



Pamplona / Iruña - 2023

XXXIII Reunión Nacional De Suelos

Cuaderno de campo

AUTORES:

Arricibita Videgain, Francisco Javier
Del Valle de Lersundi Manso de Zúñiga, Jokin
Enrique Martín, Alberto
Eslava Lecumberri, Javier
Lasarte Arangoa, Mikel
Ruiz Sagaseta de Ilurdoz, Alberto
Sanz Morales, Francisco Javier
Senar Mozo, Ainara
Virto Quecedo, Iñigo

upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



RENS 2023

XXXIII Reunión Nacional de Suelos
Pamplona/Iruña, del 12 al 15 de septiembre 2023



Ilustración 0. Perfil de Urbasa, Alfic Haplorthod (SSS, 2022).
(Fuente: Iñigo Virto Quecedo).



RENS 2023
XXXIII Reunión Nacional de Suelos

Cuaderno de campo

TÍTULO:

CUADERNO DE CAMPO DE LA REUNIÓN NACIONAL DE SUELOS 2023

AUTORES:

Arricibita Videgain, Francisco Javier; Del Valle de Lersundi Manso de Zúñiga, Jokin; Enrique Martín, Alberto; Eslava Lecumberri, Javier; Lasarte Arangoa, Mikel; Ruiz Sagaseta de Ilurdoz, Alberto; Sanz Morales, Francisco Javier; Senar Mozo, Ainara; Virto Quecedo, Iñigo

ILUSTRACIÓN DE PORTADA:

Perfil de Urbasa, Alfic Haplorthod (SSS, 2022).
(Fuente: Iñigo Virto Quecedo).

MAQUETACIÓN:

Amaia Cambra Gutierrez

IMPRESIÓN:

New Ink Estudio

ISBN:

978-84-9769-394-3 (Edición impresa)

978-84-9769-396-7 (Edición digital)

DEPÓSITO LEGAL:

NA 1793-2023



Agradecimientos

A los responsables y personal del Parque Natural y Reserva de la Biosfera de Bardenas Reales y Junta de Bardenas Reales, en especial, a Alejandro Urmeneta Hernández, por la cesión de sus instalaciones y colaboración en la organización de la visita y apertura de calicatas en la Finca Los Aguilares. A Javier Casalí Sarasibar, de la UPNA, por compartir su conocimiento sobre la Cuenca Experimental Agraria de Landazuría. A los encargados y personal del Parque Natural de Urbasa-Andía y Junta del Monte Limintaciones de la Améscoa y a Gregorio Oyarregui Arriada, de Gobierno de Navarra, por la organización de la visita al Parque. Al Ayuntamiento de Sesma y a José Ramón Etayo Morrás por cedernos su finca para mostrar un perfil de suelo en Sesma. A los técnicos de la Estación de Depuración de Aguas Residuales de la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona (MCP) y del Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA) por mostrarnos los ensayos de suelos con enmiendas orgánicas que llevan a cabo en Arazuri. A los encargados de la parcela experimental de Baretón, implantada por la Estación de Viticultura y Enología de Navarra (EVENA), en Olite, por cedernos su finca para mostrar varios perfiles de suelos y exponer sus ensayos de viñas. Al centro de la Cultura Vitivinícola de Navarra (Enozentrum) en Olite por las facilidades prestadas para la utilización de sus instalaciones.

A nuestros patrocinadores UPNA, Cátedra INTIA de Transferencia e Innovación Agroalimentaria, Cátedra Grupo AN y Cátedra Bardenas Reales de Ciencia y Patrimonio por su apoyo. Y a todas aquellas personas que, de un modo u otro, han colaborado en la preparación y gestión de esta XXXIII Reunión Nacional de Suelos de Navarra.

Autores

Arribita Videgain, Francisco Javier (UPNA)
Del Valle de Lersundi Manso de Zúñiga, Jokin (SECS)
Enrique Martín, Alberto (UPNA)
Eslava Lecumberri, Javier (Gobierno de Navarra)
Lasarte Arangoa, Mikel (Gobierno de Navarra)
Ruiz Sagaseta, Alberto (Tracasa Instrumental)
Sanz Morales, Francisco Javier (UPNA)
Senar Mozo, Ainara (Tracasa Instrumental)
Virto Quecedo, Iñigo (UPNA)

Comité organizador

Antón Sobejano, Rodrigo (UPNA)
Arce Echarri, Nahia (UPNA)
Arribita Videgain, Francisco Javier (UPNA)
Blázquez Moreno, Sandra (Mancomunidad de la Comarca de Pamplona)
Cibrián Sabalza, Félix (EVENA)
De Soto García, Isabel Sonsoles (UPNA)
Del Valle de Lersundi Manso de Zúñiga, Jokin (SECS)
Enrique Martín, Alberto (UPNA)
Eslava Lecumberri, Javier (Gobierno de Navarra)
Iriso Soria, Isabel (UPNA)
Lasarte Arangoa, Mikel (Gobierno de Navarra)
Peralta de Andrés, Javier (UPNA)
Orcaray Echeverría, Luis (INTIA)
Ruiz Sagaseta de Ilurdoz, Alberto (Tracasa Instrumental)
Sagüés Sarasa, Ana (EVENA)
Sanz Morales, Francisco Javier (UPNA)
Senar Mozo, Ainara (Tracasa Instrumental)
Virto Quecedo, Iñigo (UPNA)
Zaragüeta Vidal, Armell (INTIA)

Comité científico

Arribita Videgain, Francisco Javier (UPNA)
Bárcenas Moreno, Gael (Junta directiva SECS)
De Soto García, Isabel Sonsoles (UPNA)
Enrique Martín, Alberto (UPNA)
Ibáñez Asensio, Sara (Junta directiva SECS)
Madejón Rodríguez, Engracia (Junta directiva SECS)
Mataix-Solera, Jorge (Junta directiva SECS)
Ortiz Bernad, Irene (Junta directiva SECS)
Ortiz Perpiñá, Oriol (Junta directiva SECS)
Virto Quecedo, Iñigo (UPNA)

PREÁMBULO

Este año 2023 se cumplen 50 años del comienzo de las Reuniones Científicas de Suelos (RENS). Comenzaron en septiembre de 1973 en Santiago de Compostela y ahora celebraremos la XXXIII edición en Navarra. Aunque en lo que va de siglo se han llevado a cabo cada dos años y la última se celebró en Sevilla en 2019, la pandemia impidió que la que tocaba en 2021 se pudiera celebrar. Por ello, acogemos con especial entusiasmo la reanudación de estas reuniones.

En esta ocasión, la reunión la organizan la Universidad Pública de Navarra (UPNA), el Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente del Gobierno de Navarra y la empresa pública Tracasa Instrumental. Siguiendo con la tradición del funcionamiento de estas reuniones, el primer día se acogerá a los asistentes en el Campus de la Universidad Pública de Navarra con una ponencia inaugural, sesión de pósters y la Asamblea General de la SECS. En los siguientes tres días se realizarán tres excursiones para conocer diversos suelos de Navarra. Las excursiones son una parte crucial de estas reuniones, puesto que permiten conocer en directo los suelos que se visitan y debatir con los demás asistentes las características y circunstancias de los mismos sobre el terreno.

Navarra es un lugar muy especial desde el punto de vista de sus características naturales, no porque se encuentren suelos que no se den en otros lugares, sino porque en una zona relativamente pequeña (diez mil kilómetros cuadrados) podemos encontrar casi todos los ambientes peninsulares; desde suelos sobre rocas magmáticas con precipitaciones de más de 2.500 mm anuales a suelos salinos sobre margas continentales con precipitaciones inferiores a 400 mm anuales.

En efecto, Navarra se encuentra en el final occidental del Pirineo (su cota más alta está a 2.446 m) llegando casi hasta el mar (el punto más bajo está a escasos 10 m sobre el nivel del mar en el Bidasoa), comparte la vertiente atlántica por el noroeste y la mediterránea en el resto del territorio hacia el sur. Dispone de una estructura geológica vinculada al Pirineo y a la depresión del valle del Ebro que condiciona que casi todas sus estructuras geológicas sigan una dirección general este-oeste, situándose las litologías más antiguas al norte y las más recientes al sur. Debido a esa misma estructura, las sierras interceptan la humedad proveniente del atlántico, siendo la vertiente norte muy húmeda y templada, mientras hacia el sur existe un gradiente muy fuerte de humedad, existiendo zonas áridas en poca distancia con un clima mucho más continental.

Toda esta confluencia de circunstancias provoca que la variación de climas, litologías, vegetaciones y cultivos sea enorme en distancias relativamente cortas, por lo que la variedad de suelos es también muy grande. Dado que en tres días de visitas de campo es imposible mostrar toda esa variedad de suelos, ha habido que elegir y se van a mostrar suelos desde húmedos y ácidos en la sierra de Urbasa a áridos y salinos en Bardenas o Sesma.

Por otra parte, en Navarra también se da otra circunstancia especial y es que, dispone de una información edafológica excepcional a nivel estatal debido a la apuesta que desde el año 1981 realizó el Gobierno de Navarra para el conocimiento de sus suelos, tanto de sus características y distribución (cartografía), como de la monitorización de procesos de degradación vinculados a su uso (cuencas experimentales agrarias), además de parcelas de ensayos agrarios, algunos de muy largo recorrido. Para todo ello, ha contado con la colaboración de la Universidad Pública de Navarra y de las empresas públicas Tracasa Instrumental para la cartografía, de los laboratorios de Nasertic para los análisis de suelos y aguas, y el trabajo conjunto con el Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA) y la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona (MCP) en Arazuri, y de la Estación de Viticultura y Enología de Navarra (EVENA) en Olite, en cuanto a ensayos de campo.

En las actuales circunstancias de cambio climático, de intensificación agraria y descarbonización, la disposición de una información edafológica real y suficiente es crucial si se quiere salir adelante manteniendo el patrimonio suelo con todas sus funciones garantizadas, evitando su deterioro.

Índice de contenidos

INTRODUCCIÓN	11
FACTORES FORMADORES DEL SUELO	12
1. El papel del clima en la formación de los suelos	12
2. El papel de la litología en la formación de los suelos	14
Dominio Norpirenaico	18
Dominio Surpirenaico	19
Dominio Vasco-Cantábrico	20
Dominio de la Cuenca de Pamplona	21
Dominio de la Depresión del Ebro	22
Dominio del Sistema Ibérico	23
3. El papel del relieve en la formación de los suelos	24
La Montaña	26
La Ribera	27
Navarra Media	28
4. El papel de los organismos en la formación de los suelos	28
5. El papel del tiempo en la formación de los suelos	29
METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA DE SUELOS 1:25.000 EN NAVARRA	30
PRINCIPALES TIPOS DE SUELOS EN NAVARRA	35
EXCURSIONES RENS XXXIII	40
JORNADA 1: La Navarra árida	41
Descripción general del Parque Natural y Reserva de la Biosfera de las Bardenas Reales	42
Clima	44
Geología	45
ITINERARIO 1.1: Cuenca experimental agraria de Landazuría	50
Cuencas experimentales agrarias	50
Descripción general de la cuenca de Landazuría	52
Contexto geológico	53
Suelos de la cuenca de Landazuría	54
Resultados de los datos de la cuenca de Landazuría	56
ITINERARIO 1.2: Finca Los Aguilares	57
Descripción general de la finca Los Aguilares	57
Contexto geológico	57
Suelos de la finca Los Aguilares	59
Perfiles a visitar	62
PERFIL 1-1: Terraza alta deformada (Arguedas-36)	63
PERFIL 1-2: Laderas de erosión sobre margas y yeso (Arguedas-37)	65
PERFIL 1-3: Terraza baja (Arguedas-38)	68
PERFIL 1-4: Fondo de vaguada sobre margas y yesos (Arguedas-39)	70
ITINERARIO 1.3: La Blanca Baja de Bardenas Reales	73
Descripción general de La Blanca Baja de Bardenas Reales	73
Suelos de La Blanca Baja de Bardenas Reales	73
Recorrido por La Blanca Baja de Bardenas Reales	73

JORNADA 2: Suelos de montaña y suelos salinos	74
ITINERARIO 2.1: Parque Natural de Urbasa-Andía	75
Descripción general del Parque Natural de Urbasa-Andía	75
Clima	75
Geología	77
Usos	80
Suelos del Parque Natural de Urbasa-Andía	82
Perfiles a visitar	83
PERFIL 2-1: Podzol sobre calcarenitas (Urbasa-144)	84
PERFIL 2-2: Ladera de erosión con nódulos de carbonatos sobre margas (Urbasa-145)	87
PERFIL 2-3: Borde de barranco (Urbasa-146)	90
PERFIL 2-4: Ladera de erosión sobre calcarenitas y calizas de algas (M.C. Améscoas-10)	94
ITINERARIO 2.2: Salobre de Sesma	97
Descripción general del Salobre de Sesma	97
Clima	99
Geología	101
Usos	102
Suelos del Salobre de Sesma	103
Perfiles a visitar	104
PERFIL 2-5: Depresión salina (Sesma-63)	105
Sima	108
JORNADA 3: Parcelas de ensayo	110
ITINERARIO 3.1: Parcela de ensayos agronómicos sobre el uso de lodos de EDAR en Arazuri (MCP-INTIA)	111
Descripción general de la zona	111
Clima	113
Geología	114
Suelo	116
Perfil representativo	117
PERFIL: Suelo en aluvial (Orcoyen-3)	118
Descripción de los ensayos de Arazuri	120
ENSAYO A: Parcela ensayo dosis/frecuencia	120
ENSAYO B: Parcela ensayo nitrógeno	124
ITINERARIO 3.2: Parcela de ensayo de viticultura en Olite (EVENA)	128
Descripción general de la zona	128
Clima	130
Geología	132
Suelo	132
Perfiles a visitar	135
PERFIL 3-1: Terraza con horizontes cálcicos (Olite-365)	136
PERFIL 3-2: Terraza con horizonte petrocálcio (Olite-359)	138
Descripción de los ensayos de Baretón	140
ÍNCIDE DE ILUSTRACIONES	142
ÍNDICE DE TABLAS	152
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	154
ANEJO: UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE PERFILES VISITADOS	156

INTRODUCCIÓN

El suelo es el elemento natural esencial en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres, situado en el centro de los flujos de materia y energía, y supone así la interfase central de la llamada *zona crítica* entre los materiales geológicos y el dosel de la vegetación.

Además, el suelo es la base de casi toda la actividad humana, tanto desde el punto de vista constructivo (ciudades, infraestructuras, etc.) como desde el punto de vista de la producción agraria que generan alimentos para los humanos directamente o sirven para alimentar la ganadería, así como de toda la producción forestal y obtener otro tipo de materias primas; además de ser una parte fundamental del ciclo del agua y del mantenimiento de la biodiversidad.

“El suelo es un recurso natural, imprescindible para la vida en la Tierra.”

Este recurso natural presenta una gran diversidad en Navarra, reflejo de la variabilidad de los factores que lo condicionan (litología, clima, relieve...). En esta RENS XXXIII se van a realizar tres salidas a campo con el objetivo de mostrar parte de esa variedad. Se podría decir que: “son todos los que están, pero no están todos los que son”:

- El primer día se adentrará en la Navarra árida, visitando el Parque Natural y Reserva de la Biosfera de Bardenas Reales.
- El segundo día se conocerá el Parque Natural de Urbasa-Andía, por la mañana, y por la tarde, el Salobre de Sesma.
- Para finalizar la RENS, sin alejarnos mucho de Pamplona, se visitará un ensayo de lodos de depuradora en Arazuri y la finca de viticultura de Baretón en Olite.

En la siguiente figura se muestran las zonas que se van a ver:

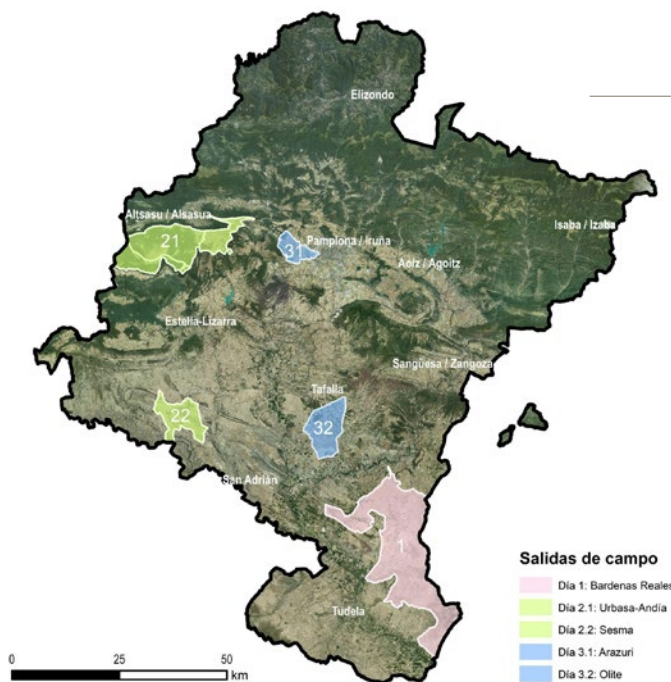


Ilustración 1.
Localizaciones a visitar en las salidas de campo de la RENS XXXIII. (Fuente: Tracasa Instrumental).

FACTORES FORMADORES DEL SUELO

Hans Jenny fue el primer científico en definir los factores de formación del suelo en su libro “Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology”, el cual fue publicado en 1941. Jenny describió que la formación del suelo está influenciada por cinco factores independientes, pero que interactúan entre sí para dar lugar al suelo.

Estos factores son: material parental o roca madre, clima, relieve o topografía, biota (organismos) y tiempo.

Los científicos de la ciencia del suelo clasifican los cinco factores de formación del suelo como: factores activos y factores pasivos. El clima y la biota se identifican como los factores activos de la formación del suelo, debido a que su influencia sobre el desarrollo del suelo puede observarse directamente; Por ejemplo: lluvia, altas y bajas temperaturas, viento, microorganismos (algas y hongos), lombrices de tierra y animales excavadores.

Por otra parte, los factores pasivos son el tiempo, la topografía y el material parental, porque sus efectos no se observan directamente.

1. EL PAPEL DEL CLIMA EN LA FORMACIÓN DE LOS SUELOS

El clima influye en el aporte de agua al suelo (humedad) y en la temperatura. La humedad y temperatura ejercen una influencia decisiva en los tres procesos básicos de formación de los suelos (meteorización física, alteración química y translocación de sustancias).

La temperatura condiciona el tipo de meteorización, predominantemente física con bajas temperaturas, más química con altas temperaturas. La disponibilidad de agua y su flujo influye sobre gran cantidad de procesos edáficos, movilizándolo e incluso eliminando componentes del suelo.

En la siguiente tabla se puede observar la temperatura y precipitación media, así como la zona climática de las zonas que se van a visitar:

Tabla 1. Temperatura media, precipitación media y zona climática de las 5 localizaciones a visitar en la RENS 2023. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

	LOCALIZACIÓN	TEMPERATURA MEDIA (°C)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)	ZONA CLIMÁTICA
Jornada 1	Bardenas Reales	>14	<400	Sur
Jornada 2	Urbasa	<10	1.200	Atlántica
	Sesma	>14	<400	Sur
Jornada 3	Arazuri	12-13	750-1.000	Media
	Olite	13-14	400-500	Sur

En la web de [Meteorología y climatología del Gobierno de Navarra](https://www.gobierno.navarra.es/meteorologia) se puede consultar la información climatológica del territorio navarro. Parte de ella se muestra en las siguientes figuras:

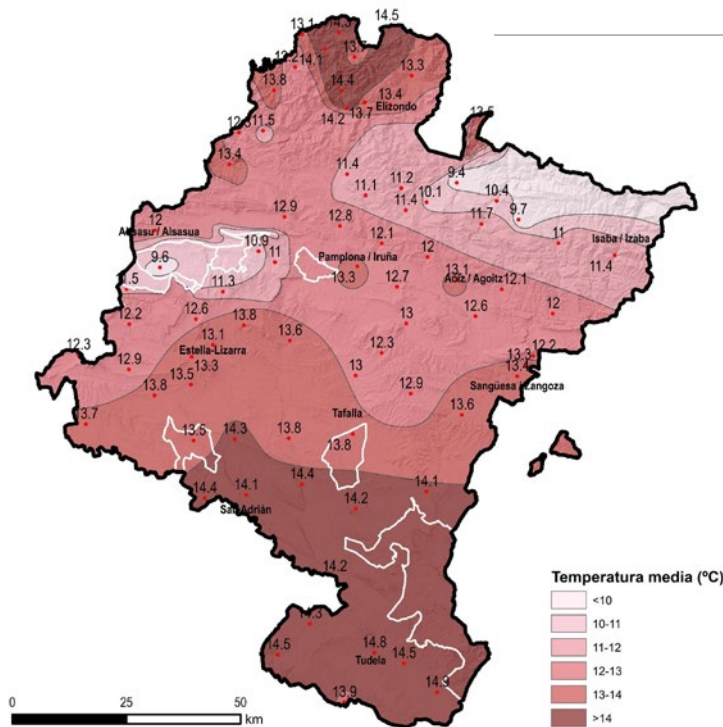


Ilustración 2.
Mapa de temperatura media anual de Navarra. [Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].

Ilustración 3.
Mapa de precipitación media anual de Navarra. [Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].

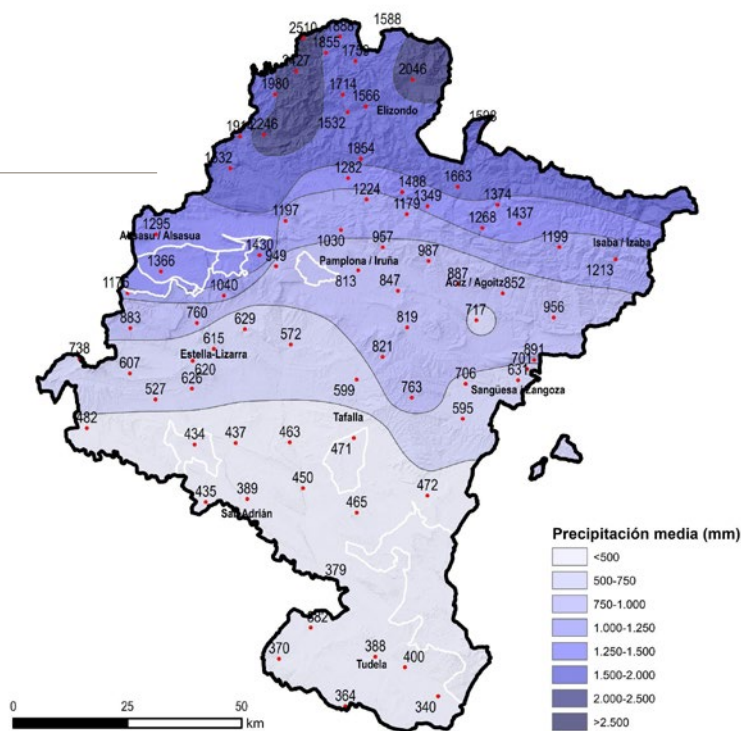
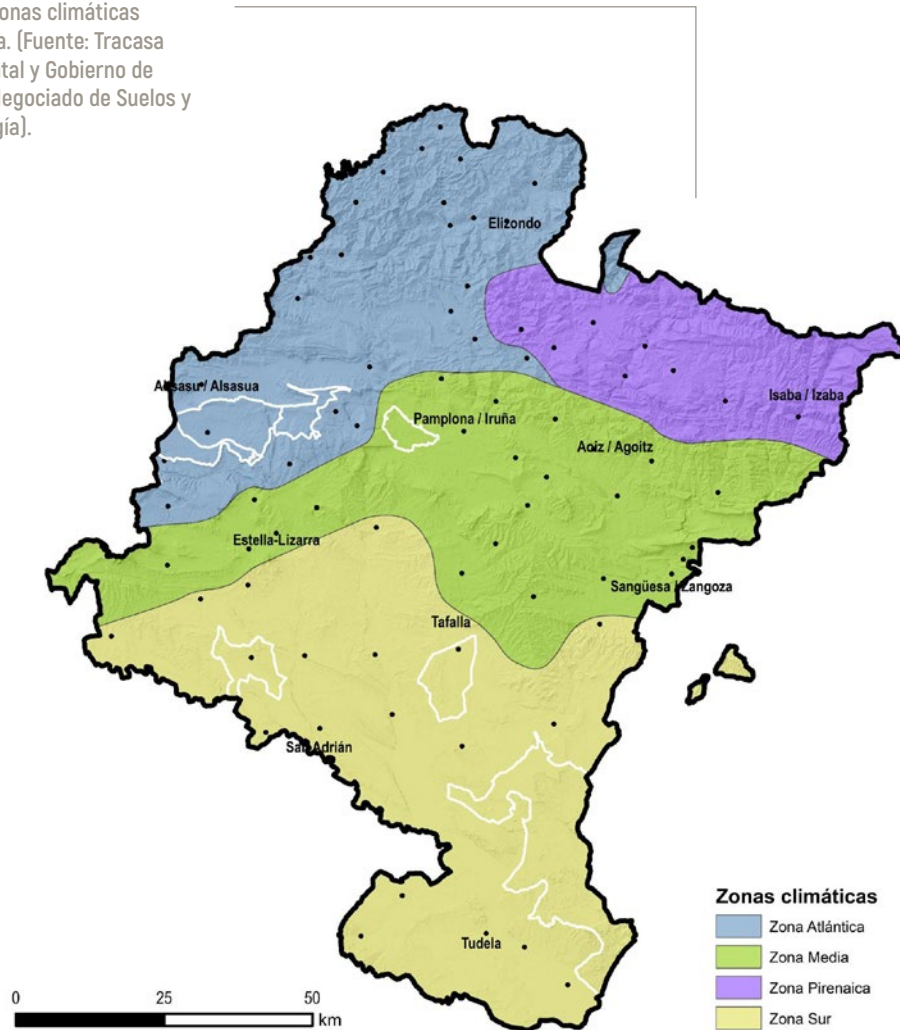


Ilustración 4.
Mapa de zonas climáticas de Navarra. [Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].



2. EL PAPEL DE LA LITOLOGÍA EN LA FORMACIÓN DE LOS SUELOS

La roca sobre la que se forma el suelo suele denominarse material parental u originario. Se constituye en un elemento pasivo sobre el que actúan el resto de factores formadores. Un mismo tipo de roca, bajo diferentes condiciones del medio (en especial el régimen de humedad y de temperatura), puede dar lugar a suelos con distintas características. Por otro lado, rocas diferentes bajo un clima suficientemente enérgico, y actuando durante un tiempo suficientemente prolongado, puede dar suelos similares. En la zona templada en la que nos encontramos los procesos de meteorización no son tan intensos, por lo que las características del material originario condicionan mucho las propiedades finales de los suelos.

La influencia del material originario se deja sentir en propiedades edáficas tales como la textura, la naturaleza mineral, la reacción, la pedregosidad, el color, etc.

Esto lo veremos claramente en la excursión del día 2, donde suelos con el mismo clima, pero distintas litologías, dan lugar a suelos totalmente distintos (véase el perfil 2-1 sobre calcarenitas frente al perfil 2-2 sobre margas en Urbasa).

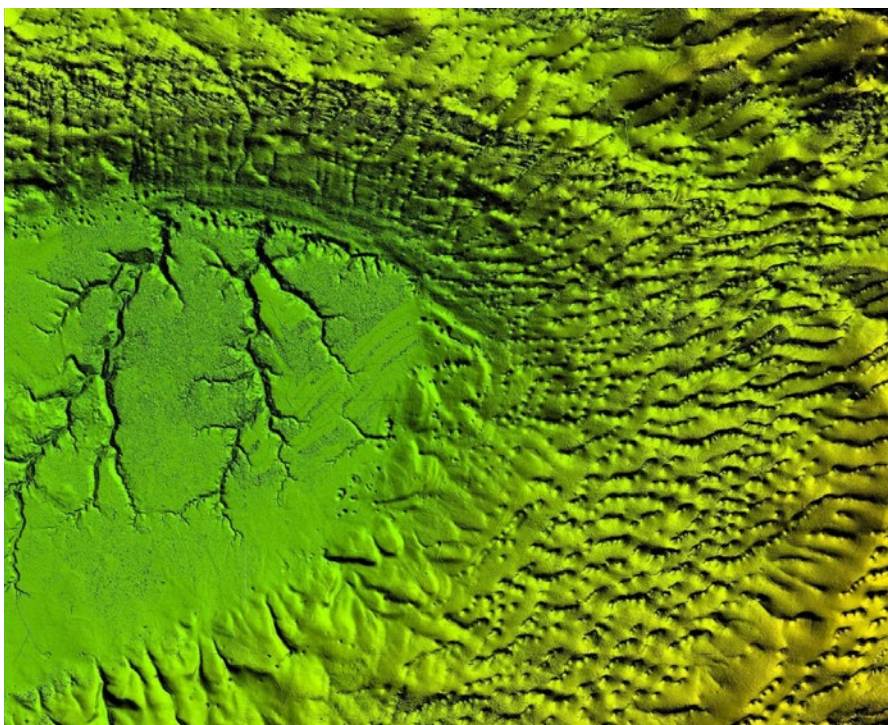


Ilustración 5.
Imagen LiDAR del raso de Urbasa en la que se ven la zona de margas (con barrancos y cárcavas) y las calizas karstificadas (dolinas). (Fuente: Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).

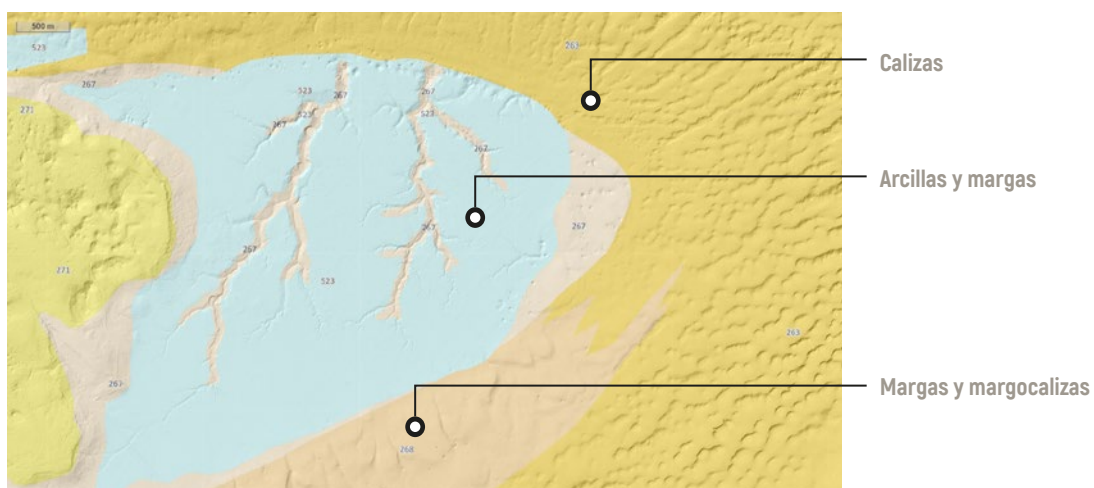


Ilustración 6.
Representación del relieve y cartografía geológica del mismo entorno, para observar la correlación de las formas del paisaje y las diferentes unidades geológicas aflorantes. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).

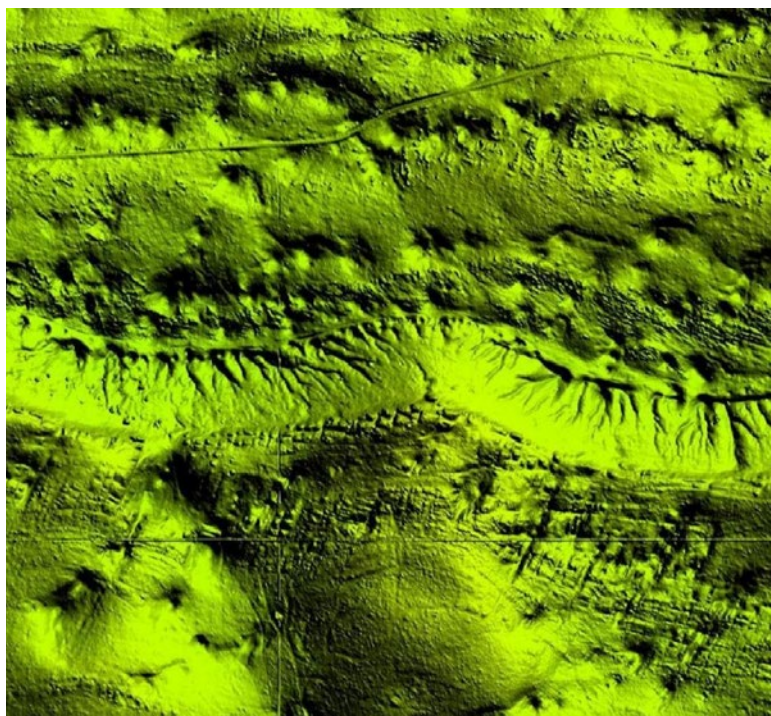


Ilustración 7.
Imagen LiDAR en la que se ve una banda de margas (con barrancos y cárcavas) y la zona de calizas (con dolinas y afloramientos). (Fuente: Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).

Las rocas que afloran en Navarra muestran una extraordinaria variedad. En nuestro territorio se encuentra representado un amplio intervalo del tiempo geológico, desde el Ordovícico medio-superior (hace aproximadamente unos 460 millones de años) hasta la actualidad. En este amplio abanico temporal, los diferentes ambientes sedimentarios que fueron sucediéndose han generado todo tipo de rocas, las cuales han sufrido constantes procesos de transformación, encontrándose rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Algunos macizos rocosos han sufrido deformaciones asociadas a las orogenias Varisca y Alpina y en ciertas áreas han dado lugar a notables mineralizaciones que han sido explotadas desde la antigüedad.

La distribución y afloramiento de las diferentes rocas presentes en Navarra no es aleatoria, viéndose condicionada por la estructura geológica. Las rocas más antiguas se ubican en el norte de la región, en las comarcas de Baztán-Bidasoa, sector norte de Larraun-Leitzalde y Pirineos. Por el contrario, las rocas más modernas se ubican en la mitad sur, dentro del denominado dominio de la Depresión del Ebro.

