

# Bardenas Reales de Navarra

Geología  
Guía del visitante





# Bardenas Reales de Navarra

Geología

Guía del visitante





"Dedicamos esta guía a nuestro amigo, colega y gran entusiasta de la geología de las Bardenas Reales, Carlos Sancho, fallecido prematuramente en 2019."

Edita:	Comunidad de Bardenas Reales de Navarra C/ San Marcial, 19 31500 TUDELA Tel.: 948 830 308 email: turismo@bardenasreales.es <a href="http://www.bardenasreales.es">http://www.bardenasreales.es</a>
Autores:	Juan Cruz Larrasoña, Xabier Murelaga, José Luis Peña y Carlos Sancho
Colaboradores:	Ánchel Belmonte, Luíscarcavilla y Alejandro Urmeneta
Coordinador:	Mikel Madoz
D. Gráfico:	Javier Arbillá
Ilustraciones:	Mauricio Antón, Juan Cruz Larrasoña
Fotografías:	Javier Arbillá, Mikel Madoz, Juan Cruz Larrasoña, Carlos Sancho, Alejandro Urmeneta, Eugenio Guelbenzu, José María Agramonte, Sergio González, Iñaki Diéguez y Jesús Sesma
Cubierta:	E. Guelbenzu. Cabezo de Pisquerra o del Niño, en La Bardena Blanca

ISBN: 978-84-09-00950-3

DL NA 594-2018

1ª edición abril de 2018

© Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio mecánico, electrónico o magnético sin el permiso previo de los autores.

## Índice

5	<b>Presentación</b>
6	<b>Bardenas Reales de Navarra: un territorio diferente</b>
8	Introducción
9	Geografía y clima
16	Vegetación y fauna
18	Bardenas y la presencia humana: arqueología y usos tradicionales
22	Un singular paisaje condicionado por la geología
25	Parque Natural y Reserva de la Biosfera
26	<b>La relevancia del sustrato geológico</b>
28	Introducción
29	Las rocas
34	Fósiles
36	La edad de las rocas
38	Las deformaciones tectónicas
40	<b>Geomorfología</b>
42	Introducción
43	Un paisaje geológico
44	Geoformas destacables
44	Relieves estructurales: planas, cuevas y cabezos
48	Terrazas fluviales desaparecidas y glaciares resultantes
52	Laderas y facetas triangulares adosadas a los escarpes
54	Fondos planos de barrancos y depresiones
57	Áreas de cárcavas y barrancos
62	<b>Historia geológica</b>
64	Introducción
66	Periodo de acumulación y relleno de sedimentos El Mioceno: cuando las Bardenas eran un gran lago
72	Periodo erosivo. El Cuaternario: la red de drenaje como agente modelador del relieve

## Presentación

De todos los valores naturales de las Bardenas Reales, el más recordado y reconocido es su espectacular paisaje, que en estas tierras desnudas es pura geología. Ya al ser declaradas Parque Natural, en 1999, se resaltaba su importancia al ser "una formación geológica única en Navarra, singular y de interés especial por sus valores paisajísticos y educativos ...".

Este territorio árido y atormentado ofrece una perfecta aula geológica al aire libre. Sus formaciones y su relieve llaman la atención de los visitantes de todo el mundo. El equilibrio precario de Castildetierra, las siluetas de Pisuerra, la Ralla o el Rallón al atardecer, los cabezos de laderas desgarradas por las cárcavas, los encajados barrancos de La Blanca, etc., forman ese conjunto de imágenes inconfundibles que atraen a miles de visitantes.

Pero este paisaje que vemos hoy no es fruto de la casualidad, tiene una explicación, un porqué, basado en su origen y en el transcurrir del tiempo en estas tierras, con la influencia relevante de la actividad humana en los últimos ocho milenios. La explicación o interpretación de los procesos geológicos ocurridos en Bardenas no es una tarea fácil si se pretende ponerla al alcance de la mayoría del público, normalmente desconocedor de una ciencia poco divulgada.

La presente guía es un intento de acercar al visitante los conceptos básicos que le ayuden a entender el territorio y las formas del relieve que está contemplando. Es una publicación divulgativa, con abundancia de imágenes y textos resumidos, sin faltar al rigor científico. Para abordarla solo es necesario el interés y la inquietud por conocer un aspecto fundamental del impresionante patrimonio natural de las Bardenas Reales de Navarra.



**BARDENAS REALES DE NAVARRA**  
Un territorio diferente



J. Arbilla

El singular paisaje de Bardenas Reales es fiel reflejo de sus características geológicas.

## Introducción

Las Bardenas Reales de Navarra son un vasto territorio caracterizado por su singular paisaje erosivo. De líneas sencillas visto desde lejos, su paisaje resulta espectacular cuando lo admiramos de cerca. Amplias y desoladas depresiones, desgarradas por abruptos barrancos y rodeadas por cortados verticales, grandes planas y cabezos solitarios, dan sentido a la denominación de "malas tierras". Su aspecto desértico evoca lugares remotos.

La escasa vegetación existente deja al descubierto un relieve donde la geología adquiere un gran protagonismo. Para entender e interpretar el paisaje y la naturaleza bardenera, resulta esencial conocer sus características geológicas y los procesos que han actuado en estas tierras durante millones de años y lo siguen haciendo en la actualidad.

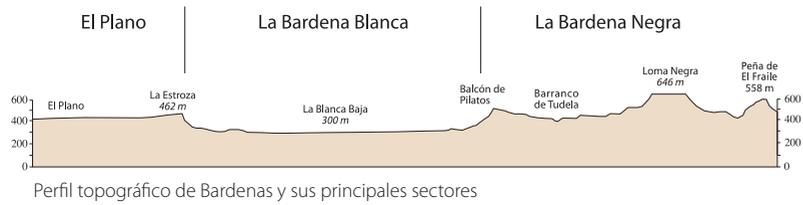
El territorio fue declarado Parque Natural por el Gobierno de Navarra y Reserva de la Biosfera por la UNESCO en los años 1999 y 2000, respectivamente. También fue declarado como Zona de Especial Conservación (ZEC) para formar parte de la Red Natura 2000. Además, este espacio alberga las Reservas Naturales de Rincón de Bu y de las Caídas de La Negra, así como dos Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAS).

## Geografía y clima

Las Bardenas Reales constituyen una gran área despoblada, de aspecto estepario, ubicada en el sudeste de la Comunidad Foral de Navarra. Con una superficie de 41.845 hectáreas, tiene unas dimensiones de 45 kilómetros de norte a sur y 24 km de este a oeste. Las principales vías de acceso son la pista asfaltada que une la población de Arguedas con el Polígono de Tiro, la carretera que une Tudela con Ejea de los Caballeros (NA-125) y la red interna de pistas no asfaltadas de uso regulado.



Geográficamente se ubican en la parte central del valle del Ebro. En su paisaje se diferencian claramente tres sectores principales, de norte a sur: **El Plano**, **La Bardena Blanca** y **La Bardena Negra**.



M. Madoz

**El Plano** es un gran glacis alto, en ligera pendiente hacia el norte, con las cimas de Cornialto (510 m) y La Estroza (462 m) como puntos culminantes.



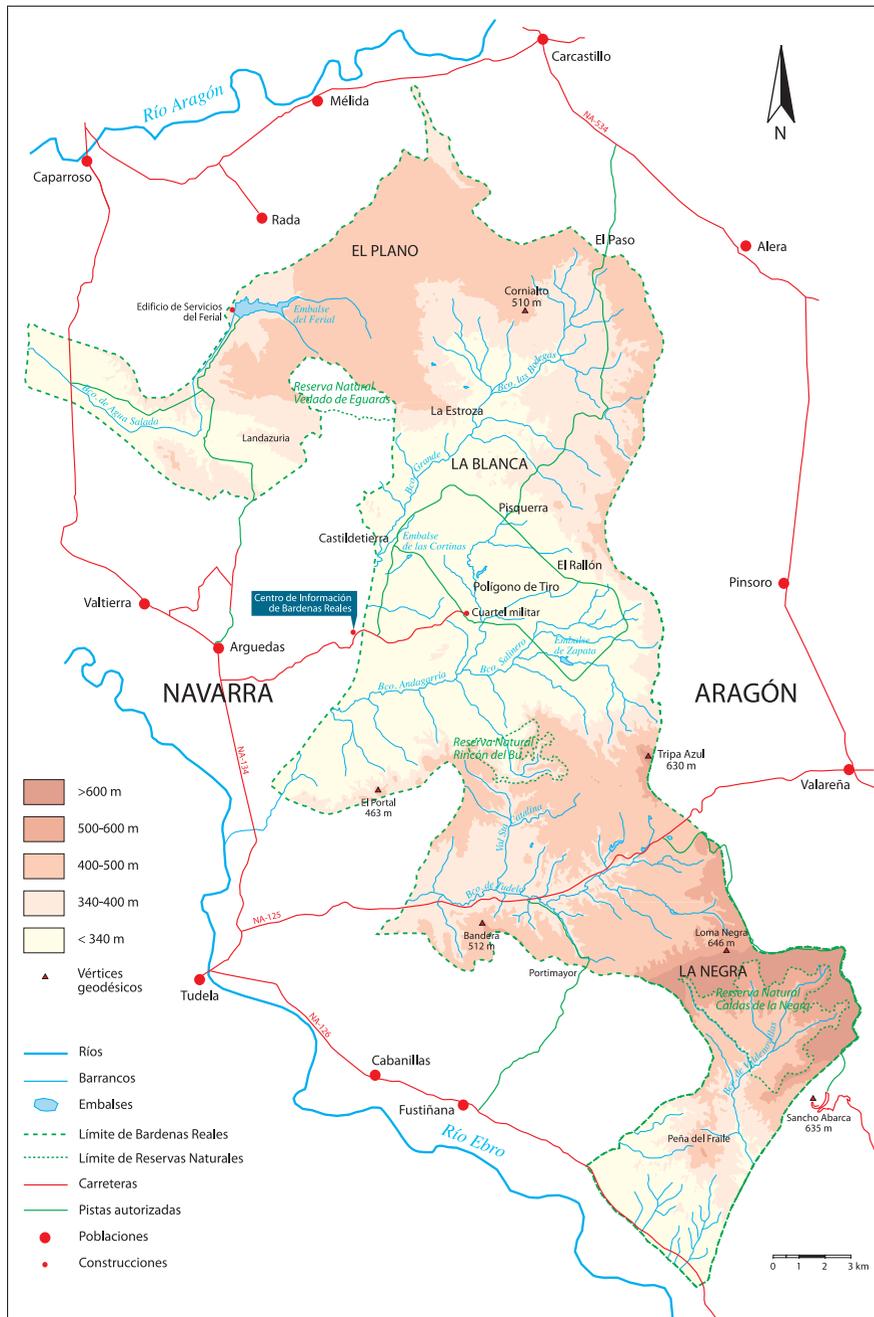
J. Arbilla

**La Bardena Blanca** es una depresión central, a unos 300 m de altitud, de aspecto desértico y suelos blanquecinos. A su vez, en este sector es posible diferenciar La Blanca Alta y La Blanca Baja, siendo ésta la más conocida por la singularidad de sus cabezos (Castildetierra, Pisquerra, Rallón, etc.).



X. Murelaga

**La Bardena Negra** se caracteriza por las grandes planas elevadas que llegan a alcanzar una cota máxima de 646 m en La Negra.



El clima es de tipo mediterráneo continental semiárido. Esto significa que, si bien la temperatura media anual es suave (13-14°C), existen fuertes contrastes estacionales, con veranos muy calurosos en los que a menudo se superan los 35°C, e inviernos fríos donde se llegan a alcanzar los sesenta días de helada.

Las precipitaciones, con medias anuales inferiores a 400 l/m<sup>2</sup>, son escasas, irregulares y a menudo torrenciales, con una distribución desigual por el territorio, siendo más húmedas las zonas altas de La Negra y más secas las de La Blanca. El viento es otro meteoro característico, muchas veces del noroeste, el cierzo, favorecido por la ubicación geográfica en pleno pasillo del valle del Ebro.



