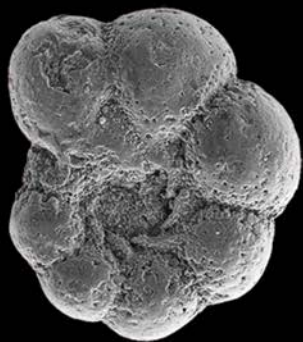
Los sedimentos arenosos transportados por los ríos se acumulan en el borde de las plataformas continentales y cuando se desestabilizan caen por los cañones submarinos en forma de grandes avalanchas de agua y arena. Estas corrientes tienen la capacidad de desplazarse enormes distancias en el fondo marino. Cuando la corriente pierde energía los granos de arena se depositan en el fondo marino de manera ordenada dando lugar a capas de arena o turbiditas. La repetición de esta secuencia (lutita + arenisca) da lugar a un flysch turbidítico.

Habitualmente estas avalanchas son desencadenadas por

pequeños sismos. En 1929 tuvo lugar el terremoto de Grand Banks en la plataforma continental cerca de la costa de Terranova. A los pocos minutos de lo ocurrido varios cables submarinos empezaron a romperse en secuencia, en puntos cada vez más alejados a

lo largo del talud y alejándose del epicentro. En total se partieron doce cables. Los tiempos exactos y puntos en los que se produjo cada rotura permitieron calcular que aquel gran alud submarino se desplazó a una velocidad de 100 km/h y se propagó a lo largo de 600 km.





Las capas del flysch contienen los caparazones fósiles de los microorganismos que vivían en aquel mar tropical y que, al morir, caían al fondo marino. Son los personajes del libro. Gracias a ellos podemos reconstruir tendencias climáticas y grandes eventos como la extinción de los dinosaurios de hace 66 Ma.



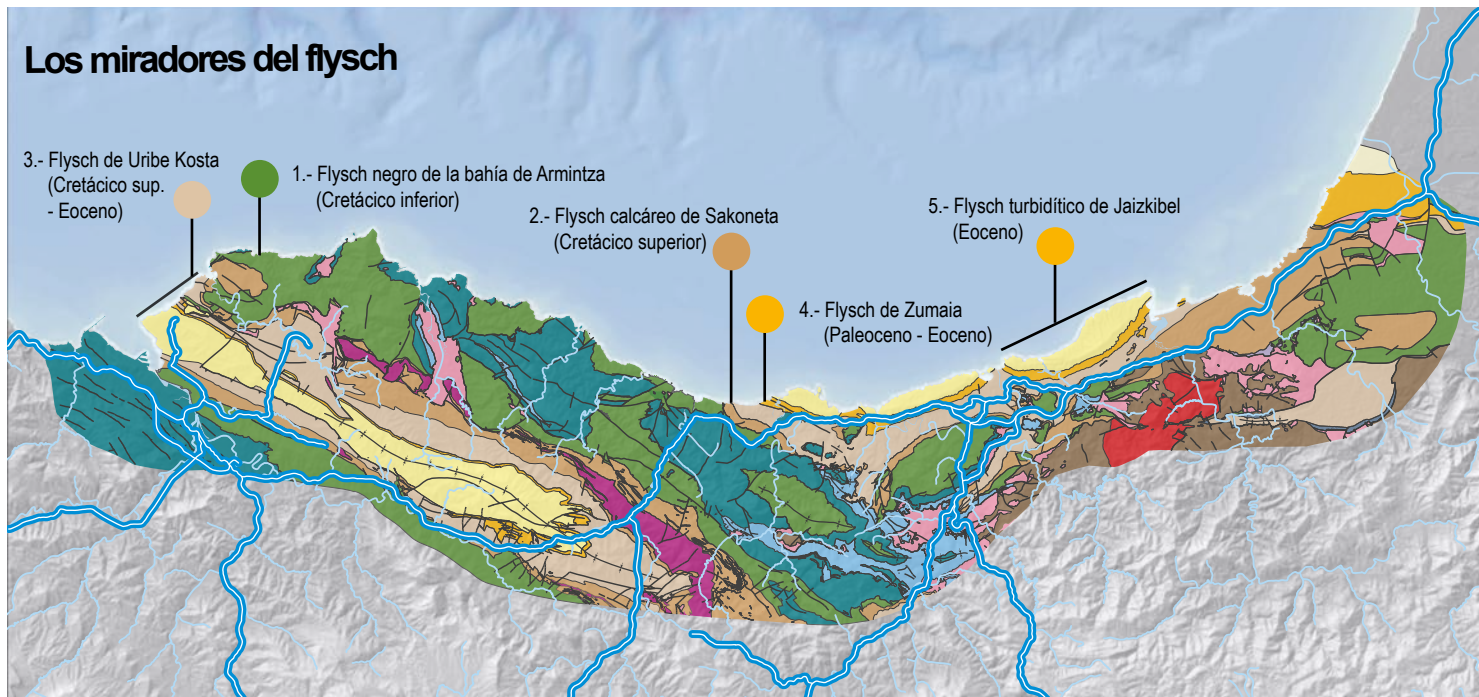
Las capas del flysch guardan habitualmente restos de vida y movimiento de los organismos que reptaban y vivían en aquellos fondos marinos profundos hace más de 50 millones de años.

Euskadi, referente internacional del flysch

Los fondos marinos profundos de la cuenca vasca fueron un contenedor perfecto para la formación del flysch. Se calcula que desde el Cretácico inferior (hace unos 110 Ma) hasta el Eoceno (hace unos 50 Ma) el espesor de sedimentos total supera ampliamente los

5.000 m. Lógicamente, el tipo de capas y su distribución han ido cambiando a lo largo del tiempo en función del contexto geológico. Esta variedad ha dado lugar a distintos tipos de flysch que hoy podemos apreciar perfectamente en los acantilados de nuestra costa y a través de los cuales

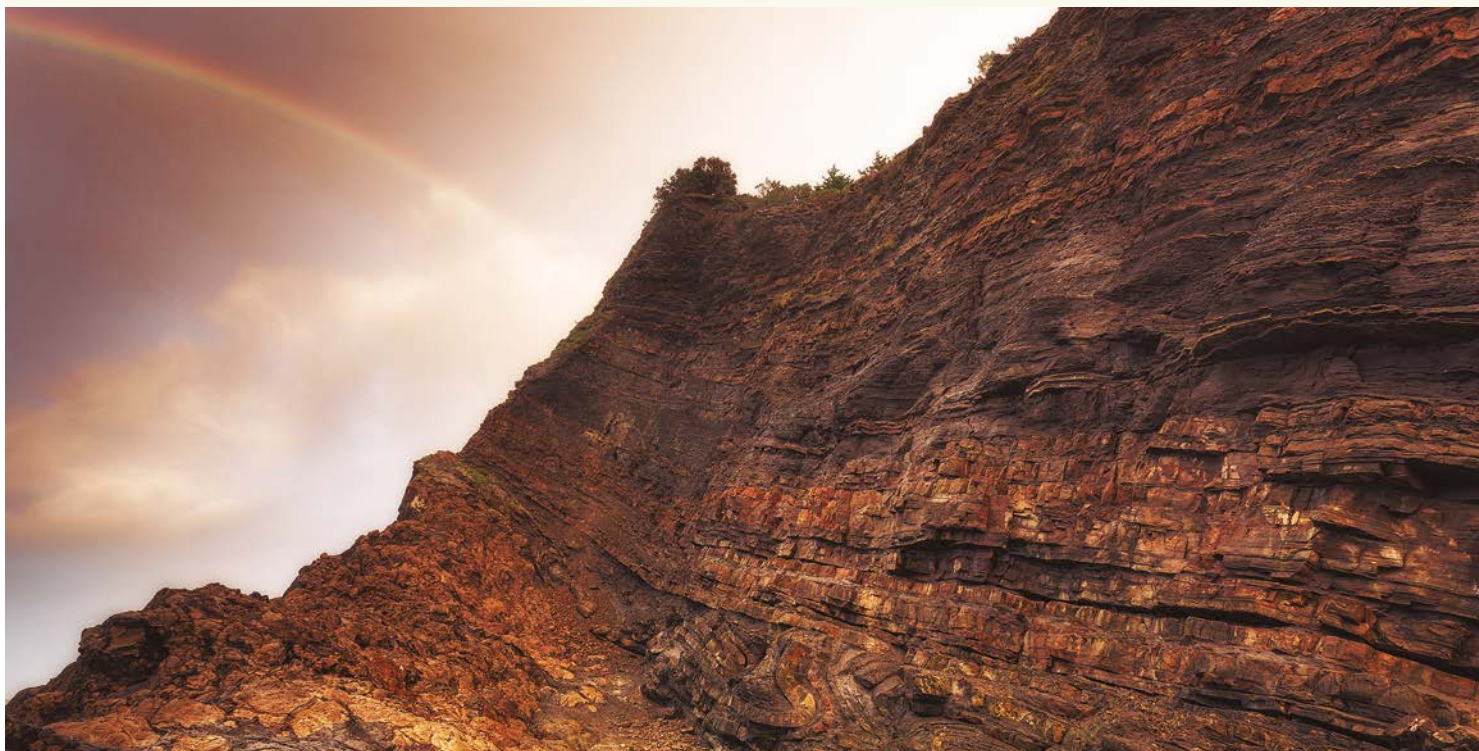
podemos hacer una reconstrucción de gran detalle sobre muchos de los procesos geológicos, climáticos y biológicos ocurridos en esos 60 Ma de etapa submarina.



1.- Flysch negro de la bahía de Armintza (Cretácico inferior)

Está compuesto por lutitas negras y turbiditas depositadas hace unos 100 Ma en un gran abanico submarino situado en el fondo de la cuenca. Era un fondo marino profundo e inestable. Buena prueba de ello es el pliegue interno o *slump* que se puede observar. Este pliegue se formó en un fondo marino

con algo de pendiente. Los sedimentos se desestabilizaron y deslizaron pendiente abajo cuando todavía eran blandos. Sobre este depósito desordenado siguieron decantando las capas en posición horizontal.



2.- Flysch de Sakoneta (Cretácico superior)

Se formó en un fondo marino tranquilo y uniforme hace unos 90 Ma. Destaca la perfecta alternancia de capas de calizas, margas y areniscas. Si se visita durante la marea baja se puede disfrutar además de una de las rasas mareales más espectaculares de nuestra costa. Hay miradores, paneles interpretativos y material didáctico de Geoparque de la Costa Vasca.



3.- El flysch de Uribe Kosta (Cret. sup. / Eoceno)

Menos conocido, pero muy similar al flysch del Geoparque de la Costa Vasca. Las playas de Azkorri (Getxo), Sopelana, Barrika o Meñakoz tienen afloramientos excepcionales con una amplia gama de edades entre los 90 y 50 Ma y con la particularidad de estar intensamente plegados y de contener rocas volcánicas de gran interés intercaladas.



4.- Flysch de Zumaia (Paleoceno - Eoceno)

Se considera uno de los afloramientos más estudiados y citados del mundo. Estas capas se formaron hace entre 70 y 55 Ma y recogieron algunos de los eventos más significativos de la historia geológica reciente, por ejemplo, la extinción de los dinosaurios. Existe abundante material interpretativo y se puede visitar participando en alguna de las excursiones guiadas de Geoparkea.

El flysch de Zumaia destaca por su espectacularidad y por contener cuatro límites geológicos importantes.



5.- Flysch de Jaizkibel (Eoceno)

Es una de las joyas geológicas menos conocidas. Se formó hace unos 50 Ma por acumulación de grandes turbiditas relacionadas con el acercamiento del Pirineo. El Faro de Plata de Pasaia, el paseo Bonanza en Pasaia Donibane o el sendero Talaia entre Pasaia y Hondarribia son buenas opciones para descubrir este espectacular fenómeno geológico.

El flysch de Jaizkibel impresiona por la dimensión de las capas de arenisca y las formas caprichosas de su erosión.



Adoquineros del flysch

Durante la primera mitad del siglo XX el flysch negro del entorno de Deba permitió la explotación de varias canteras donde se extraían fragmentos de capas de turbiditas para la fabricación de adoquines.

El grosor constante de unos 10 cm de los estratos de arenisca, su gran extensión lateral y las fracturas que afectaban a la roca permitían obtener fácilmente adoquines bastante homogéneos.

Las capas se desprendían de la pared mediante la explosión de dinamita. Después se troceaba en adoquines. En algunos pueblos del Bajo Deba esta profesión tuvo especial relevancia hasta la Guerra Civil. En la toponimia han quedado nombres como *banko aundixa*, *losatxua*, *laukotia*, *irukotia*, *gozua* y *bakarra* que hacen referencia a diferentes estratos de arenisca que se distinguían por su distinta calidad y dureza.

Durante los años treinta en la cantera de Arranomendi trabajaron hasta 100 personas.

En el flysch de Bizkaia se han inventariado también varias canteras para extracción de bloques para construcción.



“¿Sabías que... los estratos del flysch se han utilizado para elaborar los adoquines de algunas de las plazas de apuestas (*probalekuak*) del País Vasco? ”

📌 Campo de arrastre de Deba formado por adoquines extraídos del flysch negro.

El sílex y los neandertales de la playa de Barrika

Parece sacado de una película, pero es una historia real debidamente documentada por especialistas en geología y arqueología.

Hace unos 100.000 años un grupo de neandertales que caminaba por la zona de Barrika descubrió que entre los estratos del flysch había nódulos de sílex muy duros que podían utilizar para la fabricación de herramientas. El sílex proviene de la

acumulación de organismos marinos de concha silíceo como las diatomeas o las esponjas.

Algunas de esas herramientas quedaron abandonadas en aquella playa hasta que recientemente un grupo de investigación las encontró en las arenas de Kurtziomendi. Estas arenas se sitúan hoy sobre los acantilados actuales e indican que el nivel del

mar en aquel periodo estuvo más elevado que en la actualidad.

Barrika fue una de las mejores despensas de sílex de toda la costa cantábrica. Sin duda, aquellos que la conocían tenían una gran ventaja competitiva con respecto a las demás tribus de la época.



Fragmentos de sílex de Barrika.

2.4.6. El mar de las plataformas (90 - 40 Ma)

9

Las costas de la Península Ibérica se situaban en esta época sobre los actuales territorios del sur de Álava, La Rioja y Soria, y su posición se acercaba o alejaba en función de las subidas y bajadas relativas del nivel de mar:

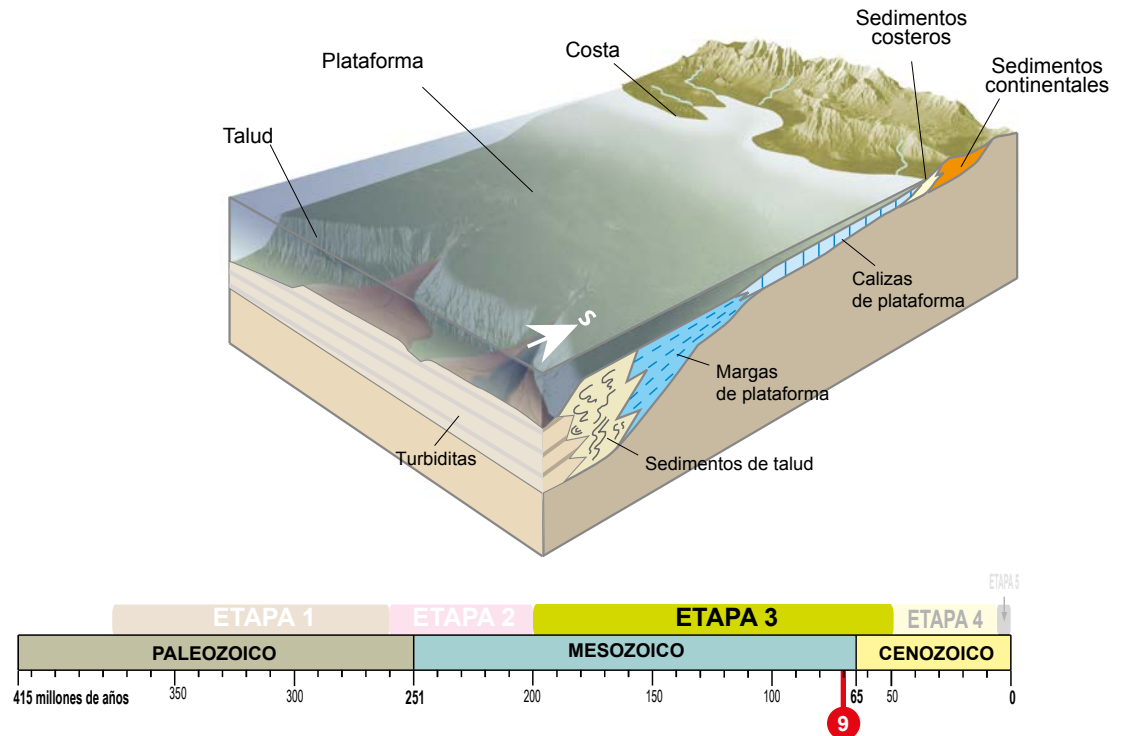
El continente se prolongaba bajo el mar en extensas plataformas de poca pendiente hasta que finalmente llegaban al talud, una gran cuesta que daba paso a los fondos profundos donde se estaba formando el flysch.

Estas plataformas de poca profundidad estaban llenas de vida y eran muy propicias para la formación de calizas. Estas calizas tienen habitualmente una gran extensión lateral que refleja la amplitud de la plataforma.

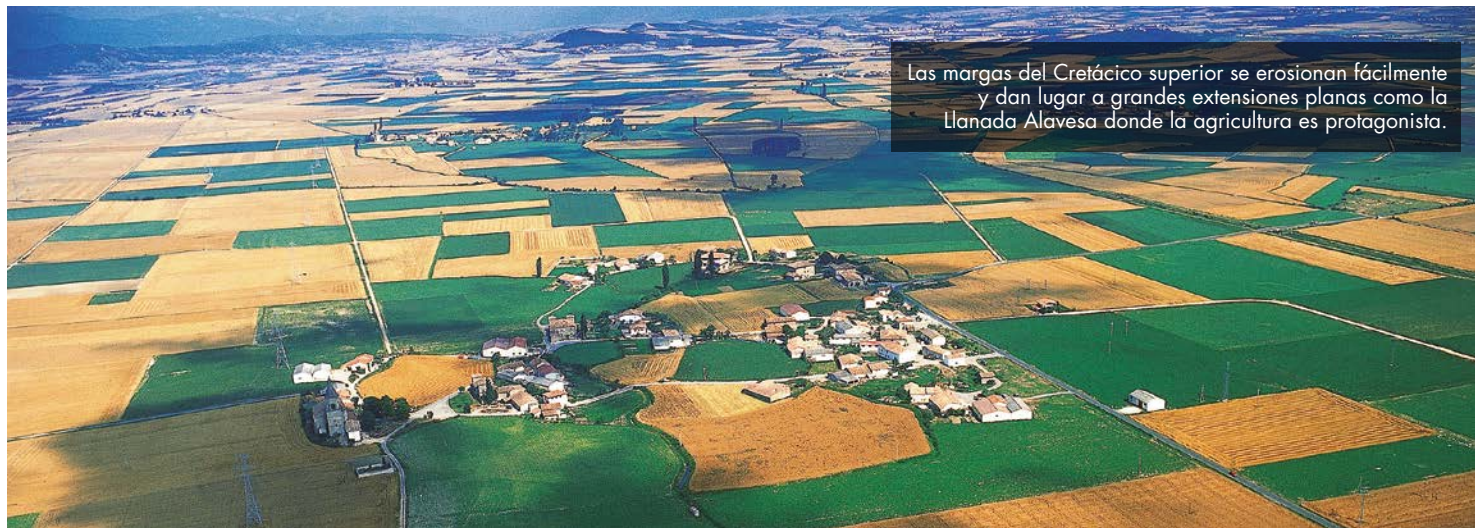
Muchos de los relieves principales de Álava como La Sierra Sálvada, La Sierra de Badaia, La Sierra de Toloño-Cantabria o los montes de Izki están formados por estos grandes paquetes calcáreos.

En las zonas más alejadas de la costa, los sedimentos más finos mezclados con el fango carbonatado dieron lugar a una gran cantidad de margas, que hoy podemos ver

en la Llanada Alavesa, el Valle de Kuartango o al pie de la Sierra Sálvada y que han dado lugar a terrenos muy propicios para el desarrollo de una agricultura intensiva.



Esquema simplificado de las grandes plataformas de finales del Cretácico, Paleoceno y Eoceno.



Una plataforma con mucha vida

Aquellos mares y costas de finales del Cretácico nos han dejado una gran cantidad y variedad de fósiles. Se han encontrado erizos de mar, bivalvos gigantes, amonites, dientes de tiburón y restos de mosasaurios (grandes reptiles marinos). Existe también un yacimiento muy especial en Laño (Condado

de Treviño) donde se han encontrado miles de huesos y dientes de anfibios, lagartos, serpientes, tortugas, dinosaurios, pterosaurios (reptiles voladores) y mamíferos provenientes de una pequeña área continental situada al sur de las plataformas marinas.



Dientes de tiburón.



Equínido.



Vertebra dorsal de un saurópodo, Titanosaurio del yacimiento continental de Laño.

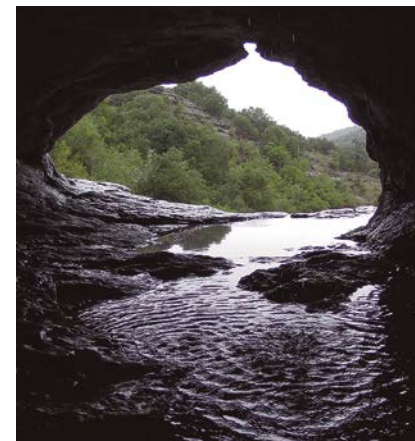
Calizas de Subijana. El guardián de las aguas subterráneas

Uno de los principales paquetes calcáreos formados en esta etapa recibe el nombre de Calizas de Subijana. Tiene 300 m de espesor y es fácilmente reconocible en el paisaje del oeste de Álava porque marca relieves tan importantes como la Sierra de Badaia, la Sierra Sálvada o la Sierra de Árcena, en el Parque Natural de Valderejo.