De acuerdo con el mapa geológico 1:200.000 del Gobierno de Navarra, el territorio navarro se ha dividido tradicionalmente en sectores que comparten rasgos tectónicos similares, denominados dominios tectónicos. Son los siguientes:

- Dominio Norpirenaico
- Dominio Surpirenaico
- Dominio Vasco-Cantábrico
- Dominio de Transición, también denominada Cuenca de Pamplona
- Dominio de la Depresión del Ebro
- Dominio del Sistema Ibérico

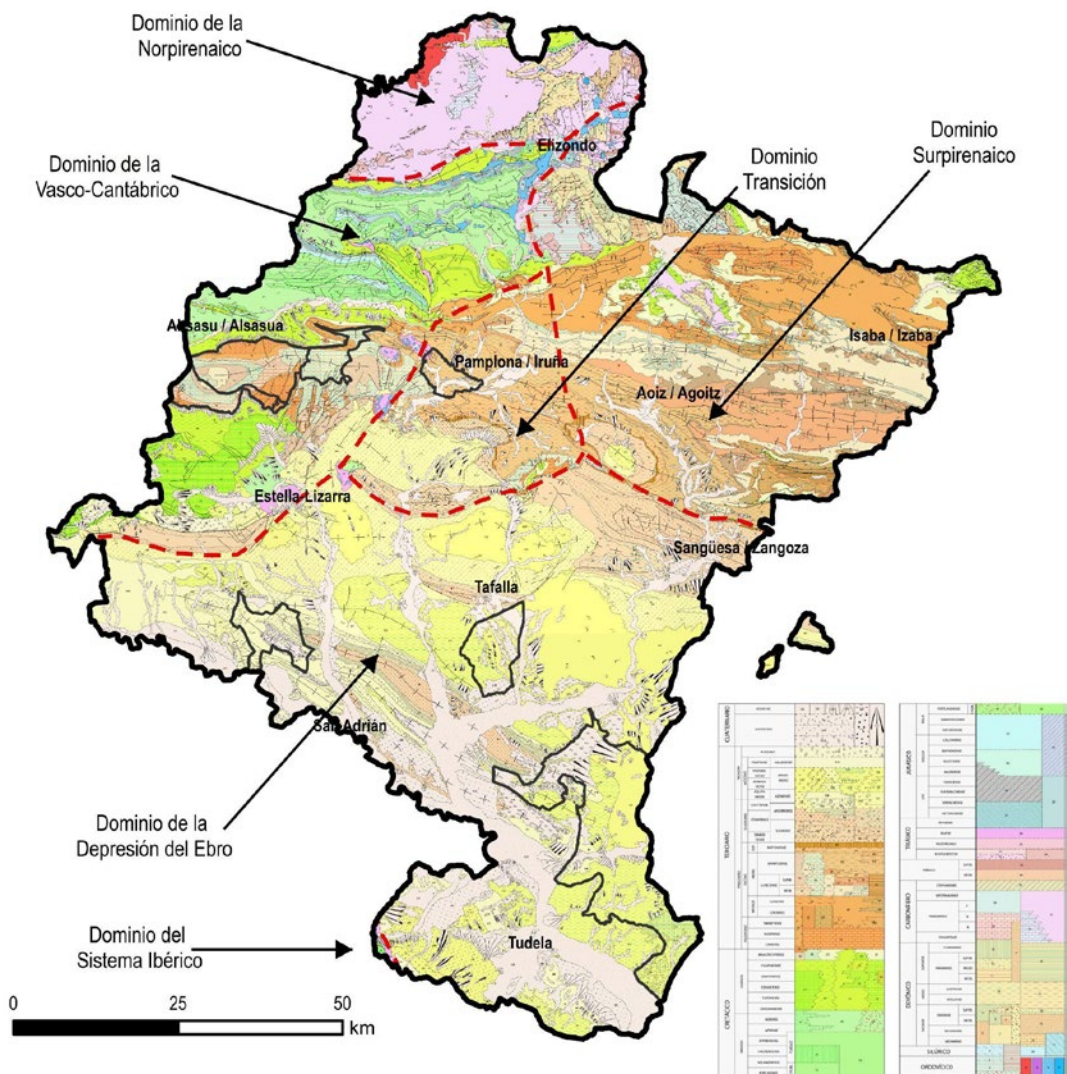


Ilustración 8
 Mapa Geológico 1:200.000 de Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).

La información geológica a más detalle (escala 1:25.000) se puede consultar en el [visor geológico de Navarra](#).

» Dominio Norpirenaico

Al norte se define el dominio norpirenaico o “europeo”, separado del resto por la falla de Leizta. En este dominio afloran rocas muy antiguas, principalmente paleozoicas, donde podemos encontrar frecuentemente esquistos, pizarras y cuarcitas, entre otras. Estructuralmente, es una zona complicada ya que, las deformaciones asociadas a la orogenia Alpina se superponen sobre las derivadas de la orogenia Varisca previa.



Ilustración 9.
Granitos de Peñas de Aia, en el sector noroccidental del dominio norpirenaico. (Fuente: Fran Sanz Morales).



Ilustración 10.
Suelos desarrollados sobre granito en Peñas de Aia (Izda.) y sobre basalto en Larun (Dcha.). (Fuente: Fran Sanz Morales).



Ilustración 11.

Suelos desarrollados sobre lutitas y limolitas paleozoicas (Izda.) y sobre areniscas permotriásicas (Dcha.), en ambos casos durante el ascenso al monte Larun. (Fuente: Fran Sanz Morales).

» Dominio Surpirenaico

En la mitad nororiental se define el dominio surpirenaico. Su estilo tectónico es pirenaico, es decir, con estructuras de dirección NO-SE a ONO-ESE y con clara vergencia al sur. En este dominio se definen tres grandes cabalgamientos: El cabalgamiento de Roncesvalles, el de Aoiz y finalmente, el cabalgamiento de las sierras de Illón y Leyre. El límite sur de este dominio está marcado por la falla de Loiti, que lo separa del dominio de la Depresión del Ebro.



Ilustración 12.

Suelo desarrollado sobre calcarenitas y margas en facies flysch, en Isaba. (Fuente: Fran Sanz Morales).



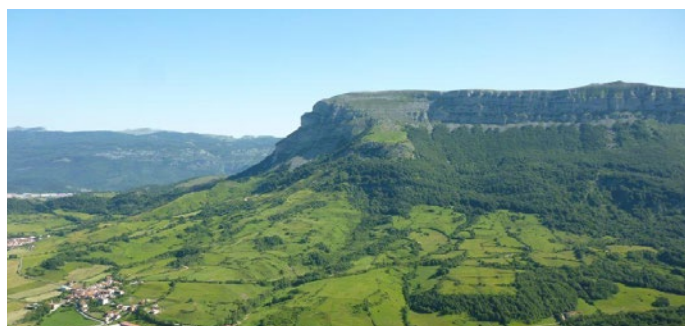
Ilustración 13.
Karst de Larra.
(Fuente: Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).

En lo que se refiere a la litología, el zócalo paleozoico plegado se encuentra visible en las unidades de Quinto Real y Oroz-Betelu, encontrándose pizarras, esquistos y cuarcitas, principalmente. Sobre dichos materiales se identifican conglomerados y areniscas silíceas de un característico color rojizo, pertenecientes al permotriásico. Existe un hiato (falta de registro sedimentario) hasta el Cretácico Superior, a partir del cual se sedimentan materiales calizos que afloran en el área de Larra, donde ocupan una amplia extensión. Esta área ha sufrido un fuerte proceso de karstificación, encontrándose algunos de los mejores rasgos del modelado kárstico de Navarra. El resto de los materiales que aparecen corresponden a la primera mitad del Cenozoico y son de origen marino. Destacan por su extensión los depósitos turbidíticos en facies flysch. Algunos de los mejores ejemplos de este tipo de materiales geológicos se identifican en el valle del Roncal.

» Dominio Vasco-Cantábrico

La peculiar ubicación de Navarra en la intersección entre el Pirineo y la cordillera Ibérica, permite identificar otro dominio tectónico: El dominio Vasco-Cantábrico. Abarca la parte noroccidental de la provincia, quedando limitada al este por la falla de Estella, de traza supuesta y jalonada por afloramiento de diapiros, desde Estella hasta Elizondo. Por el sur queda limitado por estructuras cabalgantes con dirección E-O que se prolongan desde la sierra de Cantabria al este, hasta la falla de Monjardín al este. Por el norte queda limitada por la falla de Leitza, que lo separa del dominio norpirenaico. Dentro de este dominio pueden diferenciarse varias unidades: Arco Vasco en el sector septentrional y Bloque Alavés en el sector meridional.

Ilustración 14.
Falda sur de la sierra de San Donato, valle de Ergoiena, tapizada de depósitos de glacis. (Fuente: Fran Sanz Morales).



Las rocas que afloran en este dominio son mesozoicas y cenozoicas, desde el periodo Triásico hasta el Paleógeno. Los materiales más antiguos (Formación Keuper del Triásico) afloran asociadas a las extrusiones diapíricas (Lekunberri, Arteta, Salinas de Oro, Estella, etc.). Asociadas a estas estructuras complejas también puede encontrarse un amplio abanico de rocas, destacando principalmente las masas ofíticas (rocas subvolcánicas). No obstante, las rocas más abundantes de este dominio tienen origen marino y destacan principalmente las calizas, margas y calcarenitas.



Ilustración 15.

Raso de Urbasa mostrando áreas con encharcamiento temporal y con escasa vegetación arbórea, tan sólo espinos y algún roble disperso. Al fondo, bosque de hayas donde la pendiente del terreno se hace patente. [Fuente: Fran Sanz Morales].

» Dominio de la Cuenca de Pamplona

Situado entre el dominio vasco-cantábrico y el surpirenaico, se identifica el dominio de transición o dominio de la Cuenca de Pamplona. Comparte rasgos tectónicos y litológicos con el dominio surpirenaico, diferenciándose de éste por la aloctonía de la cuenca hacia el sur, que deforma notablemente las estructuras geológicas de estilo pirenaico. Su límite occidental está muy marcado por el trazado de la falla de Estella y el contraste de litologías asociado a éste.



Ilustración 16.

Ripas del río Arga en Eriete. Al fondo se observa un resto de terraza fluvial coronando el talud de margas. [Fuente: Jokin del Valle de Lersundi].

Los materiales geológicos más abundantes en la cuenca pertenecen a la época Eoceno del periodo Paleógeno. Se trata de materiales margosos con frecuentes intercalaciones de calcarenitas. Sin embargo, hacia el sur se encuentra toda una serie sedimentaria de gran interés, definiéndose formaciones sedimentarias que reflejan el tránsito entre el ambiente marino al continental. Fruto de dicha transición es la presencia de formaciones salinas (sales evaporíticas yesíferas, sódicas y potásicas), formaciones de origen marino costero (Formación Areniscas de Galar y lacustre (Formación de Undiano). Superponiéndose a toda esta serie estratigráfica se identifican otras unidades geológicas cuyo origen está asociado a ambientes de abanico aluvial (Formación Conglomerados del Perdón) y fluvial.



Ilustración 17.
Suelo desarrollado sobre depósito de glaciares en el valle de Valdizarbe.
(Fuente: Fran Sanz Morales).

Para culminar este gran abanico de materiales geológicos, destacan, además, los depósitos de glaciares y terrazas fluviales, resultado del progresivo encajamiento de la red fluvial durante el periodo Cuaternario.

» Dominio de la Depresión del Ebro

Este dominio ocupa una gran extensión en el territorio y en ella afloran materiales geológicos del Cenozoico continental (desde la época Oligoceno hasta la actualidad). Desde un punto de vista tectónico, las estructuras geológicas mantienen una clara orientación pirenaica, con dirección NO-SE a ONO-ESE. Sin embargo, uno de los rasgos más característicos de este dominio es la presencia de plegamientos de estilo halocinético asociados a los materiales yesíferos que afloran principalmente en la mitad occidental de este dominio (áreas de Falces, Peralta, Funes, Azagra, Andosilla, San Adrián, Lerín, Cárcar, etc.).

Ilustración 18.
Macizo yesífero de la sierra de Arrechea y Barranco del Raso, en Peralta. Los suelos, desarrollados en vaguadas y fondos de valle sobre yesos y margas, son principalmente de tipo Pachic Calcixeroll, de acuerdo con el mapa de Suelos del Gobierno de Navarra.
(Fuente: Fran Sanz Morales).



Las rocas más frecuentes en este dominio son yesos, lutitas, limolitas, areniscas, margas y calizas lacustres. Además, destacan por su gran extensión los depósitos del periodo Cuaternario de tipo glacis, terrazas fluviales, coluviales y abanicos aluviales.

Ilustración 19.
Proceso de piping en el barranco de los Hermanos (Bardenas Reales). Al fondo, relieve tabular con laderas acarcavadas. (Fuente: Fran Sanz Morales).



Todos los materiales geológicos cenozoicos que afloran en este dominio representan un importante intervalo de la historia geológica de la región, en la que predominó un ambiente sedimentario de tipo lacustre, limitado entre los macizos pirenaico y de la cordillera Ibérica.

La apertura de este gran medio lacustre hacia el mar Mediterráneo produjo la reactivación del sistema fluvial, dando lugar al encajamiento de la red fluvial y a todos los rasgos del modelado actuales. Destacan por su relevancia los cortados yesíferos de la mitad occidental y los modelados tipo badland presentes en el Parque Natural de las Bardenas Reales.

» Dominio del Sistema Ibérico

Aunque este dominio ocupa un área muy reducida en el territorio navarro, quedando circunscrita en el entorno de Fitero, su presencia es de notable relevancia, ya que define el límite de un área muy vinculada a la evolución y desarrollo del sistema Ibérico. En esta área afloran materiales geológicos muy diversos, principalmente mesozoicos y cenozoicos. Destacan los afloramientos yesíferos de la Formación Keuper, rocas basálticas pérmicas que aparecen de forma esporádica en el macizo rocoso, calizas y dolomías, conglomerados y areniscas.

Otro de los rasgos más relevantes de este entorno es la presencia de un sistema hidrotermal de gran relevancia, cuya descarga se realiza a través de los manantiales de Baños de Fitero o directamente sobre el cauce del río Alhama.



Ilustración 20.
Terraza fluvial del río Alhama en Baños de Fitero. Al fondo, materiales triásicos y jurásicos que afloran junto a Baños de Fitero. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

3. EL PAPEL DEL RELIEVE EN LA FORMACIÓN DE LOS SUELOS

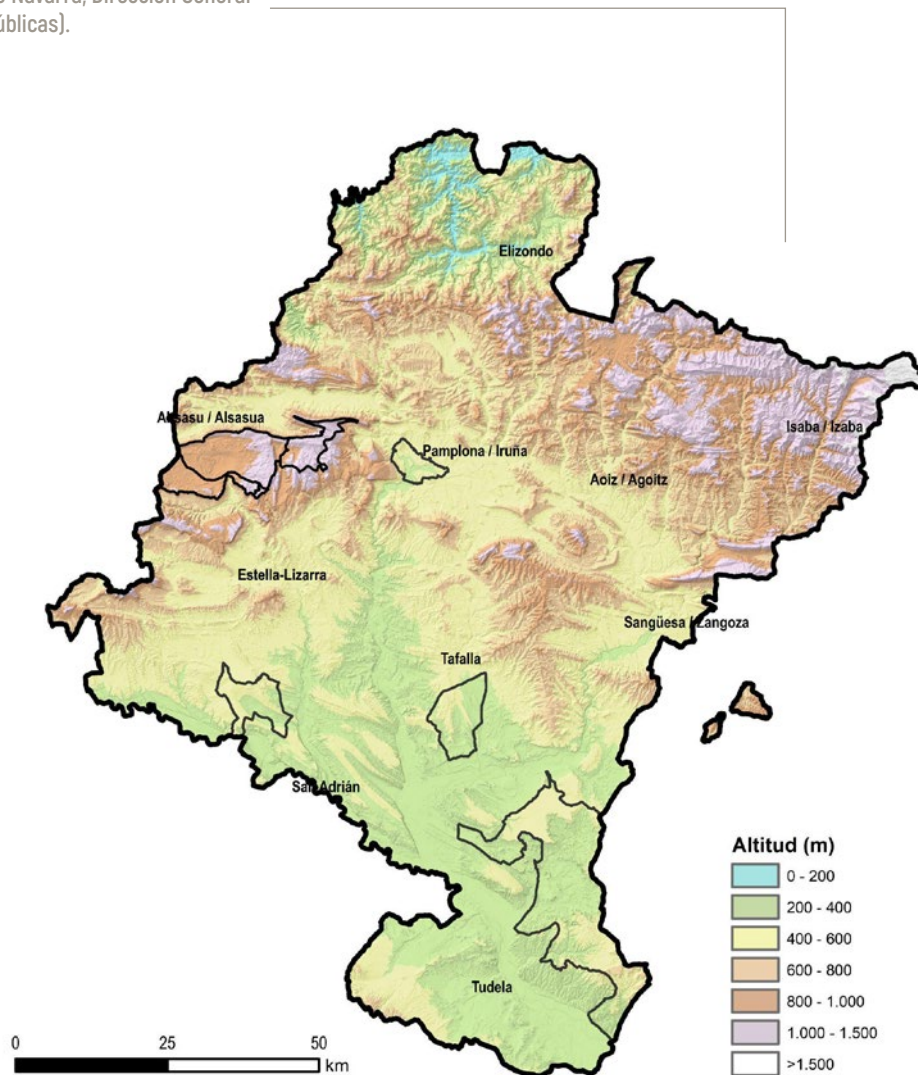
La formación del suelo se ve condicionada por la posición que ocupa en el relieve o geoforma. Según las características del relieve (inclinación, longitud, orientación de la ladera) y por la posición del suelo en la misma, los efectos pueden ser distintos. En poca distancia podemos pasar de zonas de erosión a zonas de acumulación, dando suelos totalmente distintos.

La inclinación y longitud de la ladera afectan a la velocidad de escorrentía y erosión. La posición que ocupa el suelo en el relieve condiciona su espesor, drenaje, presencia de sales, etc. La orientación afecta al microclima (radiación recibida, temperatura y humedad del suelo), de forma que los suelos en umbría presentan mayor espesor y contenido en materia orgánica que los suelos en solana.

Ilustración 21.

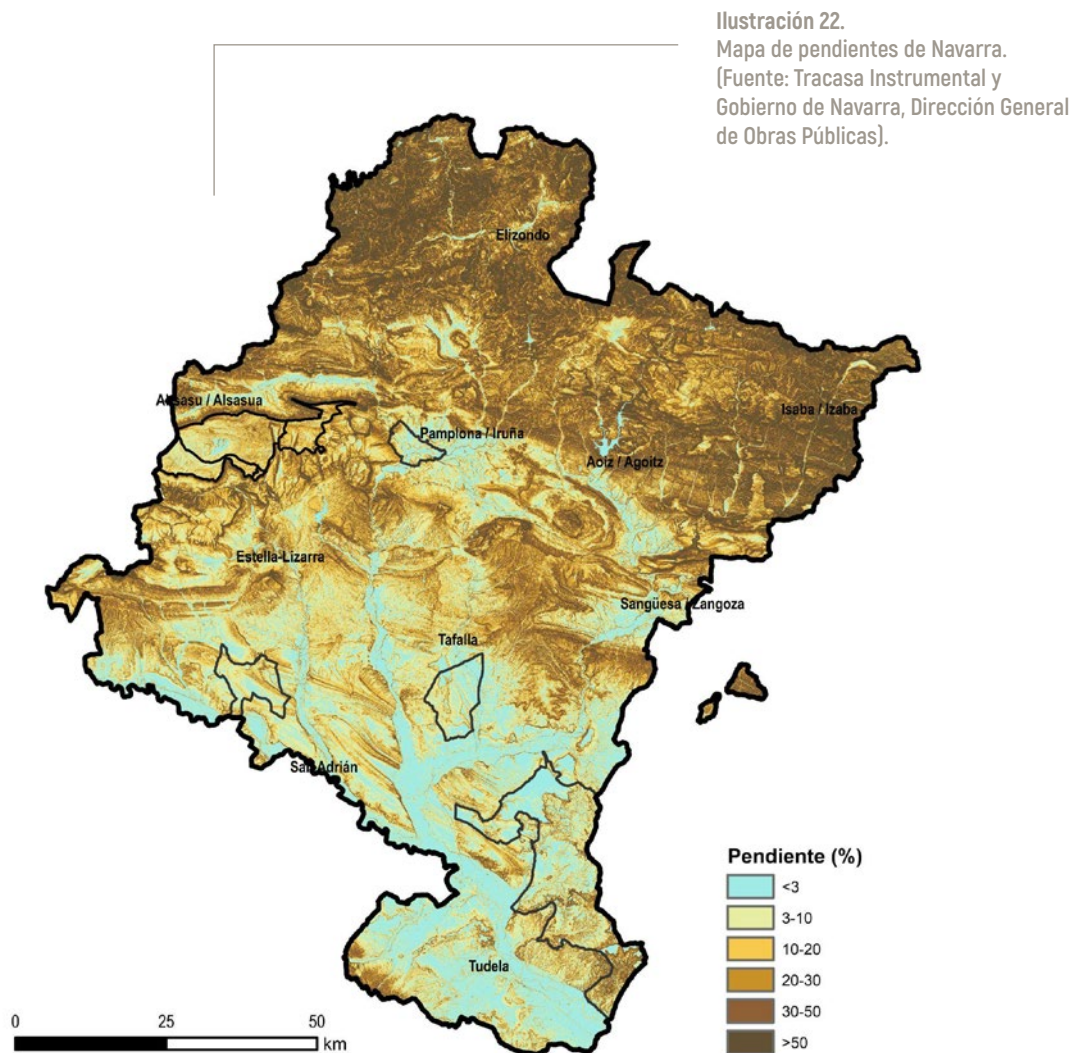
Mapa hipsométrico de Navarra.

[Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas].



En los trabajos de cartografía de suelos es muy importante estudiar las relaciones entre los suelos y la posición que ocupan en el paisaje (toposecuencia), ya que esto nos permite explicar la distribución de los suelos y establecer modelos suelo-paisaje. Durante la fase de fotointerpretación de la elaboración de un mapa de suelos, la toposecuencia permite predecir la presencia de un determinado tipo de suelo en una forma del relieve. Esto lo podemos ver en los perfiles que se visitarán el día 1 en la finca Los Aguilares.

En el relieve de Navarra destacan dos zonas claramente diferenciadas: la mitad septentrional, la **Montaña**, que tiene un acusado relieve, ya que participa de la orografía pirenaica y cantábrica, y la mitad meridional, la **Ribera**, de grandes llanos y suaves relieves situados en la depresión del valle del Ebro. Una línea que enlazará la Sierra de Leire, al este, con la de Codés, al oeste, pasando por las de Izco, Alaitz, el Perdón, Andía, Urbasa y Lóquiz separaría dos porciones de Navarra hipsométricamente distintas: en el norte dominan netamente los terrenos con altitud superior a los 600 m, en el sur los inferiores a 400 m. Por encima y por debajo de la isohipsa 600 m se halla, respectivamente, el 40,62% y el 59,38% de la superficie provincial. Entre ambas zonas se encuentra la **Navarra Media**, que comparte rasgos de la Montaña y de la Ribera. Está formada por somontanos, valles y piedemontes, y tiene mayor altitud que la Ribera.



» La Montaña

En la zona de la Montaña pueden distinguirse tres áreas morfológicamente distintas: el área pirenaica, el área del sistema vasco-cántabro de montañas y los montes de la vertiente atlántica.

El **área pirenaica** ocupa la mitad oriental de la zona de la Montaña. Está formada por el extremo occidental del Pirineo y sus sistemas de sierras asociadas. El eje del mismo corre en dirección este-oeste y sus principales elevaciones son: la Mesa de los Tres Reyes (2.433 m), que es la cima más alta de Navarra, Ori (2.017 m), Ortanzurieta (1.566 m), Adi (1.457 m) y Saioa (1.418 m). Perpendicularmente al eje del Pirineo por el sur existen una serie de valles paralelos entre sí, que de este a oeste son: Roncal, Salazar, Arce, Erro y Arriasgoiti y, por último, Esteribar. Cerrando toda esta área por el sur existe un sistema de sierras prepirenaicas paralelas al Pirineo, pero de menor altitud, que son las ya citadas sierras de Leire, Peña, Izco, Alaitz y El Perdón, cuyas principales elevaciones son, de este a oeste: Arangoiti (1.356 m), Peña (1.069 m), La Higa (1.295 m) y Erreniega (1.037 m). Entre estas sierras prepirenaicas y el final de los valles pirenaicos existen dos amplias depresiones, situadas en dirección NW-SE, con cotas inferiores a los 500 m, que son, de este a oeste, las cuencas de Lumbier y de Pamplona.



Ilustración 23.
Área pirenaica. Valle de Belagua.
(Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).

La mitad occidental de la zona de la Montaña está ocupada por el extremo oriental del **sistema vasco-cántabro de montañas**, que son sierras que corren en dirección este-oeste, de moderada altitud y que en ocasiones forman verdaderas altiplanicies; se trata de las sierras de Aralar, Andía, Urbasa, Lóquiz y Codés, cuyas principales elevaciones son: Irumugarrieta (1.430 m), Beriain (1.494 m), Dulanz (1.239 m), Sarzaleta (1.114 m) e Ioar (1.414 m). Los valles confinados entre ellas también siguen la misma dirección este-oeste y de norte a sur son los siguientes: Barranca-Burunda, Améscoas, Val de Allín y Valdega.



Ilustración 24.
Sierra de Aralar. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).

Por último, el extremo norte de la Montaña está ocupado por los **montes de la vertiente cantábrica**. Sus principales alturas son Auza (1.305 m), Iparla (1.049 m), Legate (870 m), Mendaure (1.131 m), Erakurri (1.142 m), Mandoegi (1.046 m), Peñas de Aia (832 m) y Larun (900 m). Aunque estos montes presenten una altitud moderada, es una zona con un relieve muy encajado, cuyas diferencias de cota entre los fondos de los valles y las cumbres antes citadas en ocasiones supera los 1.000 m. Dada la complejidad del substrato geológico, los valles que ocupan estas zonas, tienen distintas orientaciones, aunque siguen una dirección general norte-sur. De este a oeste encontramos los valles de Luzaide/Valcarlos, Baztan, Malerreka, Bortziriak/Cinco Villas, Urumea, Leizaran y Araitz.



Ilustración 25.
Baztán. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).

» La Ribera

La zona de la Ribera ocupa los terrenos situados al sur de la línea antes citada, y de altitud inferior a 400 m. Situada en la depresión del Ebro, ofrece extensas áreas llanas, especialmente terrazas cuaternarias, cruzadas por pequeñas lomas y sierras; de estas últimas las principales son: Sierra de Ujué, Sierra de Peralta, Montes de Cierzo y la Loma Negra. Los valles son suaves y discurren siguiendo los grandes ríos que atraviesan la zona.



Ilustración 26.
Miranda de Arga. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).

» Navarra Media

La zona de transición de Navarra Media, comparte rasgos de la Montaña y de la Ribera. Está formada por somontanos, valles y piedemontes, y tiene mayor altitud que la Ribera.



Ilustración 27.
Cuenca de Pamplona. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).

4. EL PAPEL DE LOS ORGANISMOS EN LA FORMACIÓN DE LOS SUELOS

La participación de una amplia variedad de formas biológicas (animales, bacterias, hongos, algas) resulta trascendental en el funcionamiento de los ciclos del carbono, del nitrógeno, etc. La vegetación ejerce una serie de acciones tanto directas como indirectas en la formación y conservación del suelo. Entre las primeras destacan el aportar materia orgánica, acelerar la meteorización e incrementar la porosidad y el movimiento del agua y el aire. Entre las indirectas destaca el efecto pantalla que el dosel o cubierta vegetal impone sobre el clima edáfico, al sombreadar, al interceptar las gotas de lluvia, frenar la escorrentía superficial (o sea, aumentar la infiltración) y, por tanto, reducir la erosión hídrica, además de la eólica. Asimismo, el sistema radicular respira, segrega sustancias y absorbe agua, por lo que tiene efectos sobre la translocación y lavado de sustancias en el suelo, por ejemplo, de carbonatos. Interviene en los ciclos biogeoquímicos al absorber nutrientes en solución que posteriormente fija en sus tejidos temporalmente.

Esto se observa bastante bien en Urbasa: la diferente conformación de suelos de bosque, frente a suelos en pastizal.

5. EL PAPEL DEL TIEMPO EN LA FORMACIÓN DE LOS SUELOS

Cada uno de los factores anteriormente comentados ejercen su influencia en la formación del suelo a lo largo del tiempo, dando lugar a características morfológicas distintas. Los suelos jóvenes e inmaduros son aquellos que han desarrollado pocas propiedades y que sus horizontes están poco desarrollados. A medida que van evolucionando, sus características se desarrollan más rápidamente originando suelos más profundos y también más diferenciados los unos de los otros.

Otro factor a tener en cuenta es el factor antrópico, por un lado, hay suelos que llevan cientos, incluso miles de años de agricultura, pastoreo, quemados, etc. y, por otro lado, cuando realizamos trabajos de cartografía de suelos, es muy habitual encontrar cada vez más zonas alteradas para diversos usos: canteras, vertederos, zonas de préstamo de materiales para infraestructuras, etc.

METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA DE SUELOS 1:25.000 EN NAVARRA

Como se ha mencionado anteriormente, Navarra cuenta con una gran variabilidad geológica y climatológica y esto resulta, a su vez, en una amplia diversidad de suelos. En 1981 el Gobierno de Navarra apostó por el estudio de sus suelos, y desde entonces hasta la actualidad, se ha cartografiado el 44% del territorio a escala 1:25.000 y se han descrito cerca de 19.000 perfiles de suelos, de los cuales más de 11.000 cuentan con sus correspondientes analíticas.

La metodología para la elaboración de la cartografía de suelos a escala semidetallada en Navarra (1:25.000) se basa en el modelo suelo-paisaje, donde los límites de los recintos de suelos corresponden a límites del paisaje atendiendo a criterios climáticos, fisiográficos, geomorfológicos, de material de origen, uso del suelo y vegetación natural, criterios que corresponden a los factores formadores de suelo.

El estudio de los factores formadores del suelo y su distribución en el terreno, junto con la caracterización real en campo son la base metodológica para la elaboración de la cartografía de suelos.

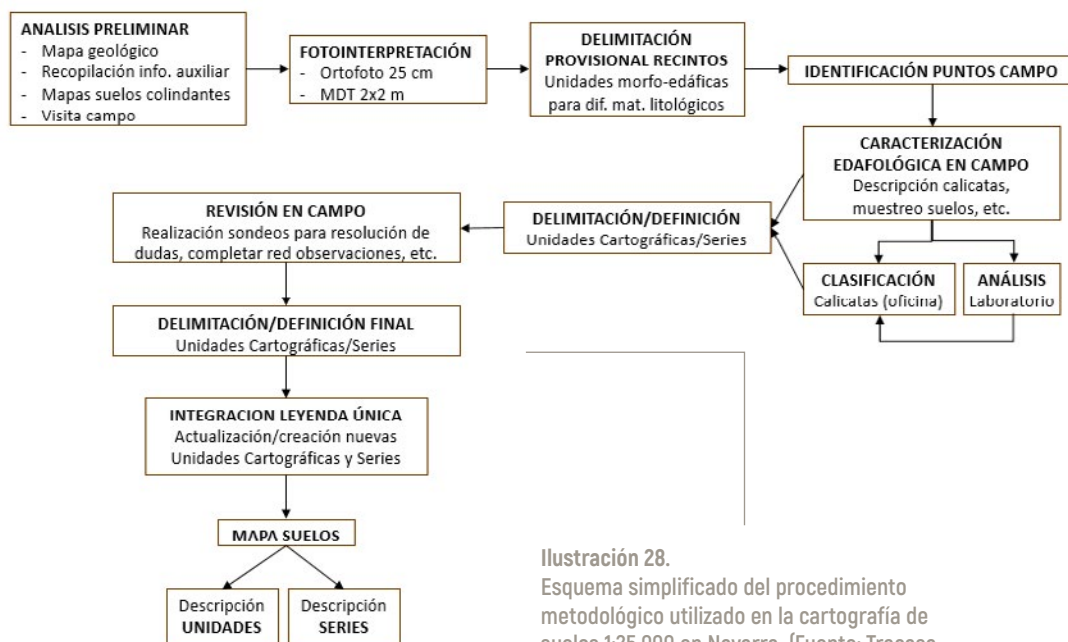


Ilustración 28.

Esquema simplificado del procedimiento metodológico utilizado en la cartografía de suelos 1:25.000 en Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

Además de los SIG, imprescindibles actualmente para el manejo de la información geográfica, cabe resaltar que, en Navarra se utilizan dos aplicaciones informáticas que agilizan significativamente el manejo de dicha información para la elaboración de la cartografía de suelos: el Banco de Suelos y el software PurVIEW.

» Banco de Suelos

Esta aplicación, diseñada por [Tracasa](#) y el Gobierno de Navarra, sirve para la toma de datos en campo, la gestión de observaciones, el volcado de los datos analíticos recibidos del laboratorio, la gestión de las fotos de los perfiles, la realización de cálculos estadísticos y la generación automática de informes y triángulos texturales. Permite, además, realizar consultas personalizadas, que seleccionan y muestran las observaciones que cumplen con los criterios establecidos.

El Banco de Suelos es de gran ayuda en la clasificación de los horizontes de cada perfil, así como para la toma de decisiones en la elaboración de los mapas de suelos y en las agrupaciones en unidades cartográficas, series y fases. Permite realizar análisis geoestadísticos previos y posteriores a la elaboración de los mapas de suelos y/o mapas derivados (Clases Agrológicas y Aptitud al Riego).