J. Arbilla

Ambiente estepario en La Blanca.



J. Arbilla

Sequedad ambiental.

Desde el punto de vista hidrológico, no hay cursos de agua permanentes. Sólo cuando llueve, y en los días posteriores, discurre agua por los numerosos barrancos que forman la intrincada red hidrográfica.

El colector principal es el Barranco Grande y su red de afluentes, que drena toda La Bardena Blanca, con aguas de elevada salinidad. Otros cauces relevantes son el barranco de Agua Salada, el de Tudela y el de Valdenovillas. Las pocas fuentes se encuentran en los bordes del Plano, alimentadas por el acuífero de este glacis.

Son numerosas sin embargo las balsas, creadas como reservas de agua para el ganado. Las más significativas son las de las Cortinas y la de Zapata. Esta última, abastecida con agua sobrante de la acequia de Cinco Villas, tiene un alto interés ambiental.



C. Sancho

Barranco Grande.



E. Guelbenzu

Balsa de Zapata.



J. Arbilla

El acceso a algunas zonas está regulado temporalmente por necesidades de conservación.

## ¿CUÁNDO VISITAR BARDENAS REALES?

Aunque cualquier época del año presenta sus propios atractivos, las mejores condiciones se dan en primavera, principios del verano y en otoño. El verano puede ser demasiado caluroso y el invierno muy frío. Pero también es verdad que un paisaje como el de Bardenas presenta matices diferentes en función de las condiciones ambientales y de luz típicas de cada estación, de manera que cada época tiene su aliciente particular. Los días de lluvia intensa se desaconseja la visita por el estado de las pistas y caminos.



J. Arbilla

El cabezo de Castildetierra es uno de los puntos más visitados del Parque Natural.

## Vegetación y fauna

En Bardenas están presentes algunos ecosistemas y biotopos de gran valor ecológico. Destacan los pinares, zonas de matorral, estepas, saladares y zonas húmedas.

La vegetación actual es el resultado de la interacción entre la actividad humana secular y las condiciones naturales de clima, suelo y orografía. Las áreas bajas y secas, como La Blanca, se caracterizan por una vegetación esteparia de espartales, ontinares y sisallares. En las zonas altas como La Negra encontramos bosques de pino carrasco, acompañados de coscojas, sabinas, etc., con ejemplares aislados de carrasca. En las zonas intermedias dominan los matorrales de romero y sabina negral, como especies dominantes. Los cultivos de cereal en secano ocupan una gran extensión.

En cuanto a la fauna, las especies más singulares son las aves esteparias: avutardas, sisones, alcaravanes, gangas, ortegas y aláudidos. Otros habitantes destacados son las rapaces: águila real, alimoche, buitre leonado, búho real, aguilucho lagunero, cernícalo, etc. No faltan mamíferos (zorro, jabalí, conejo, corzo...), reptiles, invertebrados, e incluso peces.



S. González

Lagarto ocelado.



M. Macloz

Hoja y fruto de enebro de la miera.



J. Arbillá

Espartales en La Blanca.



J.M. Agramonte

La población de alimoches de Bardenas es una de las mayores de la Península Ibérica.

## Bardenas y la presencia humana: arqueología y usos tradicionales

En Bardenas no existen en la actualidad poblaciones habitadas. Sin embargo, está constatada la presencia humana en la zona desde principios del Neolítico, con numerosos restos arqueológicos dejados por grupos nómadas que ocuparon La Blanca hace unos 7.000-8.000 años.

También de la Edad del Bronce (entre 5.000 y 3.000 años atrás) hay constancia de asentamientos. Y la época romana dejó vestigios de pequeñas explotaciones agrarias. Es sin embargo la Edad Media (siglos IX al XV), la época de la que proceden los restos más visibles en la actualidad, con numerosos emplazamientos de fortalezas y torres defensivas.



I. Diéguez

Reconstrucción de un enterramiento del Bronce Medio (1200 – 1000 a.C.) en Bardenas.



J. Seama

Enterramiento Eneolítico en el dolmen de Tres Montes (2130 a.C.).



J. Arbilla

Castillo medieval de la Estaca o Santa Margarita.

De la época medieval proceden los primeros derechos reales que dan nombre al territorio y que fueron otorgados inicialmente al valle navarro del Roncal para el aprovechamiento ganadero trashumante. Estos derechos pasaron en 1705 a ser exclusivos de las veintidós entidades, denominadas congozantes, que conforman la actual Comunidad de Bardenas Reales.

### LA COMUNIDAD DE BARDENAS REALES

La Comunidad de Bardenas Reales es el órgano que desde comienzos del siglo XVIII asume la gestión del territorio y desde los años 1999 - 2000 del Parque Natural y la Reserva de la Biosfera, respectivamente. Está compuesta por veintidós entidades: diecinueve localidades riberas, dos valles pirenaicos y un monasterio, que son los que tienen derechos de uso exclusivos de este territorio a perpetuidad.



En verde, entidades congozantes de Bardenas.



J. Arbillia

Buena parte del terreno agrícola bardenero está ocupado por cereal de secano.

En la actualidad, a las actividades tradicionales como el pastoreo y la agricultura se ha unido el pujante turismo. Todas estas actividades conviven con usos especiales como el militar, que se desarrolla desde 1951 en el Polígono de Tiro, situado en la parte central del área, o el de la producción de energía, con una planta solar y un parque eólico.



M. Madoz

Bardenas es el refugio invernal del ganado trashumante.

### EL CAMPO DE TIRO DE BARDENAS REALES

En la zona de La Blanca Baja existe, desde 1951, un Polígono de Tiro del Ejército del Aire. Es un campo de entrenamiento de 2.200 ha donde se realizan habitualmente ejercicios de bombardeo, tanto de fuego real como simulado, por parte de aviones de la fuerza aérea española y de otros ejércitos de la OTAN. El acceso al interior está señalizado y restringido, existiendo una pista que rodea todo el Polígono, denominada popularmente como la "perimetral". La existencia de este campo de tiro provoca contestación social. El Ministerio de Defensa paga un canon anual por su utilización.



J. Arbillia

Acceso restringido al Polígono de Tiro.

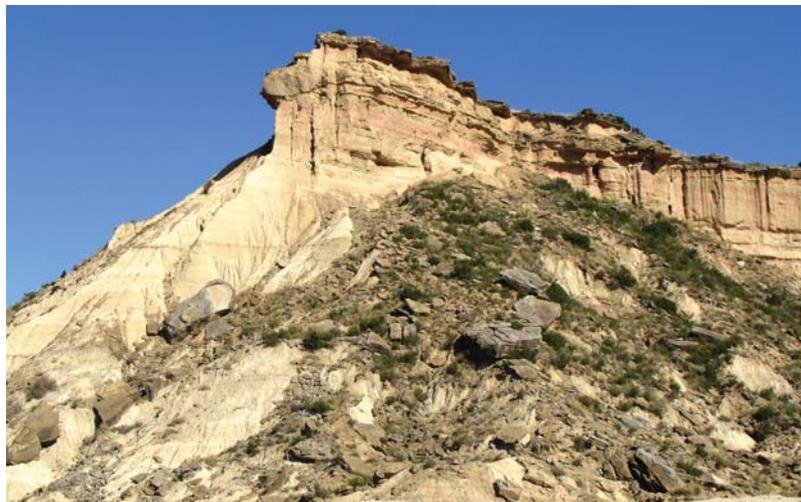
## Un singular paisaje condicionado por la geología

El singular paisaje y relieve de Bardenas están fuertemente marcados por sus características geológicas. La diferente resistencia de unas rocas y otras (duras y blandas) a la acción de los procesos erosivos durante los últimos millones de años, explica el relieve y paisaje actual. Planas y graderíos, cabezos y hondonadas, escarpes y laderas son el resultado de esta interacción.

Pero quizás resulte más llamativo para el visitante el resultado que tiene la erosión, causada principalmente por las lluvias, sobre las rocas más blandas. Las áreas de cárcavas o *badlands* (malas tierras), llamadas localmente blanquiales, son paisajes buscados por los objetivos de los turistas. El relieve aquí es un elemento dinámico que sigue evolucionando.

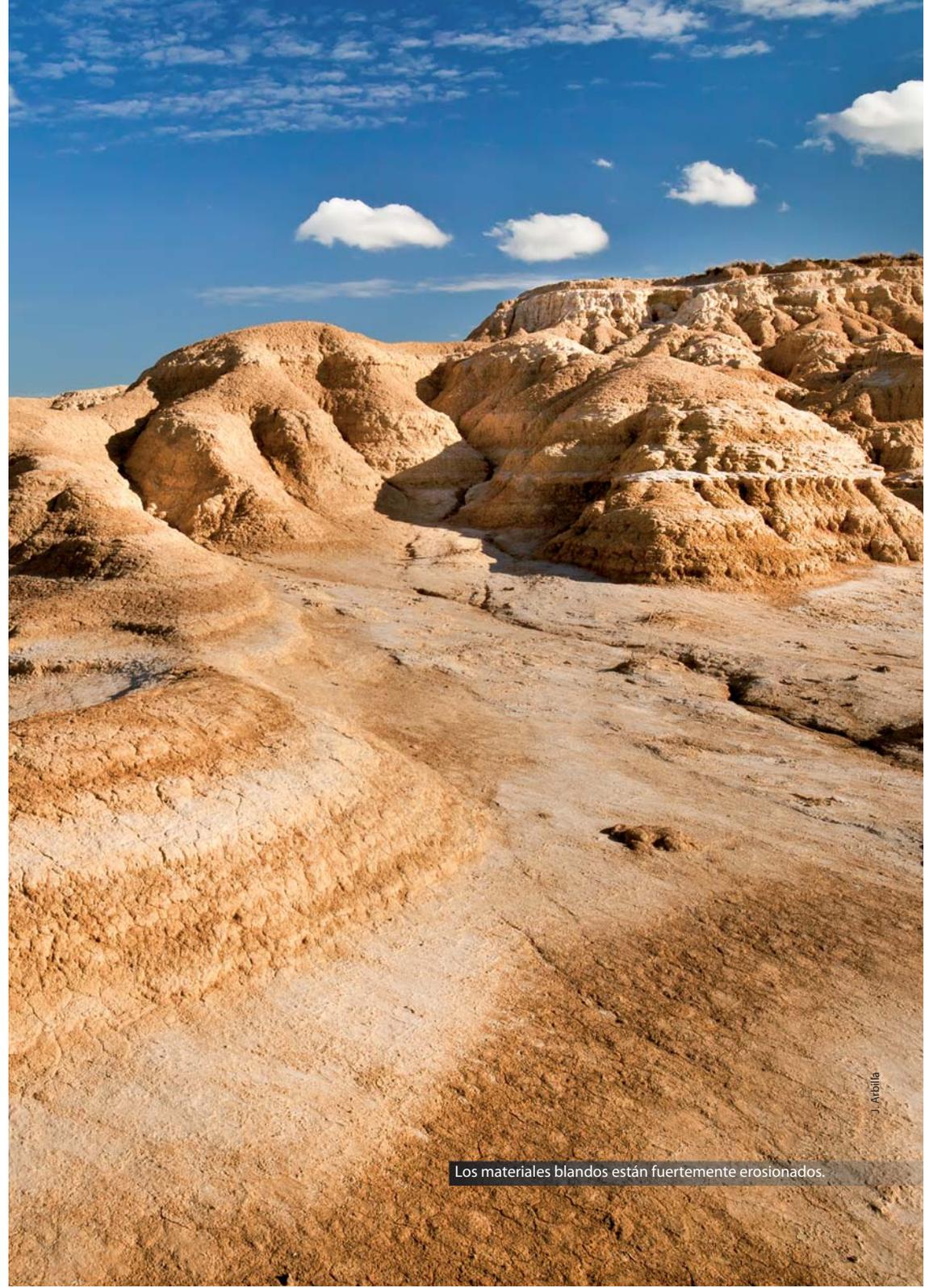
Las Bardenas Reales constituyen una perfecta aula geológica natural. Las rocas y su estructura ayudan a entender mejor cómo fue la evolución geológica de la Cuenca del Ebro. Este territorio, además, es un espacio único en el que estudiar los procesos de erosión y los efectos resultantes.