Su verdadero interés está en el interior ya que constituye un enorme almacén de agua con una capacidad renovable anual de 72,5 hm³/año, equivalente al embalse de Urrunaga.

La recarga se produce por el agua de lluvia que se infiltra desde la superficie y después sale por manantiales naturales como el de Nanclares de la Oca, Osma o Lendia y algunos pozos artificiales. Aunque sólo se usa el 16% de este recurso, el acuífero de Subijana abastece a 22 pueblos con una población aproximada de 4.200 habitantes.

Agua subterránea en el interior de las calizas de Subijana. Cueva de los Goros (Otogoien).



Una fábrica de asfalto natural en Álava

Las calizas alavesas no han sido tan ricas en metales como las vizcaínas o guipuzcoanas, pero tienen algunas particularidades muy interesantes; por ejemplo, la única explotación de la península de una veta de asfalto natural. Se conocieron como Asfaltos de Maeztu y la explotación principal estuvo en Atauri (Arraia-Maeztu).

Las calizas están llenas de pequeñas fracturas impregnadas de asfalto de color negro. La roca mancha e incluso desprende un olor característico que recuerda a las obras de las carreteras.

Estas calizas tenían restos de corales caídos de pequeños arrecifes contiguos. Era la fórmula perfecta: materia orgánica en abundancia y una gran porosidad. La materia orgánica se transformó en hidrocarburo y rellenó los poros y fracturas de la roca dando lugar a una caliza con un contenido de hasta un 15% de asfalto. Las fracturas donde se alberga el asfalto se formaron por la ascensión de las arcillas triásicas del cercano diapiro de Maeztu, que en su empuje, deformó y rompió parcialmente las rocas del entorno.

La explotación se abrió en 1886 y desde entonces se han extraído cientos de miles de toneladas de material. Se ha utilizado principalmente para moldear losetas de pavimentación urbana e industrial debido a sus propiedades antideslizantes y como aislante del ruido y la humedad.

Aunque la cantera de Atauri (Arraia-Maeztu) se encuentra cerrada, hoy todavía se pueden encontrar en su entorno restos de roca impregnada de asfalto.





Izki. Un paseo entre robles, calizas y desfiladeros de ensueño

El Parque Natural de Izki es un enclave privilegiado situado en el corazón de la Montaña Alavesa y declarado, además, como ZEC y ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves). Se puede recorrer fácilmente en bicicleta o andando disfrutando de su amplia red de pistas, senderos e infraestructuras.

Sus montañas más conocidas como Kapildui (1.176 m), San Justi (1.028 m), La Muela (1.055 m) y Soila (994 m) están formadas por grandes paquetes de calizas de plataforma que condicionan totalmente su relieve. La erosión de estas calizas, en general poco inclinadas, ha dado a lugar espectaculares desfiladeros como el de Korres o el menos conocido de Musitu, incluidos, como lugar de interés geológico.

Las calizas paleocenas que forman La Muela son las grandes protagonistas del paisaje de San Román de Campezo.

El valor principal del parque es su enorme bosque de roble marojo (*Quercus pyrenaica*), uno de los más extensos de Europa. El roble marojo forma bosques sobre suelos arenosos y sueltos o en planicies arenosas con clima relativamente seco. Este bosque crece en una enorme cubeta de unos 50 km² formada por arenas.

En aquella época hubo puntualmente un aporte de sedimentos arenosos desde el continente, dando lugar a grandes paquetes de areniscas intercaladas entre las calizas. Cuando las areniscas quedaron a la intemperie, el agua de lluvia disolvió el cemento carbonatado que unía sus granos y hoy aparecen como arenas sueltas. Estas tierras no eran productivas y esto ha permitido que se mantuviese la vegetación de marojo que ha sobrevivido muy bien hasta nuestros días.

Markinez y los eremitas de las cuevas

Markinez y su entorno son un rincón sorprendente de la Montaña Alavesa. En un primer vistazo podemos visualizar más de una decena de torres de roca de unos 25 m de altura que rodean al municipio.

La roca que forma estos pináculos es dolomía, una caliza donde el calcio ha sido parcialmente sustituido por magnesio. El tamaño de los cristales de dolomita suele ser más grueso que los de calcita y esto genera una porosidad que hace que

las rocas sean más solubles y fáciles de fracturar. En Markinez podemos ver cómo el paquete de dolomía de unos 25 metros de grosor está siendo erosionado (disuelto) con facilidad y deja estos torreones como cerros testigo de su propia existencia.

Muchos de estos pináculos fueron excavados artificialmente a principios de la Edad Media por antiguos eremitas que vivieron aquí aislados. Entre los pináculos podemos encontrar uno de los templos románicos más importantes de Euskadi, la ermita de San Juan de Markinez, construida en 1226.



Pináculos de Markinez con excavaciones eremíticas.

2.5. ETAPA 4. La gran colisión (hace entre 80 y 5 Ma)

¿Qué pasó?

La rotación que Iberia había realizado durante la etapa 3 le llevó finalmente a colisionar con el continente europeo. Este choque deformó y levantó todos los sedimentos acumulados durante millones de años en el fondo del mar. Este proceso se produjo muy lentamente, pero al final todo el territorio emergió. En este momento comienzan a formarse los primeros relieves, ecosistemas y sedimentos continentales de lo que después sería la actual CAPV.

¿Qué evidencias tenemos y dónde se pueden ver?

Kontinenteen arteko talka hark izan zuen indarra arroken tolesak erakusten dute hobekien. Plastilina bezala deformatu ziren, eta, gaur egun, lurralde osoan barrena ikus ditzakegu estratuak; horizontalki sortu ziren, baina aldatu egin zuten posizioa: inklinatu egin ziren, eta posizio bertikal bat izatera ere iritsi ziren.

Hausturak eta failak ere ikus daitezke, zeintzuek arroka zaharrenak arroka modernoagoen gainean jartzen baitituzte.

Arabako hegoaldean eta Trebiñoko Konderrian ikus ditzakegu hasierako erliebe azaleratu haietan sortutako lehendabiziko arroak: iraganeko aintzira kontinentalen metakinak (Loza, Urizaharran), lehorreko ugaztunen arrastoekin (Añana); mendien higaduraren ondorioz sortutako agregatuak (Pobes, Erriberagoitia, edo Kripan), edo

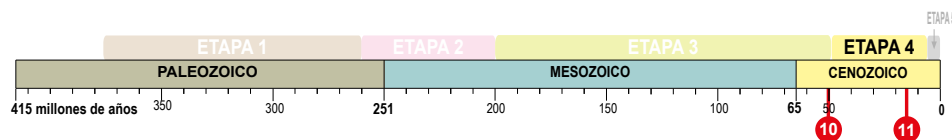
Ebro ibai hasiberriaren sedimentu hareatsuak, gaurko Arabako Errioxan (duela 20 Ma hasia zen Ebro bere arroa egiten).




10 Eoceno



11 Oligoceno



Etapa 4. Contexto y evolución de la cuenca vasco-cantábrica durante la orogenia alpina.



Peña Carrias. Las calizas de origen marino que hoy podemos ver en vertical y formando parte de nuestras cumbres son la mejor prueba del gran choque que levantó los sedimentos marinos para formar nuestras montañas.

“¿Sabías que... desde el punto de vista geológico las montañas vascas son parte de la cadena pirenaica y de un sistema mucho mayor llamado Orogenia Alpina que incluye cadenas como los Alpes o el Himalaya?”

2.5.1. Un choque de trenes (80 - 5 Ma) 10 11

Hace unos 80 Ma la placa africana comenzó a empujar hacia el norte y la placa ibérica se empezó a acercar al continente europeo. Aunque se puede considerar que este es el inicio de la gran colisión, la fase principal que dio lugar al levantamiento de la cadena pirenaica en nuestro entorno comenzó hace unos 45 Ma. En ese momento comenzaron a asomar nuestros primeros relieves continentales.

Durante los más de 20 Ma que duró la fase principal de la colisión los sedimentos y las rocas formadas en las etapas anteriores (principalmente debajo del mar) se deformaron intensamente dando lugar a miles de pliegues y fallas de diversos tamaños que hoy componen las piezas del mapa geológico del País Vasco.

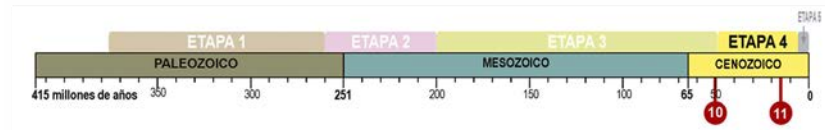
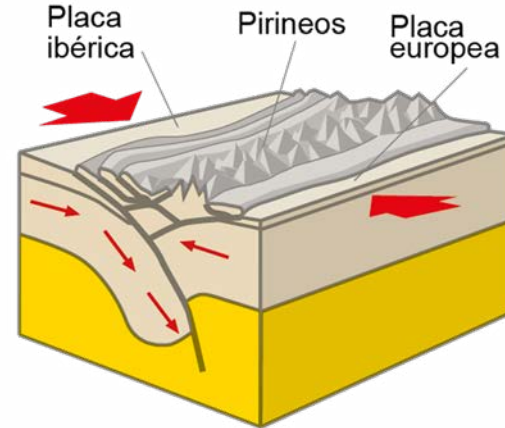
Algunas de esas estructuras de deformación marcan grandes relieves (de decenas de kilómetros) sobre el territorio como el cabalgamiento de la Sierra de Toloño-Cantabria, el sinclinal de Bizkaia o el anticlinal de Gernika; otras son de tamaño medio (unos pocos kilómetros o cientos de metros) como el anticlinal de Ocio y configuran la forma de algunas montañas.


Las estructuras más pequeñas (algunos metros o decenas de metros) son las más habituales. Podemos ver, por ejemplo, decenas de pliegues en los acantilados de Barrika.

Iberia y Europa chocaron durante más de 20 Ma para levantar los Pirineos y las montañas vascas.



10 Eoceno - Oligoceno 11

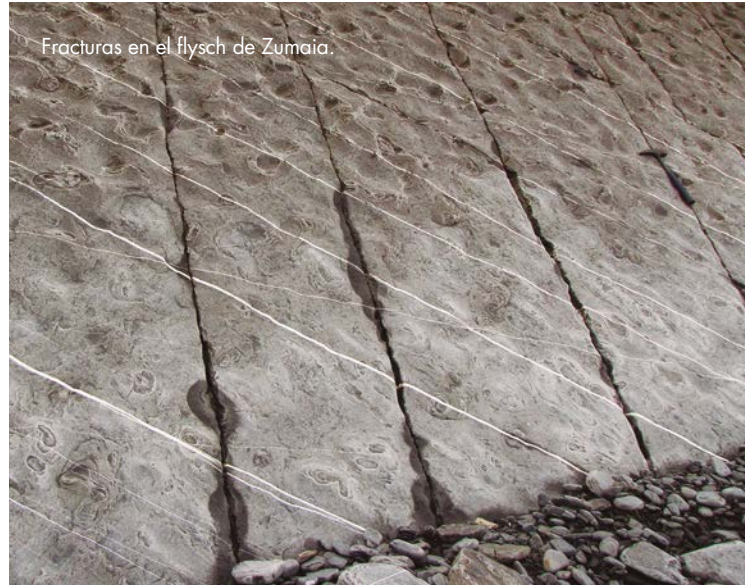


 Evolución de la cuenca vasco-cantábrica durante su proceso de apertura y cierre para levantar los Pirineos.

Pliegue de gran escala del monte Sesiarte (Deba).



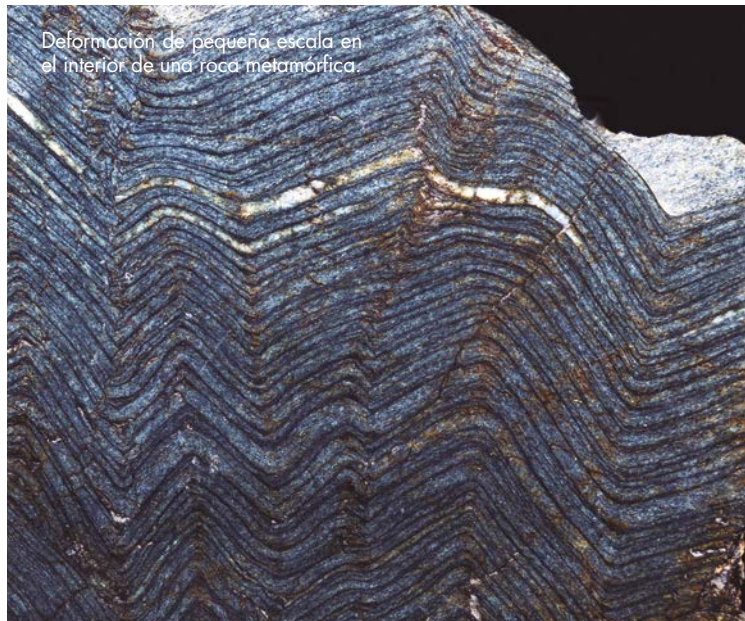
Fracturas en el flysch de Zumaia.



Espectacular pliegue tumbado en el flysch negro de Deba.



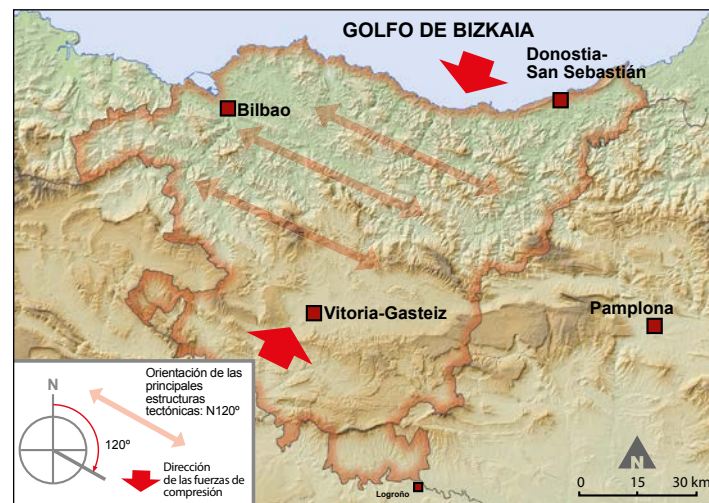
Deformación de pequeña escala en el interior de una roca metamórfica.



Euskadi, un territorio orientado

Si uno mira el mapa geológico del País Vasco con un poco de atención puede apreciar que la mayoría de las rayas y los colores, que representan fracturas y paquetes de rocas respectivamente, están orientados formando un ángulo de unos 120° con el norte.

Esta disposición fue adquirida durante el proceso de colisión entre Iberia y Europa en respuesta a los enormes esfuerzos de compresión principales de dirección Norte-Sur. Esta orientación preferente de las estructuras geológicas tiene una influencia clara en los principales relieves y valles de nuestra tierra, en su red hidrográfica, y por lo tanto, en nuestra red de infraestructuras, que mayoritariamente se orientan de manera paralela o perpendicular a esta orientación.



Sucesión de relieves alineados en el valle del Oria.
Al fondo la Sierra de Aizkorri.

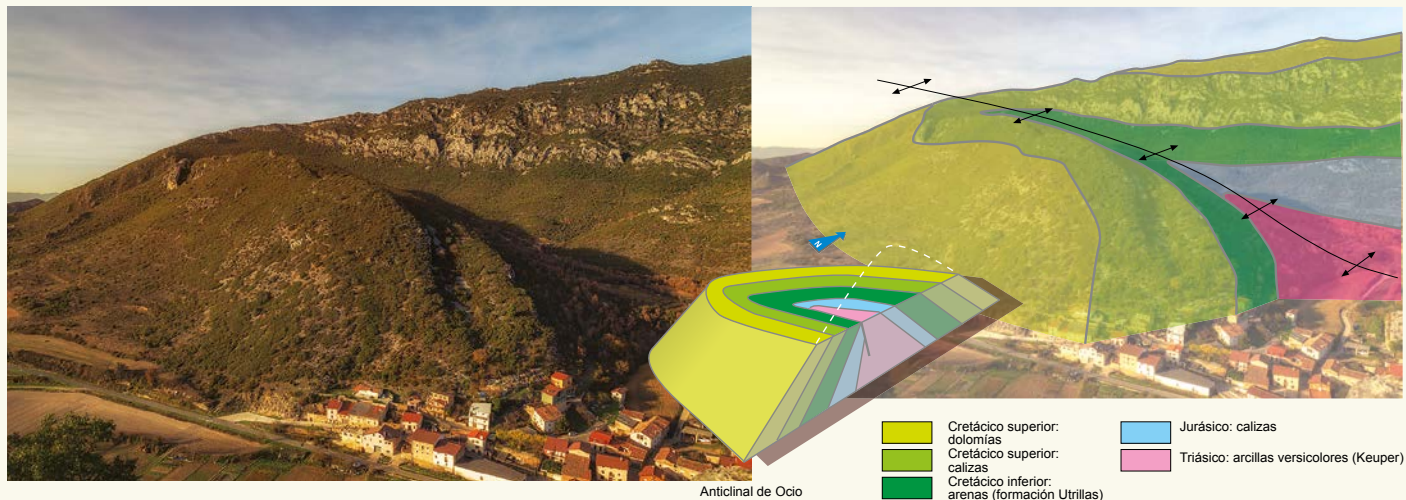



Ocio. El pueblo de la montaña plegada

Ocio es un pequeño pueblo del sur de Álava. Un pueblo con un castillo en lo alto de un cerro, el Castillo de Ocio, y protegido por el monte Txulato (946 m) situado en un cordal que lo rodea por el norte. Si nos fijamos en su forma veremos que este relieve alargado en dirección Este-Oeste está formado por un gran pliegue. El núcleo está compuesto por arcillas de edad triásica que ocupan el fondo del valle y están flanqueadas por estratos casi verticales de calizas jurásicas y cretácicas (más modernas) sobre las que se asienta el castillo. Esta disposición de materiales más antiguos en el centro y más

modernos en los laterales indica que nos encontramos ante un pliegue anticlinal.

El anticlinal está englobado dentro de la ZEC/ZEPA Sierras Meridionales de Álava, concretamente en la Sierra de Portilla. Sus laderas están tapizadas por carrascales y sus afloramientos rocosos poseen un elevado interés para la avifauna, principalmente para el buitre leonado.



 Pueblo y gran pliegue anticlinal de Ocio. La erosión del núcleo del pliegue permite acceder a los materiales más antiguos.

Barrika. La playa donde el flysch se retuerce

Los signos de la deformación tectónica son evidentes en todo el territorio, pero seguramente en ningún lugar son tan espectaculares como en la playa de Barrika. Aquí los estratos del flysch se retuercen y se rompen

en pliegues muy apretados. Parece más una obra de arte que un afloramiento natural y, además, debido a la erosión de los acantilados los pliegues se ven también en planta sobre la rasa mareal.



Sierra de Toloño - Cantabria. El límite sur del Pirineo

La Sierra de Toloño - Cantabria es una de las estructuras tectónicas más importantes de Euskadi: el Cabalgamiento Frontal Surpirenaico, que es realmente el borde sur de la cadena de los Pirineos.

Un cabalgamiento es una falla de grandes dimensiones en la que un paquete de rocas más antiguas se coloca y desplaza (cabalga) sobre otro de rocas más modernas. Este cabalgamiento se formó como consecuencia de las fuerzas de compresión durante el choque entre Iberia y Europa y se extiende desde aquí hasta el Pirineo Catalán marcando el límite entre la cadena Pirenaica y la cuenca del Ebro. Los Mallos de Riglos o la Sierra de Guara en Huesca son dos ejemplos parecidos del mismo fenómeno geológico.

La Sierra de Toloño-Cantabria está formada por calizas cretácicas formadas hace unos 90 Ma en el fondo de un mar somero en posición horizontal (2.4.6. / pág. 90). Actualmente estas capas se encuentran en posición casi vertical y se sitúan

topográficamente por encima de las areniscas horizontales que forman los relieves suaves de la Rioja Alavesa. Estas areniscas se formaron tal como hoy las conocemos, hace unos 20 Ma por la acción del río Ebro, y desde entonces, no ha habido ningún movimiento tectónico importante que les haya afectado. Es decir, tenemos un paquete de rocas más antiguas de origen marino colocadas en posición vertical sobre rocas más modernas de origen continental y que no han sido deformadas.

Esta gran estructura tectónica es un condicionante fundamental para la tradición vitivinícola de la Rioja Alavesa. La Sierra de Toloño-Cantabria funciona como una barrera natural que retiene las nubes del norte y mantiene en este territorio un clima más seco, soleado y propicio para el cultivo de la vid.