» PurVIEW

Es una aplicación informática que, utilizada sobre ArcGIS, facilita considerablemente la fotointerpretación digital del territorio al proporcionar visión estéreo-sintética en 3D de amplias zonas del mismo. Requiere de la utilización de gafas especiales para la visión en 3D. De esta manera, se generan los recintos del mapa de suelos.

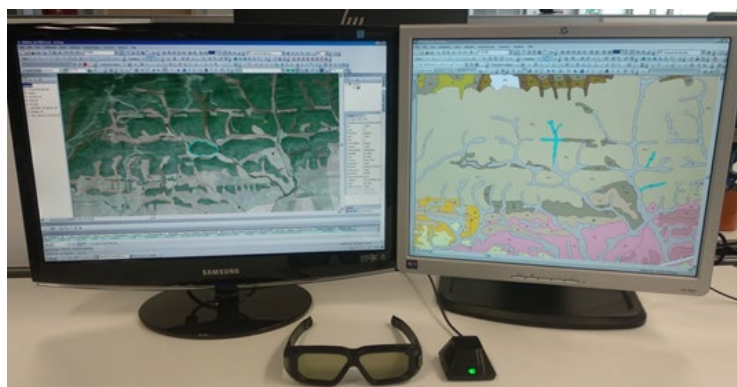


Ilustración 29.
Equipo que proporciona visión estéreo-sintética en 3D empleada para la fotointerpretación del territorio. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

Tras estudiar la geomorfología de la zona y las características de los perfiles, éstos se comparan con perfiles de otros lugares cercanos y más lejanos. Se ordenan y clasifican siguiendo la clasificación americana (Soil Taxonomy), aunque actualmente se clasifican también según el sistema WRB. De este modo se agrupan aquellos perfiles que son iguales o muy similares y se separan de aquellos que presentan características diferentes.

El análisis de toda esta información gráfica y alfanumérica da como resultado el mapa de suelos 1:25.000 de Navarra. Éste es un mapa continuo con Leyenda Única para la totalidad del territorio. Cada Unidad Cartográfica (en adelante, UC) puede contener hasta tres tipos diferentes de suelos, denominados Series. A cada recinto, además, se le asigna una Fase que aporta información adicional, a nivel de polígono, referente a salinidad, pendiente, pedregosidad, afloramientos, erodabilidad, etc. Los parámetros que se definen para cada una de las series que componen la unidad cartográfica son los siguientes:

- Clasificación taxonómica del suelo, según Soil Taxonomy
- Propiedades de la sección control: textura, mineralogía y profundidad
- Propiedades del horizonte superficial: textura y mineralogía
- Geomorfología

Tabla 2. Ejemplo de la leyenda de la cartografía de suelos a escala 1:25.000 de Navarra en Leyenda Única.
 (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

UNIDAD CARTOGRÁFICA	SERIE	CLASIFICACIÓN SOIL TAXONOMY	FAMILIAS	HORIZONTE SUPERFICIAL	GEOMORFOLOGÍA
58	84	Fluentic Haploxerepts	Arcillosa fina, mixta, profunda	Franco arcillo limosa, mixta	Terrazas bajas y fondo aluvial del Ega
	85	Typic Xerofluvents	Franca gruesa, carbonática, profunda	Franco arenosa, carbonática	Terrazas bajas y fondo aluvial del Ega
	629	Typic Xerofluvents	Franca fina, mixta, profunda	Franca, mixta	Terrazas bajas y fondo aluvial del Ega

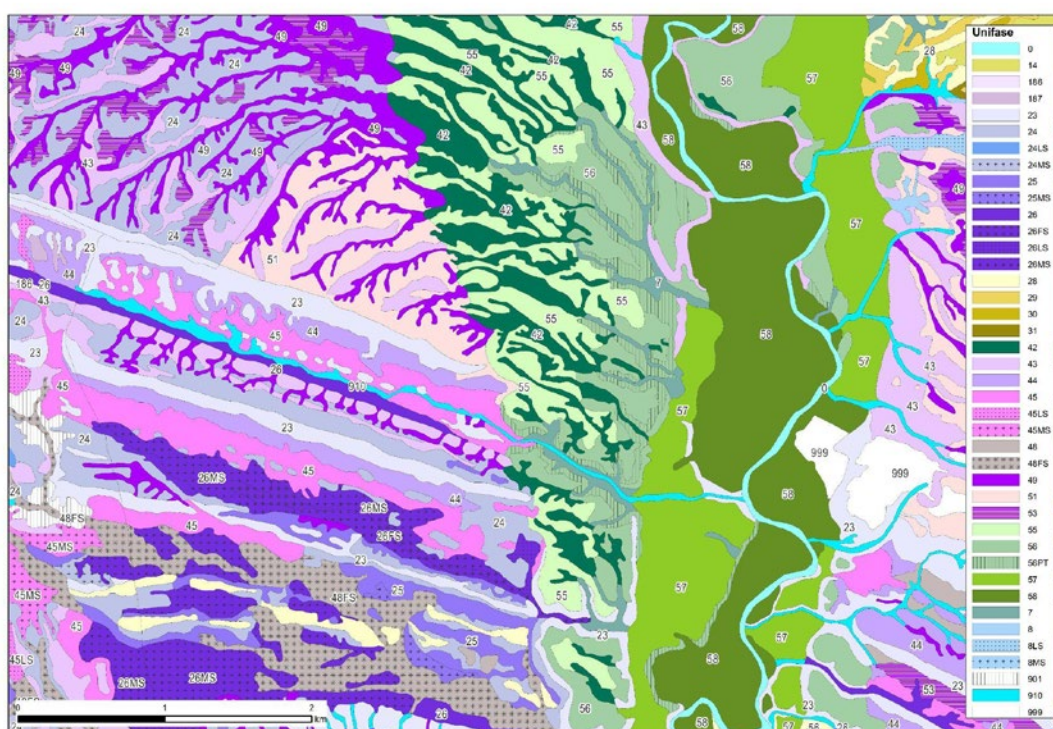


Ilustración 30.

Ejemplo de la cartografía de suelos a escala 1:25.000 de Navarra en Leyenda Única, según Unifases (combinación de Unidad Cartográfica y Fase). (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

A pesar de que la gran mayoría de la cartografía de suelos está vectorizada e integrada en el mapa de suelos continuo de Navarra a escala 1:25.000, hay parte de información antigua que está en formato papel o con leyenda propia que todavía no se ha incorporado al mapa único de Navarra. A continuación, se resume en varias imágenes el estado de la cartografía de suelos de Navarra:

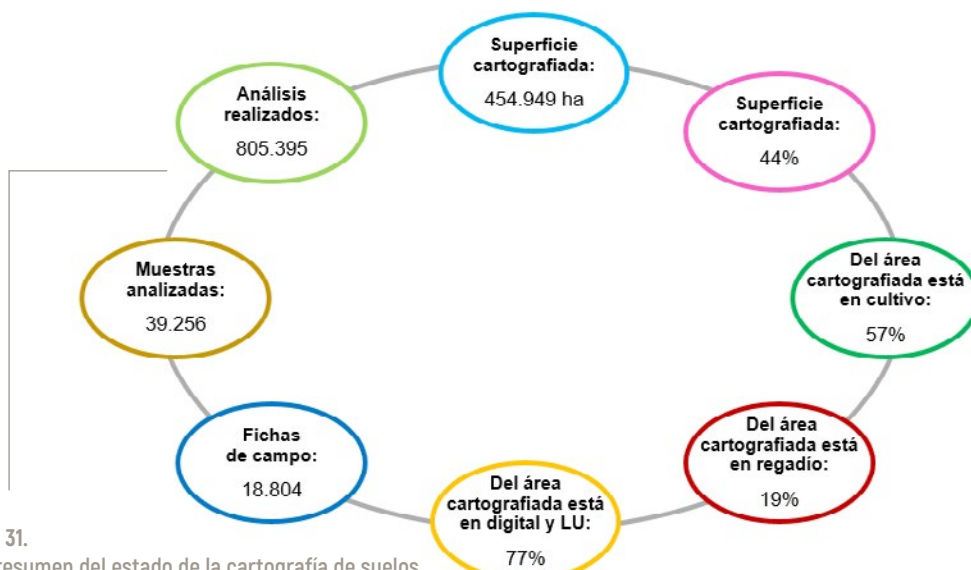


Ilustración 31.
Diagrama resumen del estado de la cartografía de suelos de Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

Ilustración 32.
Estado actual de la red de observaciones de Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

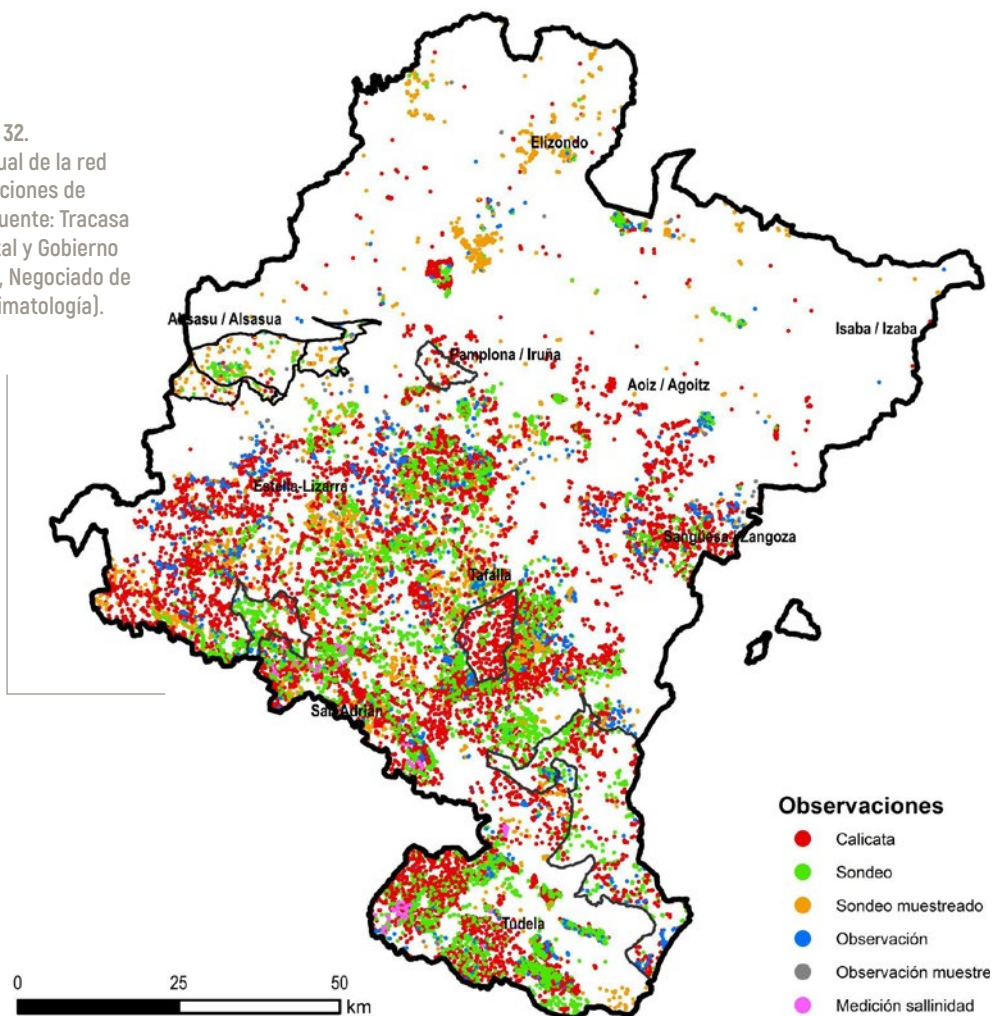
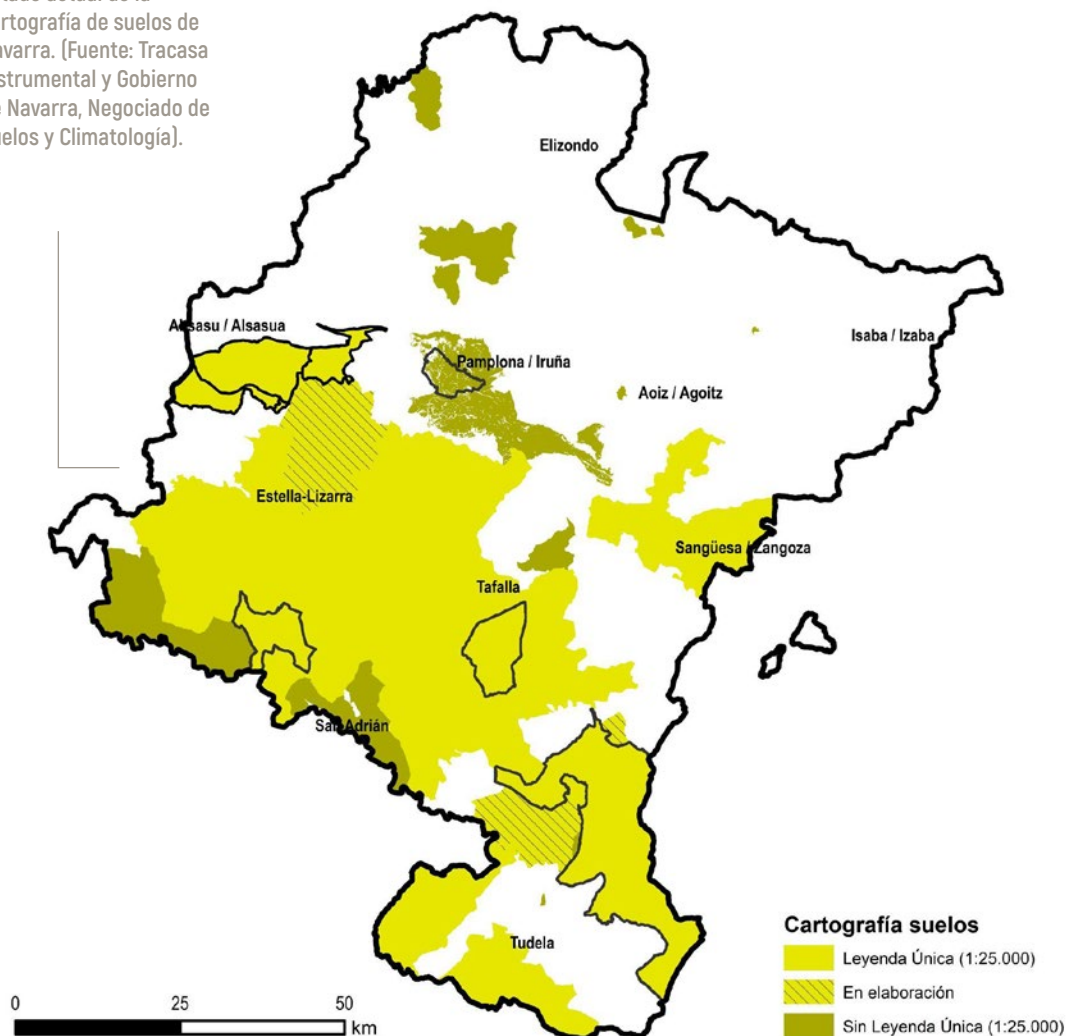


Ilustración 33.

Estado actual de la cartografía de suelos de Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



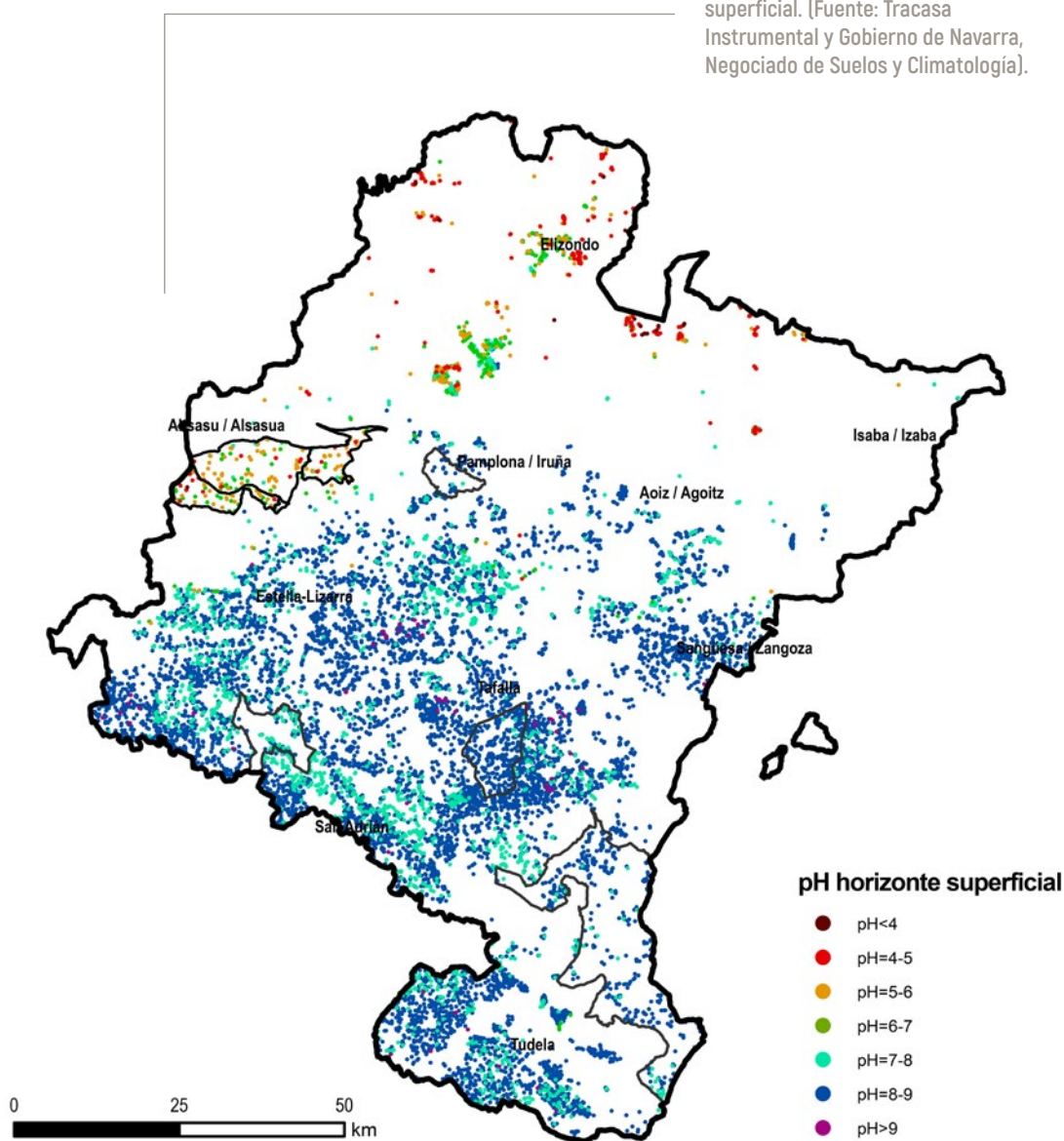
Toda la información edafológica unificada está publicada en el visor **IDENA** (Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra), una herramienta de acceso público a la información geográfica integral del territorio de Navarra. El **Geoportál de Navarra** constituye un proyecto dinámico, común y abierto a toda la ciudadanía, donde junto a otras muchas capas de información, se puede encontrar la siguiente información de suelos:

- [Mapa de Suelos de Navarra a escala 1:25.000](#)
- [Red de observaciones de suelos de Navarra](#)
- [Mapa de Clases y Subclases Agrológicas de Navarra a escala 1:25.000](#)
- [Mapa de Clases y Subclases de Aptitud al Riego de Navarra a escala 1:25.000](#)

PRINCIPALES TIPOS DE SUELOS EN NAVARRA

La diversidad geológica y climatológica de Navarra resulta en una gran variabilidad de suelos para este pequeño territorio. Centrándonos en los principales tipos de suelos, podemos asumir ciertas generalidades: en el norte, debido a las elevadas precipitaciones, se encuentran suelos ácidos generados por el lavado de las bases y no es raro encontrar suelos con pH de 5 e, incluso, 4,5. A veces, en suelos cultivados, encontramos pH más básicos debido al aporte de cal a lo largo de los años para mejorar su fertilidad.

Ilustración 34.
Distribución del pH del horizonte superficial. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



En la zona norte nos podemos encontrar suelos oscuros con Value y Chroma de 3/3 o menos que serán horizontes mólicos si están saturados en más del 50% por bases, dando lugar a suelos clasificados como mollisoles y si están menos saturados que el 50% están clasificados como horizontes úmbricos.

En zonas arenosas del norte, debido a la elevada precipitación, podemos tener Podzoles (con horizontes álbicos, espódicos y argílicos) formados por el arrastre de arcillas, óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio y materia orgánica por el agua y su posterior acumulación; es típico en suelos sobre calcarenitas y en ocasiones aparecen sobre conglomerados.

En zonas más al sur tenemos pH más básicos y es frecuente, según el material parental, la presencia de horizontes de acumulación de carbonatos (cálcicos) u horizontes de acumulación de yeso (gypsicos).



Ilustración 35.

Perfil Erro-76, en Sorogain (Erro); el pH del horizonte superficial es de 3,9. [Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].

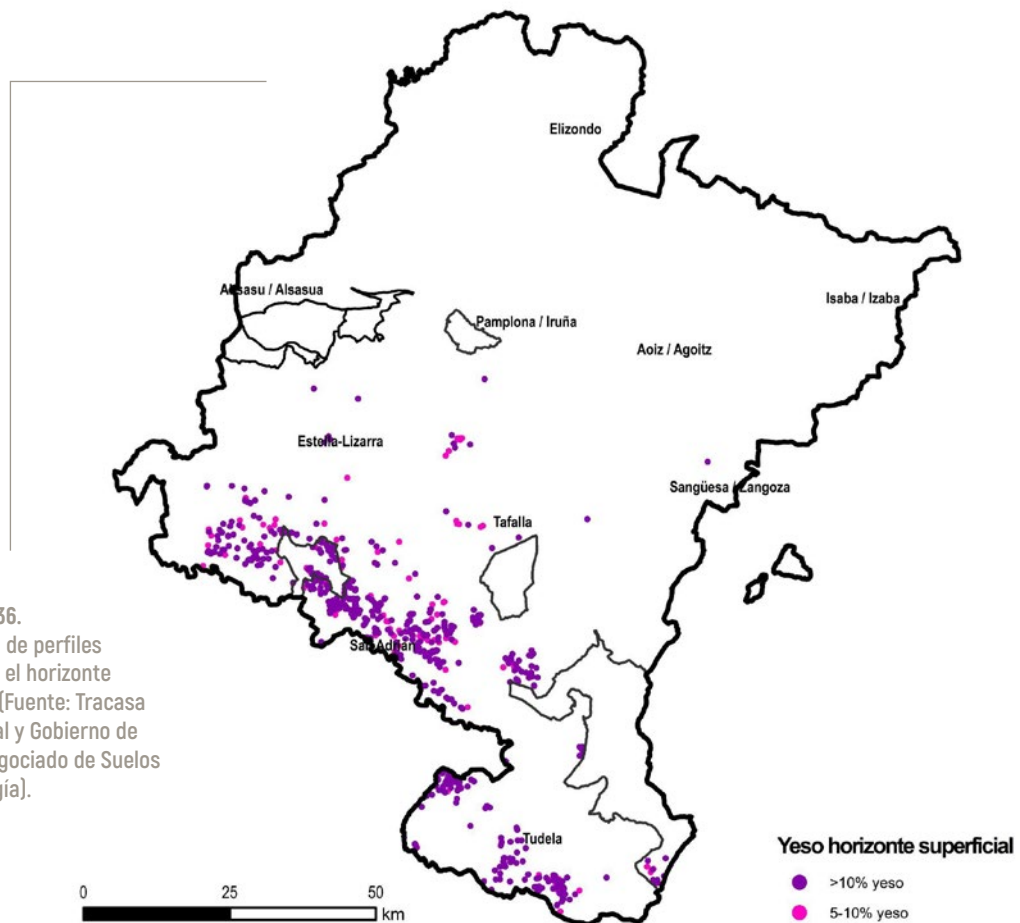


Ilustración 36.

Distribución de perfiles con yeso en el horizonte superficial. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Ilustración 37.
Perfil Peralta-285, donde se observa un epipedón móllico sobre yeso meteorizado. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

Ilustración 38.
Perfil Funes-167. En este suelo desarrollado sobre un horizonte petrocálcico, la superficie está prácticamente cubierta de cantos rodados y en el perfil la pedregosidad supone un 40-90%. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

En zonas de terrazas (cantos rodados y materiales más finos dejados por el río) son frecuentes suelos con horizontes cálcicos y en las terrazas más altas y antiguas se suele producir la cementación de los carbonatos apareciendo horizontes petrocálcicos.

En zonas de vaguadas y laderas de acumulación es muy frecuente encontrarnos con suelos con descenso irregular de materia orgánica (debido a procesos de acumulación de materiales erosionados en zonas aledañas) y tenemos suelos con características Fluvent en Soil Taxnomy (descenso irregular de la materia orgánica).

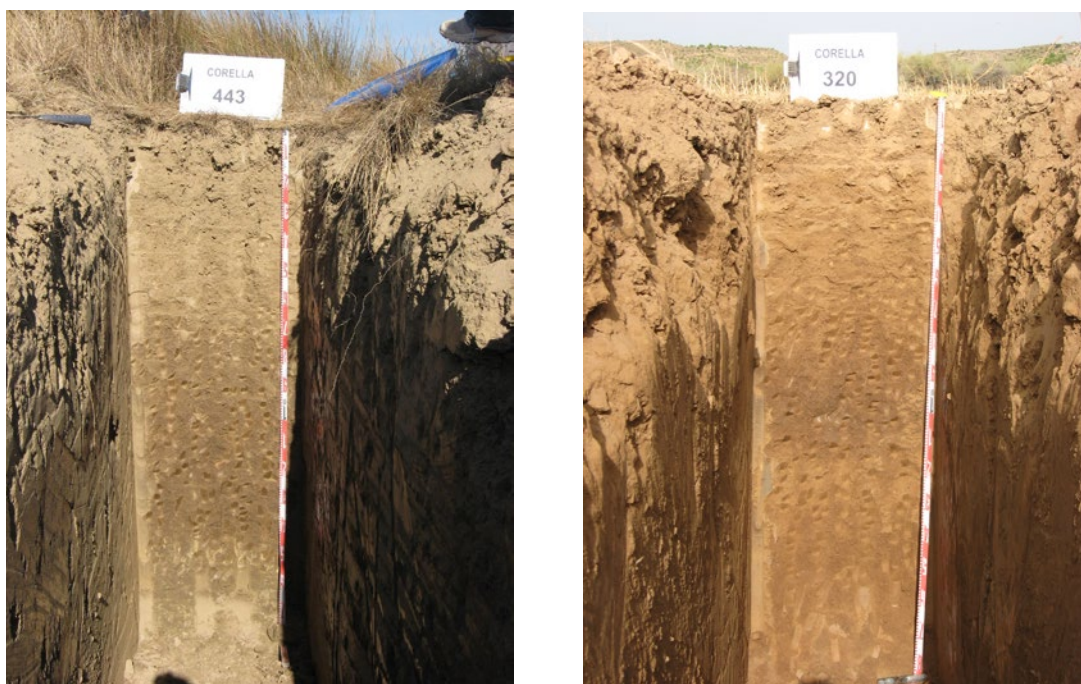


Ilustración 39.
Perfiles en Corella con descenso irregular de materia orgánica.
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

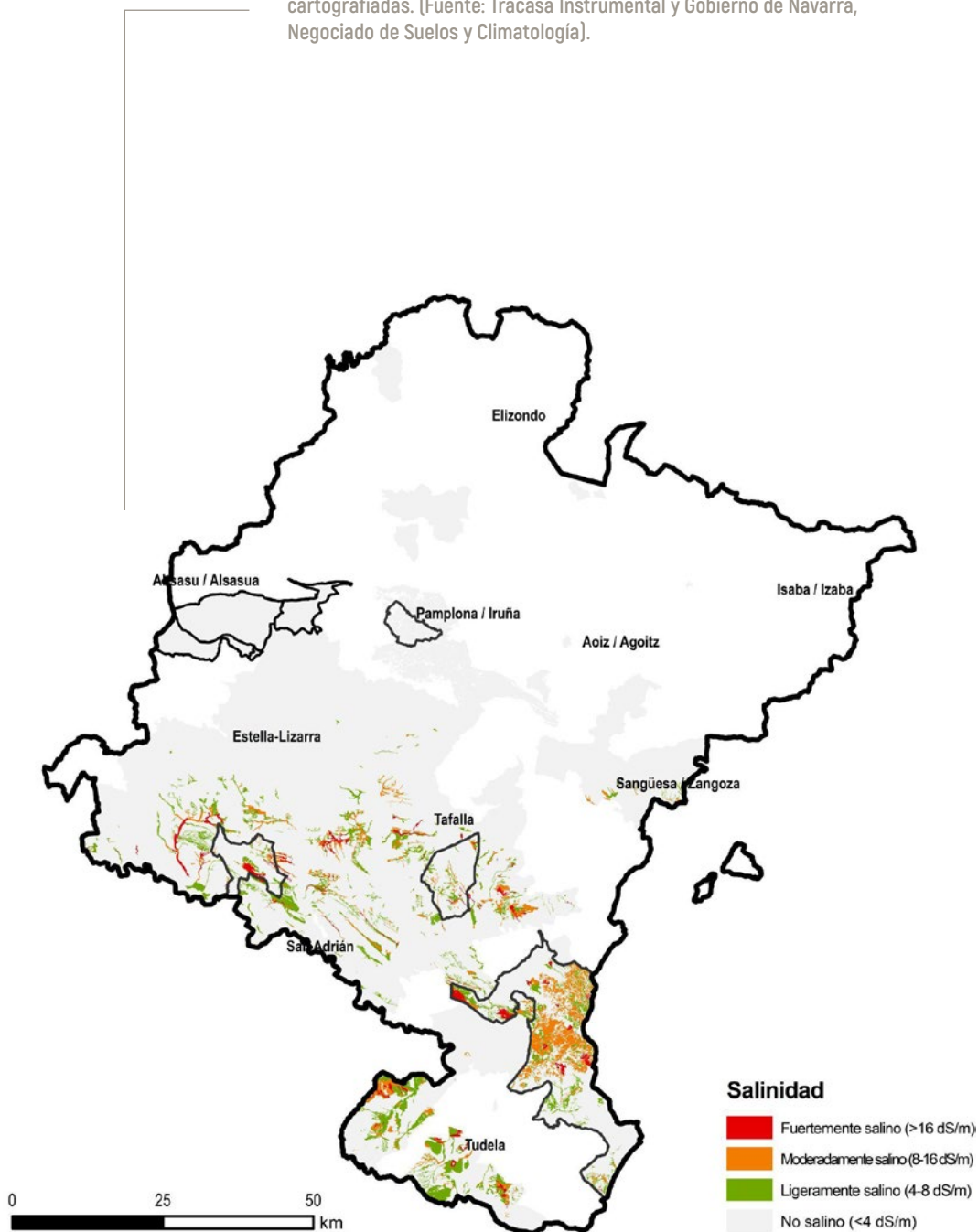
También son frecuentes suelos con horizontes superficiales engrosados debido a la acumulación de materiales erosionados en el horizonte superficial.



Ilustración 40.
Perfil en Eriete. Se observa claramente la erosión de la parte alta de la ladera a la derecha de la imagen y la acumulación de parte de ese material sobre el perfil de la parte baja a la izquierda de la imagen. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).

En zonas de vaguadas y endorreicas en un contexto de clima árido, si hay presencia de sales en el material de origen, en muchos casos, tenemos suelos con salinidad elevada (el agua se evapora y deja en la superficie la sal que lleva disuelta), este proceso, que es natural en muchas zonas, puede verse acelerado por la acción humana si se realizan puestas en regadío en zonas con drenaje insuficiente o se produce un mal manejo del agua de riego.

Ilustración 41.
Distribución de los suelos salinos en Navarra, según las zonas ya cartografiadas. [Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].



EXCURSIONES RENS XXXIII

En la RENS 2023 se van a realizar tres salidas a campo donde se podrá conocer la variabilidad de los suelos de Navarra.

En la primera excursión visitaremos la Ribera de Navarra, haciendo varias paradas dentro del del **Parque Natural y Reserva de la Biosfera de Bardenas Reales de Navarra**. Primero, iremos a la cuenca experimental agraria de Landazuría, que forma parte de la red de cuencas experimentales del Gobierno de Navarra; allí conoceremos el modo de funcionamiento de estas cuencas y algunos de los datos que se obtienen. Posteriormente, en el centro de información de Bardenas conoceremos algunos aspectos del Parque y visitaremos cuatro calicatas en la finca Los Aguilares de Arguedas. Para terminar, realizaremos un recorrido en autobús por La Blanca Baja, haciendo diversas paradas para ver algunos paisajes más espectaculares de las Bardenas.

En la segunda salida se visitarán 5 perfiles en dos escenarios completamente diferentes. A la mañana, conoceremos los suelos del **Parque Natural de Urbasa-An-día**. Veremos la importancia del material de partida en el tipo de suelos que nos encontramos: en poca distancia pasaremos de un podzol a un perfil con precipitados de carbonatos. Conoceremos, también, aspectos geológicos y organizativos del Parque. Por la tarde, visitaremos el Salobre de Sesma para ver suelos con una salinidad muy elevada y una vegetación adaptada a esas condiciones extremas.

El último día lo dedicaremos a la experimentación de suelos, (i) viendo ensayos de aportación de enmiendas orgánicas realizadas por la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona (MCP) e Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA) en Arazuri y (ii) conoceremos aspectos de la experimentación en viticultura y enología que está realizando la Estación de Viticultura y Enología de Navarra (EVENA), donde visitaremos un ensayo en viñas ubicado en una terraza alta en Olite que destaca por su pedregosidad y acumulación de carbonatos, llegando a cementarse y formarse petrocálcicos; aquí veremos 2 perfiles de suelos. Terminaremos la jornada, y la RENS XXXIII, con una degustación de productos navarros en el **Enozentrum** de Olite.