Desde hace décadas se desarrollan diferentes proyectos de investigación geológica, siendo objeto también de frecuentes visitas de estudiantes de toda Europa, atraídos por su potencial didáctico y espectaculares paisajes. En el año 2011, la Sociedad Geológica de España organizó aquí el primer Geolodía de Navarra, enfocado a visitantes y público en general.



M. Madoz

Las capas duras de arenisca resisten a la erosión.



J. Arbilla

Los materiales blandos están fuertemente erosionados.

### UN PAISAJE DE PELICULA

El paisaje de Bardenas ha sido utilizado con frecuencia para el rodaje de largometrajes, video-clips musicales, series y anuncios televisivos. James Bond, Don Quijote de la Mancha o incluso extraños seres mutantes se han paseado por estas tierras. La aridez, la dureza del paisaje y la apariencia casi lunar del relieve han servido de inspiración a numerosos artistas y de decorado a abundantes escenas.

Entre otras muchas, se han rodado aquí "Orgullo y Pasión", "La Conquista de Albania", "Airbag", "Acción Mutante", "El Monje", "El mundo nunca es suficiente"... y series como "Juego de Tronos".



Rodaje en Bardenas.

## Parque Natural y Reserva de la Biosfera

Las Bardenas Reales fueron declaradas Parque Natural en 1999 mediante una Ley Foral que justificaba su importancia al ser "una formación geológica única en Navarra, singular y de interés especial por sus valores paisajísticos y educativos, al servir de modelo para explicar y razonar los altos procesos erosivos...".

La asignación como Parque Natural tenía como finalidad, entre otras, "la conservación y protección de los valores naturales específicos del área", "la ordenada y racional utilización de los recursos naturales, garantizando su pervivencia" y "el fomento del conocimiento científico y educativo de la naturaleza y de la necesidad de preservación".

En el año 2000, el espacio fue declarado a su vez Reserva de la Biosfera. Se convirtió así en el decimoséptimo territorio español en recibir esa designación, de los aproximadamente 30 que existen actualmente en España. La declaración de una Reserva de la Biosfera conlleva, de manera paralela, tanto la protección de los elementos naturales existentes, como de las formas tradicionales de explotación sostenible de los recursos naturales.

Para facilitar el disfrute y conocimiento de este espacio, se ofrecen al visitante una densa red señalizada de caminos y pistas, de uso regulado. La mayoría son para BTT, algunos para vehículos a motor, y se permite el acceso a pie por todos los caminos, salvo algunos que se prohíben en determinados periodos, por necesidades de protección.



M. Maadiz

Centro de Información de Bardenas Reales de Navarra  
Carretera del Parque Natural, km 6  
(entrada desde la NA-8712, km 0,8)  
31513 Arguedas (Navarra) • 948 830 308  
turismo@bardenasreales.es • www.bardenasreales.es



**LA RELEVANCIA DEL SUSTRATO GEOLÓGICO**



Contrastes topográficos en La Blanca, causados por la diferente resistencia de las rocas.



Graderíos estructurales desarrollados como consecuencia de la alternancia de capas horizontales de rocas duras y blandas.

## Introducción

El relieve de Bardenas siempre sorprende. En un marco semidesértico con escasa vegetación, aparecen una sucesión de graderíos, mesetas, rampas, cabezos aislados, amplias hondonadas, barrancos secos y áreas de cárcavas. Se pueden citar varios factores como responsables de este relieve:

- La presencia de rocas con diferente resistencia a la erosión y su disposición en capas horizontales.
- La tendencia al encajamiento e incisión de la red fluvial (barrancos) durante los últimos millones de años, detenida puntualmente durante cortos períodos de tiempo por cambios climáticos.
- El predominio de un clima semiárido durante este tiempo, con precipitaciones escasas pero de carácter torrencial, que no favorecen el desarrollo de una cubierta vegetal protectora y acelera los procesos erosivos.

El conocimiento del papel que juegan estos factores permitirá comprender mejor el relieve actual.

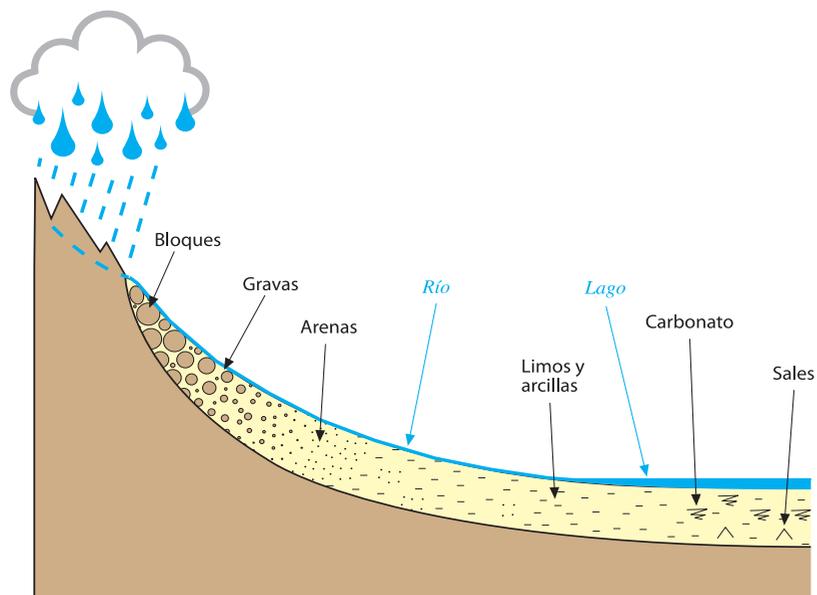
El sustrato geológico presenta rasgos relativamente simples, fácilmente identificables en el paisaje. Básicamente, consiste en el apilamiento de rocas sedimentarias de origen continental, en general poco resistentes a la erosión, que permanecen en disposición casi horizontal, tal y como se formaron, ya que la zona no ha sido afectada por fenómenos tectónicos importantes posteriores a la sedimentación.

## Las rocas

El factor esencial que condiciona el relieve de Bardenas Reales es la diferente resistencia a la erosión de las rocas que forman su sustrato geológico (las calizas y areniscas son más duras que las lutitas). Este hecho es crucial para entender la configuración del relieve. Por tanto, es necesario conocer los principales tipos de rocas, su origen y características.

Las Bardenas se hallan en la Depresión del Ebro, formadas por materiales sedimentarios acumulados en un proceso geológico ocurrido durante el Eoceno superior. Entonces se produjo el plegamiento terrestre que originó la formación de los Pirineos al norte, la Cordillera Ibérica al sur, y la Cordillera Costero-Catalana al este. La elevación de estas montañas creó, hace unos 36 millones de años, una cuenca cerrada en medio, sin salida al mar, una gran zona lacustre en la que se fueron acumulando grandes depósitos de sedimentos procedentes de la erosión de las nuevas cordilleras, alcanzando en algunos casos espesores cercanos a los 6.000 m.

Los sedimentos se fueron acumulando en distintos lugares de la cuenca en función del tamaño y de la fuerza del agua que los arrastraba. Así, en la cabecera de los ríos, donde hay mayor pendiente y el agua tiene más fuerza, se acumularon los bloques de roca de mayor tamaño. Por el contrario, aguas abajo, se depositaron materiales cada vez más finos, como gravas, arenas, limos y arcillas, por ese orden.



Esquema de la distribución de sedimentos desde los Pirineos hasta el centro de la Cuenca del Ebro.

Estos depósitos, por un proceso natural de compactación y cementación que duró millones de años, se transformaron en rocas sedimentarias de distinto tipo. Las arenas se transformaron en **areniscas** y los limos y arcillas en **lutitas**. En las zonas pantanosas centrales, donde se habían acumulado los limos y arcillas más finos y el carbonato de calcio y sales disueltos en el agua, se formaron las **margas** y las **calizas**. En los periodos de clima árido, la evaporación y precipitación química dio lugar a los **yesos**.

Hace unos 10 millones de años, la cuenca se abrió por la costa catalana hacia el Mediterráneo, creándose así el río Ebro y su red de afluentes, que drenaron el sistema lacustre. Como consecuencia, emergieron los diferentes materiales acumulados y se inició su proceso erosivo.

De los cinco tipos de rocas, son las lutitas las que tienen mayor relevancia.

#### LUTITAS: LAS REINAS DE BARDENAS REALES

Las lutitas son unas rocas sedimentarias formadas por la compactación y cementación de arcillas y limos. Es, por así decirlo, un limo o arcilla convertido en roca (barro endurecido). Las partículas que las forman son de tamaños microscópicos, con muchos poros entre ellas, pero tan pequeños y poco conectados que hace de las lutitas una roca casi impermeable. De todas las rocas que afloran en Bardenas, las lutitas son, sin duda, las más abundantes.



Bloques de arenisca, roca cuyo origen son las arenas fluviales.

Las lutitas son el sustrato geológico más abundante en Bardenas.



Tal y como se observa en el corte geológico, los distintos tipos de rocas no están distribuidos espacialmente al azar. En efecto, las rocas se agrupan en conjuntos de cierta uniformidad denominados formaciones geológicas, que se suelen nombrar con topónimos de lugares donde aparecen bien definidos.

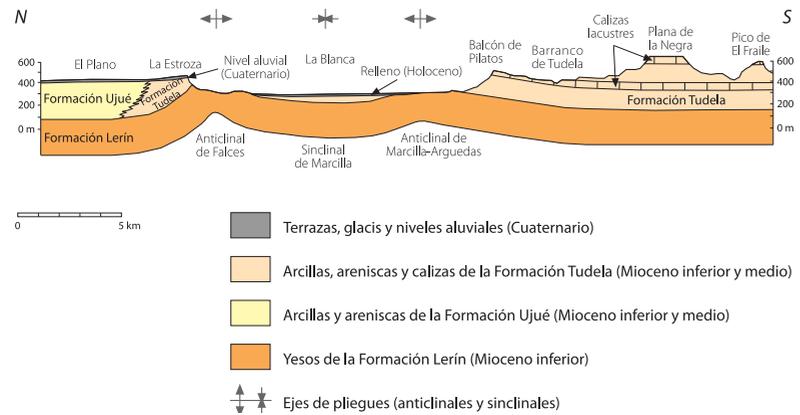
En Bardenas es posible diferenciar tres formaciones principales denominadas Ujué, Tudela y Lerín:

- La Formación Ujué ocupa la parte nororiental de La Bardena Blanca y está constituida principalmente por lutitas y niveles de areniscas. Las areniscas son más abundantes a medida que nos desplazamos hacia el norte y nos aproximamos a la zona de origen de los cursos fluviales que arrastraban el material arenoso proveniente del Pirineo.