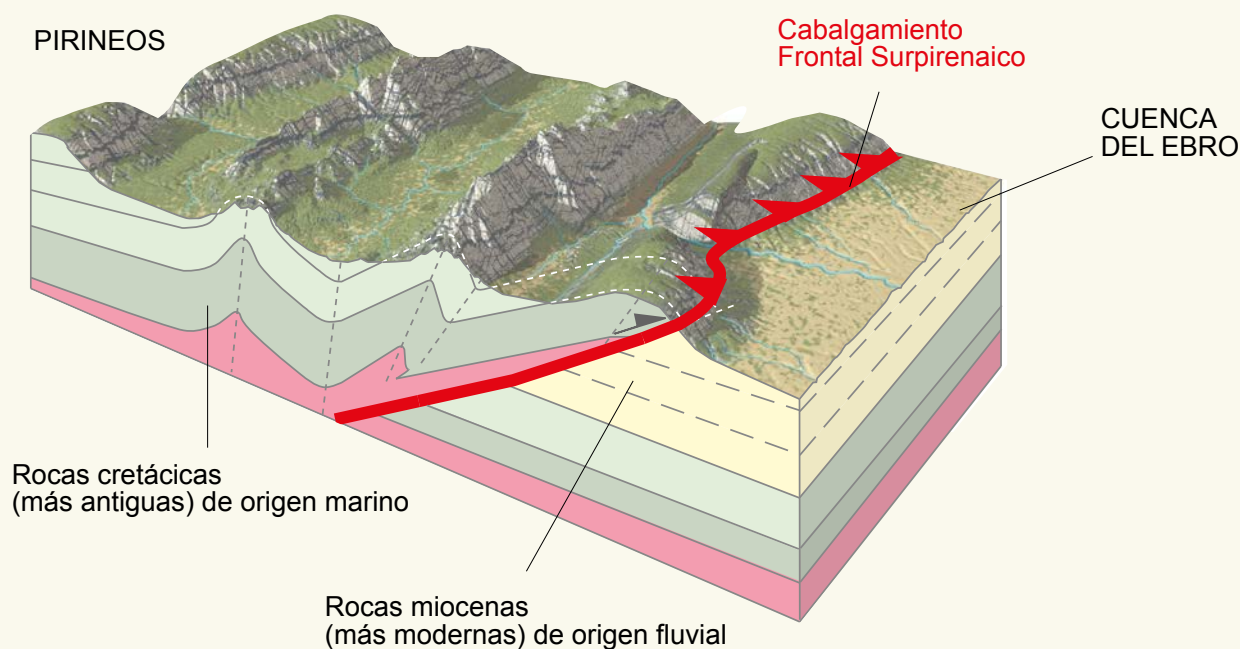
“ ¿Sabías que... la Sierra de Toloño-Cantabria marca el límite sur geológico de los Pirineos? Al norte quedan las rocas plegadas de las montañas; al sur, la cuenca del Ebro. ”



El mirador de la ermita de San Felices (Haro)

Si subimos a la ermita de San Felices vamos a contemplar una de las mejores panorámicas del cabalgamiento frontal subpirenaico en la Sierra de Cantabria. La imagen habla por sí sola.

Interpretación geológica del Cabalgamiento Frontal Surpirenaico entre la Sierra de Cantabria y la Rioja Alavesa.



- Mioceno (15 Ma). Areniscas de la cuenca del Ebro
- Jurásico y Cretácico (170 - 80 Ma). Calizas de origen marino
- Triásico (Aprox. 230 Ma). Arcillas del Keuper muy plásticas

El relieve de la Sierra de Toloño sobre la Rioja Alavesa marca el comienzo de la cadena Pirenaica en Euskadi.



2.5.2. Nuestros primeros paisajes continentales (45 - 5 Ma)

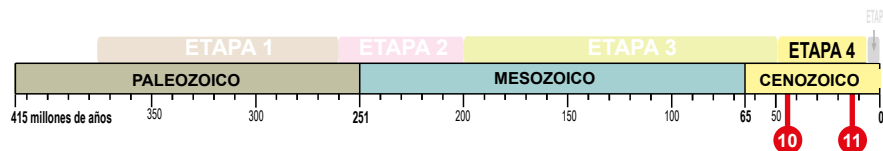
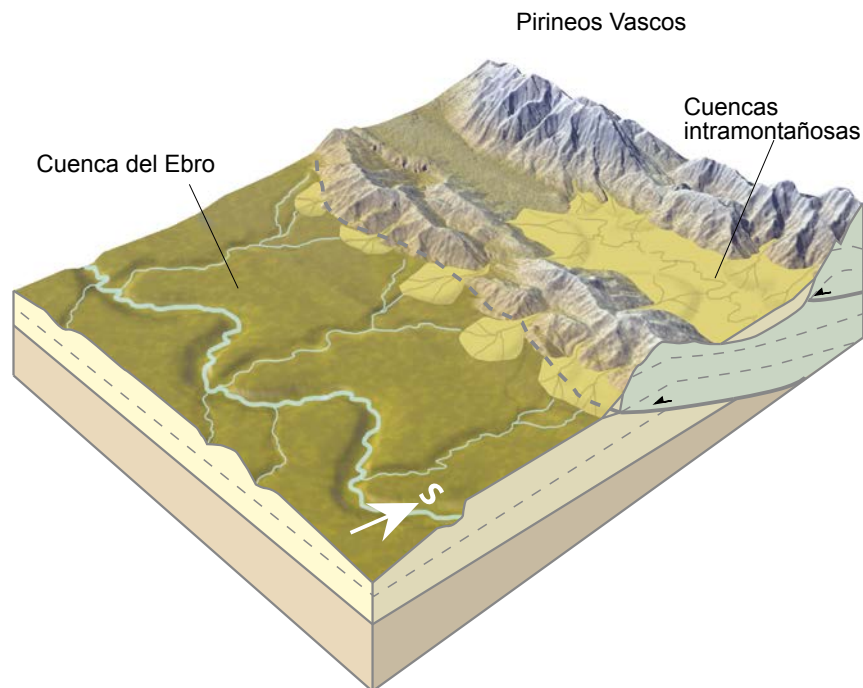
10

11

No se puede saber con seguridad cuándo comenzaron a emerger los primeros relieves de nuestro territorio, pero como mínimo podemos decir que hace unos 45 Ma (Eoceno) había ya algunos lagos en el sur del territorio y que hace unos 30 Ma había ya relieves importantes. En cualquier caso, aquel paisaje no tenía nada que ver con el que conocemos hoy. Ni los montes, ni los valles actuales existían todavía.

Podemos imaginar relieves suaves y valles por donde comenzaban a discurrir algunos riachuelos que alimentaban lagos formados en las cuencas intramontañosas. Estos humedales se formaron en el núcleo de grandes pliegues sinclinales que se estaban originando por el choque de las dos placas.

Hace unos 45 Ma (Eoceno) había ya algunos lagos en el sur del territorio.



Primeros relieves continentales en el sur de Euskadi.

Los primeros habitantes de tierra firme

En aquellos primeros relieves continentales encontramos sedimentos de origen lacustre en lugares como Loza en Peñacerrada (45 Ma) o Zambrana (36 Ma). En este último municipio se ha investigado uno de los yacimientos de mamíferos eocenos más importantes y antiguos de Europa. Se han encontrado restos fósiles de marsupiales, roedores, primates, algunos anfibios y reptiles como tortugas o cocodrilos. Los mamíferos acudían a estos lagos para beber o cazar sin darse cuenta de que sus huellas quedarían marcadas en los sedimentos para siempre.

Mandíbula de un perisodáctilo (de un mamífero parecido a una cebra) de hace unos 35 Ma recuperado en el yacimiento de Zambrana. Badiola y Cuesta, 2008. ¶



Insectos y hojas de un ecosistema lacustre de hace unos 20 Ma en Izarra (Urkabustaiz). ¶



“¿Sabías que... en Añana se encontró un yacimiento de gran valor de rastros fósiles de mamíferos de hace unos 20 Ma? ¶¶



Las rocas seguían deformándose en profundidad y los relieves eran cada vez más pronunciados. Hace unos 30 Ma se empezaron a formar acumulaciones importantes de sedimentos gruesos en la base de los principales accidentes topográficos. Hoy esos pedruscos están atrapados en conglomerados que podemos ver, por ejemplo, en Pobes (Ribera Alta) o en Kripan.

Más al sur, el río Ebro iba llenando de sedimentos arenosos una gran cuenca formada por lagos interiores. Hace unos 8 Ma el Ebro encontró su camino hacia el mar y desde entonces el río ha ido excavando y transportando hacia el este todos los sedimentos que él y sus afluentes habían ido depositando en el interior de la cuenca durante millones de años.

➤ Los conglomerados de Pobes están formados por los fragmentos erosionados de aquellos primeros relieves continentales. Son bastante duros y forman una banda de orientación Este-Oeste situada al sur de las sierras de Arkamu, Badaia y Montes de Vitoria.

Un paseo por la Rioja Alavesa. Los paredones de Kripan

La Rioja Alavesa es un lujo para los sentidos. Lo es por muchos motivos, también el geológico, que de alguna manera condiciona todos los demás.

Nuestro recorrido comienza en el pequeño pueblo de Kripan. La panorámica es espectacular. Frente a nosotros tenemos una enorme mole de conglomerados de color marrón pegada al relieve que forma la Sierra de Toloño-Cantabria. Estos conglomerados están formados principalmente por cantos originarios de las calizas cretácicas (90 Ma)

que forman las cumbres de esta sierra. Este conjunto de conglomerados tiene más de 200 metros de desnivel y se formó durante varios millones de años (hace entre 30 y 25 Ma) por acumulación de derrubios caídos de las cumbres de la Sierra de Toloño-Cantabria a medida que esta crecía y avanzaba hacia el sur.

Este tipo de conglomerados son muy habituales en los frentes de las cadenas montañosas. Los Mallos de Riglos, en el Pirineo oscense, son uno de los ejemplos más espectaculares conocidos.



Los «petachos» de conglomerados
situados a pie de la sierra.

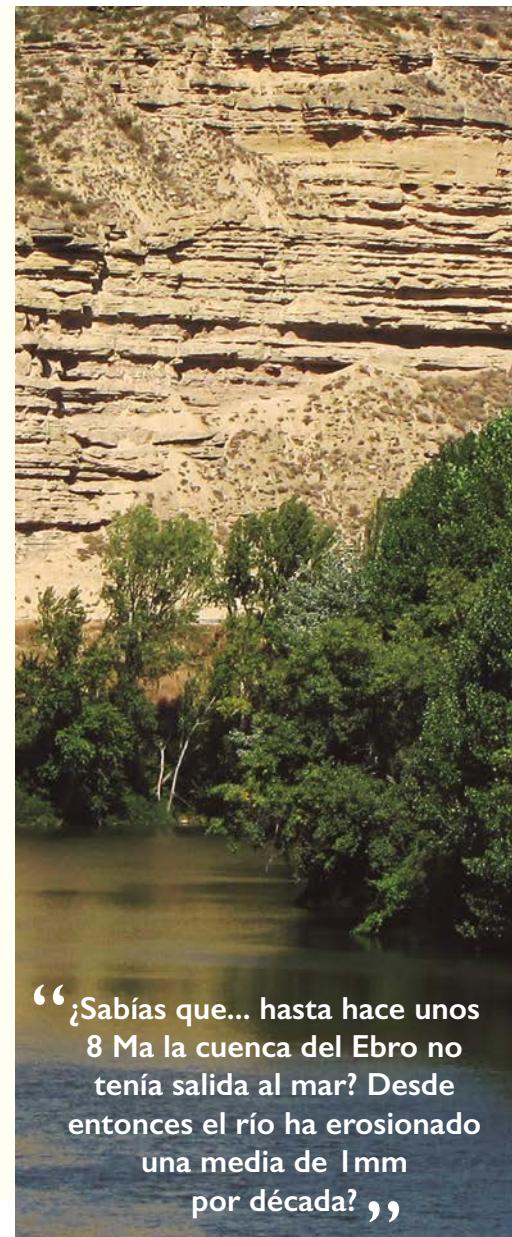
Un paseo por la Rioja Alavesa. Las terrazas del Ebro

Nos desplazaremos ahora hasta la bonita localidad de Lapuebla de Labarca, a orillas de río Ebro. El puente sobre el río es un buen mirador para observar un gran corte de unos 40 m de altura formado por una secuencia de capas de areniscas y lutitas en posición horizontal. Estos sedimentos pueden tener en torno a 15 Ma y fueron depositados por el río Ebro antes de que la cuenca tuviera salida al mar.

Las arenas y arcillas de la Rioja Alavesa proceden principalmente de la erosión de las montañas calcáreas de la Sierra de Toloño-Cantabria. Este es un hecho clave en la formación de los conocidos y tan preciados suelos arcilloso-calcáreos de la Rioja Alavesa. En 1972 el ingeniero agrónomo y enólogo Manuel Ruiz, elaboró el mapa de suelos para los viñedos del vino de Rioja. Su conclusión fue clara: «El suelo arcillo-calcáreo de la Rioja Alavesa es el más difícil de trabajar, el más pobre, pero es el que da mejores resultados.», lo cual refleja la clara conexión entre la geología del territorio y la producción de los apreciados vinos de la Rioja Alavesa.



El mapa de suelos de la Rioja refleja claramente la naturaleza geológica diferente de la Sierra de Toloño al norte (carbonatada) y la Cordillera Ibérica al sur (más arenosa).



“¿Sabías que... hasta hace unos 8 Ma la cuenca del Ebro no tenía salida al mar? Desde entonces el río ha erosionado una media de 1mm por década?”

Viñedos de la Rioja Alavesa. La geología del entorno ha proporcionado suelos y condiciones climáticas idóneas para el cultivo de la vid.



2.6. ETAPA 5. La formación del relieve (hace entre 5 Ma y actualidad)

¿Qué pasó?

Nuestra tierra ha estado emergida desde hace más de 20 Ma, pero el paisaje actual es fruto de la erosión y los procesos acaecidos solamente en los últimos millones de años, como mucho en los últimos 5 Ma.

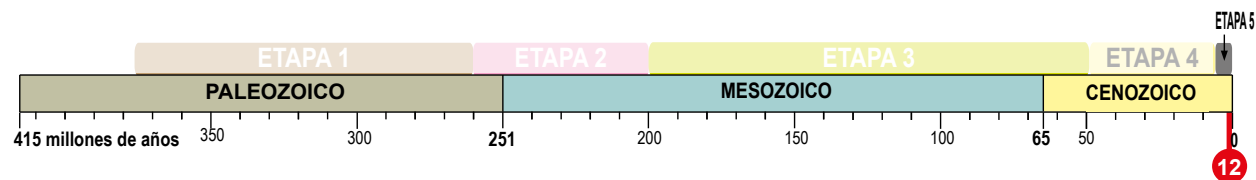
El agua de lluvia, los ríos, el mar y el hielo son los culpables principales del modelado de nuestro paisaje.

¿Qué evidencias tenemos y dónde se pueden ver?

Toda nuestra geografía es un museo de formas de erosión: acantilados, rasas mareales, cuevas, valles, cañones o las aristas de las montañas son solo algunos de los ejemplos que se pueden citar.

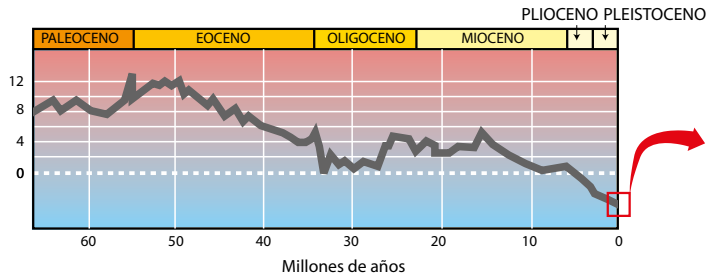
Sin embargo, esas formas del relieve dan una información muy limitada porque en la mayoría de los casos no contienen sedimentos que se puedan estudiar. Afortunadamente, la erosión implica también sedimentación. Las playas, estuarios, terrazas fluviales, depósitos de cueva o pedreras guardan las claves para entender los procesos que han modelado nuestro paisaje.

El agua de lluvia, los ríos, el mar y el hielo son los culpables principales del modelado de nuestro paisaje.

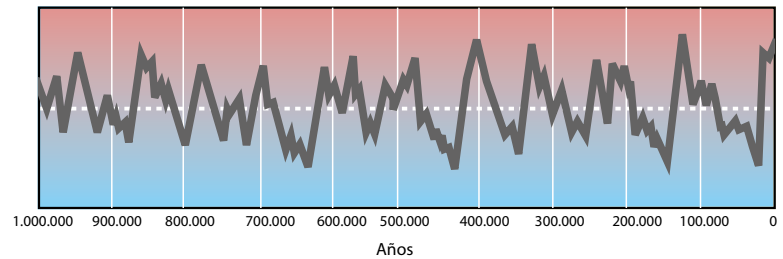


Etapa 5. El relieve que hoy conocemos se ha generado durante los últimos 4 o 5 millones de años en un clima donde se han intercalado periodos fríos y cálidos.

VARIACIÓN CLIMÁTICA EN LOS ÚLTIMOS 65 MILLONES DE AÑOS



VARIACIÓN CLIMÁTICA EN EL ÚLTIMO MILLÓN DE AÑOS



El clima condiciona la formación del relieve

El clima no ha sido siempre como lo conocemos hoy. En los últimos 2 Ma ha habido alternancias de periodos fríos (glaciaciones) y cálidos (interglaciaciones) que se producen de manera cíclica. Estos cambios están controlados por las variaciones en el aporte de energía solar generados por movimientos astronómicos del eje y la órbita de la Tierra. De manera general se puede decir que cada 100.000 años se produce una glaciación. La última tuvo lugar hace unos 18.000 años.

Actualmente estamos en un periodo cálido o interglacial pero debemos recordar que durante los periodos fríos recientes la temperatura media del planeta era unos 8°C más baja que en la actualidad. Estas variaciones han condicionado claramente los procesos formadores del relieve, no solo por la presencia de hielo, sino también por la mayor o menor disponibilidad de agua y por las importantes variaciones del nivel de mar relacionadas con la fusión de los hielos polares.

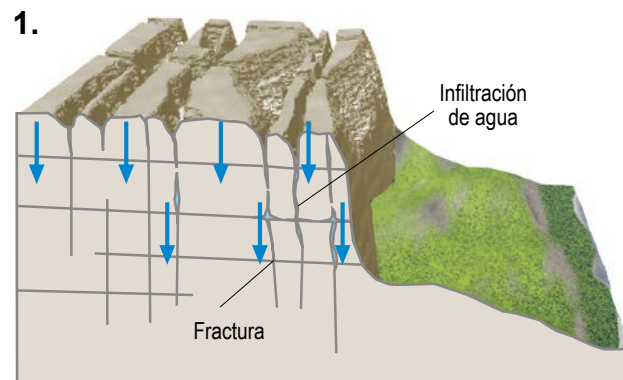


2.6.1. Hielo en nuestras montañas

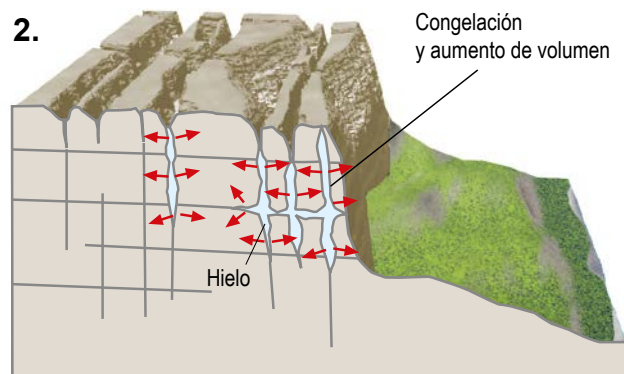
Hoy el hielo actúa solamente en las cumbres más altas de Euskadi y durante los meses de invierno, pero en el pasado su efecto fue mucho más importante.

El agua que queda atrapada en las fracturas de las rocas, se congela durante la noche, aumenta su volumen y poco a poco va rompiendo y resquebrajando las rocas. A este proceso, muy común en zonas de media montaña como los Pirineos, se le llama gelifracción y da lugar a la formación de grandes depósitos de piedras sueltas (derrubios) en forma de cono en la base de los relieves más pronunciados.

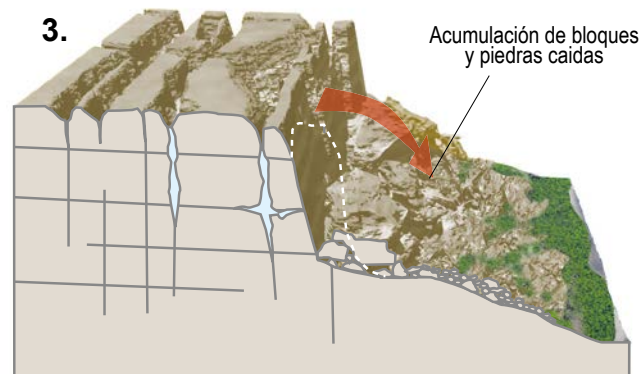
La gelifracción



Filtración de agua en las fracturas.



Congelación y aumento de volumen.



Rotura de la roca.

Los conos del Monte Alluitz

La cara sur del monte Alluitz (Abadiño) es un paredón espectacular formado por calizas urgonianas. Se puede acceder a su base por la pista que comunica el desfiladero de Atxarte (junto a la cantera) con la carretera BI-623 que sube al Santuario de Urkiola. La pared tiene unos canales verticales que conducen los fragmentos de roca desprendidos por gelifracción hasta una serie de acumulaciones cónicas de derrubios situados en la parte inferior.

El gran hueco excavado en la parte alta de la pared pudo haber sido una pequeña zona de acumulación de hielo, pero no se han encontrado evidencias de que este desarrollara después una lengua de hielo.

Los conos de derrubios son un hábitat especial para muchas especies vegetales singulares del Parque Natural y ZEC de Urkiola. Los paredones calizos son el hábitat de aves rupícolas como el alimoche, halcón peregrino o buitre leonado.

Cara sur del monte Alluitz con los conos de derrubios formados en la base.