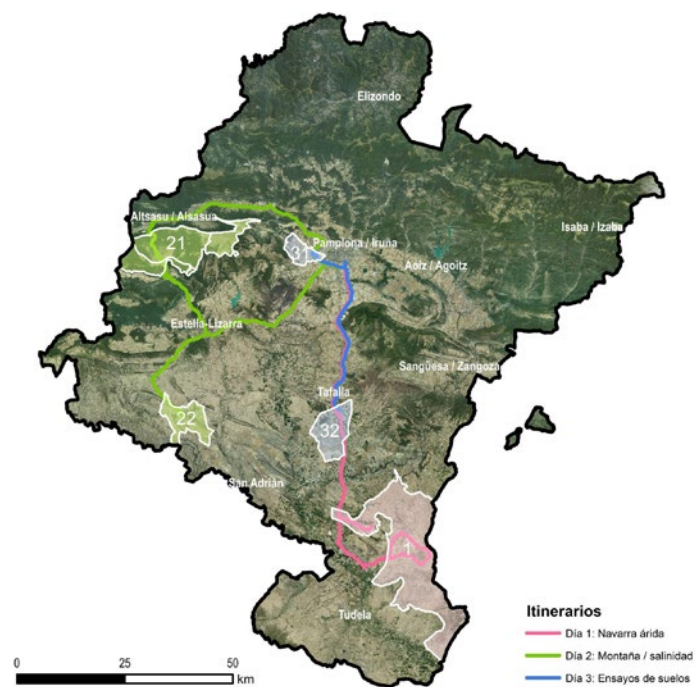


Ilustración 42.
Itinerarios de las salidas de campo de la RENS XXXIII. (Fuente: Tracasa Instrumental).

JORNADA 1: La Navarra árida

La primera salida a campo de la RENS se centra en los suelos áridos del sur de Navarra. Concretamente, se visitará el Parque Natural y Reserva de la Biosfera de Bardenas Reales: Primeramente, se hará una parada para ver la cuenca experimental agraria de Landazuría, posteriormente, se realizará una visita al Centro de Información de Bardenas Reales situado en Arguedas (finca Los Aguilares), donde se verán varios perfiles de suelos. Para finalizar, se realizará una ruta en autobús por La Blanca Baja, parando en diferentes puntos de interés.

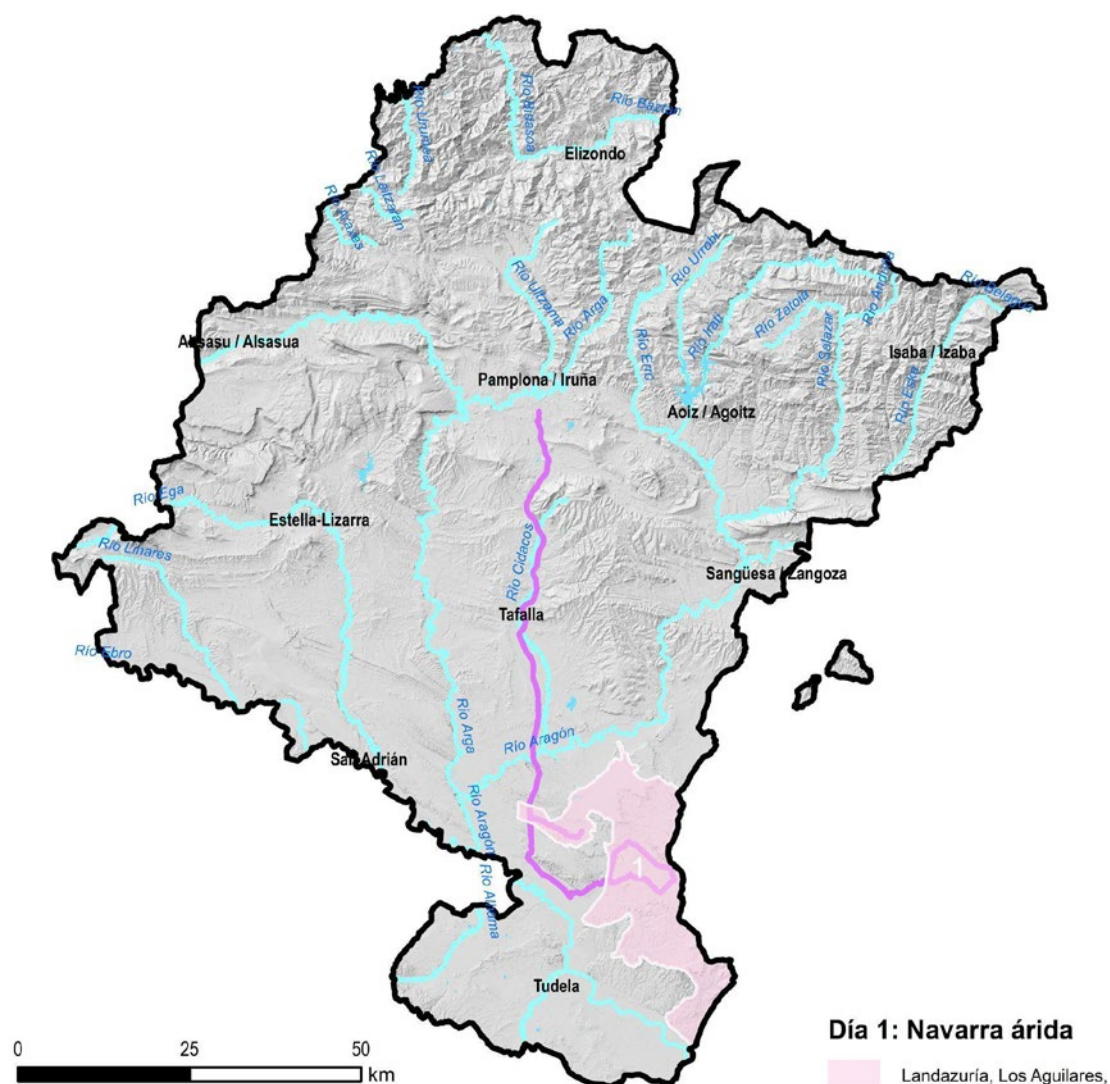


Ilustración 43. Itinerario del primer día de la salida de campo, donde se visitará la cuenca experimental de Landazuría (Bardenas Reales), la finca Los Aguilares (Arguedas) y La Blanca Baja de Bardenas Reales. (Fuente: Tracasa Instrumental).

◆ Descripción general del Parque Natural y Reserva de la Biosfera de las Bardenas Reales

El Parque Natural de Bardenas Reales se encuentra situado en el SE de Navarra, en el centro de la depresión del Valle del Ebro, con una superficie de 41.845 hectáreas. Sus ejes máximos son de 45 km en dirección norte-sur y de 24 km en dirección este-oeste. Limita al norte, sur y oeste con un total de trece municipios navarros y por el este con la Comunidad Autónoma de Aragón. Sus altitudes oscilan entre los 280 y los 659 metros.

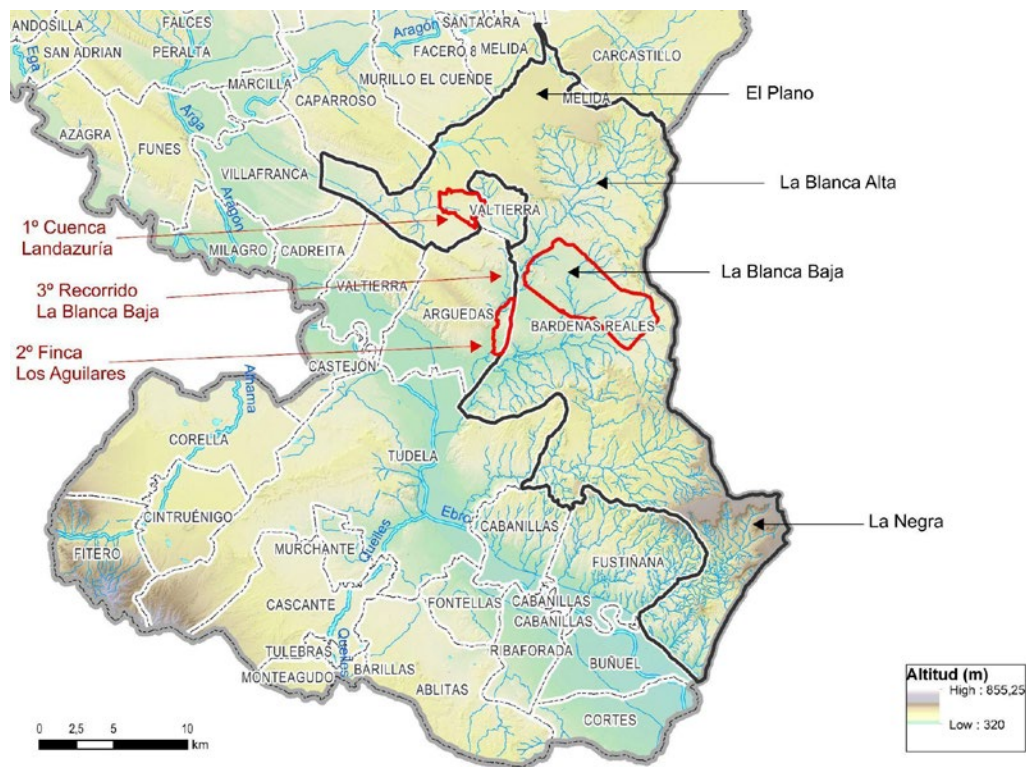


Ilustración 44.

Mapa de localización de El Plano, La Blanca y La Negra de Bardenas Reales. En rojo, los parajes a visitar: la cuenca de Landazuría, la finca Los Aguilares y la ruta por La Blanca Baja. (Fuente: Tracasa Instrumental).

Según [Bardenas Reales de Navarra - Web Oficial](#) y [Bardenas Reales de Navarra - Geología - Guía del visitante](#), 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).

En los años 80 del siglo pasado el Instituto Navarro del Suelo, antecesor de la unidad de suelos del Gobierno de Navarra, realizó el [mapa de suelos](#) de las Bardenas Reales a escala 1:25.000 como parte del estudio del Plan de Gestión que se hizo previamente a su declaración de Parque Natural, y, posteriormente, en 2021, se integró en Leyenda Única.

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 miramos de cerca. Se divide en tres grandes zonas, al norte "El Plano" ocupando una extensa terraza alta cua-

ternaria, en la zona central “La Blanca” formada por amplias y desoladas depresiones, desgarradas por abruptos barrancos y rodeadas por cortados verticales, grandes planas y cabezos solitarios, que dan sentido a la denominación de “malas tierras”. Su aspecto desértico evoca lugares remotos. Finalmente, la zona meridional se denomina “La Negra” y está formada por un paisaje tabular dominado por estratos de caliza horizontales y por una vegetación boscosa ausente en las otras dos zonas. Está a una cota superior que la zona de La Blanca. Las tres visitas de la jornada que realizaremos en Bardenas se encuentran ubicadas en La Blanca, por lo que, es esta zona la que más en detalle se describe en el presente cuaderno.

Ilustración 45.
El Plano. [Fuente:
Jokin del Valle de
Lersundi].



Ilustración 46.
La Blanca. [Fuente:
Jokin del Valle de
Lersundi].

Ilustración 47.
La Negra. [Fuente:
Jokin del Valle de
Lersundi].



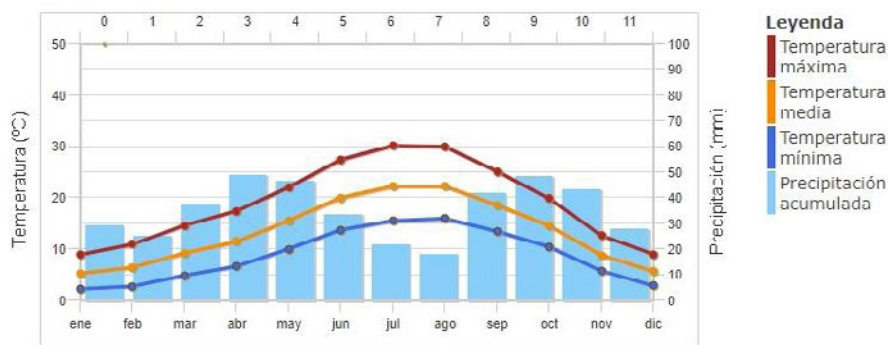
Clima

El clima que caracteriza La Blanca de Bardenas Reales es mediterráneo continental, predominando las precipitaciones escasas, irregulares, torrenciales y de carácter equinoccial (máximos en primavera y otoño). Esto propicia una larga estación seca, con veranos cálidos e inviernos fríos. Estos contrastes, los fuertes vientos (sobre todo el cierzo) y la escasa vegetación, son los agentes modeladores de este terreno por excelencia.

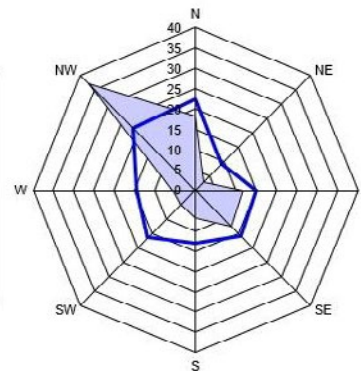
Para la caracterización climática de esta zona se dispone de la **estación meteorológica automática de Bardenas-El Yugo**, que tiene un período de registro de más de 30 años. Los principales valores climatológicos de la misma para el periodo 1991-2020 son:

Tabla 3. Principales valores climatológicos de la estación automática de Bardenas-El Yugo. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PRECIPITACIÓN MEDIA (mm/año)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	ETP (THORNTHWAITE)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 H (T=10 años) (mm)
408,3	13,4	737,5	75,7



Sector	Frecuencia %	Velocidad Media (Km/h)
N	18.2	22.3
NE	3.0	9.3
E	11.9	15.2
SE	12.1	15.8
S	6.8	13.1
SW	5.2	16.5
W	5.5	14.6
NW	37.0	21.6



□ % de veces en que el viento viene de cada dirección ■ Velocidad media (Km/h)

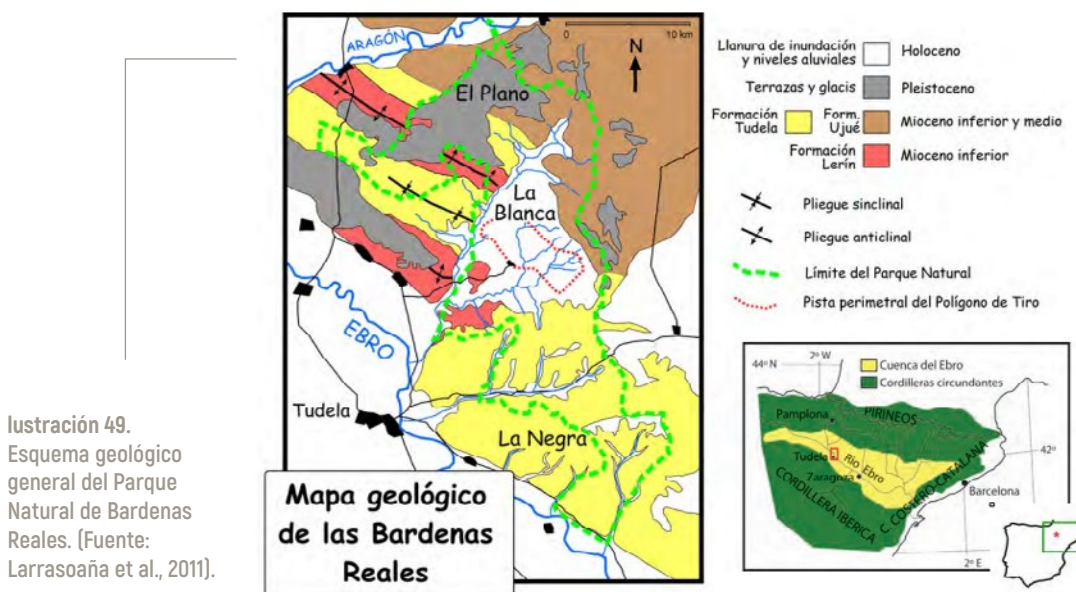
Ilustración 48. Diagrama ombrotérmico y rosa de los vientos de la estación automática de El Yugo (Arguedas). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

Un factor importante en el clima local es el viento, dominado por el cierzo, como puede verse en la rosa de los vientos de El Yugo.

Geología

La escasa vegetación existente de las Bardenas 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.

La Bardena está situada en la margen noroccidental de la Unidad Geológica de la Depresión del Ebro, formada exclusivamente por materiales del Cenozoico y el Cuaternario (Larrasoña et al., 2011). A excepción de las capas de yesos (que se pueden observar sobre todo en Arguedas, en Los Aguilares, la Estroza, la Bardenilla y en el Vedado de Eguaras), que pertenecen a la formación geológica de Lerín, el resto de las rocas se incluyen dentro de la formación Tudela y Ujué.



Las rocas que podemos observar en las Bardenas Reales pertenecen a Cuenca del Ebro, extensa depresión cerrada que se formó entre los Pirineos, la cordillera Ibérica, y la cordillera Costero-Catalana como consecuencia del empuje entre la Península Ibérica y Europa durante la orogenia Alpina. Hace unos 36 millones de años, el levantamiento progresivo de estas cordilleras cortó la conexión de la depresión con el mar, momento que marca el nacimiento de la cuenca.

Los ríos que antes drenaban al mar pasan a desaguar en el centro de la depresión, donde se forman enormes lagos y pantanos. El sedimento arrastrado por estos ríos se va acumulando dependiendo de la fuerza del agua. En la cabecera de los ríos se acumulan los bloques y piedras de mayor tamaño, mientras que aguas abajo se van depositando materiales cada vez más finos, tales como gravas, arenas, limos y arcillas. En las zonas pantanosas se acumulan los limos y arcillas más finos junto con el carbonato de calcio disuelto en el agua. Du-

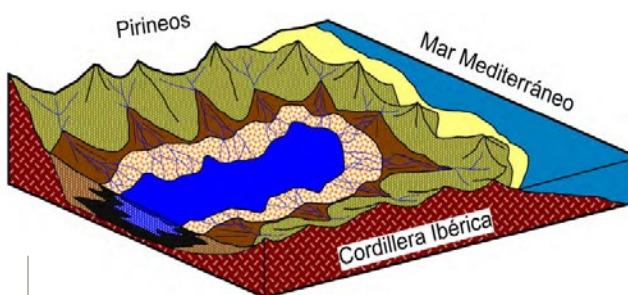


Ilustración 50. Formación de la Cuenca del Ebro tras el levantamiento progresivo de las cordilleras que lo rodean, cortando la conexión de la depresión con el mar. (Fuente: Larrasoña et al., 2011).

rante periodos de clima árido, la evaporación es mucho más importante y da lugar a la precipitación de sales evaporíticas.

La sedimentación perdura durante los siguientes 25 millones de años, hasta que la Cuenca del Ebro acaba siendo rellenada por una pila de sedimentos de hasta 5.500 metros de espesor. Bajo su propio peso, los sedimentos se compactan y endurecen hasta convertirse en rocas. Las gravas se transforman en conglomerados, las arenas en arenisca, los limos y arcillas en lutitas, los barros carbonatados en calizas y margas, y las sales en yesos.

En las Bardenas Reales podemos encontrar rocas depositadas en la zona de encuentro entre los ríos que bajaban de las montañas y los lagos que ocupaban la parte central de la cuenca. Podemos observar una pila de rocas de casi 700 metros de espesor, que se formaron entre hace 21 y 15 millones de años durante el denominado periodo Mioceno.

El registro fósil indica que el paisaje en aquellos tiempos era similar al de la sabana africana actual. En las zonas pantanosas vivían cocodrilos, peces, tortugas, castores y bandadas de flamencos, y por las llanuras circundantes se paseaban manadas de cérvidos primitivos, rinocerontes, jiráfidos y mastodontes (parientes extinguidos de los elefantes actuales), así como diversos tipos de roedores y carnívoros, entre otros animales.

Al final del Mioceno, posiblemente hace unos 12 millones de años, la incisión fluvial en la vertiente mediterránea de la Cordillera Costero-Catalana llega a capturar la red de drenaje de la Cuenca del Ebro, incluido su gran lago interior. A partir de entonces, entramos en una fase de erosión generalizada en la que el antecesor del río Ebro y sus afluentes comienzan a excavar el relleno sedimentario acumulado anteriormente en la cuenca.

Esta etapa erosiva se ve interrumpida puntualmente durante los periodos glaciares del Cuaternario (últimos 2.6 millones de años), cuando se acumulan gravas en terrazas fluviales y glaciares. Las sucesivas fases de encajamiento y estabilización de la red de drenaje a lo largo del Cuaternario condicionan la formación y erosión de varios niveles escalonados de glaciares que ocupan, a medida que la red de drenaje se va encajando, posiciones cada vez más bajas.

Ilustración 51.
Sedimentación de la Cuenca del Ebro. (Fuente: Larrasoña et al., 2011).

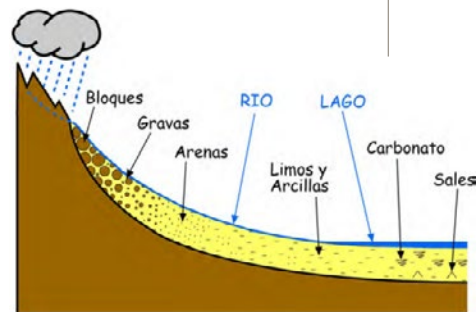
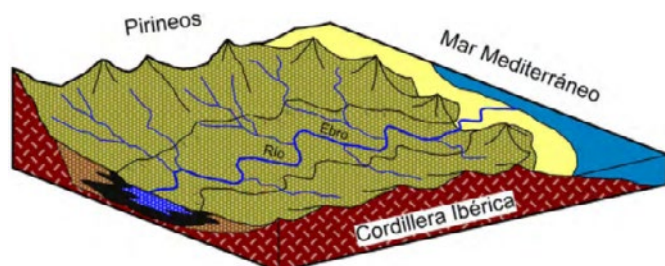


Ilustración 52.
Rastro de huellas fósiles de un rinoceronte del terciario en un estrato. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).

Ilustración 53.
Fase de erosión en la que el antecesor del Ebro y sus afluentes comienzan a excavar el relleno sedimentario. (Fuente: Larrasoña et al., 2011).



Durante el Holoceno (últimos 11.500 años), y debido a lo blando de su sustrato lutítico, la Bardena Blanca se termina de configurar como una gran zona deprimida en la que se acumulan sedimentos derivados de la erosión de los relieves circundantes. Pequeñas oscilaciones climáticas dentro de un contexto de aridez generalizada hacen que los periodos de sedimentación se alternen con etapas de incisión de la red de drenaje, de manera que se termina de configurar el relieve que actualmente se observa en la Bardena Blanca. Es posible que la actividad ganadera (300.000 ovejas trashumantes en el siglo XVI), la deforestación durante la Pequeña Edad del Hielo para obtención de leña (siglos XVII-XVIII), y la roturación agrícola de principios del XX (20.000 ha en 1950), hayan podido aumentar la actividad de los procesos erosivos.

A medida que los procesos de erosión actúan, el relieve se va configurando en función de la dureza del sustrato geológico. Las areniscas miocenas y las gravas cuaternarias, que tienen un origen fluvial y son más frecuentes en la mitad norte de las Bardenas Reales, resisten bien la erosión y preservan de la misma a las lutitas situadas inmediatamente por debajo. Esto da lugar a la formación de cabezos, entre los cuales destacan Castildetierra y Pisquerra. Las calizas, que tienen un origen lacustre y dominan en la Bardena Negra, dan lugar a la formación de extensas planas y cabezos tales como la Plana de la Negra y el Balcón de Pilatos. La Bardena Blanca, en donde predominan las lutitas, se configura como una zona deprimida que ha sido aprovechada por la red de drenaje para excavar su salida hacia el río Ebro.

Las laderas de los cabezos y planas suelen aparecer tapizadas de derrubios. Estos depósitos de ladera se forman durante periodos más fríos y húmedos del Cuaternario, y son destruidos por la erosión durante periodos más áridos. La alternancia entre fases áridas y húmedas da lugar a la preservación de retazos de antiguas laderas, que se denominan facetas triangulares.

Los procesos erosivos que han modelado el relieve de las Bardenas Reales durante el Cuaternario siguen activos en la actualidad. Es posible diferenciar dos dominios, condicionados por el tipo de sustrato y la topografía, donde reina la erosión.

En las cárcavas desarrolladas sobre lutitas Miocenas, caracterizadas por aristas afiladas y enormes pendientes, la exposición a la lluvia y al sol condiciona el agrietamiento del material y su evacuación a través de regueros (rilling en inglés) de distintas escalas. Cuando la parte superficial más alterada se empapa en agua, se forman coladas de barro.

La erosión que afecta al sustrato Holoceno en la Bardena Blanca da lugar a grandes extensiones de cárcavas con aristas más redondeadas y a la red de barrancos (Grande-Andarraguía-Limas) que drenan el material erosionado hacia el Ebro.

Los sedimentos Holocenos son muy dispersables en agua, lo que favorece la formación, además de regueros, de conductos subsuperficiales (piping) que sirven como vía de evacuación de los sedimentos erosionados. Los barrancos (gullies) presentan escarpes verticales como consecuencia de la erosión lateral de sus márgenes y las caídas de grandes bloques.

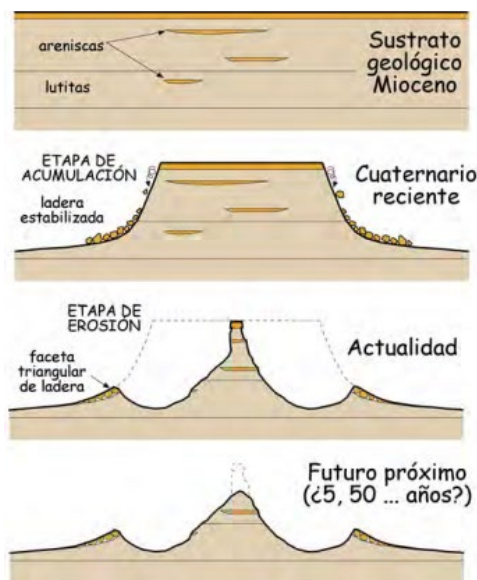


Ilustración 54.
Modelado del relieve durante el Cuaternario.
(Fuente: Larrasoña et al., 2011).

Uso

La posición de Bardenas en la unidad geomorfológica del Valle del Ebro, muy próxima a la zona más árida, condiciona irremediabilmente la flora y vegetación existentes. La vegetación natural de Bardenas es de carácter estepario y mediterráneo. La vegetación actual está formada por la vegetación natural (pastos, matorrales...) y la de origen antrópico (cultivos, repoblaciones...).

Dejando atrás las leyendas urbanas que cuentan la existencia de grandes bosques bardeneros hace pocos siglos, la vegetación potencial en Bardenas, es decir, el máximo ecológico que se podría alcanzar si cesara la influencia del ser humano, no es siempre un bosque. Las condiciones del suelo y del clima hacen que en buena parte del territorio bardenero el máximo esperable sea un matorral alto u otras comunidades parecidas. La vegetación potencial que correspondería para las llanuras superiores de La Negra y El Plano sería un bosque de encinas y quejigos que, en las zonas más secas, pendientes y abarrancamientos se mezclaría con pino carrasco. En los sitios con más pendiente nunca llegaría a formarse un encinar y el máximo esperable sería un pinar de carrasco con coscoja. La Blanca, zona más llana, deprimida y semiárida, presentaría como vegetación potencial un matorral dominado por coscoja y escambrón.

Ilustración 55.

Detalle del mapa de Navarra donde aparecen las Bardenas Reales del Atlas de Juan Blaeu. Como curiosidad, el mapa está orientado con el Norte a la derecha, no arriba como suele ser habitual. (Fuente: Atlas de Juan Blaeu, Amsterdam 1672).



Los cerca de 300 yacimientos arqueológicos que se han descubierto hasta la fecha, demuestran que Bardenas no siempre fue un despoblado, ni un lugar tan hostil con el hombre. Los primeros habitantes llegaron en la Edad del Cobre y continuaron a lo largo de más de 5.000 años hasta que se fue despoblando paulatinamente. De época prehistórica se conserva algún dólmen que muestra ya un uso ganadero. De época romana quedan restos de hornos de pez que aprovechaban madera de la zona.

En la Edad Media ya se encontraban deforestados gran parte de los parajes bardeneros actuales, debido a la incidencia de los usos tradicionales ancestrales y alguna población que existió en su interior. Las áreas con más vegetación entonces serían bosquetes más o menos abiertos de pinos, sabinas y carrascas, además de los saladares con manchas de vegetación halófila. A finales del siglo XIX y principios del XX la gran roturación supuso la desaparición de la mayoría de esas zonas. No obstante, la relativa lentitud del proceso, habida cuenta de que la agricultura no estaba mecanizada, la forma de explotación poco extensiva y la existencia de importantes linderos entre fincas, mantendrían una alta diversidad faunística y botánica. Dado el peso de la ganadería en las ordenanzas ha sido obligatorio el que los campos cultivados se labrasen en año y vez dejando un año de barbecho.

A partir de los años sesenta se intensifica la mecanización del campo, surgen abonos inorgánicos y plaguicidas y más superficies en regadío. Esto supone una nueva transformación del paisaje estepario, cuyas consecuencias son el aumento de superficies cultivadas y disminución de la diversidad.

Hoy por hoy, las comunidades que componen el paisaje vegetal bardenero se agrupan en cinco grandes tipos atendiendo a su fisonomía: bosques, matorrales, pastizales, otras comunidades vegetales y paisaje agrario.

El interés botánico de la flora y vegetación bardenera está relacionado con la singularidad climática de la Depresión del Ebro, caracterizada por una aridez que ha permitido el mantenimiento de comunidades y especies de carácter estepario. Por este motivo, las Bardenas Reales, son consideradas como uno de los ejemplos paradigmáticos de las estepas ibéricas, junto a Monegros.

La vegetación más interesante a este respecto está formada por ontinares y sisallares, espartales, romerales sobre yesos y algunas de las comunidades que integran los saladares. El resto de las comunidades, de carácter mediterráneo, también presentan interés dentro de un contexto europeo.

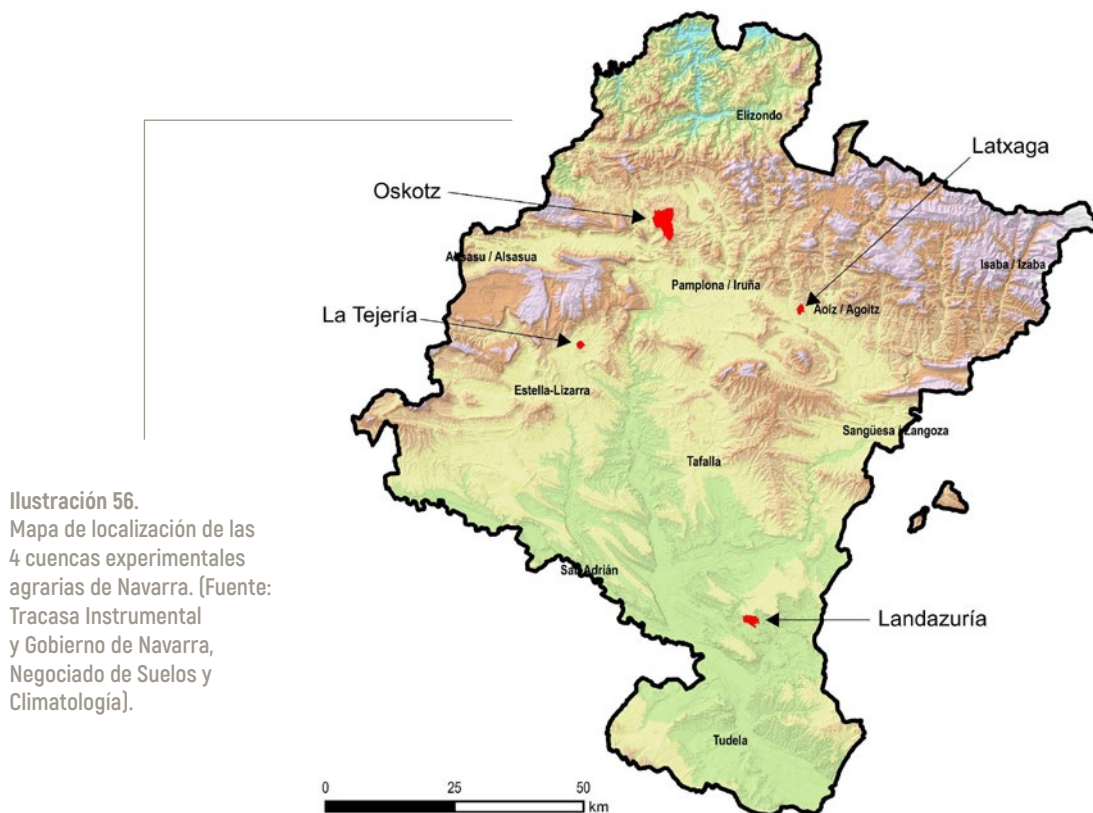
La comunidad faunística de Bardenas está muy ligada a los tipos de vegetación (tanto natural como antrópica) y a los diferentes hábitats presentes, de manera que en cada uno de ellos se hallan especies características de las estepas ibéricas, que indican el alto valor ecológico del Parque Natural.

◆ ITINERARIO 11: Cuenca experimental agraria de Landazuría

Landazuría es una cuenca experimental agraria situada en Bardenas que representa las condiciones de los nuevos regadíos por aspersión. Para su ubicación se buscó una zona de regadío de reciente implantación situada sobre un sustrato impermeable, de manera que se pudieran monitorizar la entrada y la salida de agua. Con la estación de aforos se mide y muestrea el agua que abandona la cuenca.