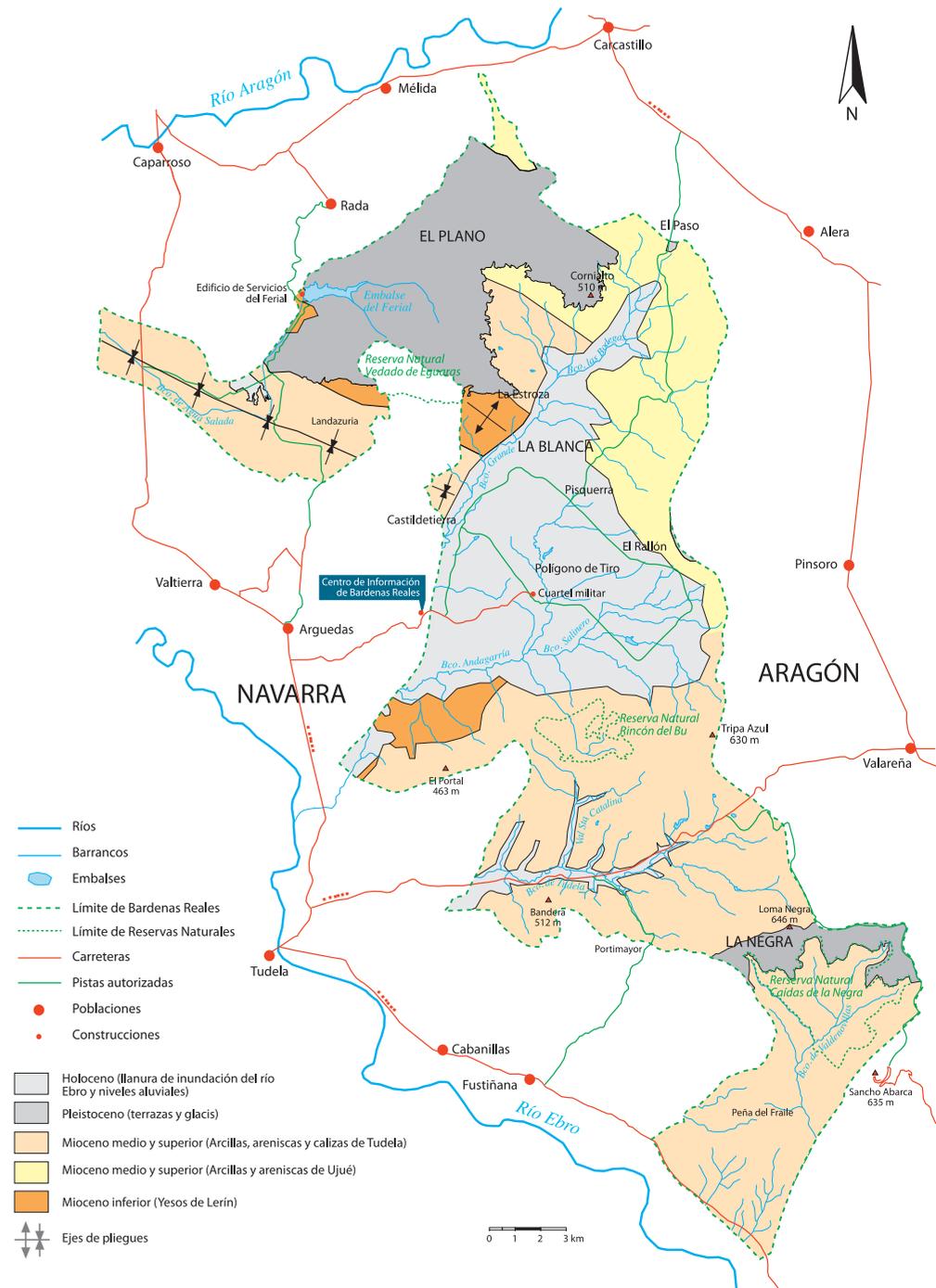
- La Formación Tudela ocupa toda La Bardena Negra y la franja más suroriental de La Bardena Blanca y está formada principalmente por lutitas y capas más o menos abundantes de areniscas, calizas y margas. Estas rocas se formaron en los lagos y zonas llanas que ocupaban la parte central de la Cuenca del Ebro, aguas abajo de las rocas de origen fluvial de la Formación Ujué. Las calizas y margas de esta unidad se hacen más abundantes a medida que nos desplazamos hacia el sur, ya que es allí donde se situaban los lagos de mayor extensión.

- La Formación Lerín, se sitúa, por debajo de las formaciones Ujué y Tudela (ver corte geológico). Lo constituyen lutitas y yesos, que afloran principalmente en las cercanías del embalse del Ferial y del Centro de Información de Bardenas.

En conjunto, las rocas que conforman estas formaciones en Bardenas se apilan en estratos que alcanzan unos 700 metros de espesor.



Corte geológico.



Mapa geológico.

## Fósiles

Algunas de las margas y lutitas que podemos observar en Bardenas contienen fósiles. Se trata de restos de organismos o de actividad orgánica que quedaron enterrados en los sedimentos y aparecen integrados en la roca.

Los restos encontrados son, en su mayoría, microfósiles, como dientes de micromamíferos y pequeños fragmentos de huesos. Aunque no son abundantes, también se han hallado restos mayores como caparazones de tortugas, dientes y placas óseas de cocodrilo y algún fragmento de macromamífero. La mayoría proceden de animales y plantas que vivían en medios lacustres, como cocodrilos, tortugas, peces, anfibios, caracoles, ostrácodos y algunos tipos de algas.

Los alrededores de los lagos estaban poblados por otros animales, tales como mamíferos de distintos tamaños, aves, lagartos y serpientes. Una vez muertos, sus restos fueron arrastrados por corrientes fluviales de poca energía hasta las zonas lacustres, donde se acumularon junto con los restos de organismos acuáticos.

Entre los fósiles encontrados destacan varias especies de tortugas y pequeños roedores descritas por primera vez en Bardenas, numerosos fragmentos de cáscaras de huevos de aves y reptiles, y el que se considera como el nido fósil de ave más antiguo descubierto hasta la fecha en el mundo.



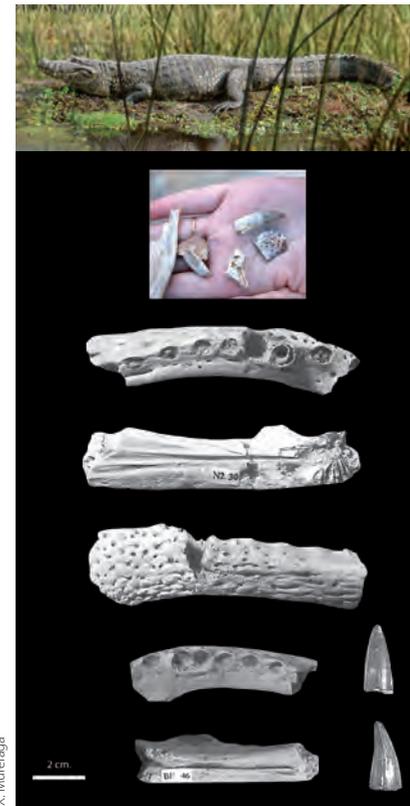
X. Murelaga

Nido fósil, con fragmentos de cáscaras de huevo.



Mauricio Antón

Recreación del medio lacustre, con aves precursoras de los actuales somormujos y flamencos.



X. Murelaga

Fragmentos de mandíbulas y dientes aislados de cocodrilo (*Diplocynodon* sp.).



X. Murelaga

Fragmentos y caparazones de diversas especies de tortugas.

## La edad de las rocas

Existen varios métodos para conocer la edad de las rocas, uno de ellos es el estudio de los fósiles de animales. Las diferentes especies han vivido en épocas determinadas, en una etapa concreta de la sucesión faunística; por lo que sus fósiles nos permiten ordenar los estratos rocosos donde aparecen, de más antiguos a más modernos en la escala de tiempo geológico (**bioestratigrafía**).

Otro método es el **paleomagnetismo**, que se basa en los cambios de polaridad de la Tierra. Sabemos que en bastantes ocasiones los polos magnéticos terrestres han variado, coincidiendo unas veces con los polos geográficos (polaridad normal, como ocurre hoy) y en otras justo al contrario (polaridad inversa, de modo que el norte magnético de nuestra brújula indicaría el sur geográfico). Cuando minerales ricos en hierro se forman o se sedimentan en un medio suficientemente fluido o viscoso (magma o lodo, por ejemplo) las partículas de hierro pueden girar y orientarse como diminutas brújulas. Al enfriarse o secarse, y solidificarse, la polaridad existente en ese momento quedará también "fossilizada" en la roca. Estudios realizados en rocas volcánicas de los fondos marinos, cuya edad se conoce mediante métodos de datación radiométricos, han permitido determinar la edad de cada cambio de polaridad del campo magnético terrestre. Trasladando las observaciones realizadas en rocas de cualquier parte del mundo a esa "escala patrón", es posible situarlas en una edad concreta.

Contrastando esas y otras metodologías de datación, hemos concluido que las rocas que observamos hoy en Bardenas se formaron hace entre 21 y 15 millones de años, en un periodo geológico denominado Mioceno.



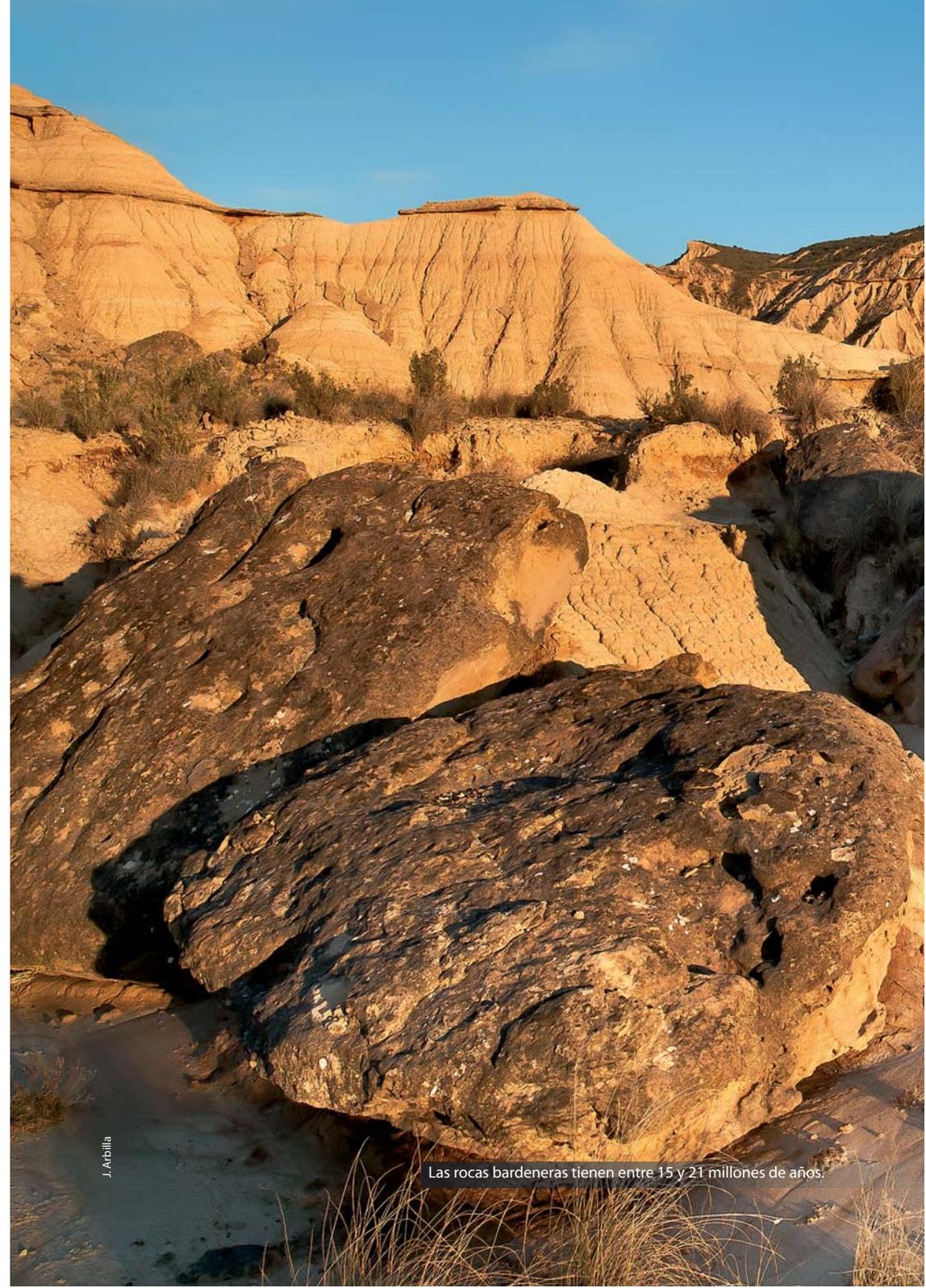
X. Murelaga

Muestreo paleomagnético.



J.C. Larrasoaña

Magnetómetro criogénico, utilizado para medir la magnetización fósil de los sedimentos.



J. Arbilla

Las rocas bardeneras tienen entre 15 y 21 millones de años.