Un glaciar de verdad en el valle de Arritzaga (Aralar)

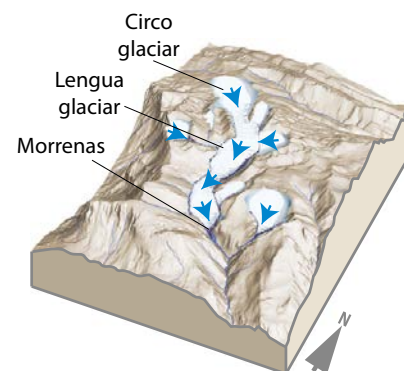
Al parecer nuestras montañas no han sido lo suficientemente altas para generar grandes glaciares como los que se formaron en el Pirineo, pero existen evidencias de que en el valle de Arritzaga de la Sierra de Aralar, y seguramente en el macizo de Gorbeia, hubo glaciares de verdad. Eran masas de hielo de tamaño reducido y localizadas a cotas muy bajas. La cercanía al mar de estos macizos fue un condicionante clave, ya que los frentes fríos del norte dejaban gran cantidad de nieve en invierno y cubrían los cielos durante los meses de verano. Era el invierno perfecto.

El acceso desde Amezketa hasta Arritzaga no es fácil, pero sin duda merece la pena. Arritzaga es un valle de auténtico sabor alpino.

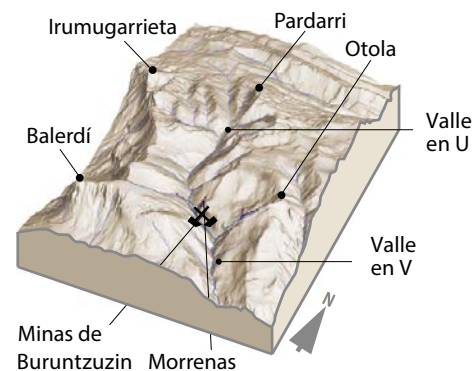
Hace entre 50.000 y 30.000 años una lengua glaciar de 5 km y unos 70 m de espesor recorría el valle de Arritzaga. Se alimentaba del hielo acumulado de manera permanente en la zona alta de las campas (1.200 m) y llegaba hasta las minas de Buruntzuzin (800 m), donde dio lugar a una morrena frontal-lateral formada por una acumulación desordenada de sedimentos y bloques de diferente tamaño. Era el frente del glaciar en su máxima extensión. Hace entre 30.000 y 18.000 años el frente retrocedió hasta los 1.000 m de altura, en el entorno de la fuente de Pardeluts, y desde entonces, la masa de hielo fue poco a poco perdiendo entidad hasta desaparecer hace unos 10.000 años.

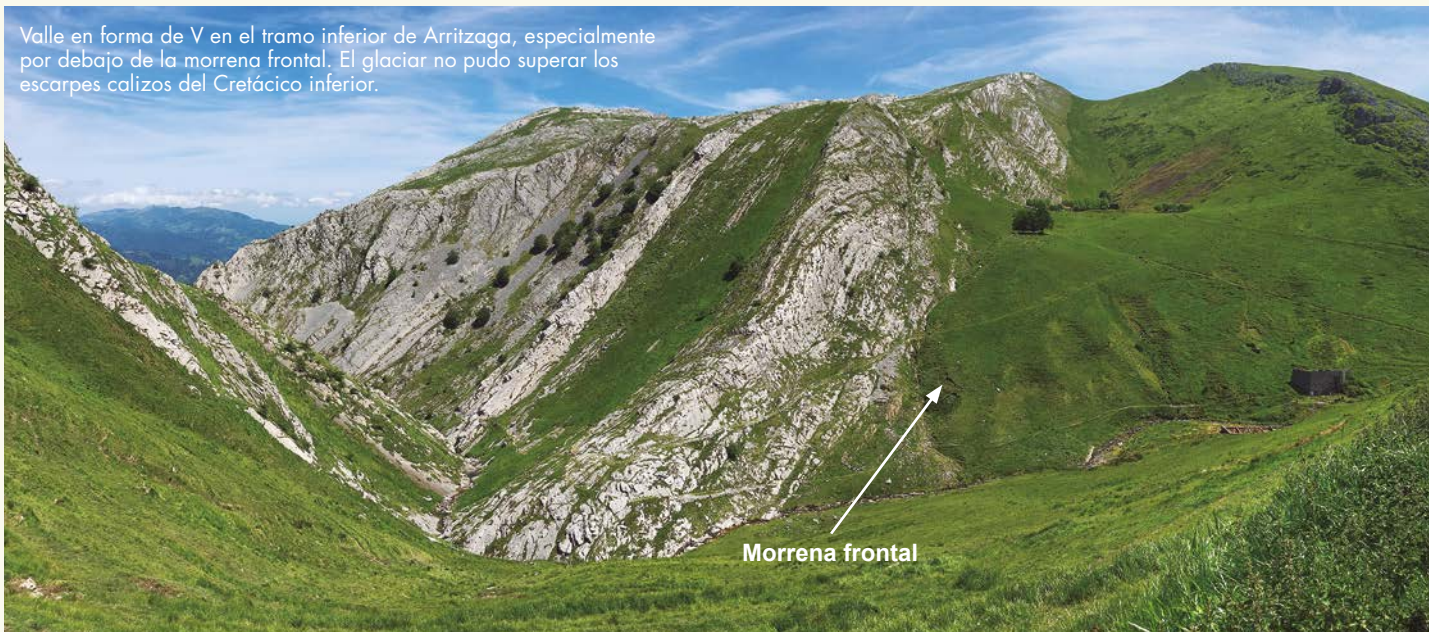
Además de las morrenas, el glaciar dejó otra evidencia muy clara: la forma del valle. Hasta los 800 m el valle tiene una forma de V muy encajonada propia de valles fluviales; entre los 800 y los 1.000 m el valle se ensancha, y a partir de los 1.000 m muestra una clara forma de U propia de grandes valles glaciares como el de Ordesa en el Pirineo.

Arritzaga hace 50.000 años



Arritzaga hoy en día

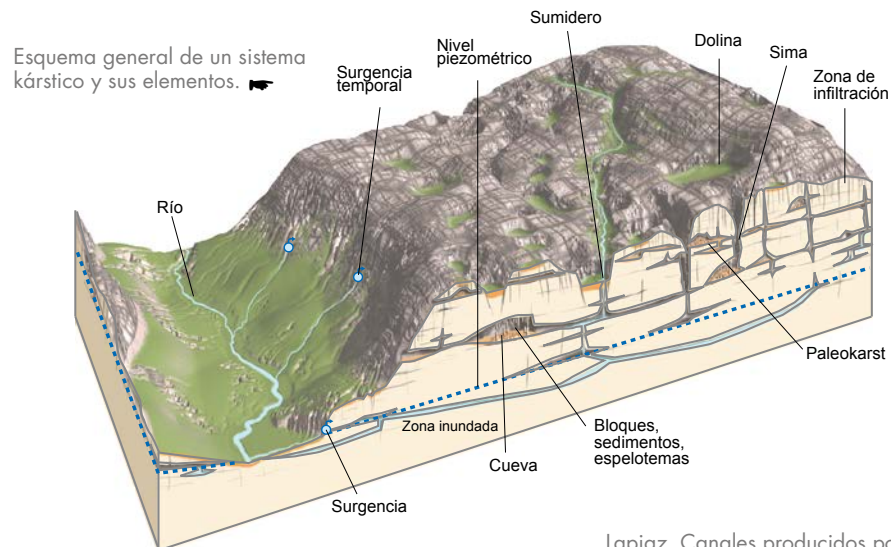




2.6.2. Karst. La historia de las rocas que se disuelven

Durante la precipitación y en su contacto con la vegetación del suelo el agua de lluvia se carga de dióxido de carbono (CO_2) y adquiere una acidez que le permite disolver la roca caliza como si fuera un azúcarillo. En superficie, el agua aparece y desaparece buscando diferentes caminos para entrar en un mundo subterráneo lleno de cuevas. Es el mundo del karst.

Las rocas calcáreas son las rocas más comunes de nuestras montañas, y por lo tanto, las formas del karst son muy habituales en nuestro paisaje.



Lapiaz. Canales producidos por el agua sobre la dura roca caliza.



El karst por fuera

El agua de lluvia aprovecha las fracturas de la roca para disolverla, dando lugar a terrenos rotos y fracturados con acanaladuras llamados lapiaces. Actúan como una esponja que absorbe el agua de lluvia hacia el interior. Estos lapiaces son muy comunes en las laderas y cumbres de la mayoría de nuestras montañas. Itxina en Bizkaia y las laderas desnudas de Aizkorri o Izarraitz en Gipuzkoa son buenos ejemplos.

En algunos puntos, la disolución genera unas depresiones circulares llamadas dolinas que funcionan como embudos para canalizar el agua superficial a los acuíferos subterráneos. En la Sierra de Badaia, por ejemplo, se pueden ver perfectamente alineadas sobre las fracturas principales de la roca. Cuando se unen varias dolinas pueden generar depresiones más grandes, e incluso, valles cerrados como Oma, Lastur u Olatz que reciben el nombre de poljés.

En la zona cercana a la costa la disolución de la caliza ha dado lugar a un relieve muy particular con forma de pirámide. Son los pináculos que hoy podemos ver en Atxapunta en Busturia y en la margen derecha del estuario del Oka (Urdaibai) o en el monte Arno (Geoparque de la Costa Vasca). Estas pirámides gigantes son propias de climas subtropicales (Tailandia, Vietnam...), lo que implica que su disolución comenzó hace más o menos unos 4-5 Ma, en el Plioceno, un periodo más cálido justo anterior a las glaciaciones del Cuaternario.

📍 Poljé de Lastur (Deba) formado por la disolución de las calizas.



El karst por dentro

El karst tiene una parte escondida que algunos han llamado el sexto continente. Es el mundo de las cuevas.

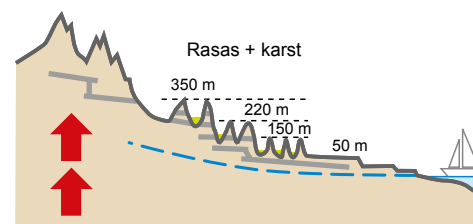
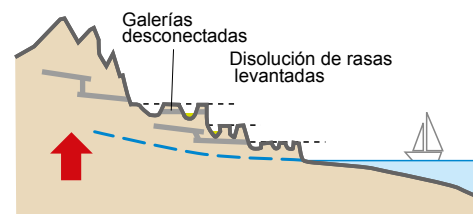
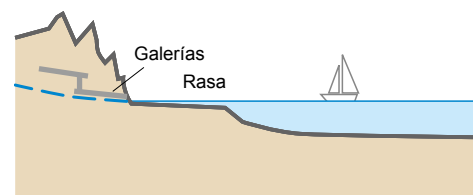
La morfología de las cuevas no es aleatoria. Las galerías horizontales suelen estar relacionadas con el nivel de saturación del agua en el subsuelo. Cuando este nivel es estable durante un tiempo es capaz de perforar galerías más o menos horizontales en la roca caliza.

En el karst cercano a la costa se han detectado niveles en alturas de +300, +200, +100 +50 y +25m que marcan diferentes momentos de estabilidad del nivel de base, más antiguos según ascendemos en cota.

Los sedimentos transportados por los ríos subterráneos, los espeleotemas (estalactitas, estalagmitas y otros) y los restos de polen atrapados en el interior de las cuevas guardan información clave para entender los procesos geomorfológicos que han modelado nuestro paisaje.

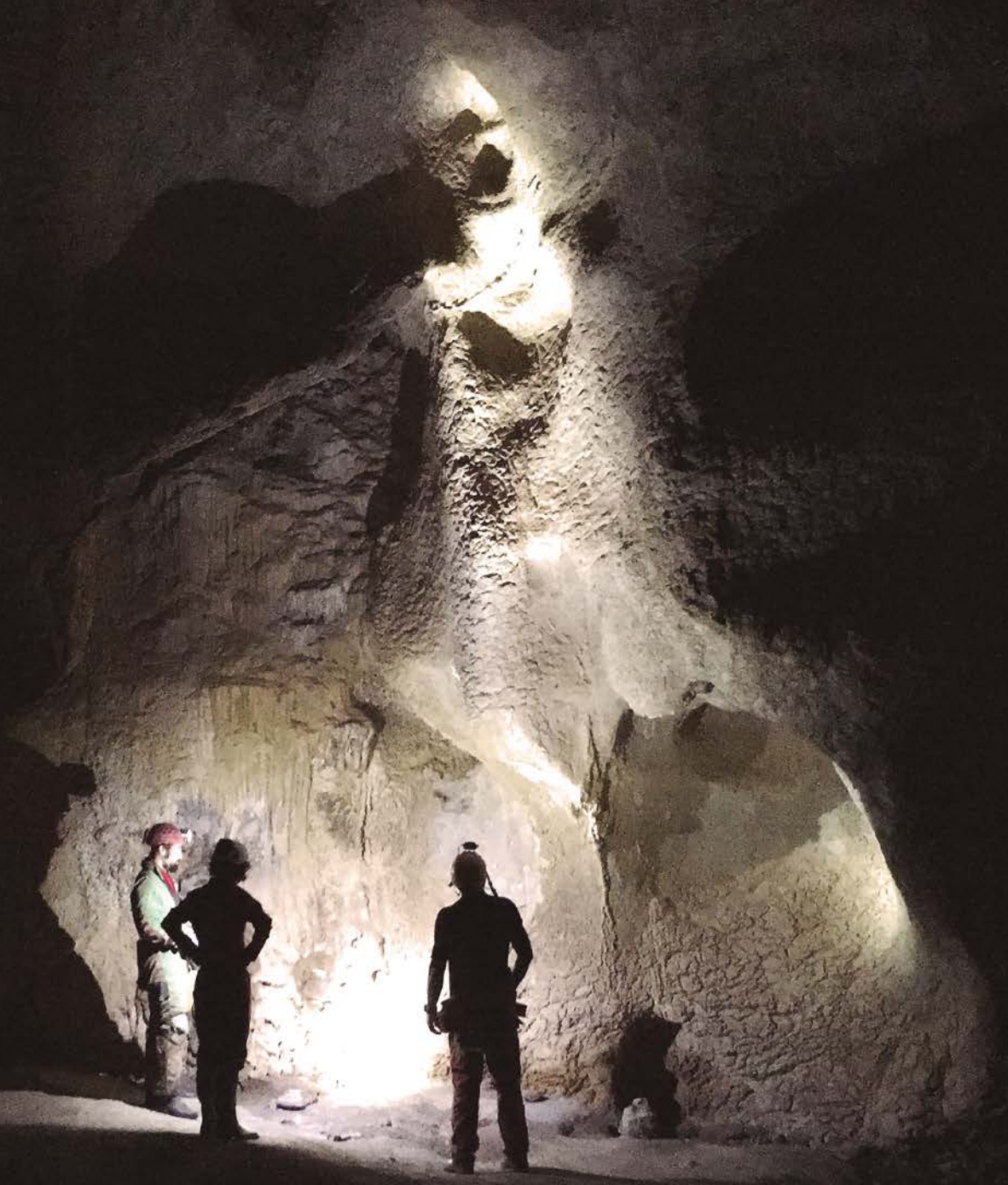
Sabemos que muchas de estas cuevas han funcionado como canales o reservorios de agua subterránea desde hace unos 350.000 años, pero apenas hemos empezado a entender la cantidad de información que guardan en su interior:

“¿Sabías que... en Euskadi existen más de 5.000 cuevas?
¿y que si sumamos la longitud de todas ellas tenemos
más de 600 Km de galerías? ”



Modelo de formación de los relieves más cercanos a la costa y de sus galerías subterráneas alineadas.

La investigación de las cuevas es un trabajo complejo y multidisciplinar: topografía, geología, karstología, climatología, hidrología, paleontología, palinología, ecología y espeleología. Todo suma para comprender cómo, cuándo y en qué contexto ambiental se formaron las oquedades.



El registro del clima

Cuando el agua entra en el subsuelo a través de las fracturas llega al techo de las cuevas en forma de gotas y pequeños hilos de agua. Una vez allí el carbonato, que previamente ha disuelto en la roca, precipita en forma de estalactitas, estalagmitas y otros espeleotemas.

Los anillos de crecimiento interiores de las estalagmitas representan periodos de diferente clima y precipitación. Estudiando estos anillos en la cueva de Praileaitz se ha podido reconstruir el clima de los últimos 10.000 años.





Los habitantes de la oscuridad

Las condiciones de vida no son fáciles en el interior de las cuevas, pero hay organismos (los troglobios) que se han adaptado a la oscuridad y la escasez de nutrientes de este hábitat subterráneo y forman un ecosistema extremadamente sensible y particular. En Euskadi se han descrito cientos de especies de troglobios, muchos de ellos endémicos y en riesgo de extinción.

Los troglobios suelen ser animales más pequeños y más delgados y alargados que sus parientes del exterior; tienden a perder su coloración hasta llegar a ser incoloros y normalmente pierden también la vista.

Las cuevas son también refugio de una especie fundamental para el equilibrio ecológico: los murciélagos. Este mamífero volador controla las plagas y las poblaciones de mosquitos, dispersa semillas y polen y ayuda a mantener el equilibrio de muchos ecosistemas. En los últimos años se ha detectado un importante descenso poblacional en la CAPV y se están realizando estudios y proponiendo medidas para su recuperación.

Seudo-escorpión despigmentado.

Santuarios del arte rupestre

No es casualidad. El nuestro es un territorio rico en restos arqueológicos de la prehistoria.

El clima hace 18.000 años era bastante más frío y las montañas del interior estarían nevadas durante todo el año. La zona litoral ofrecía un clima más templado, una mayor disposición de recursos y, localmente, cuevas donde poder vivir y resguardarse de los animales y el clima.

Las cuevas no se distribuyen al azar. La mayoría de los yacimientos arqueológicos se sitúan en las zonas donde existen calizas cercanas a la línea de costa, en especial, en el entorno de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai y en el valle del Deba, en el Geoparque de la Costa Vasca.

Se han encontrado herramientas de neandertal del Paleolítico inferior (200.000 - 100.000 años), pero las cuevas más conocidas son las que contienen pinturas rupestres del Paleolítico superior (en torno a 15.000 años). Sus murales son un muestrario impresionante de bisontes, renos, cabras, caballos, peces y figuras geométricas más difíciles de interpretar. **Santimamiñe** (Kortezubi) destaca por la variedad y calidad de las cerca de 50 figuras representadas; **Altxerri** (Aia)

por la existencia de un bisonte gigante de 4 metros de largo y 2 de alto, y **Ekain** (Deba), por presentar el mejor conjunto de caballos de todas las pinturas rupestres de Europa. Las conocidas cuevas de Altamira (Cantabria) o Lascaux (Francia) son parte del mismo conjunto de arte conocido como Magdaleniense.

Todos estos santuarios están cerrados al público para preservar la calidad de las pinturas, pero la cueva de Ekain tiene una magnífica réplica visitable donde se puede experimentar un viaje real a la prehistoria, y Santimamiñe, ofrece también la posibilidad de realizar una visita virtual.

Hoy todavía se siguen descubriendo cuevas con restos muy relevantes. En la cueva de **Goikoetxe** de Busturia, por ejemplo, se han encontrado huesos de oso, rinoceronte, bisonte y ciervo de 150.000 años de antigüedad. En 2016, en la cueva de **Armintxe**,

(Lekeitio), se ha halló un destacado conjunto de arte rupestre de entre 12.500 y 14.000 años de antigüedad.





Panel de los caballos de la cueva natural de Ekain (Deba), declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en el año 2008 junto con Santimamiñe y Altxerri.

Olatz. Un valle cerrado entre pirámides

El valle escondido de Olatz está en el Geoparque de la Costa Vasca y es uno de los mejores ejemplos de polje de Euskadi.

Este valle es una enorme depresión de 35 hectáreas y 240 m de profundidad. El agua de lluvia se infiltra a través de los lapiaces que se adivinan bajo los encinares de las laderas, pero sobre todo, lo hace a través del espectacular sumidero de Kobalde, una cueva situada detrás de la ermita de San Isidro con una boca de entrada de 20 m de altura. Por aquí desaparecen los pequeños arroyos de Añoaerrekea y Olatzgoikoa.

El karst condiciona completamente el desarrollo de los bosques y la actividad rural. Las laderas y suelen estar cubiertas de encinares, que se adaptan muy bien a las condiciones de poco suelo y poca disponibilidad de agua de los lapiaces. Estos bosques representan una especie de origen mediterráneo que en algún momento reciente de clima más suave, llegó a cubrir una parte importante del territorio. Actualmente ha quedado relegada a pequeñas manchas relictas en zonas kársticas



resguardas. Los encinares del Monte Arno, cercano a Olatz, están declarados ZEC de la Red Natura 2000 europea.

En el fondo de valle se acumulan las arcillas no solubles de la caliza, dando lugar a suelo abundante y de buena calidad para la actividad agrícola y ganadera.

Modelo de formación del polje de Olatz.



Pozalagua y Arrikruz. Las puertas del sexto continente

Las cuevas turísticas de Pozalagua (Karrantza) y Arrikruz (Oñati) son nuestro acceso al mundo subterráneo. Entre las dos reciben al año más de 50.000 visitantes.

La cueva de Pozalagua, a pesar de su discreta dimensión, destaca por su belleza y por la existencia de un gran número de estalactitas excéntricas. Esta cueva fue descubierta por casualidad en el año 1957 tras una voladura en la cercana cantera de dolomía.

Está ubicada en el espectacular macizo calizo de Ranero, en el extremo occidental del Parque Natural y ZEC de Armañón donde podemos encontrar especies como el lagarto verdinegro, la ratilla nival o el armiño.