Cuencas experimentales agrarias

Las **cuencas experimentales agrarias** son una red de cuencas hidrológicas cultivadas e intentan representar las condiciones normales de cultivo y gestión de las zonas más representativas de Navarra. Así, dos de ellas representan los cultivos extensivos de secano: Latxaga (sobre margas del eoceno marino) y La Tejería (sobre margas y areniscas del Oligoceno y Mioceno continentales). La de Oskotz-Muskitz representa las zonas ganaderas del norte y la de Landazuría los nuevos regadíos por aspersión. Todas ellas están situadas sobre materiales impermeables y tienen realizada la concentración parcelaria, de modo que las condiciones superficiales se mantengan estables en el tiempo. El objetivo es conseguir series largas de datos. Se usan y manejan en condiciones normales por los agricultores o ganaderos de la zona; de manera que representen las condiciones reales y habituales de manejo agrario. Se está en permanente contacto con ellos, conocen el proyecto, colaboran aportando información y se publican periódicamente los resultados obtenidos por investigadores que utilizan los datos recopilados. Aunque el objetivo original de las dos primeras, en los años 90, era el estudio de la erosión en áreas cultivadas, rápidamente se amplió al estudio de todo lo que lleva el agua de escorrentía tanto en arrastre, como en suspensión y en disolución, vinculado a la actividad agraria.



En Navarra, como ya se ha comentado, existen cuatro cuencas experimentales: la de Latxaga (Beortegi y Urroz-Villa) y la de La Tejería (Villanueva de Yerri), que representan las condiciones de cultivo de los buenos secanos cerealistas de la zona media de Navarra, y la de Oskotz-Muskitz (Valle de Imotz) en la que se pretende representar una zona ganadera con gestión intensiva; en esta cuenca hay el equivalente en ganado a unas 1.500 Unidades de Ganado Mayor (UGM). Esta última es de mayor tamaño que las dos anteriores y en ella se han construido por ahora dos estaciones hidrológicas, una que representa el agua de escorrentía del área forestal de la cuenca y otra, la principal, que se ha instalado a la salida de la misma. En esta última se recogen datos que reflejan todos los usos de los terrenos de la cuenca, incluida la ganadería. La última cuenca puesta en servicio es la de Landazuría en las Bardenas Reales; ésta representa a los nuevos regadíos por aspersión y dispone de una estación hidrológica, que a diferencia de las demás, que son todas modelo Wallingford, es una vertedera de tipo H del SCS.



Ilustración 57.
Estación de aforo y muestreo de Landazuría (vertedera de tipo H del SCS).
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

El esquema una estación de aforo modelo Wallingford es el siguiente:

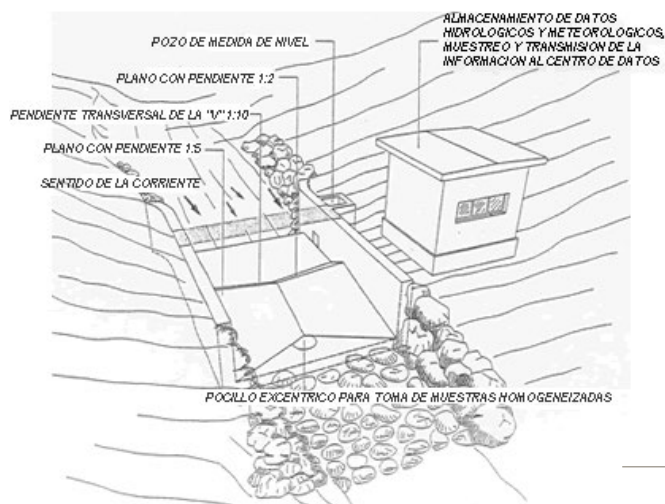


Ilustración 58.
Esquema de una estación de aforo modelo Wallingford, como la de Latxaga, La Tejería y Oskotz-Muskitz. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

El equipamiento básico de cada estación es el siguiente: un sensor de nivel para la medida del caudal de agua, un turbidímetro y uno o dos muestreadores de agua automáticos (uno para la recogida de una muestra compuesta diaria y otro opcional para el muestreo de crecidas) y un sistema de almacenamiento y transmisión de los datos recogidos. Las dos primeras cuencas (Latxaga y La Tejería) incorporan además una estación meteorológica automática junto a la estación de aforos. La de Oskotz-Muskitz, dado su tamaño, dispone de una estación meteorológica separada y la de Landazuría dispone de los datos de una estación cercana.

Descripción general de la cuenca de Landazuría

La **cuenca experimental agraria de Landazuría** se sitúa en la parte media de las Bardenas Reales y tiene una superficie de 466 ha. Se encuentra a una altitud de entre 333 y 421 m, con una pendiente de entre 3,5 y 5%.

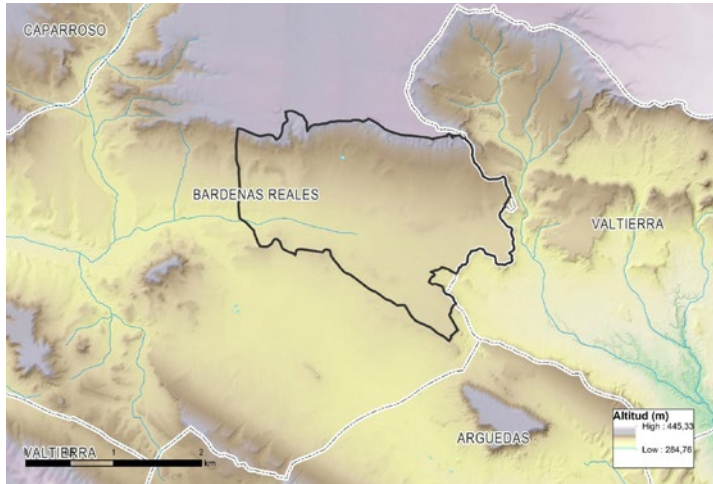


Ilustración 59.
Mapa de localización de la cuenca de Landazuría (Bardenas Reales). (Fuente: Tracasa Instrumental).

Actualmente, existen 209 ha de **cultivo** de secano de ciclo año y vez y 257 ha de regadío. Landazuría está rodeada de campos de cereal en secano por el norte y sur y solamente está puesta en regadío la zona central de la cuenca. El resto de la superficie, se destina a matorral, carrizales y afloramientos. La mayor entrada de agua corresponde al agua de riego.

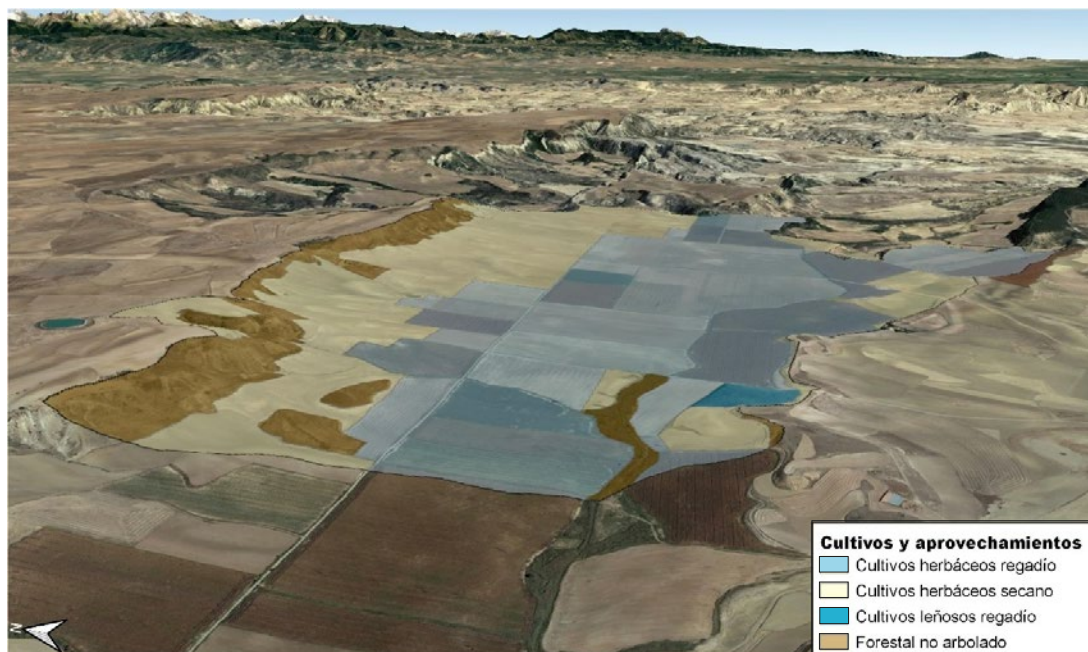


Ilustración 60.
Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de la cuenca experimental de Landazuría. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).

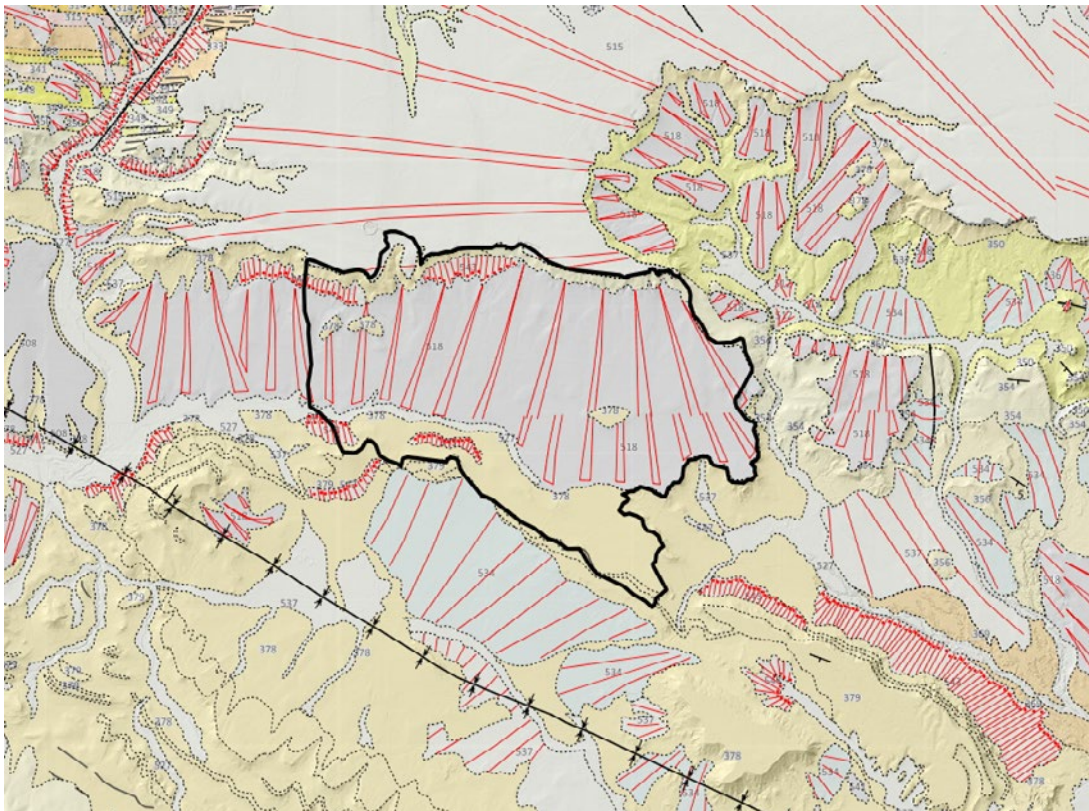


Ilustración 61.

Mapa Geológico sobre capa de relieve en el entorno de la cuenca de Lanzaduría. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).

Contexto geológico

Desde un punto de vista geológico, el área estudiada se encuentra englobada en el dominio de la Depresión del Ebro, caracterizado por la presencia de materiales geológicos cenozoicos de tipo continental. Este entorno permite observar un tipo de modelado del paisaje denominado *badland* (o “*laderas acarreadas*”), un rasgo claramente característico de este Parque Natural. Los resaltes cercanos ofrecen una excelente imagen de un relieve de tipo tabular excavado por el agua torrencial y el viento, en un clima que actualmente se define como estepario frío. La ausencia de vegetación facilita una visión clara del tipo de rocas aquí presentes, principalmente arcillas, así como su disposición en estratos prácticamente horizontales.

Las rocas que forman parte del sustrato rocoso pertenecen principalmente a la Formación Tudela, correspondiente al Mioceno inferior-medio, atribuyéndose una edad orientativa de unos 16 millones de años. Dicho sustrato está formado por arcillas de color rojo característico, entre las que se intercalan niveles de calizas y areniscas. En menor medida, contienen yeso alabastrino y fibroso. Estas rocas representan ambientes de antiguos abanicos aluviales distales, que formaban extensas llanuras lutíticas con desarrollo de ambientes lacustres.

Sobre estos materiales cenozoicos, se encuentran materiales geológicos más modernos que datan del Pleistoceno (en torno a 2,6 millones de años) y Holoceno-actualidad. Se trata de depósitos de tipo glacis formados por proporciones variables de gravas, cantos, arenas, limos y arcillas. En función de su origen, se encuentran tapizando los relieves estructurales, o bien se desarrollan al pie de dichos resaltes en amplias extensiones que posteriormente son seccionadas por la red de escorrentía superficial. En este segundo caso, presentan un perfil plano-cóncavo más acentuado hacia la cabecera.

Desde un punto de vista más amplio, el área de estudio se sitúa en el extremo suroriental del pliegue sinclinal de Funes, una estructura de orientación pirenaica y de desarrollo kilométrico, cuyo trazado condiciona la orientación de los resaltes aquí presentes, así como la evolución de la red de escorrentía. Vías de drenaje como el barranco del Vedado o el barranco de Peñarroya, y en menor medida el barranco Salado, presentan el mismo trazado NO-SE (pirenaico).

Litológicamente, destacan los restos de glacis (518) sobre arcillas calcáreas de la Formación Tudela (378), aflorando éstas en las laderas norte y sur de la parcela. Al noreste se asoman también los Yesos de Los Arcos (354).

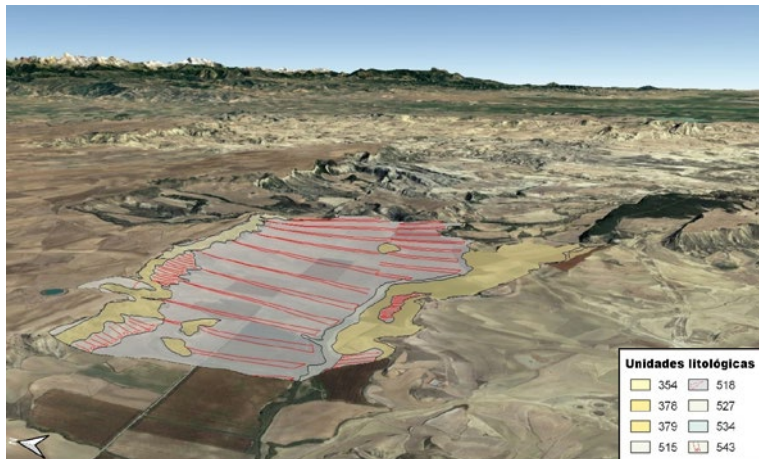


Ilustración 62.
Litología de la cuenca de Landazuría. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).

Suelos de la cuenca de Landazuría

La cuenca de Landazuría, al igual que todas las cuencas experimentales del Gobierno de Navarra, tiene elaborado el **mapa de suelos**. Dentro del contorno de la cuenca hay realizadas 34 calicatas, 3 sondeos muestreados y 24 sondeos.

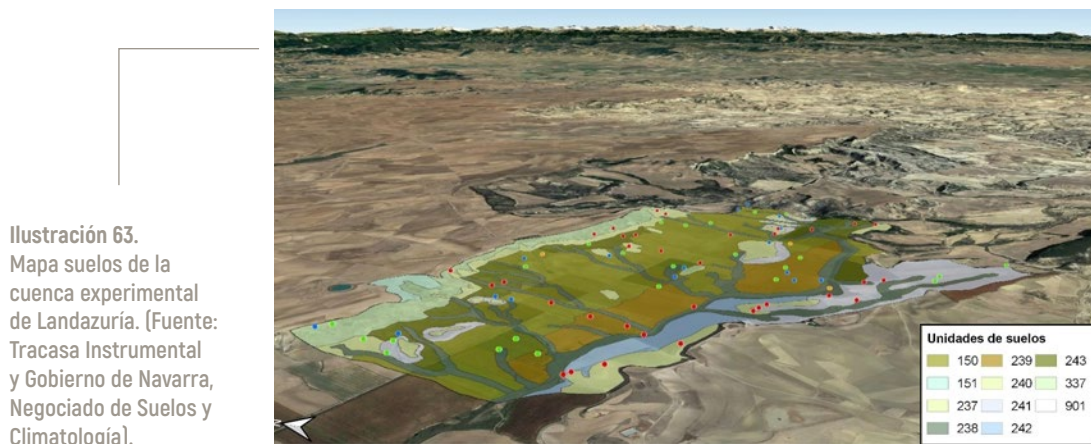


Ilustración 63.
Mapa suelos de la cuenca experimental de Landazuría. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

El Plano de Bardenas marca el límite de la cuenca de Landazuría por el norte. La mayor parte de la cuenca experimental está ocupada por suelos relativamente profundos desarrollados sobre un glacis que viene de norte hacia el sur (UC 150). En la parte sur predominan los fondos limosos con cierta presencia de sales en profundidad (UC 155 y 239, aunque en esta última, su elevada pedregosidad en profundidad facilita el drenaje y lavado de las sales). La Unidad 241 está compuesta por suelos someros, desarrollados en laderas de erosión sobre margas, en algunos casos con niveles de calizas. Además de éstos, están cartografiados otros suelos que ocupan una menor extensión.

A continuación, se recoge un resumen de las Unidades de suelos de la cuenca:

Tabla 4. Principales tipos de suelos de la cuenca experimental de Landazuría.
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

UC	SERIE	SOIL TAXONOMY	FAMILIAS	HORIZONTE SUPERFICIAL	GEOMORFOLOGÍA
150	237	Typic Haplustepts	Limosa gruesa, carbonática, profunda	Franco limosa, carbonática	Glacis ústico
	398	Typic Calciustolls	Franca fina, carbonática, profunda	Franco arcillosa, mixta	Glacis ústico
151	238	Ustic Petrocalcids	Franca fina, carbonática, somera	Franco arcillosa, carbonática	Lomas y laderas de erosión en terrazas deformadas por yeso
	239	Typic Calciustepts	Esquelética franca, hipercarbonática, profunda	Franca, carbonática	Lomas y laderas de erosión en terrazas deformadas por yeso
	240	Typic Calciustepts	Franca gruesa, carbonática, profunda	Franca, mixta	Lomas y laderas de erosión en terrazas deformadas por yeso
155	663	Typic Haplustepts	Esquelética franca, carbonática, profunda	Franca, carbonática	Escarpes sobre margas y margocalizas con coluviones de calcarenita
	246	Typic Calciustolls	Esquelética franca, carbonática, profunda	Franco arcillosa, mixta	Terraza alta ústico
156	247	Aridic Calciustepts	Esquelética franca, carbonática, profunda	Franca, mixta	Terraza alta ústico
	248	Aridic Calciustepts	Franca fina, carbonática, profunda	Franco arcillosa, mixta	Terraza alta ústico
237	408	Typic Calciustepts	Esquelética franca, carbonática, profunda	Franco arcillosa, carbonática	Restos de terraza erosionados
	400	Pachic Haplustolls	Arcillosa fina, mixta, profunda	Franco arcillo limosa, mixta	Fondos de vaguada sobre margas
238	595	Cumulic Haplustolls	Arcillosa fina, mixta, profunda	Arcillo limosa, mixta	Fondos de vaguada sobre margas
	399	Typic Haplustolls	Limosa fina, carbonática, profunda	Franco arcillosa, mixta	Fondos de vaguada sobre margas
239	401	Typic Ustifluvents	Limosa fina, carbonática, profunda	Franca, mixta	Fondos de valle
	594	Aridic Ustifluvents	Arcillosa fina, mixta, profunda	Franco arcillo limosa, carbonática	Laderas de acumulación y fondos de valle
240	402	Typic Calciustepts	Limosa fina, carbonática, profunda	Franco arcillo limosa, carbonática	Laderas de erosión bajo escarpes
	403	Lithic Ustic Haplocalcids	Franca fina, carbonática, somera	Franco arcillosa, carbonática	Laderas de erosión bajo escarpes
241	404	Lithic Ustic Torriorthents	Limosa fina, carbonática, somera	Franco arcillosa, carbonática	Laderas de erosión sobre margas y calizas
	405	Lithic Ustic Torriorthents	Arcillosa fina, carbonática, somera	Franco arcillo limosa, carbonática	Laderas de erosión sobre margas y calizas
242	406	Cumulic Haplustolls	Arcillosa fina, mixta, profunda	Franco arcillo limosa, mixta	Fondos de vaguada sobre margas
243	407	Typic Calciustepts	Franca fina, mixta, profunda	Franco arcillosa, mixta	Laderas de acumulación en glacis
901	901				Afloramientos

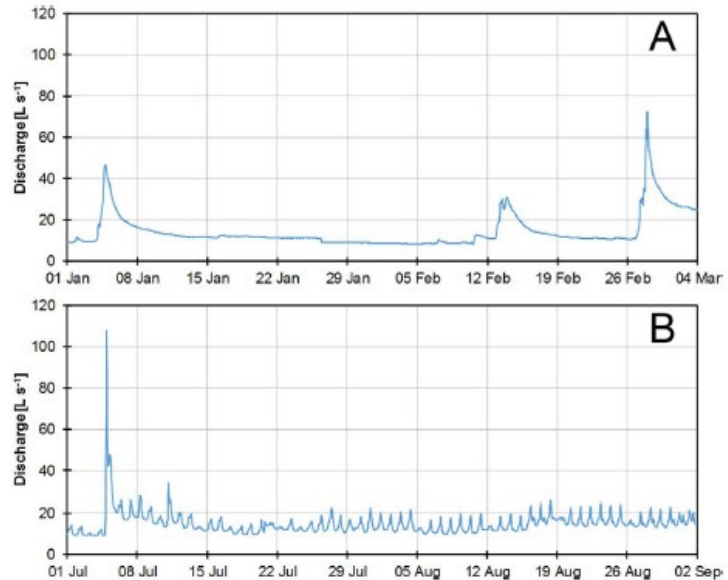
Tabla 5. Resumen de superficies de los principales tipos de suelos (UC) de la cuenca experimental de Landazuría. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

UC	SUPERFICIE (ha)	%
150	153,21	31,9
151	5,43	1,1
155	61,33	12,8
237	32,69	6,8
238	18,83	3,9
239	50,11	10,5
240	17,31	3,6
241	50,45	10,5
242	17,07	3,6
243	41,22	8,6
901	32,26	6,7

Resultados de los datos de la cuenca de Landazuría

Los datos y las muestras recogidas en la cuenca permiten tener información sobre la dinámica del agua, tanto de lluvia como de riego, y sobre las materias exportadas tanto en disolución como en suspensión o arrastre. A modo de ejemplo, sirvan estas imágenes de un artículo de Merchán et al. publicado al respecto con datos del periodo 2006 a 2016.

Ilustración 64.
Períodos de dos meses seleccionados del año 2016 de la época de no riego el primero y de la época de riego. En el primero se observan crecidas vinculadas a precipitaciones, mientras que en el segundo se observan claramente los riegos diarios. (Fuente: Merchán et al., 2018).



D. Merchán et al. / Agricultural Water Management 195 (2018) 120–132

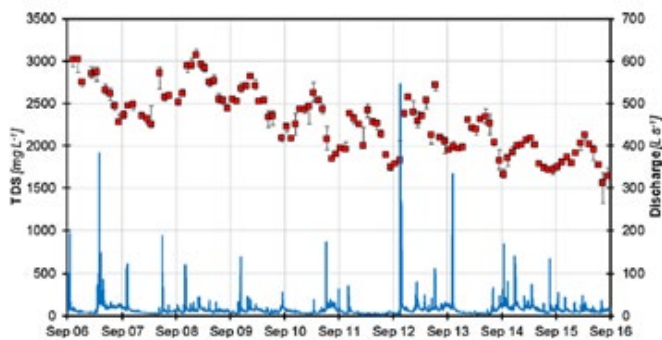
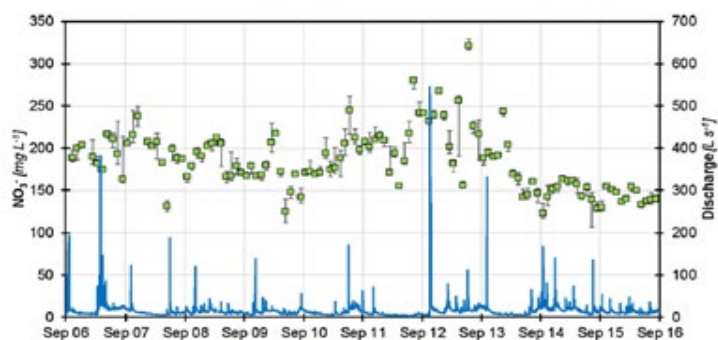


Ilustración 65.
Concentración total de sólidos en suspensión (TDS: Intervalo de confianza del 95% en la mediana mensual) y descarga media diaria en Landazuría. (Fuente: Merchán et al., 2018).

Ilustración 66:
Concentración de Nitratos (NO₃⁻: Intervalo de confianza del 95% en la mediana mensual) y descarga media diaria en Landazuría. (Fuente: Merchán et al., 2018).

D. Merchán et al. / Agricultural Water Management 195 (2018) 120–132



◆ ITINERARIO 1.2: Finca Los Aguilares

Descripción general de la finca Los Aguilares

La corraliza Los Aguilares se sitúa en el límite oriental del término municipal de Arguedas. Tiene una forma alargada en sentido norte a sur. Mide 3,958 m de largo por unos 1.000 m en su zona más ancha. Tiene una superficie de 312,20 ha. Todo el borde oriental de la corraliza limita con las Bardenas Reales.

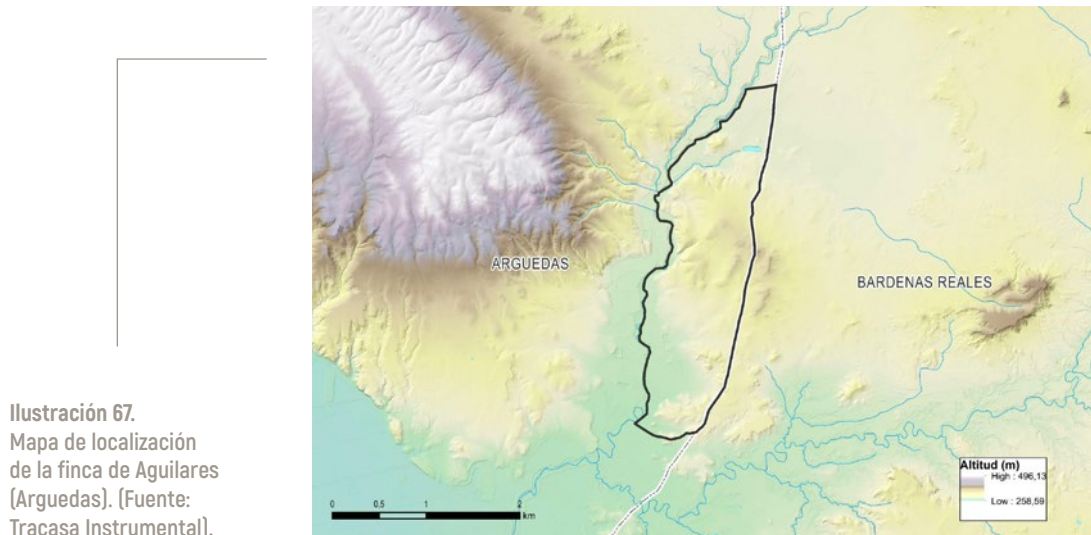


Ilustración 67.
Mapa de localización de la finca de Aguilares (Arguedas). (Fuente: Tracasa Instrumental).

Orográficamente, la finca se sitúa en la margen izquierda del Barranco Grande de Bardenas, que forma el límite occidental de toda la finca. El punto más elevado es el Cabezo de la Muga, con 352 m, en el límite oriental en la zona central de la finca, y el más bajo, con 270 m, en el límite sudoccidental donde el Barranco Grande abandona el recinto. El relieve es bastante ondulado con afloramientos de yesos y restos de terrazas cuaternarias dominando el relieve, tanto en la zona norte, como en el centro y en extremo sur. En la zona central de la finca se encuentra el Centro de Información del Parque Natural de Bardenas Reales.

Contexto geológico

La corraliza Los Aguilares se encuentra en el punto de entrada del Parque Natural de las Bardenas Reales, al sureste de la sierra del Yugo y junto a una de las principales vías de drenaje de todo el Parque, el barranco de Limas.

Es claramente visible el paisaje tipo badland, modelado sobre materiales geológicos blandos y que dan lugar a relieves tales como mesas, mesetas y cerros. La red de drenaje está configurada por regueros e interfluvios de trazado dendrítico que dan paso a ouads de mayor envergadura y que confluyen en los principales barrancos que alimentan al río Ebro como principal vía de drenaje. Además de la erosión de las aguas de escorrentía, predomina otro proceso de alteración sub-superficial denominado *piping* o tubificación, muy relacionado con la naturaleza y dispersabilidad de los materiales geológicos.

El sustrato rocoso aquí presente está formado por la Formación Yesos de Los Arcos. Está constituida principalmente por yesos, con algunas intercalaciones de arcillas y dolomías. Asimismo, en profundidad se han encontrado minerales como halita, glauberita y anhídrita. A techo de esta unidad y a través de un contacto muy neto, se encuentra la unidad arcillosa descrita como Formación Tudela. Las laderas de la sierra del Yugo permiten visualizar el contraste de colores que marca este tránsito (una notable discordancia erosiva) entre ambas formaciones geológicas.

En el caso de la Formación Yesos de Los Arcos, sus litologías reflejan un ambiente sedimentario lacustre salino durante el tránsito Oligoceno-Mioceno, hace aproximadamente unos 23 millones de años.

Además del sustrato yesífero, en este sector se encuentran variados depósitos más actuales de tipo terraza fluvial, glacis y de fondo de valle. Están formados por proporciones variables de grava, arena, limo y arcilla. En función de su posición topográfica y evolución pueden estar parcialmente cementados. La naturaleza de los cantos es principalmente de arenisca y caliza.

En la finca Los Aguilares, concretamente, encontramos los siguientes **materiales geológicos**:

- Todo el sustrato de la corraliza se corresponde con los **Yesos de Los Arcos**, del Ageniense (354). En superficie constituyen un conjunto yesífero, con intercalaciones de materiales lutíticos y dolomías laminadas. En el subsuelo incluye materiales solubles, halita y glauberita, alternando con anhidritas. Según las zonas, dominan los materiales más yesíferos o más margosos.
- Algunos de los cerros de más altitud dentro de la corraliza aparecen coronados por restos de **terrazas fluviales cuaternarias** (386) y **glacis** (518). Están constituidos por gravas, sobre todo, en la base. Por otra parte, algunos de estos restos aparecen bastante erosionados y redondeados. En algunos casos, el recubrimiento cuaternario es muy somero, con espesores menores de 50 cm.
- En zonas bajas aparecen algunos **rellenos de materiales finos coluvio-aluviales** (537).
- Finalmente, el fondo del valle aparece rellenado con un **depósito aluvial formado, básicamente, por limos** (525), que muestra el **cauce actual encajado** (527).

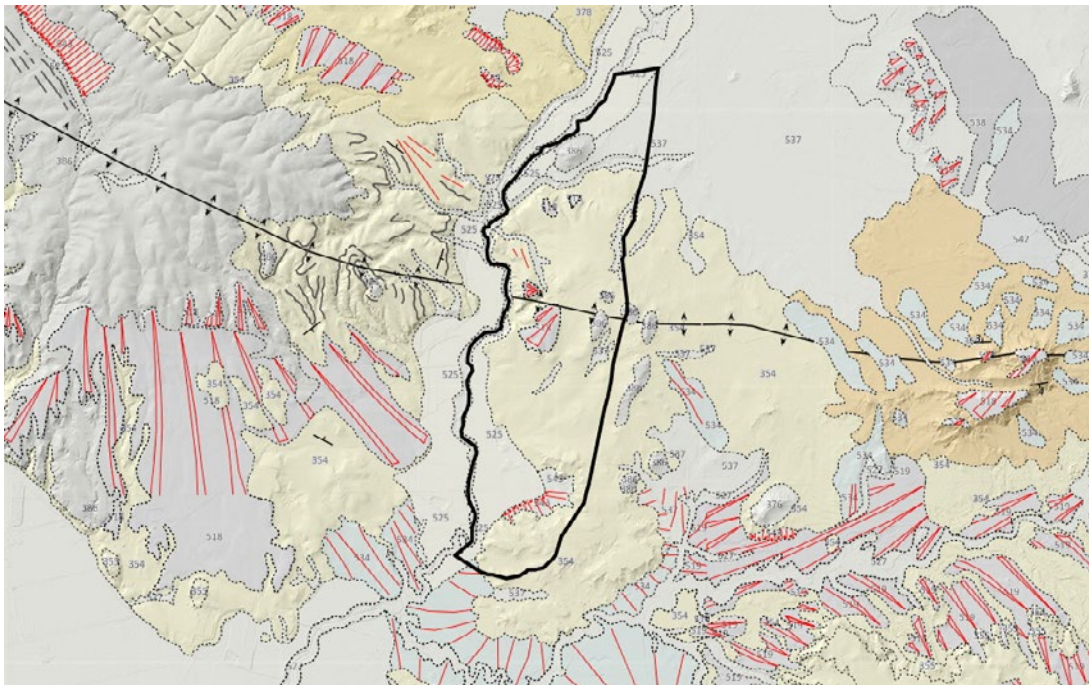


Ilustración 68.

Mapa Geológico sobre capa de relieve en el entorno de la finca Los Aguilares. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).