# Las deformaciones tectónicas

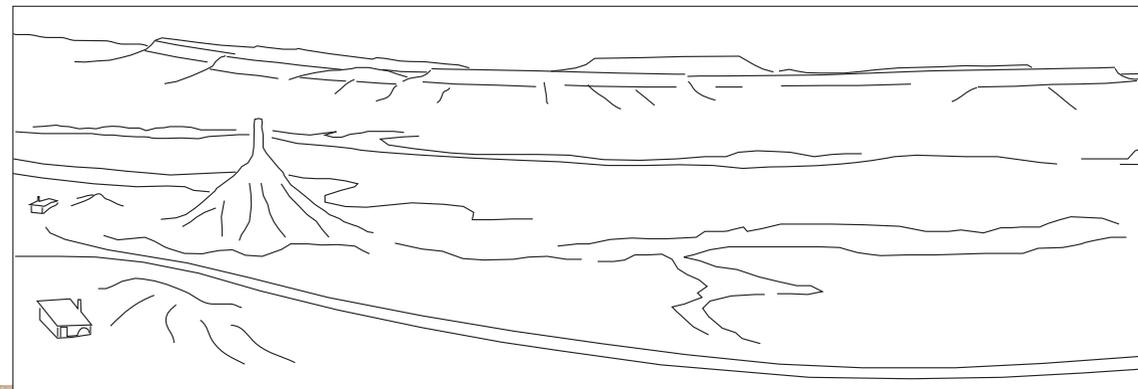
Aparentemente, la mayoría de las rocas de Bardenas se disponen en estratos o capas horizontales. Una mirada detallada permite observar, en ocasiones, capas con suaves inclinaciones. Este hecho refleja que la zona ha tenido poca actividad tectónica (producida por movimientos de la corteza terrestre), y por tanto, sus rocas, en general, no se encuentran afectadas por fallas o pliegues importantes, manteniendo la disposición horizontal inicial.

El predominio de la estratificación horizontal va a condicionar de una manera importante las formas del relieve del paisaje bardenero.

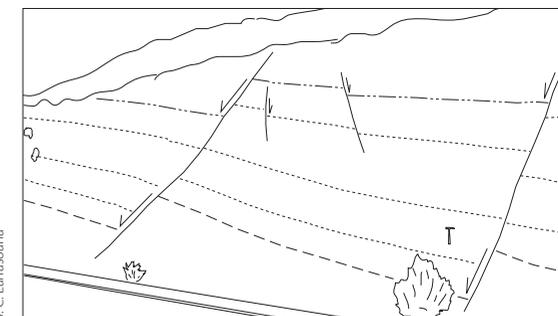
Sin embargo, hay una franja situada entre Arguedas y el embalse del Ferial donde las capas presentan cierta inclinación (entre 15 y 25°, excepcionalmente 60°). Esto implica que las rocas han sufrido cierta deformación, dando lugar a pliegues anticlinales y sinclinales.

En el resto del territorio los esfuerzos tectónicos se manifiestan por una red de fallas (fracturas a favor de las cuales ha habido un desplazamiento del material rocoso) y diaclasas (fracturas de menor entidad que no presentan desplazamiento). Esta fracturación adquiere especial relevancia en sectores localizados de la parte central y meridional de La Negra.

Diaclasas afectando a un nivel duro de calizas.



Capas suavemente plegadas en el horizonte.



Talud en las cercanías de Fustiñana en el que se aprecian fallas de tipo normal que desplazan los estratos de calizas.



GEOMORFOLOGÍA



Paisaje bardenero, un libro abierto de geología.

## Introducción

La investigación geomorfológica en Bardenas trata de analizar las formas del relieve que componen su modelado. Algunas son morfologías heredadas del pasado, básicamente del período Cuaternario (últimos 2,6 millones de años) y otras se están generando en la actualidad.

El relieve de Bardenas está compuesto por un mosaico de morfologías diferentes, normalmente de fácil identificación, algunas de las cuales resultan caprichosas y nos causan admiración. Si renunciamos a conocer su origen y significado, estaremos desaprovechando una buena ocasión para disfrutar aún más de estos parajes naturales excepcionales. Corresponde a los geomorfólogos interpretar y transmitir la información contenida en estas morfologías.

## Un paisaje geológico

El paisaje bardenero presenta rasgos singulares, resultado de la interacción entre sus elementos geológicos, biológicos y antrópicos (humanos). Aunque estos dos últimos elementos resultan patentes, son los factores geológicos los que juegan un papel determinante. Es necesario, por tanto, destacar la importancia de la geología en el paisaje de Bardenas, hasta tal punto que puede denominarse como un paisaje geológico.

En el paisaje de Bardenas destaca su relieve. Como ya se ha comentado, la geología bardenera se caracteriza por la abundancia de rocas blandas, dispuestas generalmente en capas horizontales y por la tendencia al encajamiento de la red fluvial acaecida en los últimos millones de años.

Sin embargo, la intensidad de estos procesos geomorfológicos que modelan el relieve no ha sido constante a lo largo del tiempo, dependiendo básicamente de los cambios climáticos registrados durante el Cuaternario. En la actualidad, en un contexto climático semiárido, la erosión debida al agua, como agente modelador principal, y el desmoronamiento de las rocas, van terminando de esculpir el relieve.

Por tanto, nos situamos en un escenario en el que las rocas blandas casi horizontales, la incisión fluvial y los cambios climáticos a lo largo del tiempo, por un lado, y los procesos erosivos dominantes en las condiciones semiáridas actuales, por otro, constituyen las principales variables formadoras del relieve.



El relieve de Bardenas esconde secretos geomorfológicos.

## Geoformas destacables

El paisaje bardenero se caracteriza por la existencia de una serie de formas de relieve, unas de origen erosivo, como los denominados relieves estructurales, y otras procedentes de la acumulación de sedimentos de naturaleza fluvial, aluvial o de ladera.

Todas estas morfologías se originaron durante los últimos episodios de la historia geológica, principalmente a lo largo del Cuaternario. El cuadro geomorfológico bardenero se completa con los retoques causados por los procesos erosivos actuales.

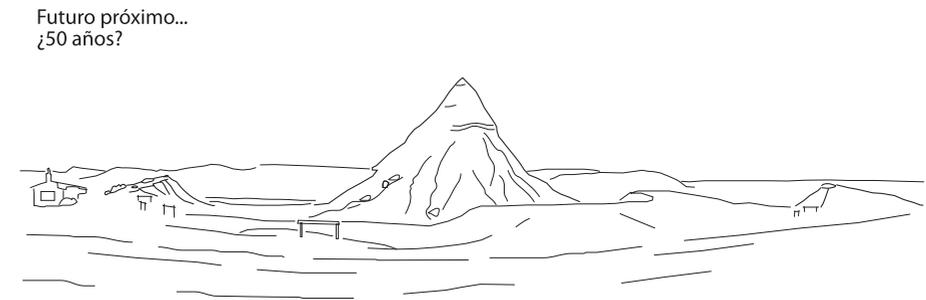
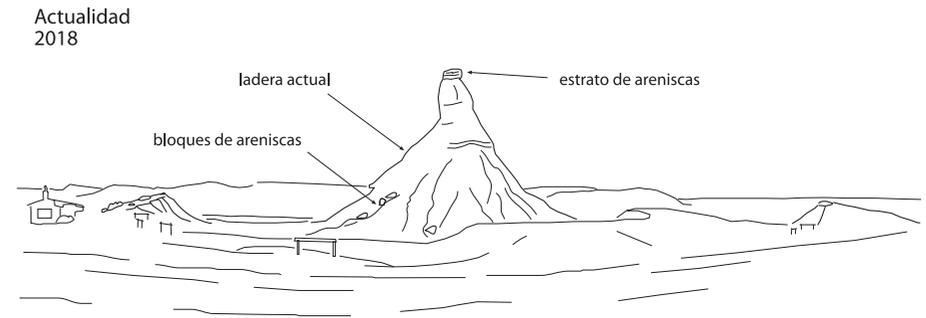
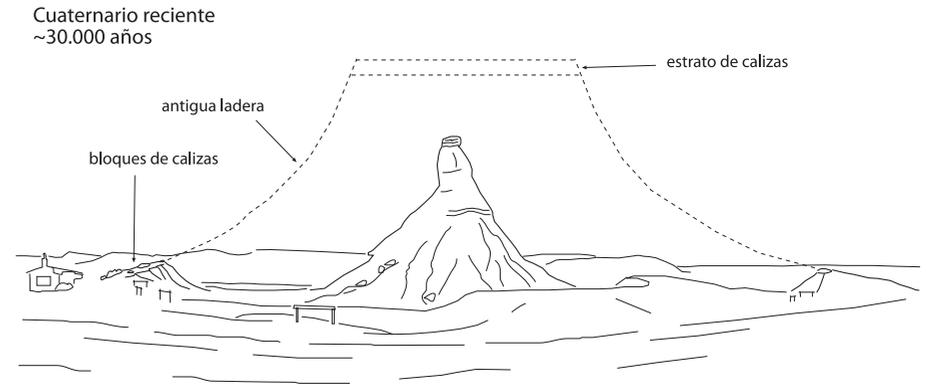
Castildetierra, emblema de Bardenas. Se observan todavía los pies de las laderas que conformaban un antiguo cabezo en forma de meseta.



### Relieves estructurales: planas, cuevas y cabezos

La diferente resistencia de los materiales a la erosión condiciona de manera decisiva el relieve bardenero. Los estratos de **areniscas y calizas**, formados durante el Mioceno, constituyen los materiales de mayor dureza del sustrato geológico y, como consecuencia, ofrecen más resistencia a la erosión hídrica que el resto de rocas. Estas rocas duras se mantienen como elevaciones, destacando en el paisaje, en lo que denominamos relieves estructurales.

Las **areniscas** miocenas protegen de la erosión a los materiales blandos (lutitas) situados debajo. Como las areniscas se formaron en cursos fluviales de escasa entidad, el resultado es un relieve característico en forma de pequeñas mesetas y cabezos. Estas morfologías salpican la parte norte de La Blanca, donde los cursos fluviales procedentes del Pirineo descargaban su material arenoso. El ejemplo más representativo es Castildetierra, símbolo del Parque Natural.



Reconstrucción de la evolución geomorfológica de Castildetierra.



Punta de la Aguda, con visibles estratos de caliza.

Por otro lado, en la franja meridional de La Blanca y en toda La Negra, las calizas también han protegido a las lutitas de la erosión. Pero, a diferencia de las areniscas fluviales, las calizas se formaron en zonas lacustres de gran superficie. El resultado es la formación de extensas planas, como las de Sagasti, La Bandera y La Negra, y cerros testigo como los del Balcón de Pilatos o el Pico del Fraile.

En la parte central de La Blanca, donde ni llegaban cursos fluviales relevantes ni se formaban zonas lacustres, la acumulación de lutitas y la ausencia de calizas y



Cuesta del Trillo, formada por un estrato resistente de calizas ligeramente inclinado hacia el norte.

areniscas ha facilitado enormemente la acción de la erosión, dando lugar a la extensa depresión de La Blanca.

Un último aspecto que merece la pena destacar es el suave plegamiento de los materiales geológicos en la parte noroccidental de La Blanca, que se manifiesta en suaves pliegues anticlinales y sinclinales. La presencia de alguna capa de roca caliza intercalada entre lutitas ha dado lugar a suaves pendientes que los geomorfólogos denominan cuestas.

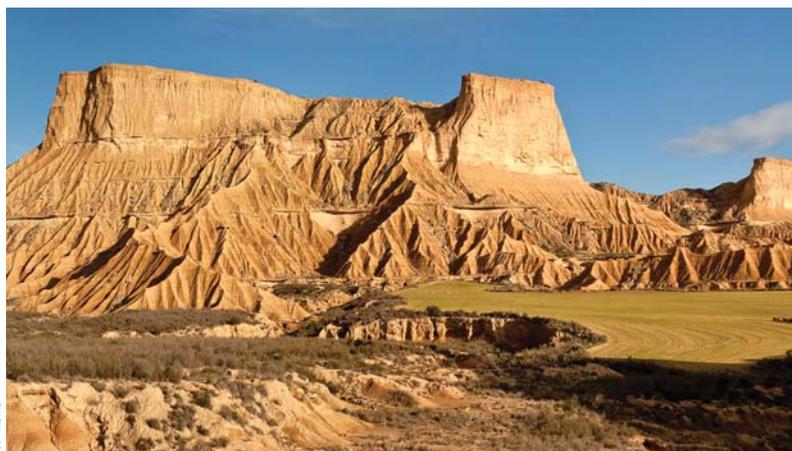


Panorámica que permite observar glacis destacados en La Blanca. Pisuerra, a la izquierda, con meseta en suave pendiente, y Ralla y Rallón, a la derecha, con pendiente opuesta.