Arrikruz forma parte del mayor sistema subterráneo de Gipuzkoa. En la visita se pueden recorrer 390 m de una galería fósil por donde circulaba el agua subterránea. Destacan también hallazgos de fósiles de oso de las cavernas y, sobre todo, el esqueleto más completo de la península Ibérica de un león de las cavernas. Aguas arriba del río Arantzazu, se puede visitar el cañón del mismo nombre y su espectacular sumidero de Gesaltza, ya a las puertas del Parque Natural y ZEC de Aizkorri - Aratz.

El esqueleto del león de Arrikruz se puede visitar en el museo de San Telmo de Donostia.

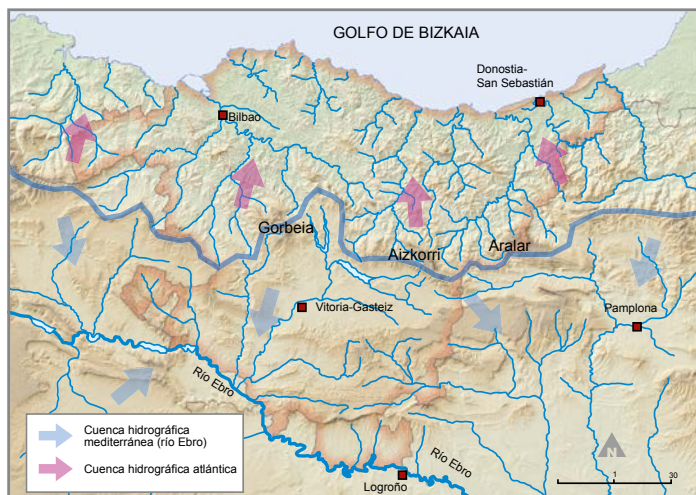
“¿Sabías que... justo detrás de la cueva de Pozalagua se encuentra la cavidad más grande de Europa? Se llama la Torca del Carlista y fue descubierta en 1958. En su interior caben varios Museos Guggenheim.”



2.6.3. Ríos. Arterias de vida en el continente

Los ríos nos proporcionan agua, alimentan nuestros ecosistemas y son el eje vertebrador del territorio. Trasladan el agua desde las montañas hasta el mar y son parte fundamental del ciclo hidrológico.

Aunque las investigaciones son todavía muy incipientes, nuestra red hidrográfica podría haber comenzado a configurarse hace unos 4 Ma. Tiene dos vertientes y una divisoria de aguas muy bien definida por sierras como Aralar, Aizkorri o Gorbeia. La vertiente cantábrica (Bizkaia y Gipuzkoa) está formada por valles encajados con ríos cortos, caudalosos y con bastante pendiente, mientras que los ríos de la vertiente mediterránea (Araba) son más largos, tienen menor pendiente y dan lugar a valles mucho más abiertos que, finalmente, alimentan el río Ebro.



Esquema simplificado de la red hidrográfica del País Vasco.

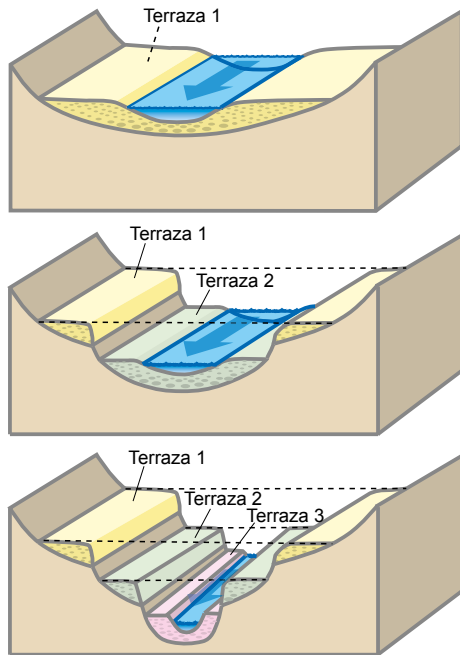
El agua es básica para la vida, por eso, los ríos, en su estado natural, son el hábitat para una gran cantidad de especies de flora y fauna. Las alisedas y fresnedas son el bosque natural asociado. Antaño formaban pasillos de más de 20 metros de anchura protegiendo los cursos de agua del territorio. Hoy están muy alterados por la acción humana y solamente quedan algunos ejemplos bien conservados, pero su función paisajística, ecológica y de regulación de avenidas sigue siendo vital. Aves como el martín pescador, el mirlo acuático o mamíferos como el visón europeo encuentran su hábitat aquí.



Martín pescador.

Reconstruyendo la historia de un río

Los ríos tienen siempre una llanura de inundación asociada. Es la parte del cauce que se inunda durante las crecidas. Además de su interés para la agricultura o los asentamientos humanos, estas terrazas son fundamentales para reconstruir la historia de los ríos, ya que estos sedimentos quedan "pegados" en las laderas a medida que el río se va encajando. Analizando esos depósitos con detalle podemos conocer las variaciones de caudal y mediante técnicas avanzadas de datación, podemos saber cuánto tiempo llevan esos sedimentos enterrados, y por lo tanto, obtener la edad de la terraza.



➡ Formación de terrazas fluviales a medida que el cauce se encaja en el valle. Gracias a ellas podemos reconstruir la historia de nuestros valles.

En la vertiente cantábrica, las terrazas más antiguas se han identificado en los valles del Deba y Oiartzun, a unos 120 m de altura sobre el cauce actual. En la vertiente mediterránea destacan las terrazas generadas por el río Ebro que podemos ver, por ejemplo, en toda la Rioja Alavesa.

El río y sus riberas, el lugar preferido por todos

La mayoría de los asentamientos humanos antiguos y modernos se han producido en torno al río. Además de la función

de abastecimiento de agua, los ríos han servido como vía de transporte y sus llanuras de inundación han provisto de fértiles campos de cultivo a la población. Desde la Edad Media, los ríos han sido también fuente de energía para los molinos, ferrerías y minicentrales eléctricas que podemos encontrar en sus orillas.

En el último siglo muchas de las riberas han sido ocupadas por parques industriales y urbanizaciones que han alterado el ecosistema fluvial, han contaminado notablemente el agua y, lo más peligroso, han privado al río de un espacio de expansión necesario en época de avenidas. En los últimos años esta situación ha mejorado, pero hoy todavía estamos muy lejos de convivir amablemente con nuestros ríos.

Molinos de Lastur.





Cañón del río Purón
en el Parque Natural
de Valderejo (Valdegovia).

El desfiladero del río Purón. Un pasillo escondido en la montaña

El desfiladero del río Purón se sitúa en el Parque Natural y ZEC/ ZEPa de Valderejo que alberga una importante variedad de especies de quirópteros y aves rupícolas, el visón europeo, la nutria, el águila perdicera o el cangrejo de río.

Cuando salimos del pueblo de Ribera el sendero discurre sobre una antigua terraza del río Purón hasta que llegamos a la entrada del cañón. El río se encaja en las calizas del Cretácico superior a lo largo de un estrecho desfiladero de unos pocos metros de ancho con paredes verticales que superan los 50 metros de altura.

Sin nos fijamos con detalle en el cauce podremos distinguir unas pequeñas presas naturales llamadas barreras tobáceas. Se producen cuando el CO_2 del ambiente es captado para la fotosíntesis de algunas algas y líquenes y este reacciona con el agua sobresaturada en iones de calcio y de carbonato (proveniente de la disolución de las calizas) volviendo a precipitar calcita hasta llegar a formar pequeñas barreras que dan lugar a pequeños saltos de agua naturales. Las lagunas de Ruidera (Albacete), los lagos de Plitvice (Croacia) o las piscinas de Pamukkale (Turquía) son ejemplos muy conocidos de este curioso proceso bioquímico muy poco común en nuestros ríos.

Por todos estos motivos el desfiladero ha sido incluido en el Inventario de Lugares de Interés Geológico de la CAPV.

El salto del Nervión. Volando en el cañón de Delika

Cuando el Nervión baña las aguas del viejo Bilbao nadie sospecharía que en su curso alto tiene que salvar un impresionante salto de más de 250 m de altura. Durante los meses de lluvia este fenómeno es uno de los mayores espectáculos naturales que se pueden ver en el País Vasco. Existe un mirador al que se accede desde el centro de interpretación del Monumento Natural del Monte Santiago (Burgos), en el alto de Orduña.

El río nace a unos pocos kilómetros aguas arriba en una surgencia natural del conjunto kárstico del Monte Santiago. La cascada del Nervión va poco a poco erosionando la cornisa y la base del talud y provocando la caída de grandes bloques que en su conjunto, producen un retroceso lento pero continuo del salto de agua. En geología este fenómeno de erosión de un valle se conoce como erosión remontante.

El salto del Nervión se encuentra dentro de los límites de la ZEC Arkamu-Gibillo-Arrastaria y la ZEPA Sierra Sálvada. Dada su verticalidad e inaccesibilidad las paredes calizas de esta sierra son uno de los enclaves de mayor riqueza avifaunística de Europa. Además, el espacio se encuentra justo en la zona de transición entre el clima atlántico y el mediterráneo y por lo tanto, podemos encontrar especies adaptadas a los dos tipos de clima.

“¿Sabías que... el salto del Nervión es uno de los mayores saltos de agua de Europa?”



2.6.4. La costa. Una lucha de titanes frente al mar

La Comunidad Autónoma del País Vasco tiene más de 250 km de costa. Su evolución está condicionada por la erosión del mar, sus variaciones de nivel y el aporte de sedimentos desde el continente.

En los últimos 2 Ma el nivel del mar ha cambiado varias veces hasta 120 m en respuesta a las glaciaciones

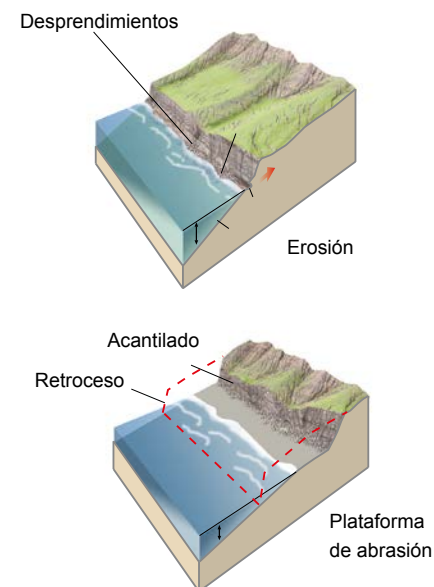
e interglaciaciones que controlan la fusión de los casquetes de hielo de las regiones polares. Esto significa que la mayoría de las formas de erosión de nuestra costa se han producido en los últimos 10.000 años, más o menos cuando el nivel del mar ha estado cercano a la posición donde lo conocemos hoy.

Antiguos niveles de mar

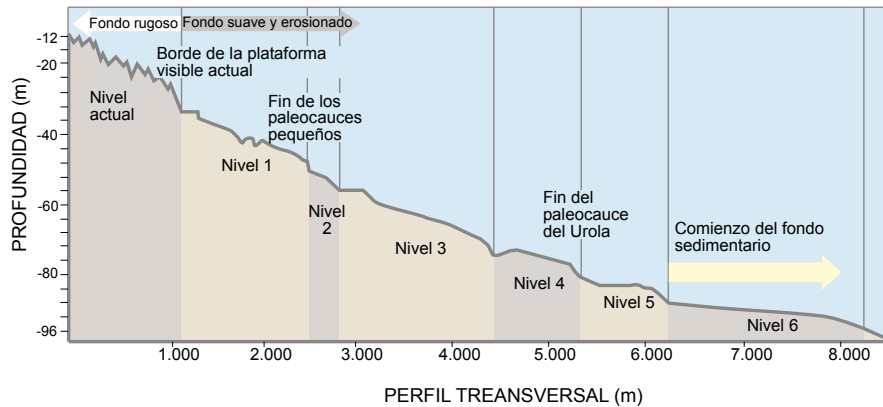
El mar erosiona los acantilados y estos retroceden poco a poco dando lugar a una extensa zona más o menos plana en su base llamada plataforma de abrasión o rasa mareal. Además de su interés como ecosistema litoral estas plataformas marcan niveles estables de mar como el actual.



Acantilados y plataforma de abrasión en el Geoparque de la Costa Vasca.



Erosión y retroceso de los acantilados y formación de las plataformas de abrasión.



➡ Perfil escalonado de las plataformas submarinas durante los ocho primeros kilómetros de costa.

“¿Sabías que... durante la última glaciación, hace unos 18.000 años, el nivel de mar estuvo 120 m por debajo del nivel actual y que la línea de costa estaba unos 10 km mar adentro?”,

Una cartografía de detalle de la plataforma submarina vasca nos ha mostrado que en los primeros 8 km llegaremos hasta los 85 metros de profundidad. En general, se mantiene una pendiente suave de un 1%, pero se pueden distinguir claramente varios escalones que se corresponden con las plataformas y acantilados formados en niveles de mar anteriores más bajos, cuya datación todavía no se ha podido concretar:

Existen también algunas rasas en niveles más altos que el actual. La explanada entre Barrika y Punta Galea situada a una altura de unos +70 metros sobre el nivel del mar, es una antigua rasa mareal formada en un periodo interglaciar similar al actual. Estas superficies horizontales elevadas se formaron como consecuencia de dos factores:

1. La erosión producida por el mar cuando éste se situaba por encima del nivel actual,
2. El posible levantamiento de nuestra costa por el empuje tectónico. Actualmente se está investigando la importancia de este fenómeno en la configuración de nuestras costas.



La extensión horizontal de Punta Galea (Getxo) es el mejor ejemplo de rasa subaerea de nuestra costa.

Arenas, playas y dunas

Nuestra costa tiene más de 40 arenales y decenas de playas de cantos.

Las playas de arena se forman por la acumulación de los granos que las corrientes marinas van depositando en lugares resguardados, en pequeñas calas y en los estuarios. En función de la energía de estas corrientes los granos serán más gruesos o más finos. La composición de las arenas y el color de las playas también pueden variar; pero, en general, sus componentes son de dos tipos:

1. Fragmentos de rocas y minerales (70% aproximadamente). En nuestras playas los granos de cuarzo son el componente principal.

2. Fragmentos de conchas (30% aproximadamente) de los organismos marinos que viven en el entorno.

La arena seca de las playas puede ser transportada por el viento hacia el interior y quedar atrapada por la vegetación formando campos de dunas. En la mayoría de los casos las dunas de nuestro litoral han sido ocupadas por construcciones recientes como diques, aparcamientos, viviendas, etc. Las pocas que quedan tienen un gran valor ecológico y han sido protegidas con diferentes figuras: Biotopo de Inurritza (Zarautz), las ZEC del Urola (Zumaia), Dunas de Astondo (Gorliz), Ría del Barbadún (Muskiz) o las dunas de la playa de Laga (Ibarrangelu) en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai.

Los campos de dunas son la defensa natural que tienen las playas para hacer frente a las subidas del nivel de mar.

Actualmente, nuestras playas son un recurso turístico importante, pero esto no ha sido siempre así. A principios del siglo XX, atraídos por la calidad de los arenales y el clima fresco de nuestros veranos, la realeza y algunas familias nobles de la península comenzaron a veranear en nuestra costa, principalmente en San Sebastián, pero también en Lekeitio, Deba o Zarautz.



Playa de Saturrarán (Mutriku).

Islotes muy particulares

A lo largo de la costa hay también algunos elementos singulares tipo islote. En algunos casos como el Ratón de Getaria, el monte Urgull de Donostia o San Nikolas de Lekeitio el islote queda unido a la costa por una barra de arena. Este fenómeno recibe el nombre de tómbolo. Estos promontorios han sido siempre lugares

estratégicos para el ser humano que ha construido en sus cimas ermitas, faros o incluso edificios complejos como el Castillo de la Mota, elemento de defensa clave en la ciudad de Donostia–San Sebastián.

Otros islotes conocidos de la costa vasca son San Juan de Gaztelugatxe, Billao, Aketx,

Izaro, Santa Clara o las dos Gemelas de Hendaia. Aunque están cerca de la línea de costa, su aislamiento las convierte en excelentes refugios para las aves marinas.

▮ San Juan de Gaztelegatxe se forma por la erosión del flysch negro (más blando) frente a las calizas (más duras) del islote.



La Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Naturaleza y personas

Los estuarios de nuestra costa se han formado en los últimos 8.500 años por la inundación del mar. La mayoría están hoy totalmente alterados, pero podemos imaginar que los estuarios de Bidasoa, Oiartzun, Urumea, Oria, Urola, Deba, Artibai, Lea, Oka, Butroe, Barbadún o el mismo Nerbioi-lbaizabal fueron en su día estuarios donde los sedimentos se movían libremente y las aves encontraban su lugar de descanso.

El estuario que se mantiene mejor conservado es el del Oka, la única Reserva de la Biosfera de la UNESCO de Euskadi.

El río aporta los sedimentos finos que quedan retenidos en las marismas. Las arenas de las playas de la desembocadura son introducidas por el mar y transportadas y modeladas por el oleaje, el viento y las mareas.

La velocidad a la que el mar ha inundado los estuarios no ha sido constante. Al principio (hace entre 8.500-7.000 años) el nivel del mar

ascendió muy rápido (10 mm/año). Después, hasta hace 3.000 años la velocidad de ascenso disminuyó drásticamente (0,5 mm/año). A partir de esa época hasta la actualidad se considera que el nivel marino fue más o menos estable. Sin embargo, a partir de 1950, de nuevo empezó a ascender debido al cambio climático actual.

Las arcillas y limos de los estuarios son muy ricos en nutrientes y esto lo saben muy bien las aves que habitan aquí o paran a alimentarse y descansar durante sus largas migraciones entre África y Europa. Ekoetxea Urdaibai y Urdaibai Bird Center son excelentes infraestructuras para comprender el valor ecológico, cultural y estratégico de estos enclaves.

“ ¿Sabías que... hoy el nivel de mar sube en el Cantábrico a una velocidad de unos 2 mm/año debido al cambio climático? ”





Desde el punto de vista social y humano los estuarios han sido enclaves muy preciados en nuestra costa. Además de las tierras fértiles y la pesca, los estuarios han facilitado el acceso al mar desde localidades interiores como Gernika-Lumo o el mismo Bilbao, donde históricamente se han construido barcos en sus astilleros.

Sakoneta, un paseo por el limbo

Pocos lugares muestran tan claramente la lucha entre el mar y los acantilados. La mejor manera de visitar este espectacular enclave del Geoparque de la Costa Vasca es el Sendero Talaia de la costa. Consulta la tabla de mareas. La visita debe planificarse durante la marea baja.

La formación de las calas de Mendata y Sakoneta (Deba) está condicionada por la orientación perpendicular de las capas del flysch a la línea de costa. Las zonas con estratos más duros aguantan mejor la erosión y dan lugar a cabos, mientras que las zonas con estratos más blandos se erosionan más fácilmente y dan lugar a pequeñas calas y bahías.

En la base de los acantilados podemos ver grandes bloques desprendidos. Con el tiempo y la erosión van reduciendo su tamaño y finalmente se convierten en cantos rodados que, con el empuje de las olas y las mareas barren y erosionan la plataforma para conseguir esa textura pulida tan característica. En algunos lugares podemos ver marmitas de gigante, una

especie de pequeñas piscinas naturales talladas sobre la rasa por la acción giratoria de los cantos en un pequeño hueco.

El enclave es parte de la reserva integral del Biotopo Protegido del tramo litoral Deba-Zumaia. La rasa mareal es un ecosistema muy rico y muy complejo. El pulpo es el gran dominador del área. No es casualidad que este sea el símbolo gastronómico de la vecina localidad de Zumaia.

Sobre estas calas se ha descubierto recientemente una torre vigía de la Edad Media que servía para el avistamiento de ballenas. Muchas de estas torres están hoy destruidas, pero antiguamente nuestros acantilados estaban llenos de atalayas que servían para controlar nuestras costas y avisar rápidamente en caso de que algún cetáceo asomase por el litoral.

📍 Playa y rasa mareal de Sakoneta (Deba). 📍





2.7. CLIMA Y VIDA DEL PASADO Y PRESENTE

Un pequeño repaso por las rocas y fósiles de Euskadi es suficiente para darse cuenta de que el clima y la vida no han sido siempre como los conocemos hoy.

Nuestras rocas abarcan una historia de casi 400 Ma y el clima ha sido, por lo general, más cálido que en la actualidad, con algunas excepciones como la gran glaciación de finales del Carbonífero de hace unos 300 Ma, de la que apenas tenemos registro, y las pequeñas glaciaciones cuaternarias de los últimos 2 Ma.

La vida también ha sido muy diferente. Solamente estudiando los fósiles más recientes podemos saber que nuestros antepasados convivieron durante la última glaciación con osos, bisontes, panteras, leones, renos y grandes mamuts.



📌 Craneo completo de una hembra de *Ursus deningeri*. Fue encontrado por el grupo Espeleológico Esparta de Barakaldo en la cueva Santa Isabel de Ranero (Karrantza). Es el craneo más completo de esta especie junto con uno que fue encontrado en Atapuerca. Escala de la barra: 5 cm.



📌 Bisonte.



📌 Oso de las cavernas.