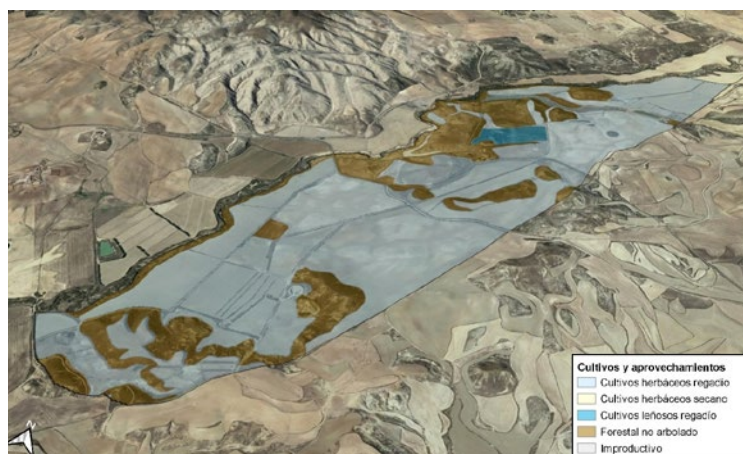


Ilustración 69.
Litología de la finca Los Aguilares. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).

Suelos de la finca Los Aguilares

El mapa de suelos y memoria explicativa de la finca de Aguilares se ha realizado en el ámbito de un estudio elaborado por la Junta de las Bardenas Reales, propietaria de la corraliza, para intentar dar los mejores **usos** a las parcelas que la componen. Para ello, se han estudiado y muestreado los suelos cultivados; además, existen terrenos sin cultivar con ausencia o escaso desarrollo de suelos. Esta ausencia de vegetación arbórea y la erosión sufrida por los suelos no cultivados está relacionada con el uso ganadero de la corraliza durante siglos.

Ilustración 70.
Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (1:25.000) de la finca Los Aguilares. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).



No obstante, en la segunda mitad del siglo XX se roturó y se puso en cultivo una gran superficie dentro de la corraliza. Se creó también un sistema de balsas para almacenar agua que se distribuye a todas las parcelas, aunque no todas ellas se riegan actualmente. Dada la poca consistencia de los estratos yesosos y margosos, muchos de estos afloramientos fueron labrados, dando lugar a unos “suelos” someros, bastante pedregosos según la abundancia de yeso duro y de unas condiciones agronómicas muy pobres, agravadas por la aridez de la zona.

Otro aspecto interesante, relacionado con la aridez, es que los suelos evolucionan poco. Esto tiene su importancia cuando, como en este caso, los materiales de origen tienen contenidos variables de sales solubles en su composición. Estas sales son difícilmente lavadas dada la aridez, por lo que, pueden aparecer suelos ligera o moderadamente salinos en laderas o en la parte profunda de terrazas.



Ilustración 71.
Ortofoto del
año 1956 y 2022.
(Fuente: Visor
IDENA, Gobierno
de Navarra).

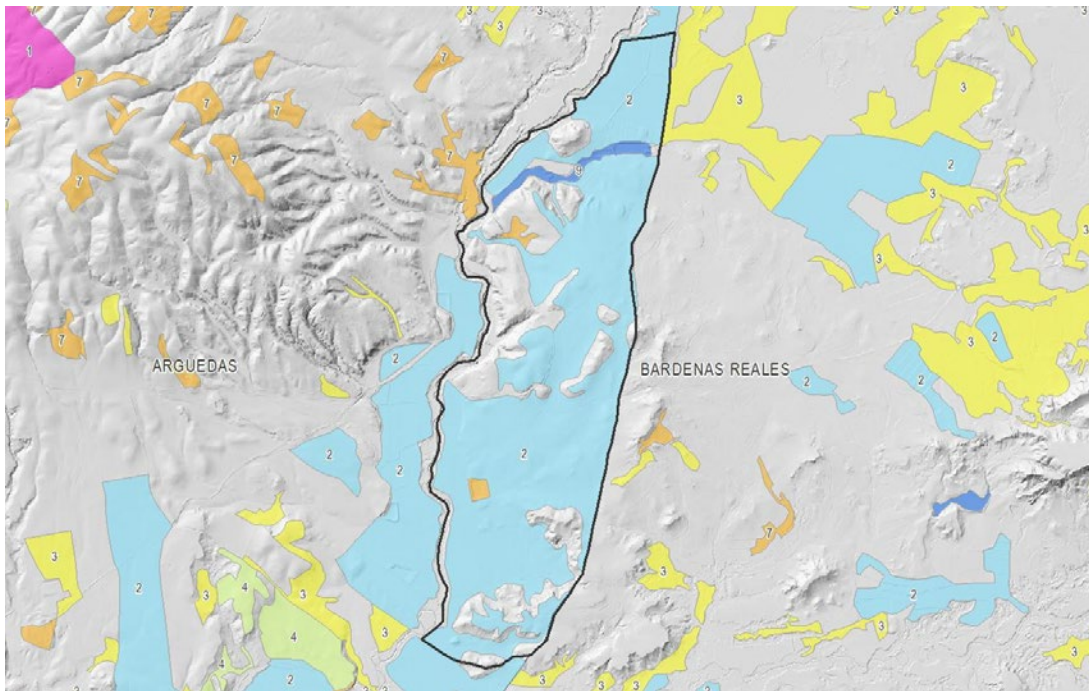


Ilustración 72.
Mapa de cambios de usos 1956-
2008, donde se aprecia la puesta en
regadío que se hizo hace más de tres
décadas. Desde entonces no ha habido
penas variaciones en el uso de la
tierra. (Fuente: Tracasa Instrumental
y Gobierno de Navarra, Negociado de
Suelos y Climatología).

Cambio usos 1956-2008

- 1-Expansión del improductivo urbano
- 2-Creación de nuevos regadíos
- 3-Puesta en cultivo de nuevas tierras en secano
- 4-Nuevas repoblaciones forestales
- 5-Aumento de la superficie arbolada a partir de tierras de cultivo
- 6-Aumento de la superficie arbolada a partir de pastizales, matorrales e improductivos
- 7-Abandono de tierras de cultivo con paso a pastizales y matorrales
- 8-Pérdida de superficie arbolada con paso a pastizales y matorrales
- 9-Nuevas superficies de agua

En relación con los cuaternarios antiguos presentes en la corraliza, unos tienen un espesor de más de 2 metros y otros, por el contrario, sólo tienen de aluvial el horizonte superficial, siendo el resto del perfil evolucionado a partir del material geológico subyacente; teniendo unas características similares a los otros suelos de la zona. Esto da a estos últimos un aspecto un tanto engañoso, en el sentido de que lo que tienen en profundidad no se corresponde con su aspecto superficial.

Aproximadamente, un tercio de la finca se encuentra ocupada por laderas de erosión poco profundas y limosas sobre margas con yesos (UC 2, 3 y 4). Sobre este mismo material aparecen también algunos fondos de vaguada limosos (UC 5), que, a pesar de ser más profundas, siguen siendo poco fértiles. La terraza baja del Barranco Grande (UC 6) ocupa una franja discontinua que recorre la zona por el oeste y está constituida por suelos limosos de drenaje mediocre y fertilidad reducida. Son suelos de un manejo delicado, dada su facilidad para la formación de costra superficial y su sensibilidad al piping. Recubriendo la parte alta de algunos cerros encontramos restos de terrazas o glaciares (UC 7) compuestos por suelos profundos muy pedregosos con un alto contenido en carbonatos y texturas francas. Además de estos suelos, no hay que olvidarse de que, en torno al 20% de la zona está sin cultivar, debido a que, en su mayoría, se trata de afloramientos y taludes con un suelo ausente o de muy escaso desarrollo (UC 1).

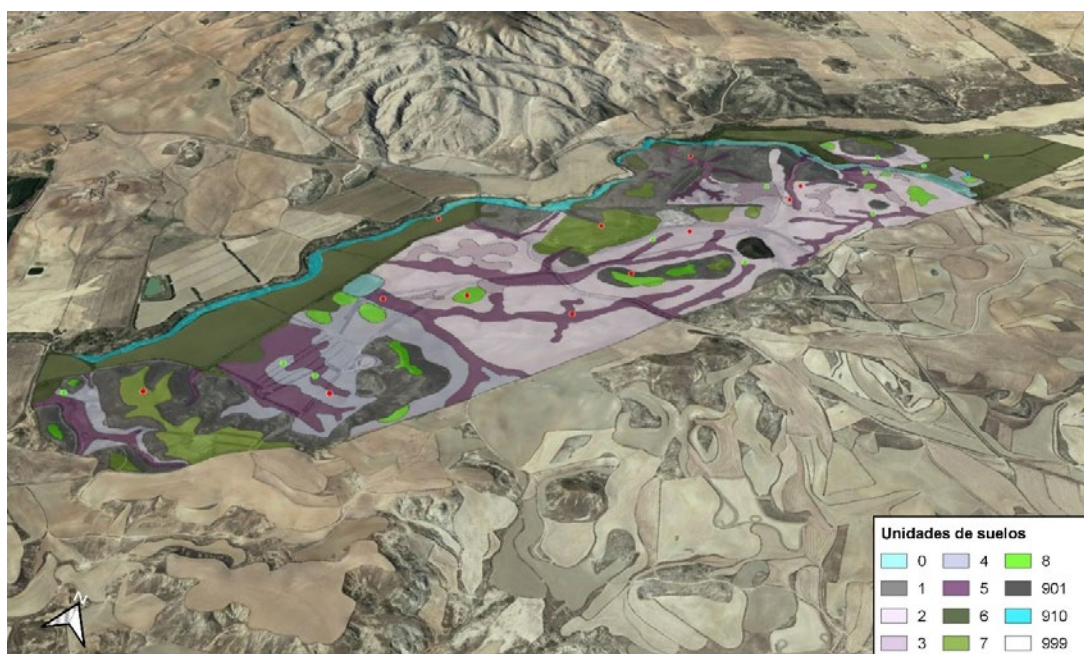


Ilustración 73.

Mapa de Suelos (1:25.000) de la finca Los Aguilares. [Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].

PERFILES A VISITAR

En Los Aguilares se visitarán 4 perfiles de suelos que representan los cuatro grandes tipos de suelos que se han descrito arriba:

- 1-1.** Arguedas-36: Terraza alta deformada (UC 7)
- 1-2.** Arguedas-37: Ladera de erosión sobre margas y yeso (UC 2)
- 1-3.** Arguedas-38: Terraza baja (UC 6)
- 1-4.** Arguedas-39: Fondo de vaguada sobre margas con yesos (UC 5)



Ilustración 74.
Perfiles a visitar en la finca Los Aguilares. (Fuente: Tracasa Instrumental).

PERFIL 1-1: Terraza alta deformada (Arguedas-36)**DATOS GENERALES:**

Clasificación: Typic Haplocalcid, Esquelética franca sobre fragmental, Carbonática, Profunda (Soil Taxonomy, 2022); Skeletic Calcisol (Hypercalcic) (WRB, 2022). **Tipo:** Calicata. **Sección control:** 30-100 cm. **Geomorfología:** Terraza alta deformada. **Material de partida:** Gravas y materiales finos aluviales. **Fecha de la observación:** 15/10/2013. **Autores:** Jokin Del Valle de Lersundi, Javier Eslava. **Localización:** X = 620990, Y = 4670496, Z = 323 m. **Aprovechamiento:** Cereal. **Pendiente general:** 15%. **Pendiente particular:** 2%. **Geología:** Gravas y arenas. Terraza media. Pleistoceno. **Erosión:** Hídrica laminar ligera. **Salinidad:** Ligera. **Alcalinidad:** Libre. **Pedregosidad superficial:** 45%, Rodados, 8 cm Parcial. **Fin observación:** No tiene interés continuar.



Ilustración 75.
Paisaje y perfil de
Arguedas-36. (Fuente:
Gobierno de Navarra,
Negociado de Suelos y
Climatología).

**DESCRIPCIÓN DEL PERFIL:**

Ap 0-30 cm. **Color:** 10YR4/3, Pardo. **Textura:** Franca. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Friable. **Elementos gruesos:** 20%, Rodados, 6 cm, Parcial. **Estructura:** Subangular, Débil a moderada, Fina. **Estructura secundaria:** Masiva. **Poros:** Tubulares, Tamaño fino y muy fino, Bastantes. **Poros secundarios:** Intersticiales, Tamaño muy fino, Pocos. **Raíces:** Muchas, Tamaño grueso, medio y fino. **Límite:** Neto y ondulado.

Bk 30-50 cm. **Color:** 10YR5/4, Pardo amarillento. **Textura:** Franca. **Canales lombrices:** Pocos. **Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Muy friable. **Elementos gruesos:** 60%, Rodados, 6 cm, Parcial y limpios. **Estructura:** Impedida. **Poros:** Tubulares e intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y medio. **Límite:** Neto y ondulado.

Ck1 50-80 cm. **Color:** 10YR6/4, Pardo amarillento claro. **Textura:** Franco arenosa. **Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Firme. **Elementos gruesos:** 80%, Rodados, 6 cm, Parcial y total. **Estructura:** Impedida. **Poros:** Tubulares e intersticiales, Tamaño muy fino, Muchos. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y medio. **Observaciones:** Ligeramente cementado los primeros 10 cm. Estructura impedida no fragmental. **Límite:** Neto y ondulado.

Ck2 80-180 cm. **Color:** 10YR6/6, Amarillo parduzco. **Textura:** Franco limosa. **Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Friable. **Elementos gruesos:** 80%, 8 cm. **Estructura:** Impedida. **Poros:** Intersticiales, Tamaño fino y medio, Muchos. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y muy fino. **Observaciones:** Grava limpia. Una piedra de 40 cm de diámetro. La mayor parte de piedras de 3-4 cm. Algún recubrimiento de arcilla, la mayoría sin recubrimiento de carbonatos. **Estructura:** impedida-fragmental con huecos.

Tabla 6. Datos analíticos del perfil 1-1 (Arguedas 36).
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PERFIL 1-1: DATOS ANALÍTICOS				
Horizonte	Ap	ABk	Ck1	Ck2
Profundidad	0-30	30-50	50-80	80-180
Análisis físico				
Arena (2-0,2) mm	16,17	25,06	48,69	36
Arena (0,2-0,1) mm	7,09	6,24	5,14	4,27
Arena (0,1-0,05) mm	9,42	9,96	4,52	4,37
Arena (0,05-0,02) mm	16,17	14,58	7,19	5,31
Limo (0,02-0,002) mm*	27,39	25,17	20,34	48,7
Arcilla (<0,002) mm*	23,76	18,99	14,12	1,35
* en el análisis textural del horizonte 4 parece que han floculado los limos por la presencia de yeso.				
Análisis químico				
Caliza Total %	45,39	56,13	51,4	47,5
Caliza Activa %	18,04			
Mat. Org. Oxidable %	2,87	1,28	0,48	0,17
Nitrógeno Total %	0,14			
Fósforo asimi. (mg/kg)	13,18			
Potasio asimi. (mg/kg)	108,82			
Relación C/N	11,83			
pH en agua (1:2,5)	8,48	8,68	8,79	8,26
pH en CIK (1:2,5)	7,88	8,09	8,16	7,86
C.E. (1:1) (dS/m)	0,35	0,36	0,59	3,49
Yeso %				
Análisis extracto de saturación				
Capac. SAT (ml/100g)				38,12
Sulfatos (meq/l)				61,48
Cloruros (meq/l)				5,07
Carbonatos (meq/l)				
Bicarbonatos (meq/l)				2,06
Calcio (meq/l)				26,94
Magnesio (meq/l)				28,22
Sodio (meq/l)				13,69
Potasio (meq/l)				0,54
RAS				2,61
pH				7,91
Conductividad (dS/m)				4,74

Este perfil representa la Unidad Cartográfica 7 (ver Anejo) del mapa de suelos de la finca Los Aguilares (no está publicado en IDENA). La distribución de esta Unidad se muestra en la siguiente figura:

Ilustración 76.
Distribución de la Unidad Cartográfica 7 en la finca Los Aguilares. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



PERFIL 1-2: Laderas de erosión sobre margas y yeso (Arguedas-37)

DATOS GENERALES:

Clasificación: Lithic Haplogypsid, Arcillosa fina, Gypsic, Somera (Soil Taxonomy, 2022); Leptic Gypsisol (WRB, 2022). **Tipo:** Calicata. Sección control: 0-30 cm. **Geomorfología:** Ladera de erosión. **Material de partida:** Margas (arcillas) con yesos. **Fecha de la observación:** 15/10/2013. **Autores:** Jokin Del Valle de Lersundi, Javier Eslava. **Localización:** X = 621212, Y = 4670698, Z = 314 m. **Aprovechamiento:** Cereal. **Pendiente general:** 10%. **Pendiente particular:** 4%. **Geología:** Formación Lerín. Yesos de los Arcos. Oligoceno-Mioceno. **Erosión:** Hídrica laminar ligera. **Salinidad:** Ligera. **Alcalinidad:** Libre. Pedregosidad superficial: 3%, Angulares, 4 cm. Prof. **Contacto lítico / paralítico:** 45 cm. **Observaciones:** Algún canto de yeso en superficie.



Ilustración 77.
Paisaje y perfil de Arguedas-37. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



DESCRIPCIÓN DEL PERFIL:

Ap 0-25 cm. **Color:** 10YR5/4, Pardo amarillento. **Textura:** Franco arcillo limosa. **Canales lombri-
ces:** Pocos. **Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Friable. **Elementos gruesos:** 2%, Yeso,
Angulares, 3 cm. **Estructura:** Masiva. **Poros:** Tubulares, Tamaño fino y muy fino, Muchos.
Raíces: Muchas, Tamaño fino y muy fino. **Límite:** Neto y plano.

Cy 25-40 cm. **Color:** 10YR7/2, Gris claro. **Textura:** Franco arcillo limosa. **Humedad/Consistencia:**
Poco húmedo. Friable. **Elementos gruesos:** 20%, Cantos yeso 3-10 cm, Angulares. **Estructura:**
Masiva. **Poros:** Tubulares, Tamaño muy fino, Bastantes. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y muy
fino. **Precipitados:** 5% **Observaciones:** Las raíces siguen las caras. **Límite:** Neto y ondulado.

R 40-90 cm. **Elementos gruesos:** No. **Raíces:** Muy pocas, Tamaño muy fino. **Observaciones:**
Yeso geológico en estratos duros. Baja alguna raíz hasta 45 cm.

Este perfil representa la Unidad 2 (ver Anejo) del mapa de suelos de la finca Los Aguilares (no está publicado en IDENA). Estos suelos se distribuyen como se muestra a continuación:

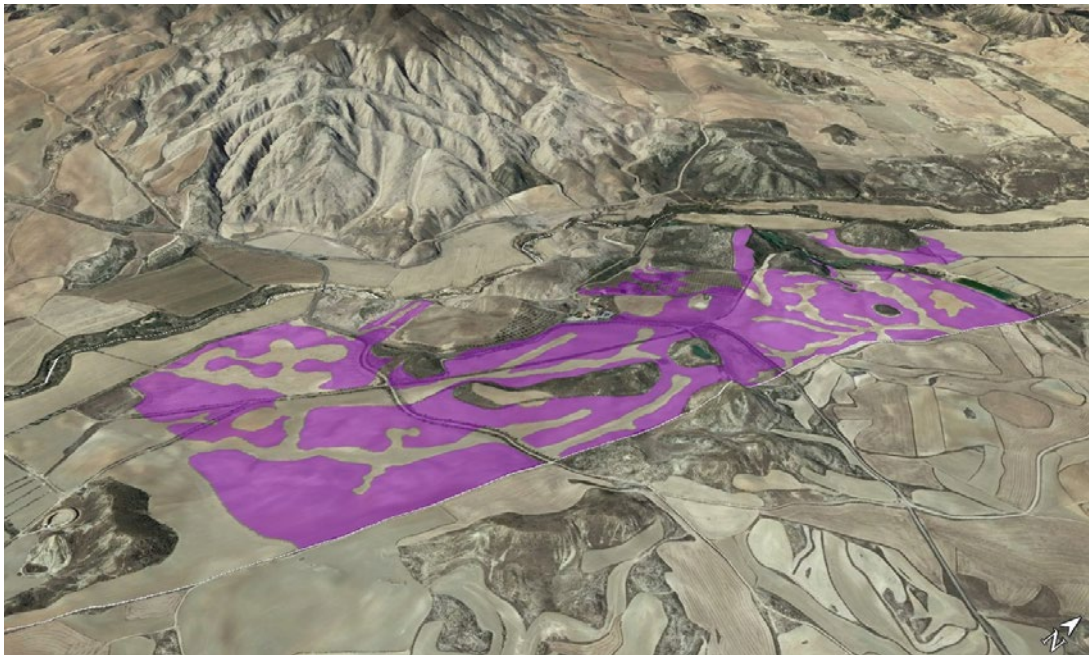


Ilustración 78.

Distribución de la Unidad Cartográfica 2 en la finca Los Aguilares. [Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].

Tabla 7. Datos analíticos del perfil 1-2 (Arguedas 37)
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PERFIL 1-2: DATOS ANALÍTICOS:			
Horizonte	Ap	Cy	R
Profundidad	0-25	25-40	40-90
Análisis físico			
Arena (2-0,2) mm	5,02	4,79	
Arena (0,2-0,1) mm	3,16	3,99	
Arena (0,1-0,05) mm	6	2,51	
Arena (0,05-0,02) mm	10,94	11,41	
Limo (0,02-0,002) mm*	37,44	38,65	
Arcilla (<0,002) mm*	37,44	38,65	
*El análisis de la proporción de arcilla y limo está comprometido por la presencia de yeso en el perfil.			
Análisis químico			
Caliza Total %	32,81	10,65	
Caliza Activa %	6,08		
Mat. Org. Oxidable %	1,83	0,73	
Nitrógeno Total %	0,12		
Fósforo asimi. (mg/kg)	15,67		
Potasio asimi. (mg/kg)	204,82		
Relación C/N	8,87		
pH en agua (1:2,5)	7,96	8,28	
pH en CIK (1:2,5)	7,63	8,01	
C.E. (1:1) (dS/m)	2,57	3,25	
Yeso %	23,57	75,84	
Análisis extracto de saturación			
Capac. SAT (ml/100g)	39,41	39,18	
Sulfatos (meq/l)	32,55	43,01	
Cloruros (meq/l)	2,44	9,1	
Carbonatos (meq/l)			
Bicarbonatos (meq/l)	2,6	2,85	
Calcio (meq/l)	37,41	33,79	
Magnesio (meq/l)	2,6	15,57	
Sodio (meq/l)	0,67	8,82	
Potasio (meq/l)	0,38	0,23	
RAS	0,15	1,78	
pH	7,49	7,73	
Conductividad (dS/m)	3	4,25	

PERFIL 1-3: Terraza baja (Arguedas-38)**DATOS GENERALES:**

Clasificación: Typic Torriorthent, Limosa fina, Carbonática, Profunda (Soil Taxonomy, 2022). Calcaric Regosol (WRB, 2022) **Tipo:** Calicata. **Sección control:** 30-100 cm. **Geomorfología:** Fondo de valle. **Material de partida:** Limos. **Fecha de la observación:** 15/10/2013. **Autores:** Jokin Del Valle de Lersundi, Javier Eslava. **Localización:** X = 620506, Y = 4670174, Z = 275 m. **Aprovechamiento:** Barbecho. **Pendiente general:** 8%. **Pendiente particular:** 2%. **Geología:** Cantos, arenas, gravas y arcillas. Aluvial, fondo de valle. Holoceno. **Erosión:** Acumulación. **Drenaje superficial:** Escaso. **Salinidad:** Ligera. **Alcalinidad:** Ligera. **Pedregosidad superficial:** 1%, Angulares, 2 cm. **Fin observación:** No tiene interés continuar. **Observaciones:** Hay costras de sal. 1% cantos yeso de 2 cm.



Ilustración 79.
Paisaje y perfil de
Arguedas-38. (Fuente:
Gobierno de Navarra,
Negociado de Suelos y
Climatología).

**DESCRIPCIÓN DEL PERFIL:**

- Ap** 0-30 cm. **Color:** 10YR5/4, Pardo amarillento. **Textura:** Franco limosa. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Muy friable. **Elementos gruesos:** 1%, Cantos yeso, Angulares. **Estructura:** Masiva. **Poros:** Tubulares, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Raíces:** Muchas, Tamaño fino y muy fino. **Observaciones:** Hay raíces medias. **Límite:** Neto y plano.
- C1** 30-55 cm. **Color:** 10YR5/4, Pardo amarillento. **Textura:** Franco limosa. **Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Muy friable. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Masiva. **Estructura secundaria:** Laminar. **Poros:** Tubulares, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Poros secundarios:** Intersticiales, Tamaño muy fino, Pocos. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y muy fino. **Precipitados:** 5%, Blancos en poros y caras. **Observaciones:** 80% masiva. 20% laminar. **Límite:** Neto y plano.
- C2** 55-100 cm. **Color:** 2,5Y5/4, Pardo oliva claro. **Textura:** Franco limosa. **Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Muy friable. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Laminar, Tamaño fino, Fuerte. **Poros:** Vesiculares, Tamaño muy fino, Muchos. **Raíces:** Muy pocas, Tamaño muy fino. **Límite:** Difuso.
- C3** 100-140 cm. **Color:** 2,5Y5/4, Pardo oliva claro. **Textura:** Limosa. **Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Muy friable. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Laminar, Tamaño fino, Fuerte. **Poros:** Vesiculares, Tamaño muy fino, Muchos. **Raíces:** Muy pocas, Tamaño grueso. **Observaciones:** Una raíz gruesa muerta. **Límite:** Difuso.
- C4** 140-190 cm. **Color:** 2,5Y5/6, Pardo oliva claro. **Textura:** Limosa. **Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Muy friable. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Laminar, Tamaño fino, Fuerte. **Poros:** Vesiculares, Tamaño muy fino, Muchos. **Raíces:** Muy pocas, Tamaño medio. **Observaciones:** Las raíces están muertas.

Tabla 8. Datos analíticos del perfil 1-3 (Arguedas 38)
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PERFIL 1-3: DATOS ANALÍTICOS					
Horizonte	Ap	C1	C2	C3	C4
Profundidad	0-30	30-55	55-100	100-140	140-190
Análisis físico					
Arena (2-0,2) mm	2,74	0,62	0,1		
Arena (0,2-0,1) mm	6,39	6,41	2,31	4,08	0,1
Arena (0,1-0,05) mm	14,71	21,21	11,86	5,23	2,61
Arena (0,05-0,02) mm	27,76	35,02	43,28	32,16	29,74
Limo (0,02-0,002) mm*	24,15	18,37	21,22	29,29	55,72
Arcilla (<0,002) mm*	24,15	18,37	21,22	29,29	11,83
*El análisis de la proporción de arcilla y limo está comprometido por la presencia de yeso en el perfil.					
Análisis químico					
Caliza Total %	42,29	47,06	46,63	42,27	43,47
Caliza Activa %	5,57				
Mat. Org. Oxidable %	1,48	0,47	0,15	0,12	0,08
Nitrógeno Total %	0,1				
Fósforo asimi. (mg/kg)	25,65				
Potasio asimi. (mg/kg)	332,11				
Relación C/N	8,63				
pH en agua (1:2,5)	7,84	8,19	8,46	8,44	8,01
pH en CIK (1:2,5)	7,59	7,97	8,12	8,16	7,85
C.E. (1:1) (dS/m)	2,96	3,2	2,65	1,95	3,59
Yeso %**					
** En esta calicata a pesar de flocular los limos y las arcillas no se realizó análisis de yeso.					
Análisis extracto de saturación					
Capac. SAT (ml/100g)	35,88	32,29	32,18	31,24	34,35
Sulfatos (meq/l)	30,45	57,74	58,63	34,76	33,11
Cloruros (meq/l)	3,83	2,48	8,55	18,63	24,97
Carbonatos (meq/l)					
Bicarbonatos (meq/l)	3,55	2,56	1,55	1,51	1,27
Calcio (meq/l)	45,48	26,88	24,74	23,11	46,51
Magnesio (meq/l)	2,42	16,44	5,08	3,85	16,89
Sodio (meq/l)	0,89	12,93	38,17	31,33	13,45
Potasio (meq/l)	4,26	7,8	1,41	0,17	0,17
RAS	0,18	2,78	9,89	8,53	2,39
pH	7,49	7,82	7,95	7,87	7,63
Conductividad (dS/m)	4,27	4,75	5,66	5,2	6,33

Este perfil representa la Unidad 6 (ver Anejo) del mapa de suelos de la finca Los Aguilares (no está publicado en IDENA). Estos suelos se distribuyen como se muestra a continuación:

Ilustración 80.
Distribución de la Unidad Cartográfica 6 en la finca Los Aguilares. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



PERFIL 1-4: Fondo de vaguada sobre margas y yesos (Arguedas-39)

DATOS GENERALES:

Clasificación: Typic Haplogypsid, Arcillosa fina, Gypsic, Profunda (Soil Taxonomy, 2022); Haplic Gypsisol (Hypogypsic) (WRB, 2022). **Tipo:** Calicata. **Sección control:** 40-100 cm. **Geomorfología:** Fondo de vaguada. **Material de partida:** Margas (arcillas) con yesos. **Fecha de la observación:** 15/10/2013. **Autores:** Jokin Del Valle de Lersundi, Javier Eslava. **Localización:** X = 620794, Y = 4669714, Z = 277 m. **Aprovechamiento:** Cereal. **Pendiente general:** 6%. **Pendiente particular:** 3%. **Geología:** Formación Lerín. Yesos de los Arcos. Oligoceno-Mioceno. **Erosión:** Hídrica laminar ligera. **Salinidad:** Muy ligera. **Alcalinidad:** Libre. **Pedregosidad superficial:** 3%, Rodados y angulares, 4 cm. **Fin observación:** No tiene interés continuar.

Ilustración 81.
Paisaje y perfil de Arguedas-39. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



DESCRIPCIÓN DEL PERFIL:

- Ap** 0-40 cm. **Color:** 10YR5/4, Pardo amarillento. **Textura:** Franco arcillosa. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Firme. **Elementos gruesos:** 5%, Yeso y alguno rodado, Rodados y angulares, 3 cm. **Estructura:** Bloques subangulares, Tamaño fino, Débil. **Estructura secundaria:** Masiva. **Poros:** Tubulares e intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Bastantes. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y muy fino. **Observaciones:** Alguna raíz gruesa muerta. **Límite:** Gradual y plano.
- A2** 40-80 cm. **Color:** 10YR5/4, Pardo amarillento. **Textura:** Franco arcillo limosa. **Canales lombrices:** Bastantes. **Crotovinas:** Muchas. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Ligeramente plástico. No adherente. **Elementos gruesos:** 2%, Yeso, algún canto rodado, Angulares, 5 cm. **Estructura:** Bloques subangulares, Tamaño fino, Moderada. **Poros:** Tubulares, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Poros secundarios:** Intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Bastantes. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y muy fino. **Observaciones:** Canales rellenos material horizonte superior. **Límite:** Neto y plano.
- By1** 80-120 cm. **Color:** 10YR5/4, Pardo amarillento. **Textura:** Franco arcillo limosa. **Crotovinas:** Bastantes. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Ligeramente plástico. No adherente. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Bloques subangulares, Tamaño medio, Débil a moderada. **Poros:** Tubulares e intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Bastantes. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y muy fino. **Precipitados:** 7%, Blancos en poros y caras. **Límite:** Gradual y plano.
- By2** 120-155 cm. **Color:** 10YR4/3, Pardo. **Actividad Humana:** Carbón vegetal. **Textura:** Franco arcillo limosa. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Ligeramente plástico. No adherente. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Bloques subangulares, Tamaño medio, Débil a moderada. **Poros:** Tubulares, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Poros secundarios:** Intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Bastantes. **Raíces:** Pocas, Tamaño fino y muy fino. **Precipitados:** 15%, Blancos en poros y caras. **Observaciones:** Restos carbón vegetal en una banda a 140 cm. Hay rellenos en canales de material del horizonte superior. **Límite:** Neto y plano.
- Cy** 155-195 cm. **Color:** 2,5Y5/4, Pardo oliva claro. **Textura:** Franco arcillo limosa. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Ligeramente plástico. No adherente. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Bloques subangulares, Tamaño medio, Débil. **Estructura secundaria:** Masiva. **Poros:** Tubulares e intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Bastantes. **Raíces:** Pocas, Tamaño fino y muy fino. **Precipitados:** 12%, Blancos en poros y caras. **Observaciones:** Hay algún resto de raíces muertas.

Este perfil representa la Unidad 5 (ver Anejo) del mapa de suelos de la finca Los Aguilares (no está publicado en IDENA). Estos suelos se distribuyen como se muestra a continuación:



Ilustración 82.
Distribución de la Unidad Cartográfica 5 en la finca Los Aguilares. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

Tabla 9. Datos analíticos del perfil 1-4 (Arguedas 39)
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PERFIL 1-4: DATOS ANALÍTICOS					
Horizonte	Ap	A2	By1	By2	Cy
Profundidad	0-40	40-80	80-120	120-155	155-195
Análisis físico					
Arena (2-0,2) mm	11,54	8,94	2,56	3,09	2,76
Arena (0,2-0,1) mm	6,26	3,98	3,94	4,258	3,88
Arena (0,1-0,05) mm	8,09	5,39	5,65	5,22	7,97
Arena (0,05-0,02) mm	11,19	9,75	12,21	9,43	19,89
Limo (0,02-0,002) mm*	31,47	35,97	37,82	38,84	32,75
Arcilla (<0,002) mm*	31,47	35,97	37,82	38,84	32,75
*El análisis de la proporción de arcilla y limo está comprometido por la presencia de yeso en el perfil.					
Análisis químico					
Caliza Total %	32,76	31,85	34,57	33,67	34,47
Caliza Activa %	6,46				
Mat. Org. Oxidable %	1,49	1,15	1,02	0,78	0,33
Nitrógeno Total %	0,1				
Fósforo asimi. (mg/kg)	11,03				
Potasio asimi. (mg/kg)	224,17				
Relación C/N	8,6				
pH en agua (1:2,5)	7,83	8,15	7,79	7,85	7,79
pH en ClK (1:2,5)	7,5	7,47	7,41	7,44	7,42
C.E. (1:1) (dS/m)	2,58	2,47	2,46	2,5	2,53
Yeso %	17,29	21,28	16,36	15,3	19,08
Análisis extracto de saturación					
Capac. SAT (ml/100g)	38,29	40,65	41,94	42,24	38,53
Sulfatos (meq/l)	34,94	34,45	33,03	33,79	34,84
Cloruros (meq/l)	1,57	1,02	0,82	0,8	0,65
Carbonatos (meq/l)					
Bicarbonatos (meq/l)	2,95	2,53	1,51	1,49	1,36
Calcio (meq/l)	34,99	32,9	31,71	31,22	29,57
Magnesio (meq/l)	2,83	2,41	1,91	2,59	4,59
Sodio (meq/l)	0,92	0,72	0,45	0,5	0,55
Potasio (meq/l)	0,82	0,25	0,19	0,09	0,1
RAS	0,21	0,17	0,11	0,12	0,13
pH	7,51	7,44	7,61	7,62	7,68
Conductividad (dS/m)	2,98	2,71	2,57	2,55	2,56

◆ ITINERARIO 1.3: La Blanca Baja de Bardenas Reales

Descripción general de La Blanca Baja de Bardenas Reales

La Blanca de Bardenas Reales es la zona deprimida que se encuentra entre El Plano (la gran meseta horizontal de las zonas norte y oeste dedicada a los cultivos) y La Negra (en el sur, formada por un conjunto de relieves horizontales cubierto de bosques de pino y matorral). Esta zona central es la más desértica y la de mayor erosión y se caracteriza por extensas zonas llanas, profundos barrancos por cuyo fondo corren los ríos estacionales, y los rellenos de fondo de valle en los que sobresalen los cabezos. La Bardena Blanca se divide, a su vez, en dos: La Blanca Baja, al sur y La Blanca Alta, al norte.