### Terrazas fluviales desaparecidas y glacis resultantes

En la conformación del relieve han jugado un papel fundamental las terrazas fluviales asociadas al río Aragón y sus glacis acompañantes. En la actualidad, dentro de los límites del Parque no se conservan restos de estas terrazas del Aragón. Sin embargo, su presencia en los primeros tiempos del Cuaternario resultó determinante.

Estas terrazas antiguas del Aragón enlazaban con las del Ebro, de manera que a principios del Cuaternario, la confluencia entre los dos ríos se localizaba aproximadamente en el entorno de La Blanca. Las terrazas fluviales son superficies generalmente planas constituidas por sedimentos (gravas, arenas, etc.) que en su momento arrastró el río y los acumuló a los lados del cauce en zonas de poca pendiente.



J. Arbilla

Rallón, ejemplo de glacis culminante.

Aunque las antiguas terrazas del Aragón han sucumbido a la erosión, su presencia se deduce de la existencia, en la actualidad, de niveles de glacis que se formaron, precisamente, como resultado de la erosión de dichas terrazas. Estos glacis están constituidos por gravas y forman suaves pendientes que, en ocasiones, se disponen unas frente a otras con inclinaciones opuestas. Tal es el caso del Plano y Pisuerra por un lado y la Ralla y el Rallón por el otro; la parte central marca la posición de la terraza que los originó.

Como estos niveles son bastante antiguos, el tiempo transcurrido ha permitido el desarrollo de suelos ricos en carbonatos, a veces encementados, lo que incrementa su resistencia a la erosión y favorece su persistencia.



M. Madoz

Punta de Cornialto, en un extremo del Plano. Se observa la capa superior de gravas, de color más oscuro.



Acumulaciones de gravas aluviales en la zona del Polígono

Además de dichos niveles antiguos, se conservan restos de glaciares posteriores, como consecuencia del encajamiento progresivo de la red de drenaje y la sucesión de cambios climáticos durante el Cuaternario. Están ampliamente distribuidos por La Blanca, siendo los cabezos de Mesalobar o Zapata buenos ejemplos de glaciares intermedios, situados a cotas inferiores respecto a los del Rallón o Pisquerra. Otras acumulaciones dispersas de gravas son frecuentes en el fondo de La Blanca. Todos estos glaciares datan de los últimos 2,6 millones de años (Cuaternario), pero es difícil establecer una edad más precisa. En ocasiones, datos indirectos como pueden ser la posición altimétrica de los niveles y el grado de evolución del suelo desarrollado sobre los mismos, pueden ayudar a datarlos de manera aproximada. Una posibilidad consiste en la utilización de técnicas relacionadas con la luminiscencia.



Cabezo de Mesalobar, ejemplo de glacis intermedio.

### DATAION MEDIANTE EL MÉTODO DE LA LUMINISCENCIA



Nivel de arenas utilizado para datar mediante luminiscencia.

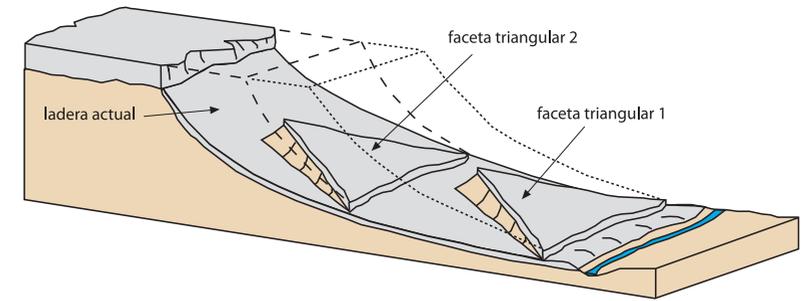
Hay métodos para conocer la edad de los sedimentos más modernos, del último millón de años. Uno de ellos es el de la luminiscencia, utilizado en sedimentos arenosos, que mide el tiempo transcurrido desde que los granos de cuarzo y feldespato de la arena han dejado de recibir la luz solar, gracias a lo cual podemos saber cuándo esos granos fueron enterrados, mediante sofisticadas técnicas de laboratorio. Con este método es posible datar sedimentos de 200.000 años de edad. En ocasiones particulares se puede llegar hasta los 800.000 años.

### Laderas y facetas triangulares adosadas a los escarpes

Tanto los relieves estructurales como los restos de glacia, comentados en apartados anteriores, se presentan como relieves de variado tamaño, desde pequeños resaltes a grandes formaciones, que tienen escarpes en los bordes. Los mayores cortados, con más de 100 m de altura, son frecuentes en los bordes de La Negra y El Plano. Topónimos como Caídas de La Negra o Balcón de Pilatos así lo atestiguan.

Muchos de estos cortados aparecen rodeados de laderas cóncavas, recubiertas de depósitos provenientes de la parte alta. Estas acumulaciones, con espesores reducidos (normalmente inferiores a 1 metro), se asocian, en general, con etapas climáticas frías, más o menos recientes (últimas decenas de miles de años). Es frecuente que estas laderas hayan sido totalmente erosionadas, quedando a la vista el sustrato geológico anterior. En ocasiones, sólo permanecen grandes bloques de areniscas caídos desde las partes superiores, apoyados sobre las lutitas, como testigos de mayores acumulaciones anteriores.

Un rasgo singular del modelado de las laderas que no pasa desapercibido son las denominadas facetas triangulares de ladera. A escala de tiempo geológico, las laderas pasan por periodos de acumulación y por fases de erosión o destrucción, que también hacen retroceder a los escarpes de los que proceden. Estas fases sucesivas, ligadas a cambios climáticos, se pueden repetir varias veces en el tiempo, y dejan sobre el terreno unas curiosas formaciones triangulares con el vértice apuntando hacia el escarpe. Es muy común encontrarlas en Bardenas al pie de los escarpes asociados con planas y cabezos.



Esquema de facetas triangulares de ladera.



Laderas con alternancia de zonas de acumulación y zonas erosionadas.

## Fondos planos de barrancos y depresiones

Los barrancos bardeneros presentan rellenos de sedimentos que configuran valles de fondo plano. Estos depósitos, denominados aluviales, provienen de la erosión de las laderas circundantes. La efectividad de esta erosión depende de la densidad de la cubierta vegetal que protege a las laderas y de la intensidad de las precipitaciones.

El sobrepastoreo y la deforestación en este territorio de clima semiárido que provoca la escasez de cubierta vegetal y la existencia de suelos desnudos, unido a otra de las características de la zona que son las lluvias escasas pero torrenciales, de gran poder erosivo, facilitan la erosión de las laderas de materiales blandos y su transporte a los fondos de valle y barrancos.

Estos depósitos están formados, fundamentalmente, por arenas, limos y arcillas y llegan a superar los 20 m de espesor. Incluyen, frecuentemente, restos vegetales, trozos de carbón y conchas de caracoles. Es posible diferenciar varias unidades durante el Holoceno (últimos 11.700 años) que se organizan en capas, con una configuración más o menos compleja. La edad de estas unidades se ha determinado mediante radiocarbono.



M. Madro

Barranco de Valdenovillas, excavado en depósitos aluviales holocenos.

## DATACIÓN MEDIANTE CARBONO 14



C. Sancho

Restos de carbón vegetal utilizado para datar mediante el método del Carbono 14.

Un método muy extendido para conocer la edad de sedimentos muy recientes que contengan restos biológicos fósiles es el del Carbono 14. Este material es un isótopo radiactivo inestable que comienza a desintegrarse con una velocidad constante y conocida cuando el organismo vivo que lo contiene muere. Habitualmente se utilizan trozos de carbón, restos vegetales o niveles en materia orgánica contenidos en los sedimentos. Mediante este método es posible datar sedimentos de hasta unos 40.000 años.



J. Arbill

Barranco Grande y Castildetierra.

En la actualidad, el fondo plano de estos barrancos se encuentra incidido por cursos de agua intermitente pero de alto poder erosivo. Como consecuencia las márgenes de los barrancos presentan paredes verticales, con perfiles transversales en forma de U. Buenos ejemplos los encontramos en los barrancos de Valdenovillas y de Tudela, al norte y sur, respectivamente, de La Bardena Negra.

Al igual que en los barrancos se acumula el relleno aluvial, la gran depresión topográfica de La Blanca actúa como cuenca receptora donde se deposita toda la tierra y material arrastrado por la erosión producida en las laderas que la bordean, durante los últimos 10.000 años. Esta cuenca cerrada, apreciable en todo el entorno del Polígono de Tiro, es uno de los paisajes bardeneros más característicos. Está drenada por los barrancos Grande y Andarraguía y sus numerosos afluentes.



Laderas erosionadas y acumulaciones de barro en su base.

### Áreas de cárcavas y barrancos

La erosión y el modelado de formas que produce, constituyen el aspecto paisajístico diferenciador de Bardenas, de tal manera que es fácilmente reconocible cuando se ve una imagen en anuncios o películas.

El proceso de la erosión viene condicionado por varios factores, entre ellos, la topografía del terreno, los materiales que lo forman y la intensidad de las precipitaciones. Así que el mayor efecto erosivo se produce en laderas de fuerte pendiente, sobre materiales blandos (lutitas) y en episodios de lluvias fuertes.

En laderas sin vegetación desarrolladas sobre lutitas, con fuertes desniveles, la exposición a la lluvia y al sol provocan el agrietamiento del material y la formación de regueros o canales de diferente tamaño que forman una intrincada red de drenaje. También son comunes las coladas de barro al empaparse de agua las lutitas. El resultado de estos procesos es un espectacular paisaje de cárcavas caracterizadas por aristas afiladas y fuertes pendientes.



Fuerte erosión de los cabezos formados por lutitas.

Aunque buena parte de la erosión se realiza por arrastre superficial de las partículas, en Bardenas hay un proceso muy característico que es la erosión subterránea, por conductos o agujeros horadados en el suelo, denominados *piping* (tubería, en inglés), o erosión por sufusión. El agua provoca hundimientos en forma de tubos en los suelos limosos y arcillosos. Son muy frecuentes en La Blanca, donde, junto con las cárcavas, dan lugar a unos terrenos denominados "malas tierras" (*badlands*, en inglés). Los conductos se ensanchan y pueden afectar a campos de cultivo y caminos.



M. Madrid

Erosión por conductos subsuperficiales o *piping*.



J. Artilla

*Badlands*, o "malas tierras" o blanquiales.

El agua que desciende por las cárcavas y conductos es recogida por la densa red de barrancos que, en el caso de La Blanca, se encajan en el fondo aluvial, para acabar llevando todo el material arrastrado al cauce del Ebro. En ocasiones, y de manera puntual, son frecuentes los desplomes de grandes masas que bloquean y represan temporalmente los barrancos, desarrollando aguas arriba áreas encharcadas, llamadas localmente entibos.



C. Sancho

Desprendimiento en un barranco.



J. Artilla

El arrastre y la erosión en los barrancos crea curiosas formaciones.



M. Madro

Barranco de Riva Blanca.