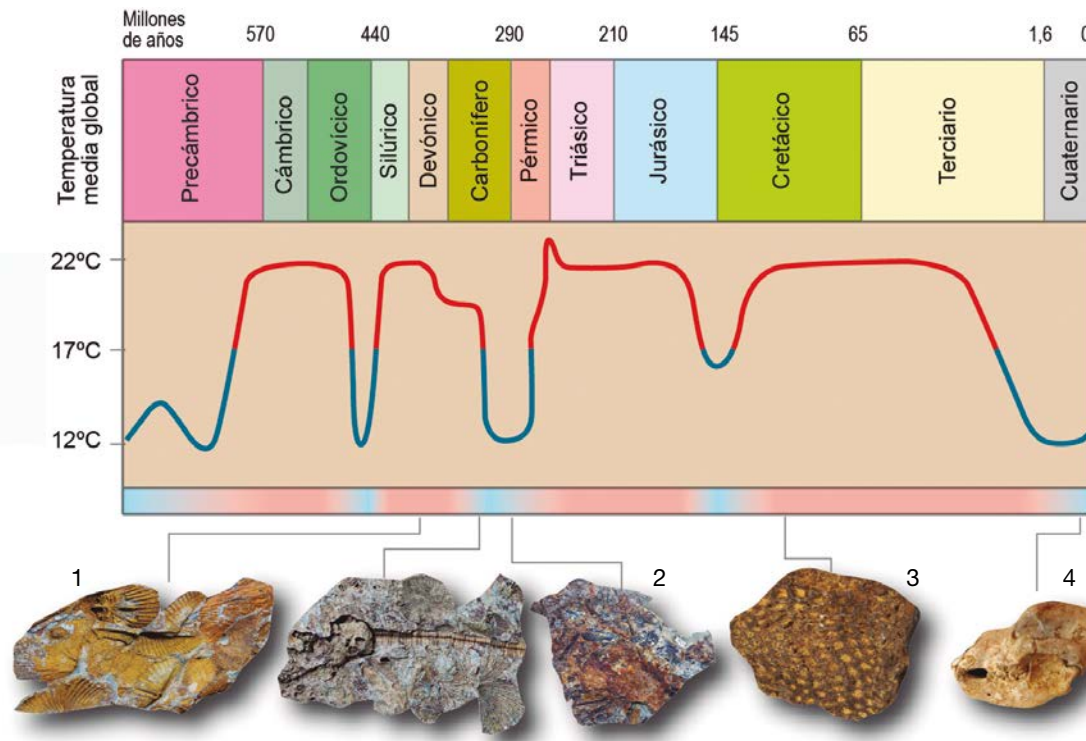
📌 León.

2.7.1. Grandes extinciones y cambios climáticos del pasado

La historia de la vida y el clima ha sido una historia de cambios, la mayoría de ellos, cambios lentos y graduales, pero hay también momentos concretos en los que las condiciones cambian de repente y las reglas de juego se alteran rápidamente.

Las rocas de Euskadi han registrado algunos eventos de extinción y cambios climáticos muy importantes. Entre todos ellos vamos a resaltar dos: la extinción de los dinosaurios de hace 66 Ma y uno de los mayores calentamientos climáticos de

la historia de la Tierra, sucedido hace 56 Ma. Ambos eventos se pueden estudiar en los acantilados del flysch de Zumaia.



Evolución del clima y registro de algunos fósiles propios de cada época en la cuenca vasco-cantábrica.

1.- Fósiles de braquiópodos de los mares tropicales del Devónico.

2.- Restos vegetales de los bosques carboníferos.

3.- Corales de los mares tropicales del Cretácico.

4.- Cráneo de oso de las glaciaciones del Cuaternario.



El límite K/Pg de la cala de Algorri (Zumaia) fue uno de los afloramientos utilizados por los autores de la teoría del impacto.

Algorri. La clave de la gran extinción

Hace 66 Ma un meteorito cayó en la península de Yucatán (México) y la historia de la vida en la Tierra cambió para siempre. Como consecuencia del impacto, en unos pocos años desaparecieron más del 70% de las especies, entre ellos los dinosaurios.

Este cataclismo quedó perfectamente registrado en una fina capa de color negro que hoy podemos ver en la pequeña cala de Algorri (Zumaia). Este nivel contiene evidencias claras del impacto: hollín proveniente de los incendios, esférulas (pequeñas esferas) ricas en níquel provenientes de las rocas fundidas en la zona de choque y, sobre todo, una gran concentración de iridio, un elemento muy poco común en la Tierra, pero abundante en un tipo concreto de

meteorito. En conjunto, más del 80% de los fósiles marinos presentes en las capas más antiguas desaparecen coincidiendo con la aparición de este misterioso nivel de apenas unos pocos milímetros de espesor.

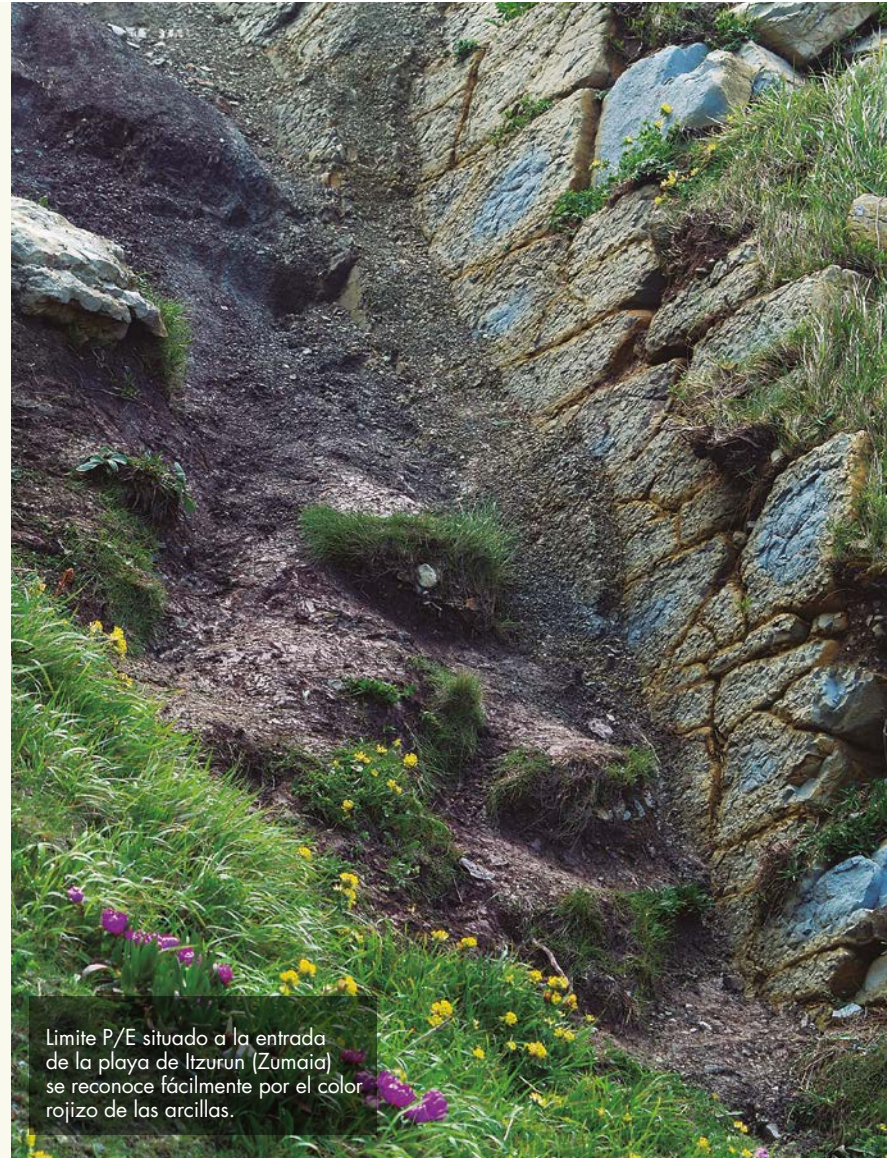
Esta gran extinción marca el final de periodo Cretácico y el principio del Paleógeno, por eso se abrevia como límite K/Pg.

“¿Sabías que... lugares como Zumaia, Sopelana, Hendaia, Bidart o Urrutxua fueron claves en la década de los 80 para el desarrollo de la teoría del impacto del meteorito? ”

Itzurun. El gran calentamiento, la historia se repite

Solamente 10 Ma después, la Tierra sufrió uno de los mayores calentamientos climáticos de su historia. Las temperaturas subieron entre 5 y 10 grados en unos pocos miles de años y lo hicieron también por efecto invernadero. En geología este episodio se conoce como el Máximo Térmico del límite Paleoceno/Eoceno y uno de sus mejores registros a nivel mundial está también en Zumaia.

Los datos no engañan. En una estrecha franja de 3 o 4 metros situada en la entrada de la playa de Itzurun las rocas del flysch se vuelven rojas y arcillosas y los fósiles marinos desaparecen completamente. Es muy posible que sus conchas se disolvieran en un océano acidificado. Los isótopos de carbono y oxígeno indican que hubo una gran inyección de metano a la atmósfera y la temperatura subió como consecuencia del efecto invernadero. Aunque todavía existe debate sobre su origen, parece que este gran efecto invernadero se produjo por desestabilización de los hidratos de metano acumulados en los fondos marinos. Ahora la historia se repite. Los expertos dicen que al ritmo de emisiones actual, para 2.100, habremos emitido una cantidad de gases de efecto invernadero equivalente a la que se emitió de manera natural hace 56 Ma.



Limite P/E situado a la entrada de la playa de Itzurun (Zumaia) se reconoce fácilmente por el color rojizo de las arcillas.

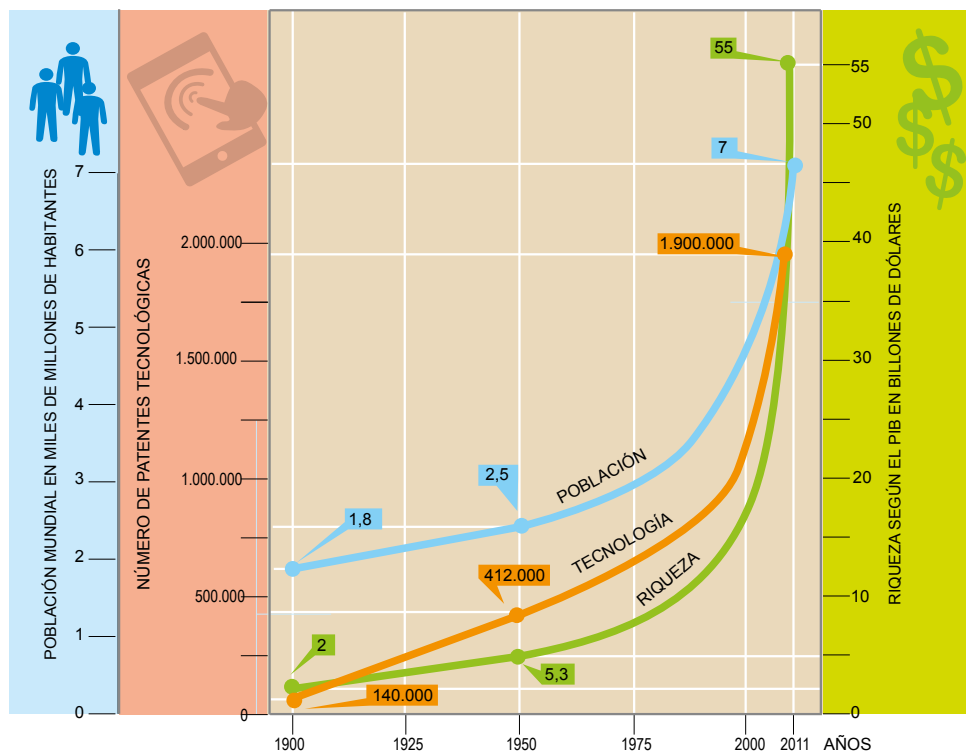
2.7.2. Antropoceno. ¿Estamos realmente ante una nueva era geológica?

Aumenta la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera; aumenta la temperatura y la acidificación del océano; el aporte de nitrógeno a las zonas costeras es mayor; aumentan las capturas pesqueras, la deforestación y la cantidad de suelo antropizado y se extinguen las especies. La pregunta es inquietante y está encima de la mesa. ¿Estamos sacando al planeta de su funcionamiento natural?

Desde hace 11.700 años, vivimos en el Holoceno; una época cálida donde los casquetes polares han retrocedido enormemente y el clima amable ha permitido la expansión del *Homo Sapiens*, el desarrollo de la agricultura y el establecimiento de las grandes civilizaciones.

Pero las cosas han cambiado notablemente en los últimos 70 años. La población aumenta sin control y nuestro nivel de consumo se dispara. Actualmente, con los hábitos de consumo de Euskadi necesitaríamos 2,5 planetas para satisfacer nuestras necesidades.

Si analizamos los gráficos de crecimiento y de parámetros socioeconómicos



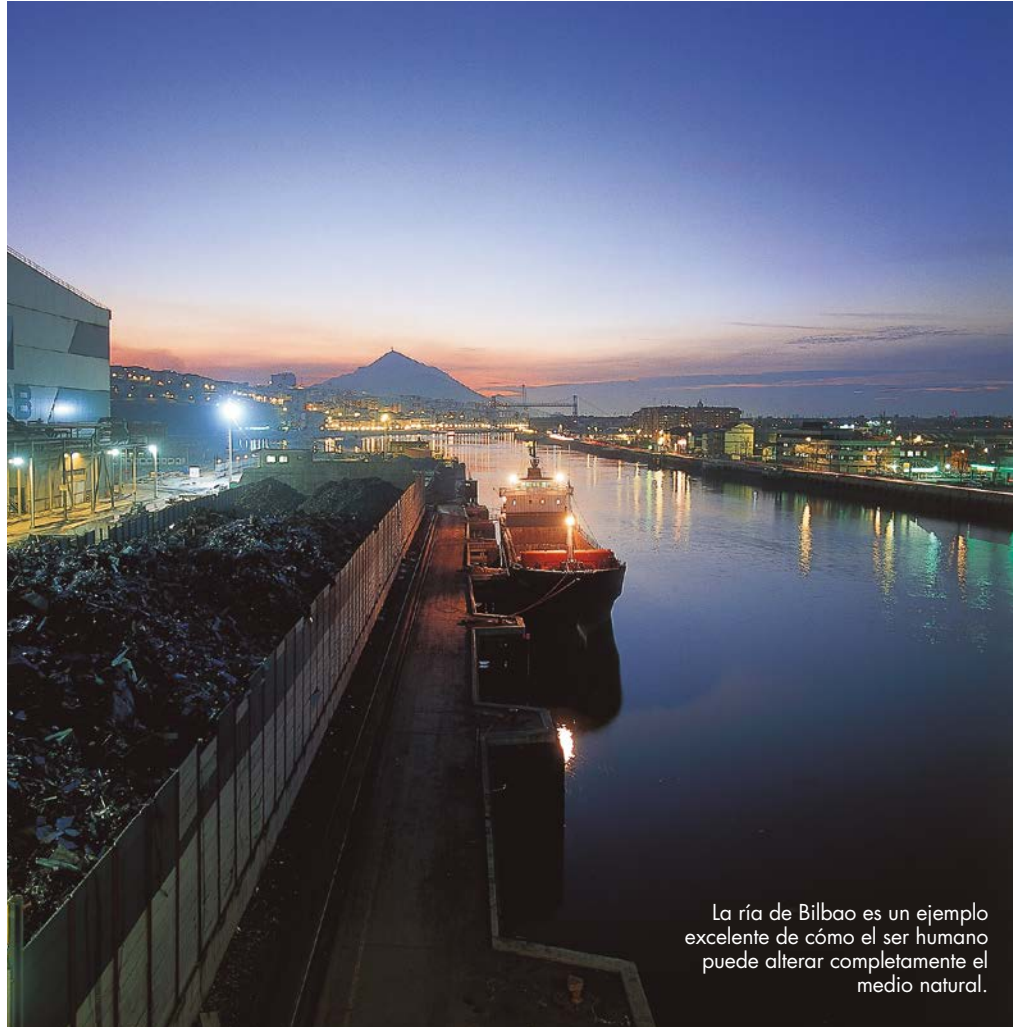
📊 Evolución de la población, la riqueza y el número de patentes durante los últimos 100 años

desde la gran aceleración (población, uso de fertilizantes, consumo de agua, construcción de presas, transporte, inversión extranjera...) con gráficos de

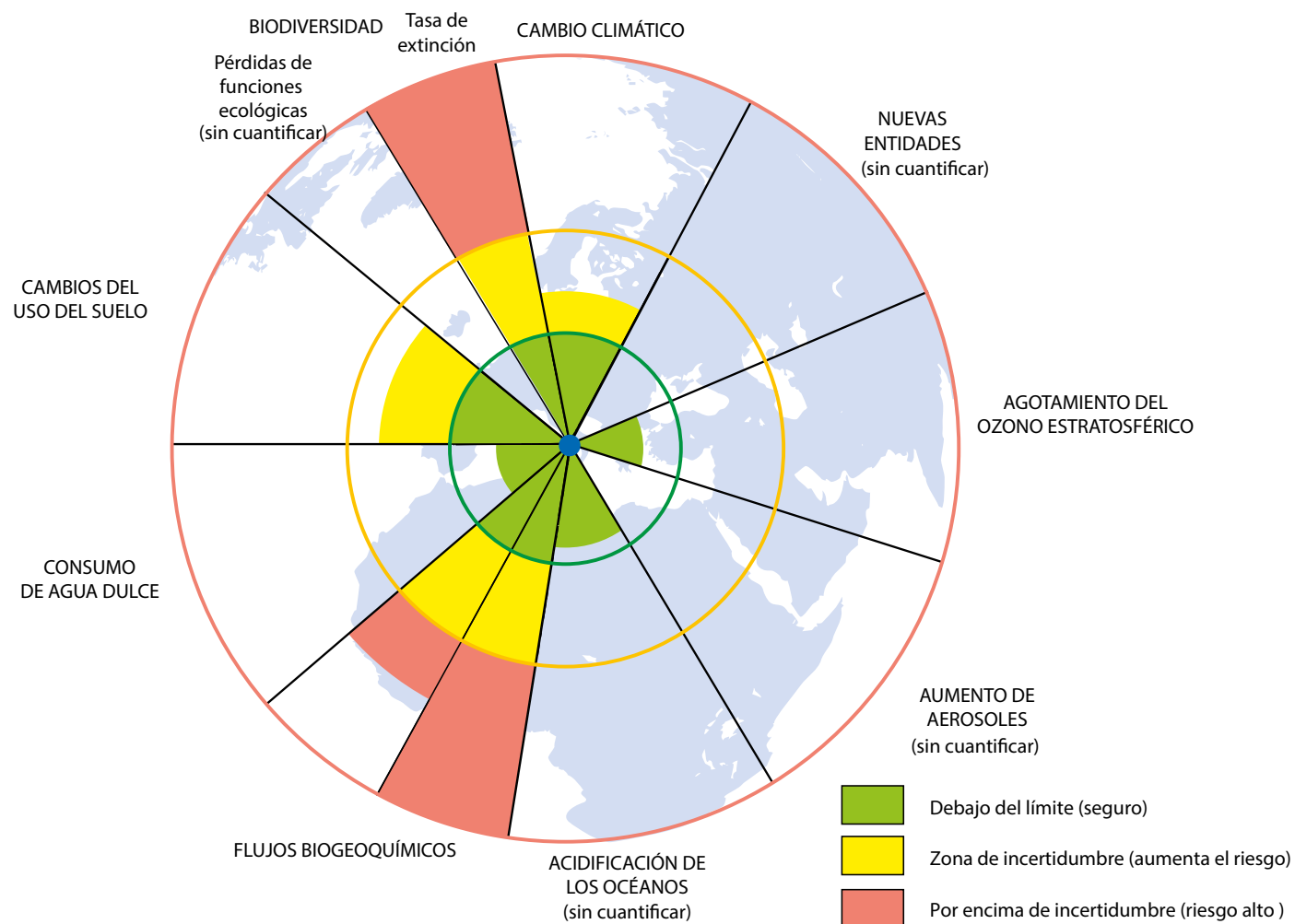
indicadores ambientales observamos que existe un paralelismo muy claro. Cuanto más crecemos más se resienten algunos sistemas naturales de nuestro planeta.

El impacto es tan claro que se ha creado un Grupo de Trabajo del Antropoceno dentro de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS). Este grupo propone que estamos en una nueva época geológica que comenzó con la gran aceleración. Pero, ¿cuál es el evento que marca exactamente el cambio? Se ha realizado ya una propuesta: la primera explosión nuclear de Alamogordo en Nuevo México en julio de 1945. Este evento quedó perfectamente registrado en los sedimentos de todo el planeta a través de isótopos radiactivos.

El reto del grupo de trabajo del Antropoceno para que esta idea sea aceptada como una nueva época geológica es demostrar que estos cambios ambientales que podemos medir en la actualidad tienen un registro geológico claro, es decir, que las rocas que se están formando en los últimos 70 años tienen características diferenciadas de las rocas propias del capítulo anterior; el Holoceno. El debate está servido.



La ría de Bilbao es un ejemplo excelente de cómo el ser humano puede alterar completamente el medio natural.



📌 Sistemas y límites del planeta (basado en Steffen y colaboradores. *Science*, 2015).

Altos Hornos Beach o las playas del Antropoceno

Las playas de Tunelboka y Gorrondatxe en Getxo tienen la respuesta a una de las grandes cuestiones sobre el Antropoceno. Si nos fijamos con un poco de atención, veremos que la parte trasera de la playa está formada por un depósito oscuro de arenas endurecidas convertidas en roca. Este tipo de rocas de playa se conocen en geología como *beach-rock* y son relativamente frecuentes.

La particularidad de esta *beach-rock* es que está compuesta principalmente por escorias vertidas por la industria del hierro en la desembocadura del Abra a mediados del siglo XX. La circulación de las corrientes marinas hizo que estas escorias volvieran a la costa mediante procesos naturales de cementación y se convirtieran en rocas.

En su interior se pueden encontrar fragmentos de vidrio, metales y ladrillos refractarios con fecha de fabricación que los defensores del Antropoceno han llamado

tecnofósiles. En definitiva, se trata de rocas formadas por elementos de origen antrópico. ¿Es este registro litológico suficientemente diferente y amplio como para representar una nueva época geológica? Bienvenido al debate sobre el Antropoceno.