Para finalizar la jornada, se va a realizar un recorrido en autobús por La Blanca Baja, haciendo diversas paradas para ver sus paisajes más espectaculares.

Suelos de La Blanca Baja de Bardenas Reales

En esta zona de las Bardenas predominan los fondos limosos en depresiones amplias (UC 342). Estos suelos presentan una elevada salinidad y/o alcalinidad y, en muchos casos, erosión en forma de piping. Con texturas algo más finas y menos salinas encontramos laderas de erosión y acumulación sobre margas (UC 341). Además de estos suelos, tenemos afloramientos (UC 901) y amplios barrancos (UC 910) semi-desnudos, con un suelo de muy escaso desarrollo.

Recorrido por La Blanca Baja de Bardenas Reales

El recorrido en autobús rodeará el polígono de tiro del Ejército del Aire que se inauguró el 9 de junio de 1951 y es el único activo en el estado. Abarca una superficie de 2.222 hectáreas. Su forma es rectangular y con el eje largo de unos 8,6 km en dirección NO/SE y unos 2,6 km de ancho. La zona de ejercicios de tiro se sitúa en su zona central y la entrada de personal no militar está prohibida, así como otras actividades como la caza o el turismo. Esto ha propiciado que existan amplias superficies sin cultivo ni pastoreo y con una biodiversidad mayor que la de su entorno.

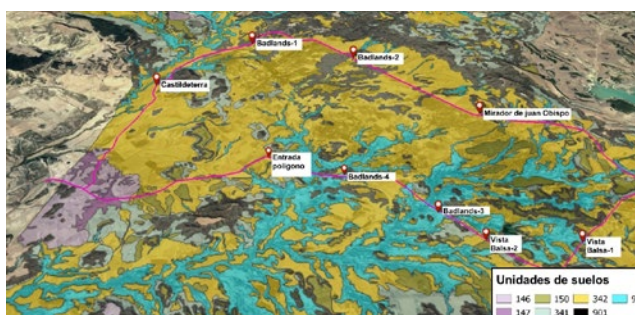


Ilustración 83.

Mapa de Suelos de la zona y puntos a visitar durante el recorrido en autobús alrededor del polígono de tiro. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

El tour en autobús se hará bordeando el polígono y se realizarán paradas en algunos **puntos de especial interés** según la Comunidad de Bardenas Reales como **Castildeterra**, el **mirador de Juan Obispo**, el **embalse de Zapata** y otros badlands bardeneros.

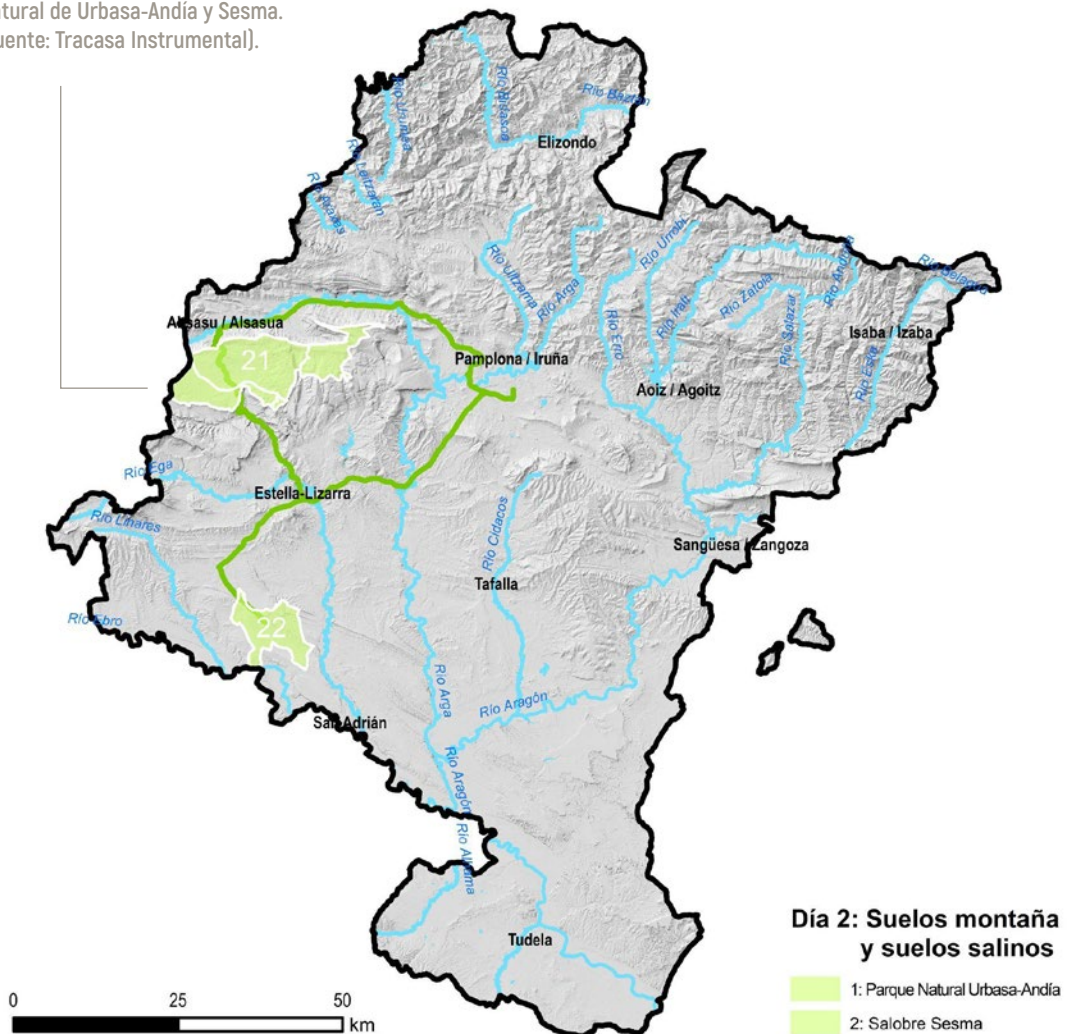
A parte de los citados anteriormente, en los siguientes enlaces se pueden consultar algunos de los lugares de interés de la zona, según el **Inventario Español de Lugares de Interés Geológico del Instituto Geológico y Minero de España**:

- [Lutitas miocenas y ardisoles de la Bardena Blanca](#)
- [Badlands de las Bardenas Reales. Sección del Rincón del Bú](#)
- [Badlands de las Bardenas Reales. Sección de Castildeterra](#)
- [Badlands de las Bardenas Reales. Sección de Piskerra](#)
- [Badlands de las Bardenas Reales. Sección del Vedado de Egüaras](#)
- [Badlands de las Bardenas Reales. Sección de Cornialto](#)

JORNADA 2: Suelos de montaña y suelos salinos

En la segunda jornada de la Reunión se van a visitar dos escenarios completamente diferentes: Por un lado, nos acercaremos al Parque Natural de Urbasa-Andía, espacio protegido de la Comunidad Foral de Navarra y, por otro, al Salobre de Sesma, un humedal donde hace décadas se puso en marcha un proyecto de desecación que modificó el funcionamiento hídrico natural del espacio, provocando importantes alteraciones de las características abióticas y bióticas de la zona.

Ilustración 84.
 Mapa de localización del Parque Natural de Urbasa-Andía y Sesma.
 (Fuente: Tracasa Instrumental).



◆ **ITINERARIO 2.1: Parque Natural de Urbasa-Andía**

Descripción general del Parque Natural de Urbasa-Andía

El **Parque Natural de Urbasa-Andía** está integrado por las sierras de Urbasa y de Andía, que son montes comunales de Navarra, por el Monte Común de las Améscoas perteneciente al valle de las Améscoas y la Facería 104 (compartida por Allín y Yerri). En total, abarca 21.207 ha.

Se sitúa en la parte media del límite occidental de Navarra y ocupa el altiplano situado entre el corredor de la Barranca-Burunda por el norte, el valle de las Améscoas por el sur y queda limitado por el este y sudoeste por los valles de Olo, Goñi y Guesalaz.

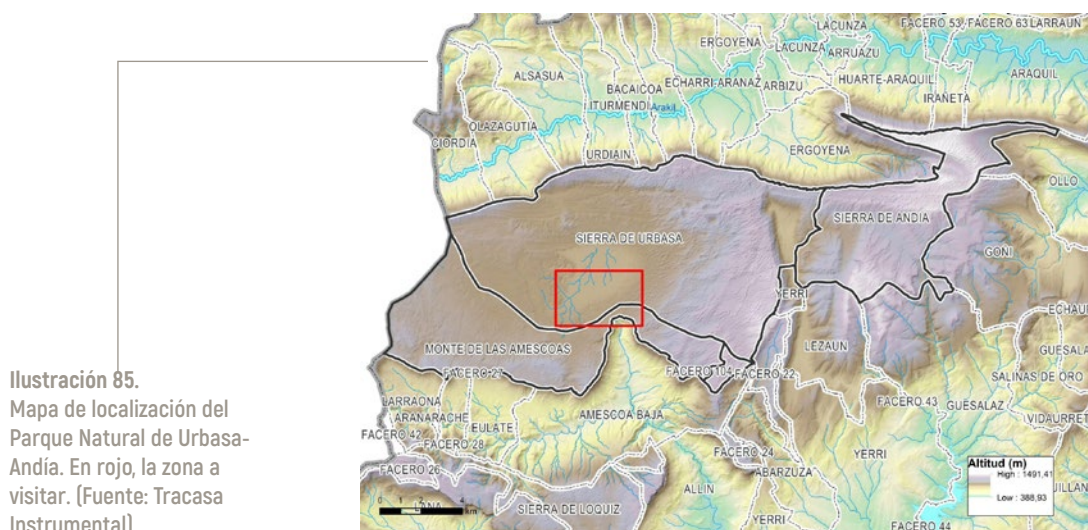


Ilustración 85. Mapa de localización del Parque Natural de Urbasa-Andía. En rojo, la zona a visitar. [Fuente: Tracasa Instrumental].

Orográficamente, se trata de un vasto altiplano de suave relieve delimitado por el norte y por el sur por amplios cortados. Su altitud media ronda los 1.000 m y se eleva unos 500 sobre los terrenos situados tanto al norte como al sur. Su cota mínima se sitúa a 820 m en una depresión tectónica karstificada denominada Zaldibideko Zuloa ubicada junto al límite entre las sierras de Urbasa y Andía. La cota más alta está en la cumbre del monte Beriain a 1.493 m en el extremo noroeste de la zona. Dada su naturaleza caliza, ha sufrido intensos procesos de disolución, mostrando una ausencia casi total de cauces superficiales y amplias zonas de afloramientos calizos, lapiazes y abundantes dolinas de diversos tamaños.

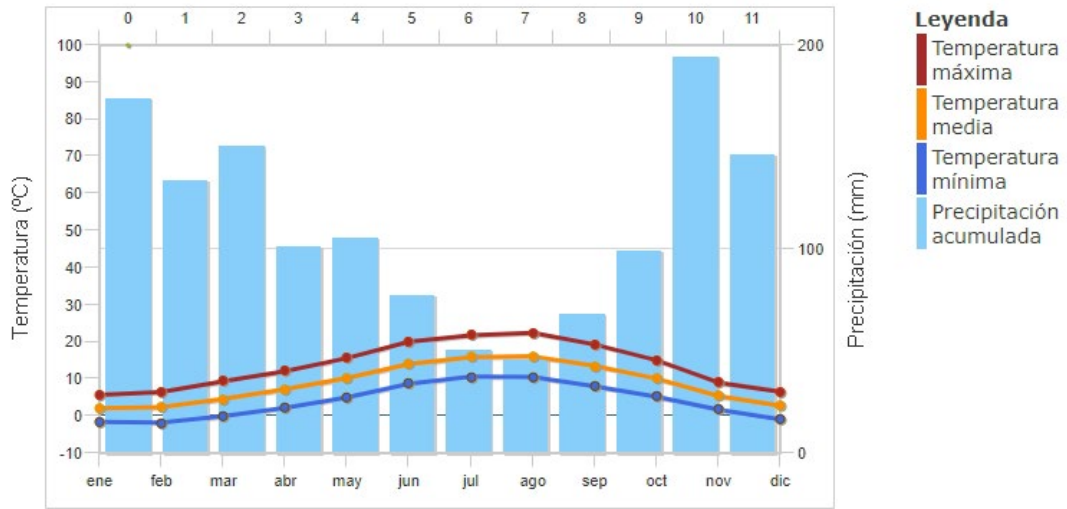
Clima

Para la caracterización climática se dispone de dos estaciones meteorológicas en la zona. Una automática y otra manual (más antigua). Los principales valores climatológicos de la estación manual de Urbasa para el periodo 1991-2020 son:

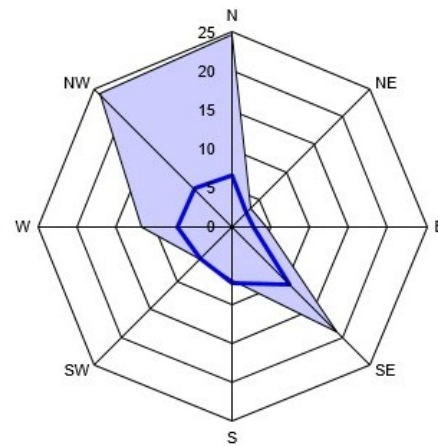
Tabla 10. Principales valores climatológicos de la estación manual de Urbasa. [Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].

PRECIPITACIÓN MEDIA (mm/año)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	ETP (THORNTHWAITE)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 H (T=10 años) (mm)
1.360,5	9,7	600,8	92,1

A continuación, se muestran el diagrama ombrotérmico y la rosa de los vientos de la **estación automática de Urbasa**.



Sector	Frecuencia %	Velocidad Media (Km/h)
N	24.7	6.7
NE	3.3	2.5
E	4.5	2.7
SE	19.1	10.4
S	6.8	7.3
SW	5.9	5.7
W	11.7	7.1
NW	24.1	6.9



□ % de veces en que el viento viene de cada dirección ■ Velocidad media (Km/h)

Ilustración 86. Diagrama ombrotérmico y rosa de los vientos de la estación automática de Urbasa. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

Geología

Desde el punto de vista geológico, la Sierra de Urbasa pertenece al Bloque Alavés del Dominio Vasco-Cantábrico, caracterizado porque las estructuras geológicas presentes no muestran una vergencia definida. La Unidad de Urbasa-Andía representa un pliegue sinclinal colgado de grandes dimensiones cuyo eje tiene una orientación este-oeste. El área central más deprimida de dicha estructura coincide con el área objeto de estudio.

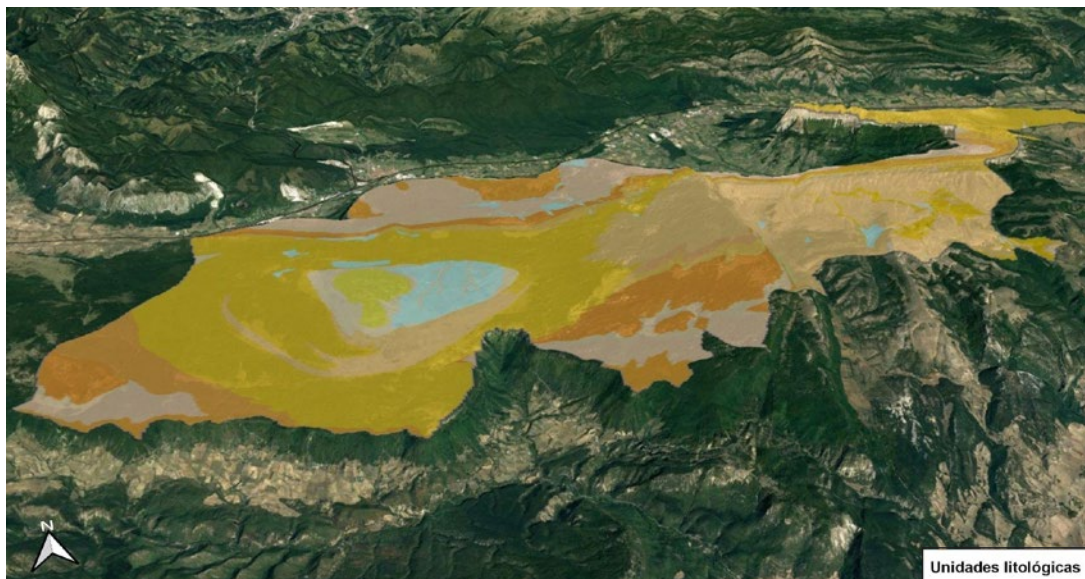


Ilustración 87.
 Mapa Geológico 1:25.000 del Parque Natural de Urbasa-Andía. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).

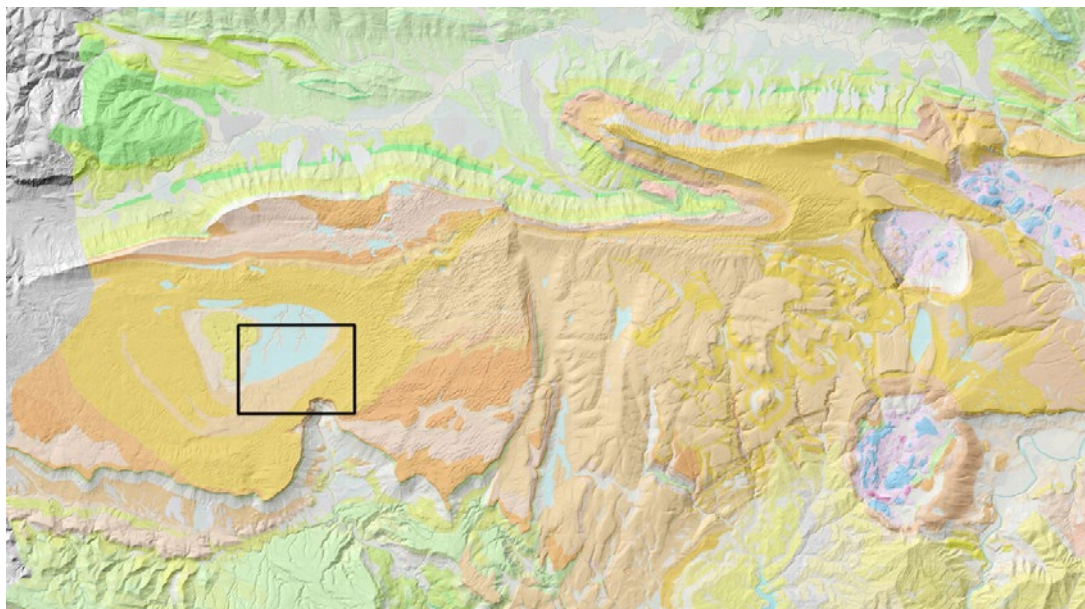
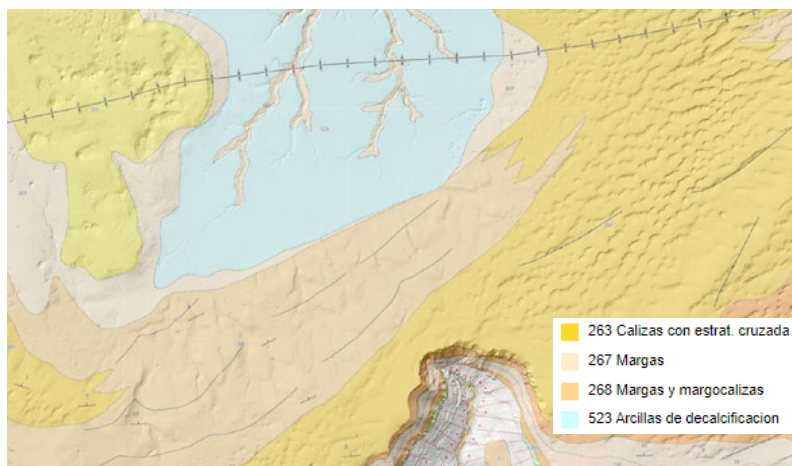


Ilustración 88.
 Fragmento del mapa Geológico 1:25.000 en el entorno de Urbasa-Andía. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).

Ilustración 89.

Detalle de la litología de la zona a visitar en el Parque de Urbasa-Andía, donde predominan en azul (523), las arcillas de decalcificación, rodeando a éstas, en beige (267 y 268), las margas y margas y margocalizas, y en naranja (263), acercándonos al borde, las calizas. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).



De un modo resumido, en cuanto a la **litología** presente en la zona, encontramos los siguientes materiales:

- Del Maastrichtiense superior: calizas bioclásticas, calcarenitas, areniscas y margas arenosas que ocupan una pequeña zona en la base de la falla de Lizarraga, en Zunbeltz.
- Del Daniense: lo que más extensión alcanza son dolomías y calizas dolomíticas que aparecen en los bordes norte y sur del sinclinal de Urbasa dominando los cantiles en esas zonas y generando un relieve muy característico.
- Del Tanetiense: calizas bioclásticas y arrecifales masivas con algunas intercalaciones de margocalizas y calcarenitas. Ocupan amplias zonas en el norte y sur de Urbasa y la zona de Peña Blanca en Andía. Los estratos margosos quedan muy bien reflejados en el terreno y generan suelos completamente diferentes a los calizos.
- Del Ilerdiense: aunque comienza con calcarenitas, el resto del periodo está representado por margas y margocalizas que, como en el caso anterior, se siguen muy bien sobre el terreno tanto en Urbasa como en Andía.
- Del Luteciense: salvo el final del periodo, todo está ocupado por calizas bioclásticas y calcarenitas. Son el material que, con gran diferencia, ocupa la mayor superficie de la zona estudiada. Presenta una karstificación generalizada que se intensifica en ciertas áreas. Las calcarenitas y calizas arenosas han generado suelos podzólicos, en especial en la zona del Monte Común de las Améscoas.
- Del Bartonienense: aparecen dos litologías importantes en relación con los suelos, la más antigua son margas con yesos que ocupan el centro del sinclinal de Urbasa. Al ser materiales impermeables y aparecer prácticamente horizontales han dado lugar al Raso de Urbasa. Zona llana con problemas de encharcamiento y mal drenaje. La otra litología, situada sobre la anterior, son arenas y areniscas calcáreas que también han dado lugar a suelos podzólicos.
- Finalmente, del Cuaternario lo que encontramos son arcillas de decarbonatación ocupando los fondos de dolinas y áreas de disolución.

Ilustración 90.

Sustrato rocoso de areniscas sobre la que se desarrollan suelos podzólicos. Estas areniscas muestran abundantes estructuras sedimentarias que reflejan el ambiente sedimentario en el que se formaron (ripples, estratificación cruzada, etc.).
[Fuente: Fran Sanz Morales].



La unidad hidrogeológica de Urbasa-Andía, formada por unidades carbonatadas paleocenas y eocenas, almacena en su interior más del 25% de los recursos de agua subterránea de toda Navarra. Las unidades de Urbasa y Andía se encuentran separadas por un importante accidente geológico: La falla de Lizarraga, de dirección aproximada N-S, que secciona perpendicularmente el eje sinclinal antes mencionado.

Uno de los rasgos más notables de este Parque Natural es la belleza y singularidad del paisaje kárstico, representado por nacaderos, fuentes, manantiales, cuevas, simas, dolinas, sumideros, poljes y valles kársticos. De todos estos rasgos del modelado, el área de visita permite identificar claramente los campos de dolinas y las fuentes kársticas.

La Fuente de Los Mosquitos, la Fuente del Arenal, la Fuente de Basauntziturri, o la Fuente de Gortasoro, entre otras, se concentran en esta área, debido a la presencia de materiales geológicos permeables que permiten el almacenamiento y flujo de agua en su interior. Se trata de calcarenitas, areniscas con cemento carbonatado que se formaron en este lugar hace unos 38 millones de años, cuando el agua del mar bañaba este lugar en una plataforma marina de aguas cálidas muy someras.

Alzando nuestra mirada más allá del campo de dolinas, el visitante puede contemplar hacia el este todo el Raso de Urbasa. Esta área deprimida coincide con el Polje fluvio-kárstico del Raso, surcado por el arroyo de Kisuerreka y cuyas aguas son engullidas por los sumideros de Arratondo y El Espinar.

**Ilustración 91.**

Vista del Raso de Urbasa, área deprimida en el sector central de la sierra. [Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].

Desde un punto de vista hidrogeológico, la Unidad Urbasa-Andía está constituida por materiales de naturaleza carbonatada que desarrollan un marcado modelado kárstico, constituyendo una importante unidad acuífera que alberga el 25% de los recursos subterráneos de Navarra. Dado que bajo las unidades carbonatadas se encuentra un sustrato margoso impermeable, el contacto entre esta formación margosa y el resto de las formaciones carbonatadas suprayacentes favorece los puntos de drenaje principales en esta unidad.

Dentro de la subunidad de Urbasa destaca el acuífero de Urbasa, cuyo drenaje se realiza principalmente por los manantiales de Urederra y Olazagutía. En la subunidad de Andía destacan los acuíferos de Arteta, Riezu, Ibero-Etxauri, Abárzuza y otros de menor entidad. Entre los manantiales más importantes se citan los de Arteta, Riezu, La Mina, Ibero, Etxauri y Belascoain, entre otros.

En los siguientes enlaces se pueden consultar varios lugares de interés de la zona, según el [Inventario Español de Lugares de Interés Geológico del Instituto Geológico y Minero de España](#). Algunos de ellos se podrán visitar en la excursión del segundo día:

- [Suelos podzólicos de Urbasa](#)
- [Semi-polje fluvio-kárstico del Raso de Urbasa](#)
- [Paisaje kárstico ruuiniforme de Artea](#)
- [Paisaje kárstico ruuiniforme de Bargagain](#)
- [Cueva de Los Cristinos](#)
- [Cueva de Acuandi](#)
- [Cueva de Noriturri](#)
- [Dolinas gigantes de Zulo Haundia y Obats](#)
- [Tobas calcáreas del río Urederra y Balcón de Ubaba](#)
- [Sistema kárstico de la Falla de Lizarraga](#)
- [Sinclinal colgado de la Sierra de San Donato](#)

Usos

En las sierras de Urbasa y Andia la distribución de los tipos de vegetación está condicionada fundamentalmente por las peculiares características climáticas, así como por el relieve y las características del suelo ([Vegetación \(parquedeurbasa.es\)](#)).

Así, se pueden distinguir, a grandes rasgos, tres tipos de vegetación claramente diferenciados: los bosques, los rasos y la vegetación de los roquedos.

Los hayedos ocupan la mayor parte de la superficie arbolada del Parque. En los bosques, la especie dominante es, por supuesto, el haya, si bien ésta se encuentra, en este caso, acompañada por un cortejo de especies formado por arces, tilos, tejos, acebos y fresnos.

El estrato arbustivo es escaso bajo el hayedo, apareciendo frecuentemente en los lindes del bosque. Las especies normalmente presentes son el espino albar, el espino navarro y los rosales silvestres.

En el estrato herbáceo podemos encontrar orquídeas, eléboros, narcisos y anémonas, entre otras.

Los rasos de los hayedos dejan paso a extensas formaciones mixtas de pastos salpicados de espinares y enebrales, si bien se distribuyen de modo desigual en su ámbito territorial. La Sierra de Andía es el lugar en el que casi la totalidad de su territorio se encuentra ocupado por pastos, no siendo así en Urbasa y en el Monte Limitaciones en los que la superficie forestal arbolada es la predominante.

Las especies que podemos encontrar en los rasos son el lastón, las gencianas, las merenderas y los narcisos.

En los roquedos, la abundancia de canchales, cantiles, pedreras y repisas rocosas da lugar a la

aparición de una elevada diversidad de comunidades vegetales que presentan un alto grado de especialización a unas condiciones muy concretas como la sequedad de sus suelos, la acumulación de nieve, la fuerte insolación o los vientos constantes.

Por todo ello, en el ámbito del Parque Natural se pueden encontrar una gran variedad de especies botánicas de interés, bien por ser endémicas o bien por encontrarse amenazadas.

No obstante, hay un tema a destacar y es la antigüedad de los usos ganaderos y forestales de esta zona. La presencia de dólmenes, túmulos y algún menhir constata un uso ganadero continuo de, por lo menos, unos 4.000 años. Lo que se hace notar en las características de los suelos de los pastizales y de los bosques.

En cuanto a los usos actuales del suelo la información recogida en el [Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra](#) a escala 1:25.000 nos muestra la siguiente distribución:

Tabla 11. Principales usos de suelos del Parque Natural de Urbasa-Andía, según el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra. (Fuente: Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).

COBERTURAS	SUPERFICIE (ha)	%
Matorrales	2.637	12,4
Pastizales	4.447	21,0
Forestal silvestre	12.571	59,3
Forestal repoblaciones	359	1,7
Improductivos	1.191	5,6
Total	21.207	100,0

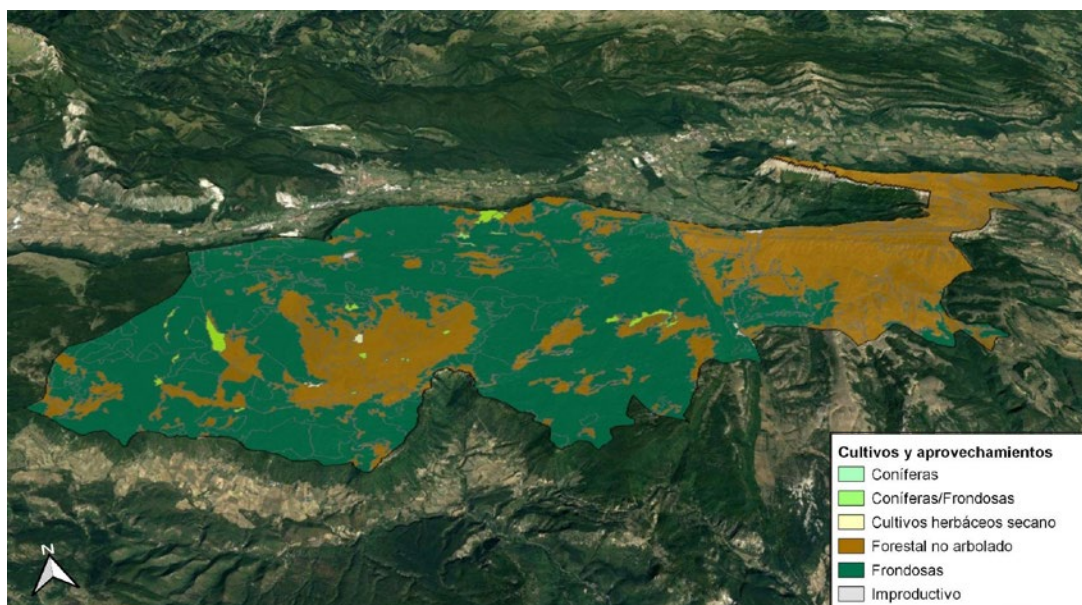


Ilustración 92.

Mapa de Cultivos y Aprovechamiento del Parque Natural de Urbasa Andía, donde destacan, por un lado, las especies frondosas silvestres de Urbasa y Limitaciones y, por otro, especialmente en el Raso y en la Sierra de Andía, matorrales y pastizales. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).

Suelos del Parque Natural de Urbasa-Andía

Simplificando mucho, podemos decir que tenemos 4 grandes grupos de **suelos** en el Parque:

- Suelos sobre calizas: en general, son suelos someros y de texturas arcillosas. En algunas zonas, sin embargo, cabe destacar la presencia de dolinas con suelos profundos. A veces, nos encontramos una sucesión de dolinas, como puede verse en las imágenes **LiDAR** que se muestran en la introducción del documento, donde, en poco espacio, tenemos una sucesión de suelos someros y profundos. En superficie son suelos bastante oscuros, siendo en muchos casos, horizontes úmbricos los más lavados y móllicos los menos lavados. Dentro de éstos podemos destacar las Unidades Cartográficas 157 y 165.
- Suelos sobre margas: aparecen en el raso de Urbasa, son texturas limosas y arcillosas. Son suelos pesados y encharcadizos. Son los más básicos del Parque, a su vez. Como ejemplo de estos suelos veremos los perfiles 2-2 (Sierra de Urbasa-145) y 2-3 (Sierra de Urbasa-146); dichos perfiles se enmarcarían dentro de las Unidades Cartográficas 170 y 173, respectivamente.
- Suelos sobre calcarenitas y areniscas calcáreas: son los suelos arenosos y muy lavados que dan lugar en algunos casos a espodosoles. Son los suelos más ácidos y pobres en bases. Como ejemplo de estos suelos veremos el perfil 2-1 (Sierra de Urbasa-144). Este tipo de suelos están cartografiados en la Unidad Cartográfica 168, formada por tres series de las cuales sólo una cumple los requisitos para ser clasificada como podzol.
- Suelos sobre calizas de algas y calcarenitas: son suelos de texturas francas, pero no tan arenosos y lavados como los anteriores. En general, son someros. Dentro de este grupo tenemos la Unidad Cartográfica 169, que es la que más superficie ocupa dentro del Parque. Como ejemplo veremos el perfil 2-4 (próximo a la observación Monte Común de las Améscoas-10).