### LA EROSION DE BARDENAS EN CIFRAS

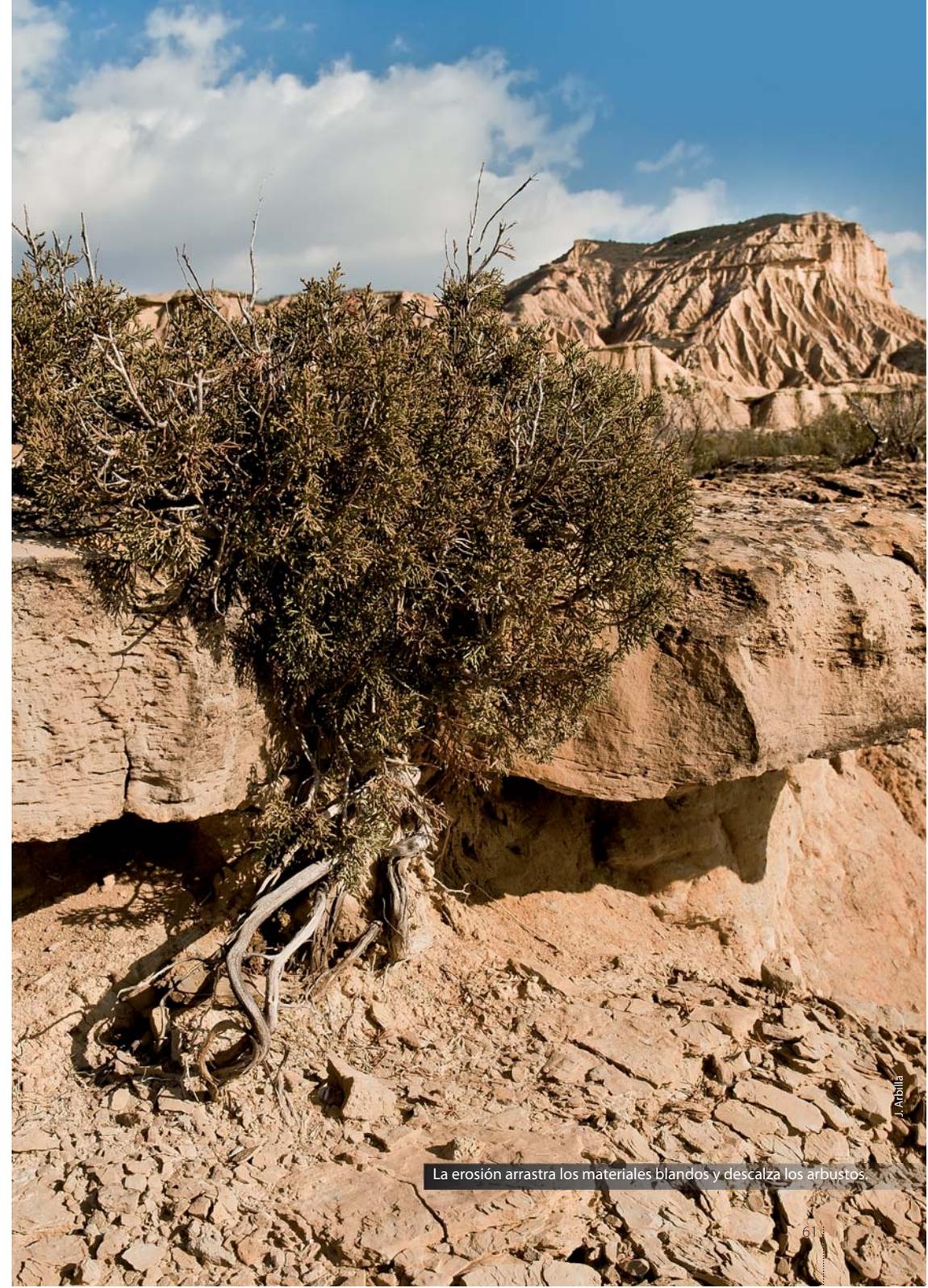
La cuantificación de los procesos y tasas de erosión se puede llevar a cabo mediante diferentes técnicas de campo.

En las cárcavas desarrolladas sobre lutitas del Mioceno (entre 21 y 15 millones de años) la erosión por escorrentía superficial arrastra unas 40 Tm/ha/año de sedimentos, lo que supone un rebaje superficial de 2-3 mm/año de media. Cuantificar el material movilizado por las coladas de barro es más complejo.

En la zonas de sedimentos más recientes (Holoceno), la erosión producida por la escorrentía superficial alcanza casi las 80 Tm/ha/año, lo que significa la desaparición de 5-6 mm/año. A estas tasas, habría que añadir la erosión por los conductos subterráneos, de difícil evaluación.

Finalmente, respecto a los escarpes verticales de los barrancos, se estima un retroceso de las paredes y cabeceras de 10 a 50 cm/año.

Este desgaste erosivo no tiene lugar de manera homogénea y constante en el tiempo, sino que se produce a impulsos o golpes, ligados a eventos meteorológicos. La erosión puede ser escasa durante un par de años, y al tercero, unas lluvias torrenciales provocar fuertes procesos erosivos.



La erosión arrastra los materiales blandos y descalza los arbustos.



HISTORIA GEOLÓGICA

# Introducción

Los materiales geológicos más antiguos de Bardenas Reales se formaron hace algo más de 20 millones de años. Puede parecer mucho tiempo, pero en realidad es un corto periodo dentro de la Historia de la Tierra (4.500 millones de años).

## ¿Qué significan 20 millones de años en la Historia de la Tierra?

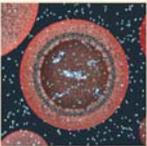
*Realmente, 20 millones de años son sólo un suspiro. Imagina que resumimos la historia de la Tierra en un año del calendario...*

ENERO						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
1	2	3	4	5	6	
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			



**1 de enero**  
00:00 horas  
(Hace 4.500 millones de años)  
**Se forma el planeta Tierra**

FEBRERO						
MARZO						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
			1	2	3	
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31



**22 de marzo**  
(Hace 3.500 millones de años)  
**Primera evidencia de vida**

ABRIL						
MAYO						
JUNIO						
JULIO						
AGOSTO						
SEPTIEMBRE						
OCTUBRE						
NOVIEMBRE						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
			1	2	3	
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	



**20 de noviembre**  
(Hace 500 millones de años)  
**Los primeros peces pueblan los mares y océanos**



**28 de noviembre**  
(Hace 360 millones de años)  
**Aparecen los insectos**

DICIEMBRE						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						



**14 de diciembre**  
(Hace 240 millones de años)  
**Aparecen los primeros mamíferos**

**Del 15 al 25 de diciembre**  
(Hace 240 - 65 millones de años)  
**Los dinosaurios dominan la tierra**



**30 de diciembre. 09:00 horas**  
(Hace 20 millones de años)  
**En Bardenas vivían cocodrilos y tortugas**

La presencia del ser humano todavía representa menos dentro de la Historia de la Tierra, siendo su aparición muy "reciente".

## ¿Y el ser humano? ¿Cuánto tiempo lleva en la Tierra?

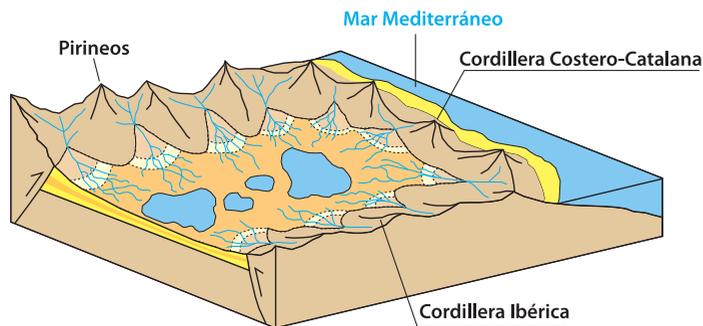
 16:10	<b>Primeros Hominidos</b> (Hace 7 millones de años)	
		
		 22:30
	<b>Yacimientos de Atapuerca</b> (Hace 1 millón de años)	
 23:58:46	<b>Primeros Bardeneros conocidos Neolítico</b> (Hace 6.000 años)	
		
	<b>Llegada de Colón a América</b> (1492 d.C.)	 23:59:50
 24:00	<b>Actualidad</b>	

En la historia geológica de Bardenas se distinguen dos periodos, por orden cronológico:

- Periodo de acumulación y relleno de sedimentos (Mioceno).
- Periodo erosivo (Cuaternario).

## Periodo de acumulación y relleno de sedimentos. El Mioceno: cuando las Bardenas eran un gran lago

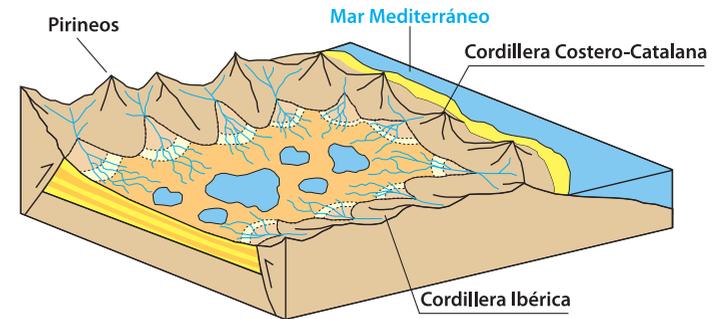
Hace entre 70 y 10 millones de años, el choque entre las placas tectónicas ibérica y europea, dio origen a la formación del Pirineo y de las cordilleras Ibérica y Costero-Catalana. Estas elevaciones crearon una cuenca cerrada intermedia, en lo que hoy es la Cuenca del Ebro. Los ríos que bajaban de las montañas, al no tener salida al mar, formaron grandes lagos y zonas pantanosas.



Comienzo del relleno (Eoceno superior)

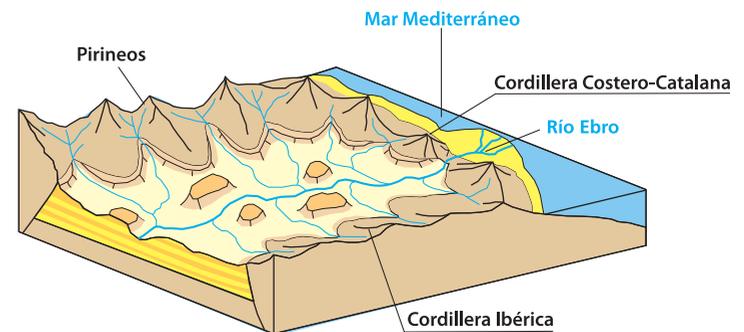
Los ríos arrastraban sedimentos, provenientes de las montañas, que se fueron depositando en la cuenca. Los fragmentos más gruesos y pesados (como piedras y gravas), se acumularon en las cabeceras de los ríos, mientras que los sedimentos más ligeros (como arenas, limos y arcillas) fueron transportados a mayor distancia hasta la zona central de la cuenca donde se acumularon junto con el carbonato y otras sales.

Mientras las montañas circundantes seguían elevándose, la cuenca se hundía progresivamente bajo el peso de la gran cantidad de sedimentos que iba recibiendo. Así, en la Cuenca del Ebro se acumularon enormes depósitos de hasta 6.000 m de espesor, de los cuales en Bardenas, el registro conservado alcanza los 700 m.



Continúa el relleno (Mioceno)

Con el tiempo, por un proceso natural de compactación, estos sedimentos se transformaron en rocas de distinto tipo: las gravas se convirtieron en conglomerados, las arenas en arenisca, las arcillas y limos en lutitas, los barros carbonatados en calizas y margas, y las sales en rocas evaporíticas, principalmente yesos. Hace aproximadamente unos 10 millones de años, la cuenca se abrió por la costa catalana, hacia el Mediterráneo. El agua ya tenía salida al mar y nacieron los ríos, el Ebro y sus afluentes, que drenarían la cuenca hacia el Mediterráneo. Se acabó la fase de acumulación de sedimentos (Eoceno superior al Mioceno) y comenzó la de erosión (Cuaternario).



Fase de incisión (Cuaternario)



La cuenca del Ebro hace 20 millones de años. El recuadro amarillo marca la posición del ecosistema lacustre reconstruido en la siguiente página.

### ¿Cómo eran las condiciones naturales y la vida hace 20 millones de años?

Las condiciones naturales en lo que hoy conocemos como el valle del Ebro eran muy diferentes en el Mioceno Inferior (hace 20 millones de años) a las que podemos contemplar en la actualidad. El levantamiento de las cordilleras que lo rodeaban (Ibérica, Pirenaica y Costero-Catalana) delimitó una gran cuenca cerrada, sin salida al mar, donde el actual Ebro no existía y los ríos que bajaban de las montañas terminaban en lagos y zonas pantanosas.