Beach rock de la playa de Gorrondatxe (Getxo). Fijarse en el contraste entre la disposición horizontal de los sedimentos arenosos y restos de Altos Hornos muy recientes con los estratos verticales del flysch de los acantilados mucho más antiguos. ↴



3 AGUA Y ENERGÍA

3.1. EL AGUA. Nuestro recurso vital

Somos muy afortunados. Euskadi dispone de un buen almacén de agua. Abrimos el grifo y el líquido elemento sale de manera natural. El agua es esencial para los seres vivos y para el desarrollo de nuestra sociedad. El ser humano la necesita para su propia supervivencia, para su higiene, para su ganado, para la agricultura, para generar energía y para muchos procesos industriales.

Vivimos en el Planeta Azul, un planeta donde las condiciones de temperatura han permitido la existencia de agua líquida en grandes cantidades. Pero solamente el 2,5% del agua que hay en la Tierra (la hidrosfera) es agua dulce y la gran mayoría se encuentra en los casquetes polares (79%) o en forma de agua subterránea (20%).

Se calcula que en torno a un 30% del agua de lluvia pasa a formar parte de nuestro mundo subterráneo (unos 2.500 hm³/año). Las rocas guardan el agua en su interior y la van soltando poco a poco para alimentar los ríos y los manantiales que abastecen muchas de nuestras poblaciones. Cuando una formación de rocas contiene agua en su interior se le llama acuífero y la disciplina que los estudia se llama hidrogeología.



El ciclo del agua

El agua que hay en la Tierra forma parte de un ciclo natural que se renueva constantemente: es el ciclo del agua, un circuito donde la lluvia, los suelos, el hielo, las aguas subterráneas, los manantiales, los ríos, el mar, la evaporación y la condensación son parte de un gran sistema que debemos cuidar y preservar.

La buena disponibilidad de agua de nuestra tierra comienza por su alta pluviosidad. Muchos de los frentes de lluvia que vienen del oeste siguiendo las alineaciones de las montañas asturianas y cántabras aprovechan la menor altura de nuestros relieves para entrar hacia el Mediterráneo por el valle del Ebro. Esto hace que, además de recibir una alta cantidad de lluvia, esta caiga de manera constante y ordenada en el tiempo. No obstante, la cantidad de lluvia recibida en Vitoria-Gasteiz (unos 800 mm/año) es la mitad de la recibida en San Sebastián o Bilbao (unos 1.600 mm/año). Curiosamente, la diferencia en el número de días de lluvia no es tan importante; unos 100 días/año en la capital alavesa y unos 130 en la capital guipuzcoana.

El consumo de agua

Actualmente la demanda de agua en Euskadi es de 700 hm³/año y ha crecido sustancialmente en las últimas décadas. Esto nos ha obligado a construir en torno a 20 embalses, como el de Uribarri Ganboa. Tiene 146 hm³, es el más grande de todos y fue construido en la década de los cincuenta para abastecer a las ciudades de Vitoria-Gasteiz y Bilbao. Cerca de 1.100.000 personas se benefician de las aguas de este gran pantano que además, da servicio también como espacio recreativo.

El pantano constituye también una de las zonas húmedas interiores más importantes de nuestro territorio para la invernada y reproducción de aves y por eso ha sido declarado como ZEC, dentro de la Red Natura 2.000.

“ ¿Sabías que...
el 80% del consumo de agua
es para uso urbano? „

El agua que bebemos

En la gran mayoría de los casos el agua de los manantiales es potable. Incluso algunos de ellos dan lugar a aguas minerales que son comercializadas. En Euskadi es el caso de Agua de Alzola (Elgoibar) desde 1843 o Insalus (Lizartza) desde 1888. Tanto una como otra son aguas de mineralización débil, pero tienen pequeñas diferencias que provienen de las características específicas del acuífero, y por lo tanto, de la roca que alberga esta agua en profundidad.

En cualquiera de los casos, todos los manantiales deben de analizarse antes de su uso para consumo humano ya que el agua se ha podido contaminar por agentes químicos o microbianos presentes en superficie.



Presas del embalse de Uribarri Ganboa.



El agua que no se ve

Aun así, el 85% de los recursos hídricos de Euskadi (en torno a 710 hm³) se encuentran en el interior de grandes masas calizas como los acuíferos de Izarraitz, Subijana, Urbasa, Aralar o Aizkorri. Además, existen reservas de agua más puntuales en rocas areniscas, como las de Jaizkibel o el monte Oiz, e incluso, entre los sedimentos recientes de los ríos como en el caso del acuífero de Gernika o el acuífero de Vitoria-Gasteiz. Esta agua puede surgir naturalmente en manantiales o ser extraída mecánicamente mediante sondeos. En estos casos es necesario analizar el comportamiento de los acuíferos para que estas explotaciones se realicen siempre de manera sostenible y no afecten sustancialmente al nivel de agua subterránea, ya que un descenso de nivel podría producir daños importantes en los cultivos y ecosistemas de zonas alejadas al propio sondeo.

Salburua.

Un acuífero particular en Vitoria-Gasteiz

Salburua es uno de los enclaves más valorados del Anillo Verde de Vitoria-Gasteiz. Lo que muy pocos saben es que su existencia se debe a los ríos que durante el Cuaternario (últimos 2 Ma) fueron transportando sedimentos desde las montañas del entorno y rellenando la cuenca de Vitoria-Gasteiz de cantos rodados y arenas. Estas gravas tienen la capacidad de albergar una importante cantidad de agua entre sus huecos. En la actualidad estos depósitos constituyen, con sus 90 km² el acuífero más extenso del País Vasco y se estima que alberga unos 25 hm³ de agua.

La lámina de agua subterránea fluctúa de nivel y en los lugares topográficamente más bajos, como Salburua, aflora

a la superficie, dando lugar a los humedales, que han sido declarados humedal Ramsar, ZEC y ZEPA. Se trata de un sistema muy singular que alberga a especies amenazadas de alto valor ecológico como el visón europeo, la rana ágil y el galápago leproso. Los humedales desempeñan un importante papel como lugar de refugio, alimentación y reproducción para un gran número de aves.

Merece la pena una visita al centro de interpretación de Ataria, donde podremos recibir información relativa a los senderos y los observatorios de aves.

En Salburua el acuífero asoma en la superficie dando lugar a un humedal de gran importancia naturalística.



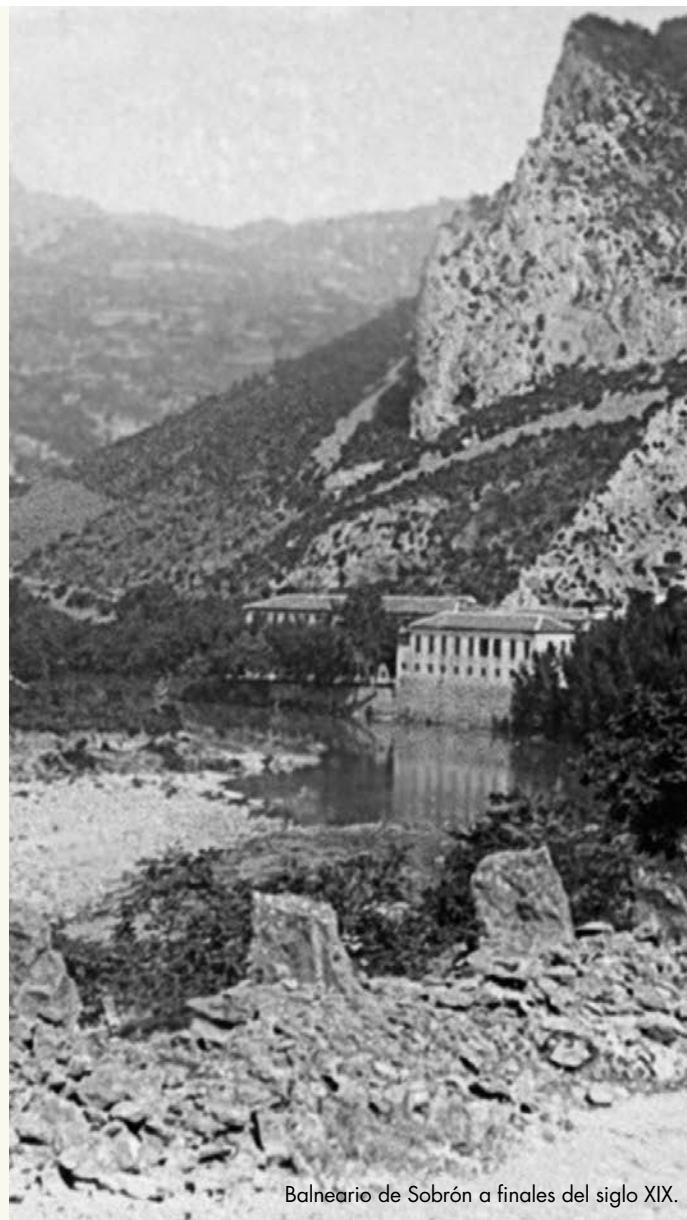
Sobrón. El Vichy vasco

Los balnearios fueron un negocio floreciente durante el siglo XIX en el País Vasco (Zestoa, Urberuaga, Orduña, El Molinar...). La mayor parte de ellos se vieron obligados a cerrar para mediados o finales del siglo XIX.

Nuestras aguas son muy variadas. Algunas tienen un sorprendente olor a azufre (sulfurosas), otras saben a hierro (ferrosas) e incluso, hay lugares donde tenemos aguas con burbujas (bicarbonatadas) y aguas termales. El balneario de Zestoa tiene, por ejemplo, manantiales de aguas clorurado sulfatadas sódicas e hipotermas; el de Orduña utiliza aguas salinas frías cloruradas sódicas; y el balneario de las Termas del Molinar (Karrantza) se caracteriza por sus aguas mineralizadas y bicarbonatadas que emanan directamente de los manantiales a unos 30° C. La carga mineral y la temperatura del agua dependen de las rocas del subsuelo. Las aguas calientes aprovechan normalmente fallas profundas para ascender a la superficie y proporcionarnos un bien muy preciado para tratamientos medicinales.

Brilló con luz propia el Balneario de Sobrón (Lantarón) y Soportilla (Burgos), a cuyos manantiales termales se les denominó El Vichy español. Durante la segunda mitad del siglo XIX se construyeron varios hoteles de grandes dimensiones que albergaban a los enfermos y visitantes de todas partes de la península que venían atraídos por la buena fama de las aguas de Sobrón. La actividad terminó con el inicio de la Guerra Civil.

Merece la pena una visita al Museo del Agua situado a la entrada del desfiladero. Desde aquí se pueden visitar el manantial de Sobrón y el de Soportilla, situados en las orillas del río Ebro. El agua proviene de los acuíferos de las calizas del Cretácico superior que forman el cañón y sale a una deliciosa temperatura de 19° C.



Balneario de Sobrón a finales del siglo XIX.

3.2. COMBUSTIBLES FÓSILES. La energía de nuestra historia

El petróleo, el gas y el carbón han sido las fuentes de energía con las que se ha desarrollado nuestra sociedad durante los últimos dos siglos. Euskadi tiene que importar estos combustibles, pero hay también una historia de explotación que muy poca gente conoce.

El carbón

El carbón fue uno de los primeros combustibles explotados en Euskadi. Nada tienen que ver con las grandes explotaciones de Asturias y León, pero en localidades como Barrio y Nograro, Murgia y Sobrón en Álava o Aizarna, Hernani y Zizurkil en Gipuzkoa se explotaron capas de carbón de espesor métrico durante la segunda mitad del siglo XIX y la primera mitad del XX.

Estas capas de carbón se formaron por acumulación de materia vegetal en periodos geológicos puntuales en los que nuestro territorio tuvo localmente grandes bosques tropicales, por ejemplo, en los deltas de hace unos 105 Ma o en aquellos

bosques, que crecieron hace unos 20 Ma en nuestros primeros relieves continentales

Petróleo y gas

Los hidrocarburos se forman por la transformación térmica de la materia orgánica que contienen algunas rocas llamadas roca madre. Para formar un yacimiento es necesario que, una vez transformada la materia orgánica en petróleo y gas, estos fluyan hacia una roca porosa y permeable llamada roca almacén. Una condición indispensable es que la roca almacén esté recubierta por una roca impermeable como las arcillas (roca sello) que impida su escape hacia la superficie. Es lo que se suele denominar como trampa de hidrocarburos.

Las rocas madre suelen ser arcillas negras, rocas carbonatadas de grano fino y carbones. En cambio, las rocas almacén son areniscas y rocas carbonatadas con mucha porosidad. Los hidrocarburos se albergan en los poros milimétricos de las rocas.

Plataforma La Gaviota.

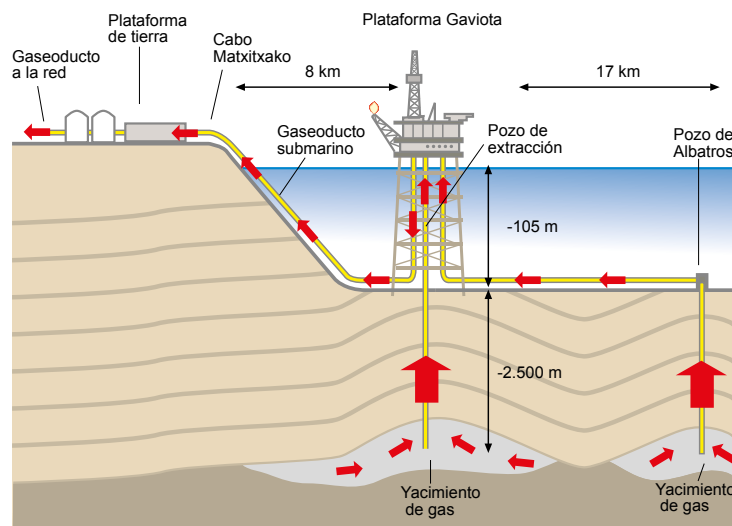


Desde principios del siglo XX las rocas del País Vasco han despertado un gran interés para la explotación de hidrocarburos. Había rocas madre y rocas almacén potenciales y algunas evidencias locales como la presencia de asfalto o incluso la aparición de pequeñas manifestaciones de petróleo y gas en superficie.

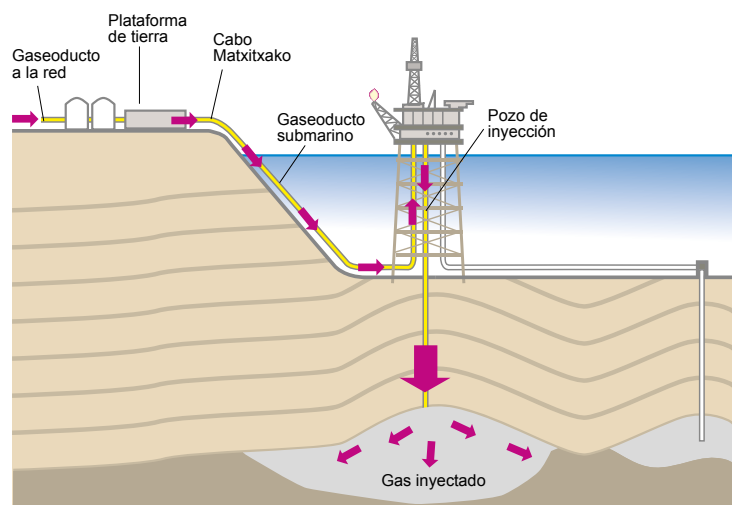
En 1915, el Instituto Geológico y Minero de España realizó sin éxito el primer sondeo en Salvatierra. A partir de 1960 comienza la principal campaña de exploración en Euskadi con sondeos como Castillo 5 de 5.990 m de profundidad. Buscaban, entre otras, la roca madre formada en los bosques frondosos del Carbonífero hace unos 300 Ma, cuyo gas fue posteriormente explotado en la plataforma Gaviota.

El yacimiento de gas de Gaviota se sitúa a 8 Km de Bermeo y se descubrió en 1980 mediante el sondeo Bizkaia B1. El yacimiento estaba localizado en calizas del Cretácico superior y ocupaba 64 km² a una profundidad de 2.150 m. La reserva de gas, calculada en 12.000 millones de m³, se empezó a explotar en el año 1986 y terminó en el año 1994. Desde entonces, el yacimiento funciona exclusivamente como almacén de gas y está conectado mediante un gaseoducto submarino con una planta de tratamiento situada cerca del Cabo de Matxitxako.

1- FASE DE EXPLOTACIÓN DEL CAMPO



2- FASE DE ALMACENAMIENTO DEL CAMPO GAVIOTA



Esquema de funcionamiento de la plataforma de La Gaviota durante su etapa extractiva y hoy día como almacén de gas.

3.3. LAS RENOVABLES. El futuro de la energía en Euskadi



Es cuestión de tiempo. Los combustibles fósiles dejarán de ser rentables, e incluso, se agotarán. El nuevo marco energético deberá basarse en:

1. Un consumo responsable.
2. Aumento de la eficiencia energética.
3. Energías renovables.

Actualmente nuestra dependencia energética ronda el 90% y la mayoría de la energía que consumimos proviene de la quema de combustibles fósiles. A pesar de esto, las energías renovables en Euskadi están todavía en fase experimental, ya que solamente cubren en torno a un 5,3% de nuestro consumo final, frente a países nórdicos como Suecia o Islandia donde esta llega a cotas cercanas al 50%.

Euskadi dispone, además, de una amplia fuente de recursos naturales y de una potente red de empresas especializadas en el sector. El viento, la tierra, el sol, la biomasa y el mar pueden alimentar en gran medida nuestras necesidades energéticas.

Una de las fuentes de energía renovable de origen netamente geológico es la geotermia.

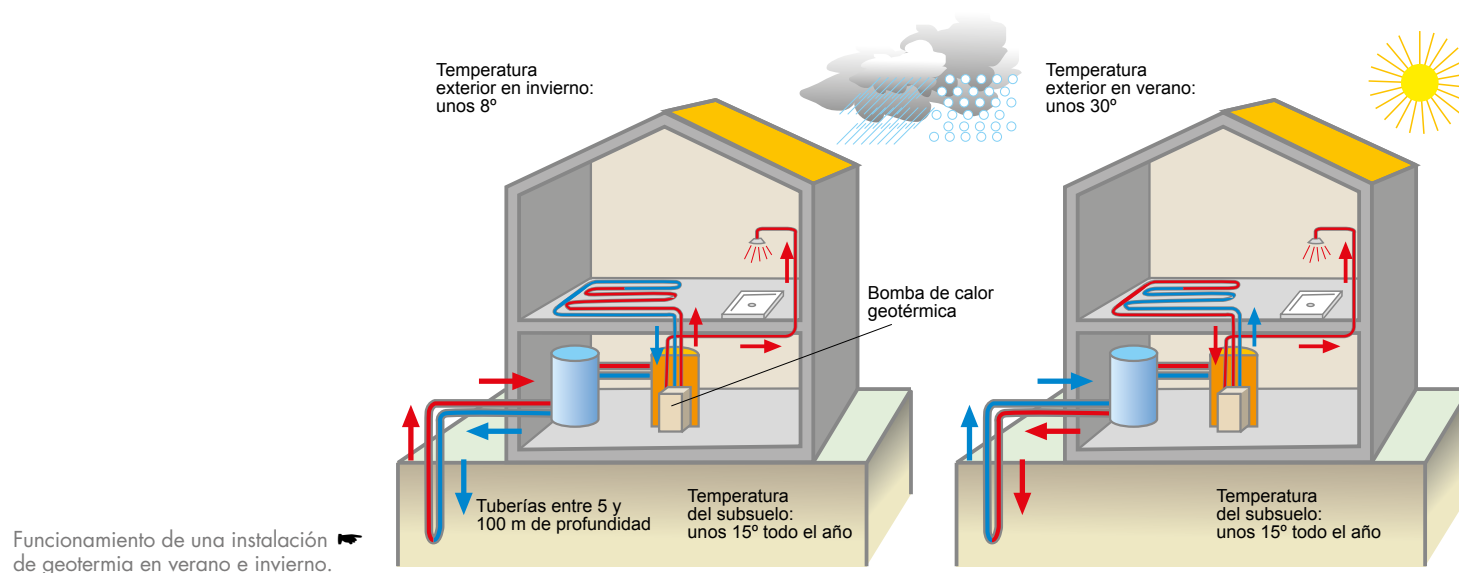
🌬️ La energía eólica es una de las principales fuentes de energía renovable en Euskadi.

La geotermia consiste en el aprovechamiento del calor almacenado en el interior de la Tierra. Este calor proviene, por un lado, del núcleo de la Tierra que va ascendiendo hacia la superficie y, por otro, de los procesos de desintegración de los minerales radiactivos presentes en las rocas que liberan energía. Se trata de una energía renovable e inagotable que ayuda a reducir el consumo de combustibles fósiles como el petróleo.

La temperatura del subsuelo tiende a permanecer constante durante todo el año, de manera que mediante el intercambio con la temperatura ambiente del exterior, podemos conseguir un ambiente más cálido en invierno y algo más fresco en verano.

La energía geotérmica es muy importante en países como Islandia, donde los focos de calor interno están muy cerca de la superficie. En Euskadi se aprovecha la inercia térmica del subsuelo. Actualmente

puede haber en torno a 500 instalaciones de energía geotérmica, principalmente en viviendas unifamiliares y en edificios públicos. Las bombas de calor para el aprovechamiento geotérmico están consideradas por la Unión Europea como una de las tecnologías de aprovechamiento renovable altamente eficientes. Se ha demostrado que la geotermia puede suponer un importante recurso de calor para los nuevos edificios de la CAPV.



4 RIESGOS GEOLÓGICOS

4.1. INUNDACIONES. Cuando el río dice basta

Si preguntamos cual es el riesgo natural más importante en Euskadi, es muy posible que los habitantes de la vertiente cantábrica lo tengan muy claro: las inundaciones. Suceden a menudo y están en la memoria colectiva.

Los valles cantábricos tienen todos los ingredientes para una buena inundación: llueve mucho y a veces de manera torrencial; son cauces cortos y con mucha pendiente y las llanuras de inundación de los ríos están ocupadas por pueblos, polígonos industriales e infraestructuras. Estas llanuras pertenecen también al río y tienen la función clave de acomodar las crecidas. En las últimas décadas nuestra sociedad ha invadido parte de estas llanuras y, puntualmente, el río viene a reclamar lo que es suyo. Hay que añadir, además, una cuestión clave: la gestión forestal de las cuencas ha aumentado la capacidad de la lluvia para erosionar las laderas, correr por su superficie y saturar de sedimentos los conductos entubados de muchos cauces de agua. Cuando perdemos bosque natural, perdemos también una importante defensa contra las inundaciones.

Existen referencias sobre inundaciones en el País Vasco desde principios del siglo XV. El 1 de enero de 1895, El *Noticiero* se hacía eco de la inundación del 21 de septiembre de 1593 en Bilbao, en la que «(...) un barco de 60 toneladas navegó a la deriva por las calles de la villa». La inundación de gran escala más reciente es la de 1983. Tras una semana de lluvias continuadas (cayeron 600 l/m²), el 26 de agosto de aquel año muchos de nuestros ríos se desbordaron. La inundación afectó a un centenar de municipios, incluido el centro de Bilbao. Hubo cerca de 50 víctimas mortales y enormes daños materiales. Fue, sin duda, la mayor catástrofe natural recordada en Euskadi en tiempo reciente.

Muchos ríos se han encauzado con obras de hormigón a su paso por los núcleos poblacionales. Este tipo de actuaciones de ingeniería pueden solucionar el problema de riesgo en un punto concreto, pero lo traslada a otro situado aguas arriba o aguas abajo y además, provoca la pérdida de un ecosistema muy importante, el bosque de ribera.

A pesar de que las inundaciones tienen una connotación negativa desde un punto de vista humano, representan un fenómeno natural que tiene una función reguladora importante: en los momentos de crecida atenúa la energía del río y riega las llanuras de inundación con nutrientes para su uso agrícola.

En algunas cuencas se están tomando medidas de restauración de cauces y llanuras de inundación fluvial, pero todavía el camino hacia la naturalización de nuestros ríos es largo.




 Inundaciones 1983 Bilbao.

4.2. DESLIZAMIENTOS. Cuando las tierras y las rocas se caen

Ocorre todos los años. Cuando llueve algunas de nuestras pronunciadas laderas se desmoronan y deslizan pendiente abajo, y en algunos casos, se pueden llevar por delante infraestructuras y viviendas con las consiguientes pérdidas económicas, y a veces, humanas.

Los deslizamientos dependen de los siguientes factores: la lluvia, el comportamiento de las aguas subterráneas, la pendiente de la ladera, el tipo de roca, la cantidad de suelo y la cobertura de vegetación. La vertiente cantábrica del País Vasco, y en especial el territorio de Gipuzkoa, es muy propicia a tener desprendimientos. Lluve mucho y el suelo se satura de agua y termina por comportarse como un fluido que cae pendiente abajo. Hay, además, otro condicionante importante; el flysch. Las capas de esta formación geológica se deslizan fácilmente entre ellas y producen anualmente decenas de desprendimientos y deslizamientos. Este es el caso, por ejemplo, de los desprendimientos continuos en la N-634 entre Getaria y Zarautz.

Desprendimiento ocurrido en Larrabetzu en 2018  después de un periodo de intensas lluvias, en una plantación de pinos y eucaliptos (fuente original EITB).

Este proceso natural se ve acelerado o intensificado cuando interferimos en el equilibrio natural del terreno aumentando la pendiente, cambiando los flujos de aguas subterráneas y eliminando el suelo y la cobertura vegetal. El enorme desprendimiento de Ondarroa que afectó a decenas de familias en el año 2016 es un buen ejemplo. Por este motivo toda obra mayor o menor debe de llevar asociado un estudio geotécnico que analice el comportamiento del terreno ante actuaciones antrópicas.

“¿Sabías que... durante los meses de enero y febrero de 2013 se produjeron en Gipuzkoa una media de 40 desprendimientos al día? ”



4.3. SISMICIDAD. ¿Terremotos en Euskadi?

El nuestro es un territorio relativamente tranquilo desde el punto de vista sísmico. Tanto los estudios geológicos como los datos históricos indican que nos encontramos en un entorno de riesgo medio-bajo. Aun así, la tierra se mueve bajo nuestros pies, poco, pero se mueve.

Un terremoto es una vibración del terreno provocada por la liberación repentina de la tensión acumulada en una falla como consecuencia de los esfuerzos internos de la Tierra. Cuando se produce este movimiento, el terreno tiembla.

Además del estrés tectónico, influyen también la naturaleza y espesor de las

rocas, su grado de fracturación o la existencia de capas blandas y resbaladizas que canalicen estas tensiones.

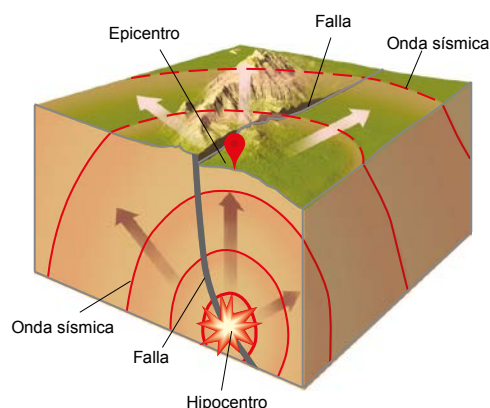
Los daños dependen también del tipo de construcciones y de la preparación de la población para gestionar una situación de emergencia como esta.

No existen evidencias históricas de ningún terremoto de gran magnitud en Euskadi. En 1817 se registró un temblor de 8 grados en Arnedo (La Rioja), y en 1967 uno de 5,7 en Arette (Francia). Durante el siglo XX se han contabilizado 35 sismos pequeños de magnitud 2 y 3 en la escala de Richter que han sido fácilmente percibidos por la

población. Gipuzkoa registró el 57%, Álava el 28% y Bizkaia solamente el 14%. Navarra, en cambio, registró en el mismo periodo 154 temblores.

La sismicidad del País Vasco está relacionada con nuestra cercanía al Pirineo, una cadena formada recientemente (geológicamente hablando) por el choque entre la placa ibérica y la europea que hoy todavía producen algunos movimientos más o menos importantes aprovechando las fallas principales que se formaron durante la colisión.

Formación de un terremoto y propagación de las ondas sísmicas.



Riesgo sísmico por intensidades



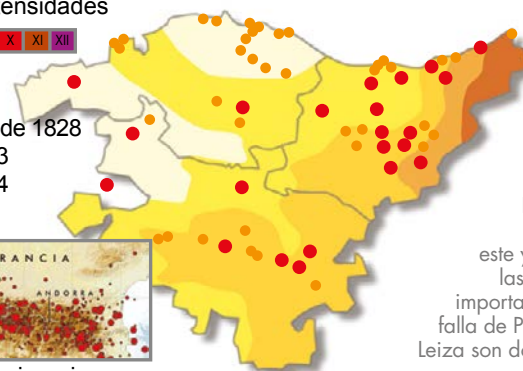
Sismos registrados desde 1828

- magnitud entre 1 y 3
- magnitud entre 3 y 4

País Vasco



Sismicidad de la zona pirenaica (IGN 2105)



Registro y riesgo sísmico en Euskadi. Los principales sismos se localizan hacia el este y alineados siguiendo las fallas conocidas más importantes de la cadena. La falla de Pamplona o la falla de Leiza son dos de las más activas.

4.4. TEMPORALES. Cuándo el mar se enfada

Unas pocas horas de temporal fueron suficientes para causar daños materiales valorados en más de 7 millones de euros en la costa vasca. Era la madrugada del 11 de febrero de 2016, coincidía con mareas vivas y una boya situada a 16 millas de Bermeo registraba olas de más de 10 metros de altura. El dique del puerto de Bermeo, el malecón de Zarautz y otras infraestructuras y establecimientos de Donostia y otros pueblos de la costa corren verdadero peligro cada vez que la previsión meteorológica anuncia temporal.

El invierno de 2014 fue especialmente virulento. Las imágenes de las olas gigantes entrando por el Urumea y golpeando y destrozando los puentes del Kursaal, Santa Catalina y María Cristina no se olvidarán fácilmente en Donostia. El temporal destruyó el Paseo Nuevo, las olas entraron en la parte vieja y los jardines de Ondarreta amanecieron cubiertos de arena. El Gobierno Vasco cifró el coste de los daños causados por el temporal en toda la costa vasca en 16 millones de euros.

Existen evidencias históricas de eventos similares durante el siglo XX, pero parece que los últimos años su frecuencia y virulencia ha aumentado. Estos temporales tienen también un efecto importante en los procesos erosivos naturales de la costa, provocando, por ejemplo, grandes

desprendimientos en los acantilados, la socavación total del frente de dunas de Iñurritza en el año 2014 o la desaparición del sistema dunar de la playa de Laida (Ibarrangelua) durante el periodo 2014-2015. Sin embargo, se trata de procesos naturales que no alteran de manera sustancial la evolución geológica de nuestra costa. Los daños se producen principalmente sobre las infraestructuras que los seres humanos hemos construido sobre la misma línea de costa durante los últimos siglos. Hemos invadido el terreno en el que el mar y el continente se juegan sus dominios y tenemos todas las de perder.

La ocurrencia de estos fenómenos oceánicos depende sobre todo de factores atmosféricos que controlan la posición y la fuerza de las borrascas en el Océano Atlántico. Aunque no está clara su relación directa con el cambio climático, parece que el aumento en la frecuencia y la intensidad de estos fenómenos sí puede estar relacionado con alteraciones recientes del sistema climático y con el deshielo acelerado del Polo Norte.

Sin embargo, el actual ascenso del nivel de mar parece poco importante todavía en el resultado final. Estos episodios hoy puntuales son premonitorios de algo que será mucho más habitual cuando el nivel de mar haya ascendido unos centímetros durante las siguientes décadas.

Olas de gran tamaño golpeando
contra el espigón de Zumaia. ➡





5

PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEOTURISMO

5.1. LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO DE LA CAPV

Las piezas del puzzle que no podemos perder

Un repaso rápido a las páginas de este libro muestra que Euskadi tiene una diversidad y riqueza geológica muy importante que ha condicionado notablemente nuestra historia, nuestra cultura y nuestra ecología.

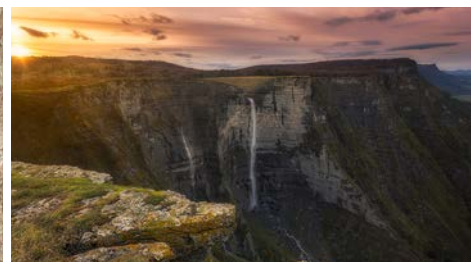
Las rocas, los minerales, los fósiles, los suelos y las formas del relieve son parte de la naturaleza, de la misma manera que lo son los robles, las orquídeas, las lagartijas o los lobos. Todos ellos forman parte del patrimonio natural que hemos heredado y que debemos dejar, al menos, igual de bien que como lo hemos encontrado.

La acepción patrimonial de los elementos geológicos es un concepto relativamente nuevo. La sociedad entiende claramente que las pinturas rupestres de Ekain o la catedral de Vitoria-Gasteiz forman parte de nuestro patrimonio histórico y cultural y que algunas especies de animales y plantas, especialmente las que están en riesgo de extinción como el quebrantahuesos o la nutria, son parte de nuestro patrimonio natural. Pues bien, existen también elementos de la geología que por su valor científico, cultural, estético o didáctico tienen un valor especial, es decir, son patrimonio geológico, un recurso que debemos cuidar y gestionar adecuadamente.

Las rocas, los minerales, los fósiles, las estructuras, los paisajes y los recursos geológicos de mayor valor forman parte del Inventario de lugares de interés geológico de Euskadi.

Iniciativas como las llevadas a cabo en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, el Geoparque de la Costa Vasca o las cuevas de Pozalagua han demostrado que su puesta en valor puede ser, además de un valor educativo, un recurso económico importante para la comarca.

Desde el año 2014 Euskadi tiene un inventario de 150 lugares de interés geológico y una estrategia para su gestión. Son las piezas del puzzle que no podemos perder; ya que en muchos casos se trata de elementos no renovables y representan las únicas pistas que tenemos para comprender nuestra historia geológica y los procesos formadores de nuestro paisaje.



5.2. GEOPARKEA

El Geoparque de la Costa Vasca: *flysch & karst experience*



Excursión guiada en barco para ver el flysch.



Actividades educativas en el karst.



Villa marinera de Mutriku.

El Geoparque Mundial de la UNESCO de la Costa Vasca está formado por los municipios de Zumaia, Deba y Mutriku. Entró a formar parte de la Red Mundial de Geoparques en el año 2010, y desde entonces, es un miembro activo de esta gran asociación internacional basada en la cooperación entre sus miembros, 147 en el año 2019.

Un Geoparque es un territorio con un patrimonio geológico de especial relevancia internacional y una estrategia de desarrollo local basada en la ciencia, educación y el geoturismo. Esta actividad permite disfrutar del territorio desde un punto de vista integrador que incluye geología, ecología y cultura. En la actualidad el Geoparque de la Costa Vasca se ha convertido en uno de los principales destinos de naturaleza de Euskadi y recibe anualmente a más de 100.000 visitantes.

El flysch negro de Deba, la colección de amonites de Mutriku y el conocido flysch de Zumaia, donde se puede entender la extinción de los dinosaurios y ver dos de los tres estratotipos que hay en el País Vasco (5 en el Estado y 68 en todo el

mundo), son parte del atractivo de los acantilados del flysch, un extraordinario afloramiento geológico que, a lo largo de 13 km, nos muestra 60 Ma de la historia de la Tierra. En la zona interior, la prehistoria está a nuestro alcance en cuevas como Ekain o Praileaitz. Es el mundo del karst, un laberinto de montañas y valles escondidos donde las tradiciones del mundo rural vasco han permanecido en el tiempo.

Geoparkea ofrece una amplia gama de visitas guiadas a pie y en barco y una red de centros de información, rutas y paneles que permiten disfrutar de este rincón especial de nuestra costa.



5.3. URDAIBAI

Nuestra Reserva de la Biosfera

El ámbito de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai es un mosaico en el que el patrimonio natural y las personas han convivido, al menos, desde hace 15.000 años. Este paisaje cultural se refleja mediante decenas de manifestaciones artísticas, constructivas, lingüísticas y rituales. Se trata de un gran laboratorio para ensayar modelos de gestión hacia la sostenibilidad, una forma de combinar la conservación de la naturaleza con el uso racional de nuestro territorio.

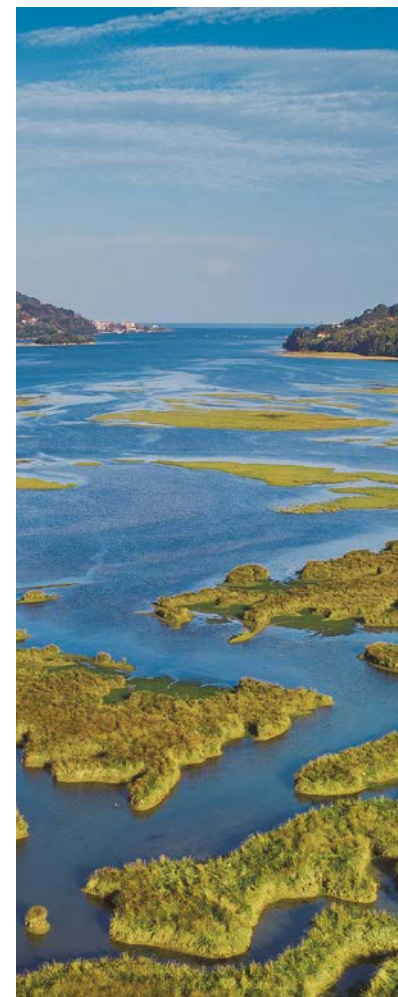
En el año 1984 Urdaibai fue incorporada en la Red Mundial de Reservas de la Biosfera de UNESCO. Este programa fue creado a principios de la década de 1970 para mejorar las relaciones entre las personas y el medio ambiente tomando como base la educación para la sostenibilidad y la investigación, la capacitación de las personas y la interpretación.

Desde el punto de vista geológico la Reserva de la Biosfera de Urdaibai esconde en sus rocas 50 millones de años de la historia de la Tierra. Se pueden encontrar desde antiguos mares tropicales, hasta volcanes o grandes abanicos submarinos, y sobre todo, un estuario extraordinario donde han quedado registradas

las variaciones del nivel de mar de los últimos 8.500 años.

Las reservas de la biosfera son también territorios de ciencia y experiencias piloto. En el año 2011 se realizó el inventario de 52 lugares de interés geológico que sirvió de base para una estrategia de geodiversidad propia y que tres años después sirvió de referencia al ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco para la elaboración de la Estrategia de Geodiversidad de Euskadi.

En la actualidad existen en este espacio protegido 28 paneles interpretativos y una guía de campo que propone 13 itinerarios a pie y dos en coche que permiten disfrutar de este entorno excepcional desde un punto de vista diferente. Urdaibai sorprende cuando la entendemos desde su geodiversidad.



5.4. RECURSOS PARA EL GEOTURISMO EN EUSKADI

Además de los ya mencionados Geoparkea y Reserva de la Biosfera de Urdaibai, Euskadi ofrece otras muchas posibilidades para disfrutar de su geodiversidad y de su patrimonio geológico.

Puedes visitar el sexto continente y escuchar el goteo del agua subterránea en cuevas como Pozalagua o Arrikruz,

adentrarte en las entrañas minerales de la Tierra en minas como Arditurri, realizar un paseo en barco en Geoparkea o Urdaibai, visitar un valle salado lleno de terrazas blancas construidas en madera en Añana o viajar unas horas a los primeros años del siglo XX para descubrir con asombro aquel ejército de mineros que extraían hierro y otros minerales de la zona minera del entorno de Bilbao.

Viajar en el tiempo con la geología es disfrutar de nuestros paisajes de una manera diferente; es comprender la dinámica del tiempo, los compases y los factores que hoy nos permiten vivir en esta tierra tal y como lo hacemos.

Nuestra tierra fue diferente y volverá a ser diferentes. Es solo cuestión de tiempo.



Cueva turística de Pozalagua.



**AUTORÍA
DE FOTOGRAFÍAS
E ILUSTRACIONES**

Relación y autoría de fotografías por páginas

Fran Llano: cubierta, 12, 16, 18, 20, 21, 25, 31 inf. izq., 35, 47 sup., 51 sup., 51 med., 53 dcha., 59 izq., 60, 61, 68, 70, 73, 77, 78, 84, 85, 89, 91 sup., 92 sup., 94, 95, 101, 102, 105, 107 inf., 111, 125, 131, 133, 135, 165

Asier Hilario: 16, 29, 31 sup. izq., 31 dcha., 37, 39, 41, 42, 43, 45, 46, 47 inf., 49, 51 inf., 53 izq., 55, 56, 59 dcha., 64, 65, 66 izq., 69, 75, 82, 87, 88, 93, 99, 100, 103, 108, 109, 110, 113, 115, 117, 118, 119, 121, 126, 127, 129, 130, 132, 142, 166, 169

CC BY-3.0-ES 2012/EJ-GV/Irekia-Gobierno Vasco / **Mikel Arrazola:** 11, 67 dcha., 74, 91 inf., 97, 124, 128, 129, 136, 135, 150, 154, 156, 167

Javier Carvallo (Geoparkea): 32, 134, 138, 163, 166 inf.

Migue Ángel Langa (Geoparkea): 86, 138

Gorka Zabaleta (Geoparkea): 143

CC BY-3.0-ES 2012/EJ-GV/Irekia-Gobierno Vasco / **Pedro Odriozola:** 11

Fundacion Sancho el Sabio: 67 izq., 153,

Asier Gomez (UPV-EHU): 20 inf. dcha., 140

Ainara Badiola (UPV-EHU): 107 sup.

Arantza Aramburu (UPV-EHU): 122

Lusi Carcavilla: 15

Museo Vasco del Ferrocarril: 33

Miren Mendia: 45 izq.

Laura Damas (Urdaibai): 66 dcha.

Rafael López © Museo de Ciencias Naturales de Álava: 71

Iker Mendiguren: 92 inf.

Iñaki Alonso (Amaroz Mendi elkartea): 123

Jan Wesbuer (EJ-GV): 125

Felix Ugarte elkartea: 151

El Correo: 159

EITB: 160

Ayto. Karrantza: 168

Relación y autoría de ilustraciones por páginas

Albert Martinez: 13, 14, 17, 19, 26, 27, 28, 30, 34, 35, 38, 40, 44, 50, 52, 54, 58, 68, 72, 76, 79, 80, 81, 90, 96, 98, 100, 101, 104, 106, 112, 113, 114, 116, 118, 120, 126, 128, 129, 132, 133, 141, 144, 149, 155, 157, 161 Elene Urquijo: 36, 46, 48, 49, 57, 65, 70, 88, 124, 140

Deep time maps: 28, 38, 50, 96, 98, 112

Dosges (Geoparkea): 22, 83

IUGS: 23,

Valle Salado: 46