El estudio de los fósiles confirma unas condiciones ambientales húmedas, con importantes masas de agua dulce, rodeadas de áreas boscosas alternando con terrenos despejados. Este entorno húmedo, y un clima casi tropical, favorecieron la existencia de una fauna que nos parece sorprendente, porque contrasta mucho con la actual.

El paisaje en aquellos tiempos era similar al que identifica hoy a la sabana africana. En las zonas húmedas vivirían cocodrilos, peces, tortugas, castores, bandadas de flamencos... y por las llanuras circundantes pastarían manadas de cérvidos primitivos, rinocerontes, jiráfidos y mastodontes (ancestros de los elefantes

actuales), sin olvidar diversos tipos de roedores y carnívoros, más otras muchas especies.

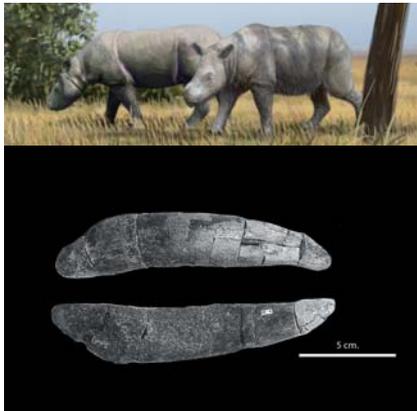
Dentro del clima cálido predominante, se dieron pequeñas oscilaciones climáticas en temperatura y humedad, que se ponen en evidencia tanto por la alternancia de distintos tipos de rocas como por la presencia de fósiles de diferentes tipos de animales. La alternancia de rocas (lutitas, areniscas, margas, calizas y yesos), que se repite en gran parte de la cuenca del Ebro, evidencia la sucesión de cortos periodos en los que lagos someros de agua dulce o salada se expandían o disminuían en función de un clima más o menos árido.

Esta interpretación está corroborada por el registro fósil, caracterizado por la existencia de faunas típicas de medios boscosos y húmedos, y otras de medios más secos.

Por la edad de las rocas y su contenido fósil sabemos, por ejemplo, que hubo un periodo de mayor disponibilidad hídrica que marcó el comienzo del denominado Óptimo Climático del Mioceno Medio, época en la que se alcanzaron las temperaturas más altas de los últimos 34 millones de años.

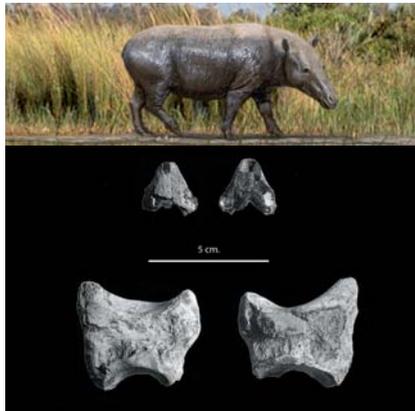


Ecosistema lacustre bardenero de hace 20 millones de años.



X. Murellaga

Canino de rinoceronte (*Rhinocerotidae* indet.).



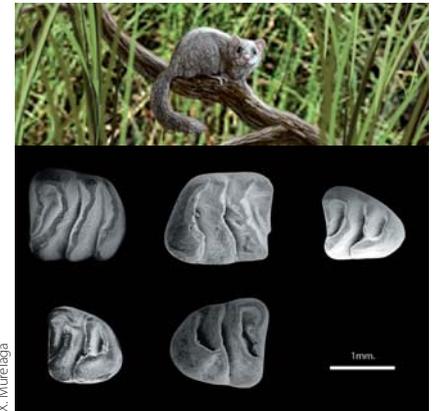
X. Murellaga

Premolar y semilunar de *Antracotheriidae* indet. (ungulado extinto parecido al hipopótamo).



X. Murellaga

Dientes de castor.



X. Murellaga

Molares de lirón.

## Periodo erosivo.

### El Cuaternario: la red de drenaje como agente modelador del relieve

Hace 10 millones de años, al abrirse la Cuenca del Ebro hacia el mar Mediterráneo, comienza el drenaje y empieza la erosión de los sedimentos acumulados. Es el final de la fase de sedimentación y el comienzo de la fase erosiva. Puede decirse, a nivel de síntesis, que en el Mioceno se formaron las rocas y en el Cuaternario (últimos 2,6 millones de años) se erosionaron y modelaron, proceso que continúa en la actualidad.

Cronológicamente, se pueden diferenciar las siguientes fases:

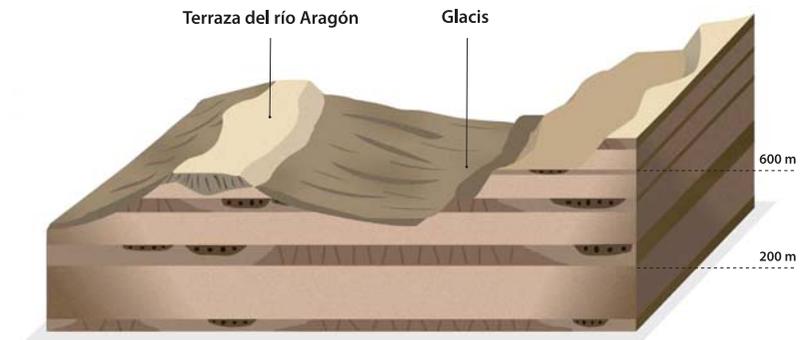
#### **Encajamiento fluvial y formación de terrazas** (hace 2-1,8 millones de años).

Los ríos empiezan a encajarse y a erosionar las rocas. En algunos periodos intermedios, debido a cambios climáticos asociados a glaciaciones, tienen lugar pequeñas fases de sedimentación fluvial, como la que originó las terrazas superiores del río Aragón al inicio del Cuaternario, caracterizadas por la presencia de una capa superior de gravas y cantos rodados.



#### **Los glacia** (hace 1,5 millones de años).

A continuación y ya en un proceso netamente erosivo, se desmontan por completo las terrazas anteriores y los materiales arrastrados se acumulan en depósitos de piedemonte llamados glacia, que presentan una inclinación y la misma capa de gravas y cantos rodados. Este nivel superior de gravas aparece a veces encementado con carbonato cálcico, por la propia evolución de los suelos, actuando como capa protectora ante la erosión. Ejemplo de estos primeros glacia, llamados culminantes, son las mesetas elevadas del Rallón, Pisquerra y El Plano.

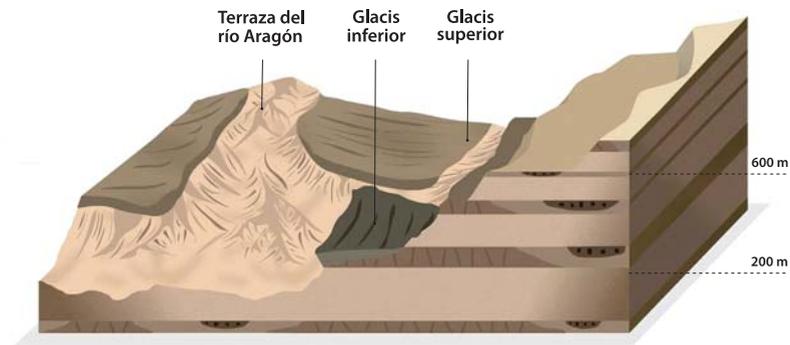


M. Madoz

Meseta o glacis del Rallón. Se puede observar la capa superior de gravas aluviales, de color más oscuro.

### Ciclos de encajamiento y sedimentación (hace 1 millón-20.000 años).

Sucesivas fases de sedimentación y erosión dan lugar a la acumulación de más depósitos de origen aluvial y a otros glaciares que ocupan posiciones topográficas cada vez más bajas, por ejemplo el cabezo de Mesalobar. También aparecen acumulaciones de gravas aluviales, repartidas por toda La Bardena Blanca, con edades aproximadas de 50.000 y 20.000 años, originados siempre en momentos climáticos fríos.



Cantos y gravas de origen fluvial en mitad de La Blanca.

M. Madro

### Sedimentación de La Blanca (hace 20.000-5.000 años).

En ese intervalo de tiempo y gracias a la fácil erosión del componente arcilloso del sustrato geológico, La Bardena Blanca quedó configurada como una depresión cerrada que se fue rellenando con los sedimentos arrastrados de las laderas circundantes, dando el aspecto plano actual. Básicamente estos sedimentos provienen de la erosión de las lutitas formadas en el Mioceno. La alternancia de periodos donde dominaba la acumulación de sedimentos, con etapas de incisión de la red de drenaje, ha dado lugar a un sistema de niveles aluviales encajados y superpuestos.



Barranco bardenero.

J. Arbilla

### Etapa reciente (5.000 años-actualidad).

En los últimos miles de años continúa el proceso natural de acumulación de sedimentos en zonas deprimidas y erosión de barrancos y cárcavas, favorecido también por las prácticas humanas durante los últimos siglos. La presión ganadera, la deforestación derivada del aprovisionamiento de leña y la roturación agrícola han reducido drásticamente la cubierta vegetal protectora.



Una de las consecuencias del encajamiento de la red de drenaje es el desarrollo de escarpes, presentes por todo el territorio bardenero. Desde los escarpes se desprenden continuamente materiales rocosos, acumulándose en las laderas. Estos depósitos de ladera han pasado por fases de acumulación y por fases de erosión, dependiendo de las condiciones climáticas de distintas épocas del Cuaternario. Las acumulaciones se produjeron en periodos fríos y el desmantelamiento en momentos de aridez. Se han constatado fases de acumulación en laderas durante la Época Fría de Hierro (hace 2.900 - 2.300 años) y en la Pequeña Edad del Hielo (entre los años 1550 y 1850). En general, los depósitos de ladera se acumulan a la vez que se produce la sedimentación aluvial en el fondo de barrancos y depresiones.

### LA PEQUEÑA EDAD DE HIELO

Se conoce como Pequeña Edad del Hielo (PEH) a un periodo frío que abarcó desde comienzos del siglo XIV hasta mediados del XIX. Puso fin a una fase calurosa llamada Óptimo Climático Medieval en el que la temperatura media en España oscilaría entre 1 y 1,5°C más que en la actualidad. Por su parte, durante la PEH la temperatura media alcanzó valores de entre 1 y 2°C menos que la media actual. Los efectos de este periodo frío fueron evidentes: desarrollo de glaciares en el Pirineo (los que vemos en la actualidad son restos de ellos), intensas nevadas, frecuentes inundaciones y fuertes temporales en el mar. Hay documentos que hablan de que el río Ebro se congeló en varias ocasiones, y que incluso en 1789 permaneció helado hasta 15 días. A partir de la década de 1850 la temperatura fue de nuevo recuperándose hasta alcanzar los valores actuales.



A. Urmeneta

Imagen poco usual en Bardenas.



Es nuestro deseo que estas páginas hayan servido para satisfacer la inquietud de quienes buscan conocer algo más sobre este territorio duro y fascinante, cuyo origen se remonta a tiempos pretéritos.

Hemos hablado de épocas remotas en las que surgieron las montañas, de climas y paisajes muy diferentes, de animales sorprendentes, de procesos geológicos que han dado lugar a estas tierras y sus relieves tan espectaculares, procesos que persisten hoy en día, porque la geología no es del pasado, continúa viva.

Geología, fauna, flora, arqueología... son valores que singularizan el gran patrimonio natural y cultural de las Bardenas Reales de Navarra.

Conocerlos nos ayudará a amarlos y protegerlos.





## Centro de Información de Bardenas Reales de Navarra

Entrada desde la carretera NA-8712, km 0,8

Carretera del Parque Natural, km 6

31513 Arguedas (Navarra) • Tel.: 948 830 308

email: [turismo@bardenasreales.es](mailto:turismo@bardenasreales.es)

[www.bardenasreales.es](http://www.bardenasreales.es)

ISBN 978-84-09-00950-3



9 788409 009503