Hay que destacar también la presencia de afloramientos (normalmente de calizas y dolomías) en varias zonas del Parque, una de esas zonas es el conocido como “Bosque encantado” (sobre dolomías). Atravesaremos zonas así entre el camping de Urbasa donde recibiremos una explicación de la gestión del Parque y el perfil podzólico.

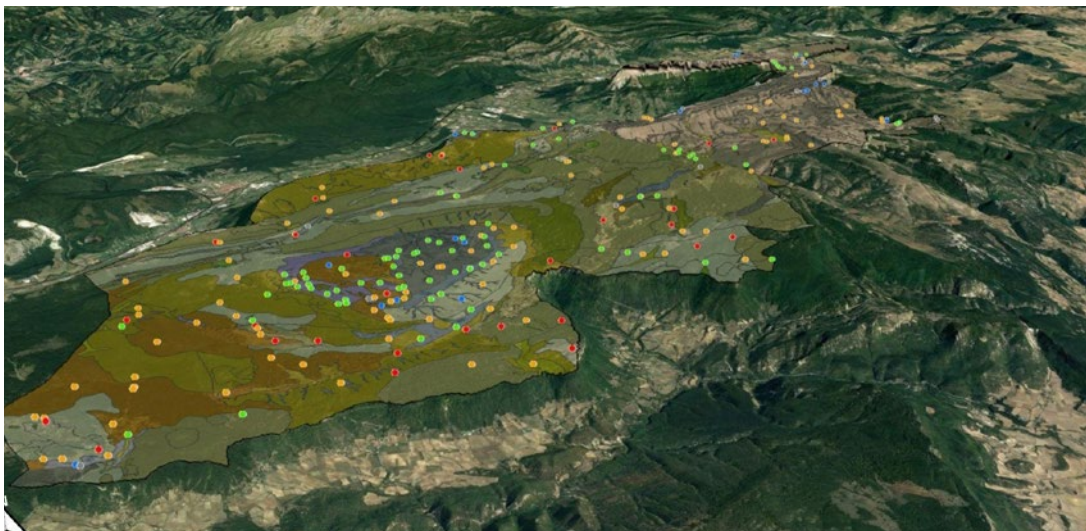
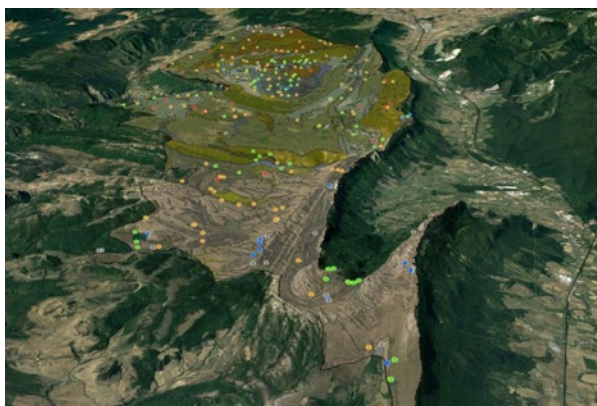


Ilustración 93.

Mapa de Suelos del Parque Natural de Urbasa-Andía (vista principal de la Sierra de Urbasa).
(Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

Ilustración 94.
 Mapa de Suelos del Parque Natural de Urbasa-Andía (vista principal de la Sierra de Andía). (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidades de suelo Urbasa

● Calicata	0	161	166	171	176
● Sondeo	157	162	167	172	177
● Sondeo muestreado	158	163	168	173	178
● Observación	159	164	169	174	900
● Observación muestreada	160	165	170	175	

PERFILES A VISITAR

En el Parque Natural de Urbasa-Andía se van a poder ver 4 perfiles de suelos:

- 2-1.** Podzol desarrollado sobre un sustrato rocoso de areniscas (Urbasa-144 de la Unidad 168).
- 2.2.** Ladera de erosión sobre margas con abundantes carbonatos en forma de nódulos (Urbasa-145 de la Unidad 170).
- 2.3.** Borde de barranco sobre margas (Urbasa-146 de la Unidad 173).
- 2.4.** Perfil sobre calcarenitas y calizas de algas (cercano al perfil Monte Común de las Améscoas 10 de la Unidad 169).

Ilustración 95.
 Perfiles a visitar en el Raso de Urbasa. (Fuente: Tracasa Instrumental).



PERFIL 2-1: Podzol sobre calcarenitas (Urbasa-144)**DATOS GENERALES:**

Clasificación: Alfic Haplorthod, Franca gruesa, Mixta, Profunda (Soil Taxonomy, 2022) Albic Podzol (WRB, 2022). **Tipo:** Observación muestreada. **Sección control:** 22-65 cm. **Geomorfología:** Ladera de erosión. **Material de partida:** Calcarenitas. **Fecha de la observación:** 02/05/2023. **Autores:** Javier Eslava, Ainara Senar, Alberto Ruiz, Mikel Lasarte. **Localización:** X = 567948, Y = 4741877, Z = 880 m. **Aprovechamiento:** Matorral. **Pendiente general:** 4%. **Pendiente particular:** 3%. **Geología:** Areniscas calcáreas. Eoceno. **Erosión:** Hídrica laminar ligera. **Fin observación:** Sigue el perfil sin variaciones. **Observaciones:** Brezo y enebro.

Ilustración 96.
Paisaje y perfil de
Urbasa-144. (Fuente:
Gobierno de Navarra,
Negociado de Suelos y
Climatología).



DESCRIPCIÓN DEL PERFIL:

- A1** 0-10 cm. **Color:** 5YR3/1, Gris muy oscuro. **Textura:** Arenosa franca. **Canales lombrices:** Bastantes. **Caracoles:** No hay. **Crotovinas:** Bastantes. **Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Suelto. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Masiva. **Poros:** Intersticiales, Tamaño grueso, medio y fino, Muchísimos. **Raíces:** Muchísimas, Tamaño mediano y muy fino. **Límite:** Neto y plano.
- A2** 10-22 cm. **Color:** 5YR4/1, Gris oscuro. **Textura:** Arenosa franca. **Canales lombrices:** Bastantes. **Caracoles:** No hay. **Crotovinas:** Bastantes. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Suelto. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Masiva. **Poros:** Intersticiales, Tamaño mediano y muy fino, Muchísimos. **Raíces:** Muchísimas, Tamaño fino y muy fino. **Observaciones:** Horizonte muy orgánico, muy ligero. **Límite:** Brusco y plano.
- E** 22-48 cm. **Color:** 5YR7/1, Gris claro. **Textura:** Arenosa. **Canales lombrices:** No hay. **Caracoles:** No hay. **Crotovinas:** No hay. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Suelto. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Masiva. **Poros:** Intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Bastantes. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y muy fino. **Límite:** Brusco y ondulado.
- Bhs** 48-51 cm. **Color:** 5YR2,5/1, Negro. **Textura:** Franco arenosa. **Canales lombrices:** No hay. **Caracoles:** No hay. **Crotovinas:** No hay. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Suelto. **Elementos gruesos:** Cuarzo, Chinitas (0.2 mm a 1 cm), 1 cm. **Estructura:** Masiva. **Poros:** Intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Raíces:** Muchas, Tamaño fino y muy fino. **Observaciones:** Muy delgado. **Límite:** Brusco y ondulado.
- Bt** 51-65+cm. **Color:** 7,5YR5/8, Pardo fuerte. **Textura:** Arenosa franca. **Canales lombrices:** No hay. **Caracoles:** No hay. **Crotovinas:** No hay. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Suelto. **Elementos gruesos:** 1%, Cuarzo, Chinitas (0.2 mm a 1 cm). **Estructura:** Masiva. **Poros:** Intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Raíces:** Muchas, Tamaño fino y muy fino. **Observaciones:** Alguna bolsa oscura del material superior en el horizonte. Cristales de cuarzo. Se observan recubrimientos de arcilla (cutanes). Evidencias de iluviación de arcilla en forma de granos de arena de cuarzo recubiertos y/o de puentes de arcilla entre granos de arena (otros muchos granos de arena de cuarzo están totalmente limpios y son prácticamente incoloros). **Límite:** Desconocido.

Estos suelos muy arenosos y muy lavados se engloban en la Unidad 168 (ver Anejo), cuya distribución se muestra a continuación:



Ilustración 97.
Distribución
de la Unidad
Cartográfica 168.
(Fuente: Tracasa
Instrumental
y Gobierno
de Navarra,
Negociado
de Suelos y
Climatología).

Tabla 12. Datos analíticos del perfil 2-1 (Urbasa 144).
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PERFIL 2-1: DATOS ANALÍTICOS					
Horizonte	A1	A2	E	Bs	Bt
Profundidad	0-10	10-22	22-48	48-51	51-65+
Análisis físico					
Arena (2-0,2) mm	23,49	22,77	22,47	33,01	23,36
Arena (0,2-0,1) mm	41,13	42,16	43,49	28,61	39,42
Arena (0,1-0,05) mm	18,7	18,74	21,13	15,82	20,29
Arena (0,05-0,02) mm	8,65	8,25	8,53	5,37	5,39
Limo (0,02-0,002) mm	5,84	6,75	3,89	5,48	4,31
Arcilla (<0,002) mm	2,19	1,33	0,49	11,71	7,24
Análisis químico					
Caliza Total %					
Caliza Activa %					
Mat. Org. Oxidable %	6,04	4,32		3,11	0,53
Nitrógeno Total %	0,17				
Fósforo asimil. (mg/kg)	3,59				
Potasio asimil. (mg/kg)	70,87				
Relación C/N	20,72				
pH en agua (1:2,5)	6,23	6,07	5,22	4,33	5,09
pH en ClK (1:2,5)	4,39	4,32	4,14	3,53	3,83
C.E. (1:1) (dS/m)	0,37	0,25	0,18	0,3	0,22
Yeso %					
Análisis cambio					
Total (cmol+/kg)	7,35	5,21	0,33	9,25	2,73
Calcio (cmol+/kg)	3,86	2,11	0,2	0,86	1,45
Magnesio (cmol+/kg)	0,52	0,34	0,04	0,14	0,16
Sodio (cmol+/kg)	0,12	0,1	0,05	0,13	0,08
Potasio (cmol+/kg)	0,15	0,25	0,03	0,11	0,1
Hidrógeno (cmol+/kg)		0,05			
Aluminio (cmol+/kg)	0,36	0,33	0,09	4,17	1,09
Acidez total (cmol+/kg)					
Saturación bases (%)	63,27	53,74	96,97	13,41	65,57
Análisis específicos para hz espódicos*					
Fe _{ox} (mg/g)	0,35	0,23	0,04	3,1	2,82
Al _{ox} (mg/g)	0,24	0,06	nd	1,37	0,49
Al _{ox} +1/2Fe _{ox} (%)	0,04	0,02	0,002	0,29	0,19

*Análisis realizado por Laboratorio Edafología y Química Agrícola, Facultad de Biología, Universidad de Santiago de Compostela.

PERFIL 2-2: Ladera de erosión con nódulos de carbonatos sobre margas (Urbasa-145)

DATOS GENERALES:

Clasificación: Lithic Udorthent, Limosa fina, Mixta, Somera. (Soil Taxonomy, 2022); Leptic Eutric Regosol (WRB, 2022). **Tipo:** Observación muestreada. **Sección control:** 23-48 cm. **Geomorfología:** Ladera de erosión. **Material de partida:** Margas. **Fecha de la observación:** 02/05/2023. **Autores:** Javier Eslava, Ainara Senar, Alberto Ruiz. **Localización:** X = 568380, Y = 4741602, Z = 872 m. **Aprovechamiento:** Pastizal. **Pendiente general:** 3%. **Pendiente particular:** 4%. **Geología:** Margas con niveles de calcarenitas. Eoceno. **Fin observación:** Una roca blanda impide el paso. Prof. Contacto lítico / paralítico: 48 cm.



Ilustración 98.
Paisaje y perfil de Urbasa-145. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Ilustración 99.

Detalle de nódulos de carbonatos en el perfil de Urbasa-145. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

**DESCRIPCIÓN DEL PERFIL:**

- A** 0-23 cm. **Color:** 2,5Y5/4, Pardo oliva claro. **Textura:** Franco arcillosa. **Canales lombrices:** Bastantes. **Caracoles:** No hay. **Crotovinas:** Bastantes. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Muy friable. **Elementos gruesos:** 1%, cuarzo y cantos, Chinitas (0.2 mm a 1 cm). **Estructura:** Bloques subangulares, Tamaño fino y medio, Moderada. **Poros:** Tubulares e intersticiales, Tamaño fino y medio, Bastantes. **Raíces:** Muchas, Tamaño fino y muy fino. **Límite:** Neto y plano.
- CR** 23-48 cm. **Color:** 2,5Y6/4, Pardo amarillento claro, 70% y 2,5Y5/6, Pardo oliva claro, 30%. **Nódulos minerales:** Carbonatos, 5%. **Textura:** Franco arcillo limosa. **Canales lombrices:** No hay. **Caracoles:** No hay. **Crotovinas:** No hay. **Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Firme. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Heredada de la roca. **Poros:** Tubulares e intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Pocos. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y muy fino.
- R** 48-70 cm. **Color:** 10YR6/8, Amarillo parduzco, 10% y 2,5Y6/3, Pardo amarillento claro, 40%, y 2,5Y5/4, Pardo oliva claro, 50%. **Textura:** Franco arcillo limosa. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Geológica. **Observaciones:** Marga abigarrada. Alguna raíz pasa por caras. Manchas de manganeso. **Límite:** Pasa gradualmente a roca.

Estos suelos se engloban en la Unidad 170 (ver Anejo), y su distribución se muestra a continuación:

Ilustración 100.

Distribución de la Unidad Cartográfica 170. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Tabla 13. Datos analíticos del perfil 1-1 (Urbasa 145).
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PERFIL 2-2: DATOS ANALÍTICOS			
Horizonte	A	CR	R
Profundidad	0-23	23-48	48-70
Análisis físico			
Arena (2-0,2) mm	3,53	3,43	4,99
Arena (0,2-0,1) mm	5,95	3,32	2,71
Arena (0,1-0,05) mm	12,12	9,54	6,94
Arena (0,05-0,02) mm	21,03	20,71	16,93
Limo (0,02-0,002) mm	25,85	34,69	40,69
Arcilla (<0,002) mm	31,52	28,32	27,74
Análisis Químico			
Caliza Total %	7,35	33,71	35,27
Caliza Activa %	1,24		
Mat. Org. Oxidable %	2,16	0,6	0,04
Nitrógeno Total %	0,05		
Fósforo asimi. (mg/kg)	1,73		
Potasio asimi. (mg/kg)	127,39		
Relación C/N	23,17		
pH en agua (1:2,5)	7,08	7,6	7,99
pH en ClK (1:2,5)	6,89	7,2	7,36
C.E. (1:1) (dS/m)	0,53	0,48	0,51
Yeso %			
Análisis cambio			
Total (cmol+/kg)	12,06	9,45	7,77
Calcio (cmol+/kg)	42,16	40,67	45,48
Magnesio (cmol+/kg)	0,67	0,55	0,69
Sodio (cmol+/kg)	0,12	0,09	0,15
Potasio (cmol+/kg)	0,27	0,19	0,2
Hidrógeno (cmol+/kg)			
Aluminio (cmol+/kg)			
Acidez total (cmol+/kg)			
Saturación bases (%)	100	100	100

PERFIL 2-3: Borde de barranco (Urbasa-146)**DATOS GENERALES:**

Clasificación: Typic Eutrudept, Arcillosa fina, Mixta, Profunda (Soil Taxonomy, 2022); Eutric Cambisol (WRB, 2022). **Tipo:** Observación muestreada. **Sección control:** 25-65 cm. **Geomorfología:** Fondo de barranco. **Material de partida:** Margas (arcillas) con yesos. **Fecha de la observación:** 02/05/2023. **Autores:** Javier Eslava, Ainara Senar, Alberto Ruiz, Mikel Lasarte **Localización:** X = 568642, Y = 4741441, Z = 855 m. **Aprovechamiento:** Pastizal. **Pendiente general:** 2%. **Pendiente particular:** 2%. **Geología:** Margas con niveles de calcarenitas. Eoceno. **Erosión:** Hídrica laminar ligera. **Salinidad:** Libre. **Alcalinidad:** Libre. **Fin observación:** No tiene interés continuar.

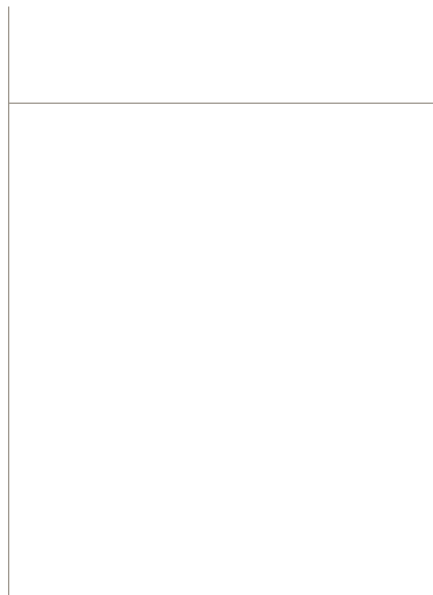


Ilustración 101.
Paisaje y perfil de Urbasa-146.
(Fuente: Gobierno de Navarra,
Negociado de Suelos y Climatología).



Ilustración 102.

Línea de precipitados en Urbasa-146. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL:

- A** 0-10 cm. **Color:** 10YR2/2, Pardo muy oscuro. **Textura:** Arcillo limosa. **Canales lombrices:** Muchos. **Caracoles:** No hay. **Crotovinas:** Muchas. **Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Muy friable. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Granular, Tamaño fino y medio, Débil a moderada. **Estructura secundaria:** Bloques subangulares, Tamaño fino y medio, Débil a moderada. **Poros:** Tubulares e intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Muchísimos. **Raíces:** Muchísimas, Tamaño fino y muy fino. **Límite:** Gradual y plano.
- Bw** 10-30 cm. **Color:** 2,5Y4/3, Pardo oliva. **Textura:** Arcillo limosa. **Canales lombrices:** Bastantes. **Caracoles:** No hay. **Crotovinas:** Bastantes. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Muy friable. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Bloques subangulares, Tamaño fino, Moderada. **Poros:** Tubulares e intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Bastantes. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y muy fino. **Observaciones:** Brillos de caras y alguna pisolita. **Límite:** Gradual y plano.
- CR** 30-65 cm. **Color:** 5Y4/4, Oliva. **Textura:** Arcillo limosa. **Canales lombrices:** No hay. **Caracoles:** No hay. **Crotovinas:** No hay. **Humedad/Consistencia:** Saturado. Plástico. Ligeramente adherente. **Elementos gruesos:** 1%, Chinitas (0.2 mm a 1 cm). **Estructura:** Heredada de la roca. **Poros:** Intersticiales, Tamaño fino, Bastantes. **Poros secundarios:** Tubulares, Tamaño fino y muy fino, Pocos. **Raíces:** Pocas, Tamaño muy fino. **Precipitados:** 3%, caras. **Observaciones:** Pisolitas.

Tabla 14. Datos analíticos del perfil 2-3 (Urbasa 146).
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PERFIL 2-3: DATOS ANALÍTICOS			
Horizonte	A	Bw	Cr
Profundidad	0-10	10-30	30-65
Análisis físico			
Arena (2-0,2) mm	2,09	2,05	4,08
Arena (0,2-0,1) mm	3,32	2,61	2,09
Arena (0,1-0,05) mm	2,34	2,27	1,76
Arena (0,05-0,02) mm	9,84	8,84	8,74
Limo (0,02-0,002) mm	36,43	35,81	36,51
Arcilla (<0,002) mm	45,99	48,42	46,82
Análisis químico			
Caliza Total %	3,8	3,6	10,59
Caliza Activa %	0,5		
Mat. Org. Oxidable %	12,61	4,88	1,72
Nitrógeno Total %	0,62		
Fósforo asimi. (mg/kg)	8,5		
Potasio asimi. (mg/kg)	277,6		
Relación C/N	11,89		
pH en agua (1:2,5)	7,31	7,15	7,66
pH en CIK (1:2,5)	6,81	6,56	7,08
C.E. (1:1) (dS/m)	1,7	1,26	1
Yeso %			
Análisis extracto de saturación			
Capac. SAT (ml/100g)	78,1	67,71	69,47
Sulfatos (meq/l)	2,32	13,07	13,28
Cloruros (meq/l)	0,76	0,67	0,63
Carbonatos (meq/l)			
Bicarbonatos (meq/l)	7,76	3,81	1,46
Calcio (meq/l)	11,85	17,37	15,86
Magnesio (meq/l)	2,78	2,7	1,26
Sodio (meq/l)	0,85	0,6	0,91
Potasio (meq/l)	0,2	0,08	0,05
RAS	0,31	0,19	0,31
pH	6,98	6,9	7,42
Conductividad (dS/m)	1,1	1,58	1,42

>> Continúa en la siguiente página.

PERFIL 2-3: DATOS ANALÍTICOS

Horizonte	A	Bw	Cr
Profundidad	0-10	10-30	30-65
Análisis cambio			
Total (cmol+/kg)	34,77	26,06	26,4
Calcio (cmol+/kg)	37,57	35,87	62,94
Magnesio (cmol+/kg)	4,36	3,07	2,03
Sodio (cmol+/kg)	0,14	0,23	0,13
Potasio (cmol+/kg)	0,59	0,42	0,33
Hidrógeno (cmol+/kg)			
Aluminio (cmol+/kg)			
Acidez total (cmol+/kg)			
Saturación bases (%)	100	100	100

Estos suelos se engloban dentro de la Unidad 173 (ver Anejo), cuya distribución se muestra a continuación:



Ilustración 103.
Distribución de la Unidad Cartográfica 170. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PERFIL 2-4: Ladera de erosión sobre calcarenitas y calizas de algas (Monte Común de las Améscoas-10)**DATOS GENERALES:**

Clasificación: Lithic Hapludoll, Franca gruesa, Micro (Soil Taxonomy, 2022); Mollic Leptosol (WRB, 2022). **Tipo:** Calicata. **Sección control:** 0-12 cm. **Geomorfología:** Ladera de erosión. **Material de partida:** Calizas. **Fecha de la observación:** 05/11/2010. **Autores:** Berta Miranda, Javier Eslava. **Localización:** X = 571329, Y = 4739702, Z = 931 m. **Aprovechamiento:** Pastizal. **Pendiente general:** 6%. **Pendiente particular:** 4%. **Geología:** Calizas. Eoceno. **Erosión:** Hídrica laminar ligera. **Pedregosidad superficial:** 5%, Angulares, 5 cm Limpios. **Fin observación:** Una roca dura impide el paso. Prof. **Contacto lítico / paralítico:** 12 cm. **Observaciones:** Lo más cercano que hay es espino.



Ilustración 104.

Paisaje y perfil de Monte Común de las Améscoas-10. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL:

A 0-12 cm. **Color:** 10YR2/2, Pardo muy oscuro. **Textura:** Franco arenosa. **Canales lombrices:** Bastantes. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Friable. **Carbonatos en campo:** No da efervescencia. **Elementos gruesos:** 6%, Caliza, Angulares y subangulares, 5 cm, Limpios. **Estructura:** Granular, Tamaño muy fino, Fuerte. **Poros:** Tubulares e intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Raíces:** Muchas, Tamaño fino y muy fino. **Límite:** Neto e irregular.

R 12-15 cm. **Elementos gruesos:** No.

Tabla 15. Datos analíticos del perfil 2-4 (Monte común de las Améscoas 10).
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PERFIL 2-4: DATOS ANALÍTICOS		
Horizonte	A	R
Profundidad	0-12	12-15
Análisis físico		
Arena (2-0,2) mm	21,9	
Arena (0,2-0,1) mm	10,3	
Arena (0,1-0,05) mm	16,6	
Arena (0,05-0,02) mm	29,2	
Limo (0,02-0,002) mm	16,7	
Arcilla (<0,002) mm	5,3	
Análisis Químico		
Caliza Total %		
Caliza Activa %		
Mat. Org. Oxidable %	12,32	
Nitrógeno Total %	0,71	
Fósforo asimi. (mg/kg)	5	
Potasio asimi. (mg/kg)	154	
Relación C/N	10,07	
pH en agua (1:2,5)	6,4	
pH en ClK (1:2,5)	5,7	
C.E. (1:1) (dS/m)	0,39	
Yeso %		
Análisis cambio		
Total (cmol+/kg)	28,6	
Calcio (cmol+/kg)	23,08	
Magnesio (cmol+/kg)	1,11	
Sodio (cmol+/kg)	0,05	
Potasio (cmol+/kg)	0,31	
Hidrógeno (cmol+/kg)		
Aluminio (cmol+/kg)		
Acidez total (cmol+/kg)		
Saturación bases (%)	85,84	

Este perfil se engloba dentro de la Unidad Cartográfica 169 (ver Anejo), cuya distribución se muestra a continuación:



Ilustración 105.
Distribución de la Unidad Cartográfica de suelos 169. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

Este último suelo se encuentra cerca del Mirador de Ubaba o Balcón de Pilatos, un espectacular mirador en el borde sur del [Parque Natural de Urbasa-Andía](#), con una caída de 300 metros, desde donde tenemos impresionantes vistas panorámicas del [valle de las Améscoas](#), la cascada del [nacedero del Urederra](#) y otros lugares de [Tierra Estella](#) desde sus 924 metros de altura.



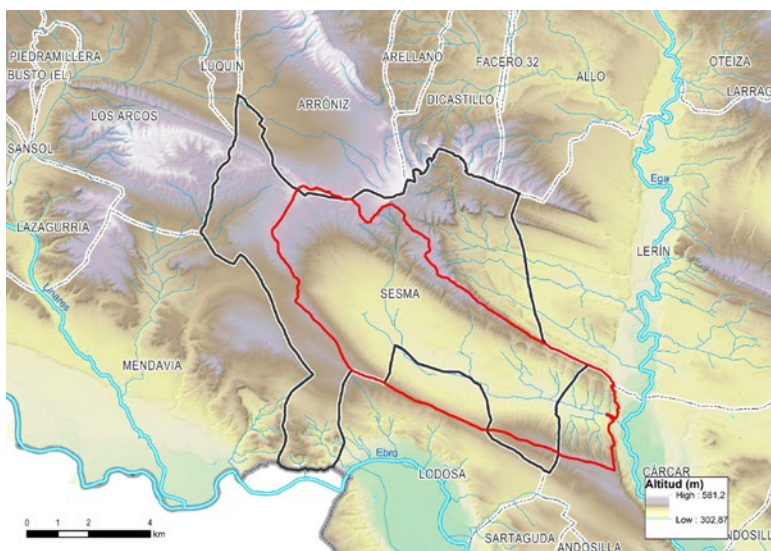
Ilustración 106.
Vista del Mirador de Ubaba (Monte de las Améscoas), en cuyo contexto se verá el perfil sobre calcarenitas y calizas de algas. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

◆ ITINERARIO 2.2: Salobre de Sesma

Descripción general del Salobre de Sesma

El Salobre de Sesma es un pequeño humedal situado en la zona central del término municipal de Sesma y norte de Lodosa, aunque su cuenca hidrológica vertiente coge también parte de los municipios de Cárcar y Arróniz.

Ilustración 107.
Mapa de localización del Salobre de Sesma. (Fuente: Tracasa Instrumental).



Este humedal está relacionado estructuralmente con otras zonas húmedas cercanas (Zabaleta, Lazagurría o Barranco Salado) y se caracteriza por estar situado en un área de climatología mediterránea y presentar alternancia entre inundación y desecación con aguas salinas.

El Valle del Ebro es, por sus particularidades geológicas (sedimentación terciaria de materiales salinos en régimen lacustre), una de las cuencas más importantes con presencia histórica de saladares. Estos ecosistemas salinos se localizaban en su mayor parte en la provincia biogeográfica de Aragón, que abarcan de manera general la zona noroccidental de la depresión del Ebro (Aragón, Navarra, La Rioja y Cataluña) (Rivas Martínez et al., 1991).

En Navarra los más importantes testimonios de saladares continentales aparecen en el sector biogeográfico Bardenas-Monegros, que se extienden desde la Ribera Estellesa hasta los límites con La Rioja y Aragón (Rivas Martínez et al., 1991).

La Navarra meridional hasta hace no demasiado tiempo mantenía importantes superficies saladas. Sin embargo, la mayor parte de estos humedales han desaparecido o se encuentran en un estado avanzado de degradación. De hecho, a excepción de ciertas representaciones bardeneras, las superficies ocupadas en Navarra por estos ecosistemas son meramente testimoniales. Las praderas de Lazagurría, los prados de Los Arcos o el Salobre de Sesma, son hoy meros recuerdos de lo que fueron.

El Salobre de Sesma ocupa el fondo de una estructura sinclinal sobre yesos y margas. Los yesos forman la mayor parte de la estructura, se trata de la unidad geológica de los Yesos de Los Arcos, del Ageniense. Por encima, en la parte central y baja del sinclinal, hay un pequeño paquete de la Formación Tudela, del Ageniense superior, formada por arcillas rojizas con niveles de areniscas y calizas. Dicha estructura sinclinal, conforme a la estructura geológica cóncava, forma una cuenca hidrológica alargada en dirección NO-SE, con una superficie de unas 4.523 has. El fondo, en el centro, es casi plano (donde se encuentra el Salobre) estrechándose hacia la desembocadura. Aunque presenta un cauce superficial muy poco encajado, desagua normalmente a través de una sima

situada a unos 3 km de la desembocadura del cauce superficial en el Ega. Sólo llega agua al río por el cauce superficial y esto ocurre muy raras veces, y siempre con ocasión de grandes precipitaciones que superan la capacidad de la sima. Las aguas que se infiltran en la sima aparecen en el fondo del cauce del Ega, aguas arriba de la desembocadura del cauce superficial, de manera subterránea. Existe otra sima situada a media ladera al sur de la que desagua el cauce y que visitaremos en el itinerario. Estas simas se forman a favor del potente paquete yesífero que tiene un cierto desarrollo cárstico.

Sesma es un municipio que, por la disposición de su término, en tiempo histórico, nunca ha tenido regadío, lo que ha llevado a un aprovechamiento lo más completo posible de sus tierras. Esto llevó a una deforestación prácticamente total de las tierras, unas roturadas y puestas en cultivo y el resto, las que no se podían cultivar, dedicadas al pastoreo. El Salobre se cultivó por sus bordes hasta donde la salinidad permitía algún cultivo; el resto era un pastizal salino con un aprovechamiento adicional del esparto.

Hasta inicios de los 80 del siglo pasado el Salobre de Sesma mantenía una calidad natural apreciable, incluso se llegó a proponer como una futura Reserva Natural dentro de la Red de Espacios Protegidos de Navarra debido a su representatividad o ejemplo de vegetación esteparia (Navarra. Guía Ecológica y Paisajística. 1980).

Entonces (año 1983) se emprendió un proyecto, por parte del Ayuntamiento de Sesma, de desecación con la intención de transformarlo en tierras de cultivo. Las obras ejecutadas se limitaron a realizar una red de drenaje con el objetivo de bajar el nivel freático y generar un proceso de lavado en los horizontes superficiales mediante los aportes pluviales. Estas obras alteraron el funcionamiento hídrico natural del espacio, provocando importantes alteraciones de las características abióticas y bióticas. Los drenajes realizados afectaron tanto los aportes recibidos por el agua superficial como por la subterránea. El resultado fue la alteración de la superficie encharcada, de la salinidad y de la variabilidad natural del espacio drenado. La evolución de esta zona puede verse [comparando imágenes aéreas](#) de diferentes épocas, como se muestra a continuación:

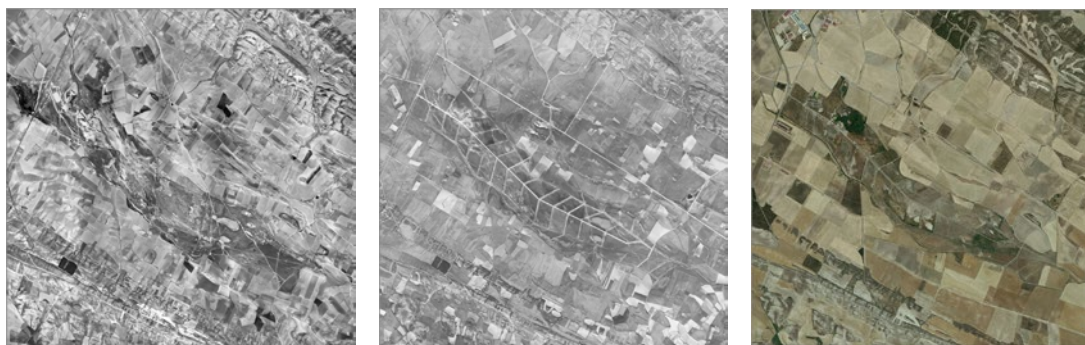


Ilustración 108.

Imagen comparativa del Salobre antes de la ejecución de las obras (ortofoto de 1966-1971), después de las mismas (1987-1991) y en la actualidad (2022). (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).

En aquel entonces el Instituto Navarro del Suelo acometió un estudio de los suelos, no sólo del Salobre, sino de toda la cuenca hidrológica vertiente. Recordar que, una cuenca vertiente forma una unidad hidrológica única hasta su desembocadura, en la que todos los movimientos del agua están relacionados.

Se hizo un mapa de suelos a escala 1:10.000. Realizándose para ello 180 perfiles (de ellos 50 muestreados) y se instalaron 36 piezómetros para el seguimiento de los niveles freáticos y hacer un seguimiento de la evolución de la salinidad del agua. El estudio de suelos, realizado antes de la construcción de los desagües, muestra que en el fondo (la zona sin cultivar) tenía unos suelos con

una capa de agua oscilante que en invierno subía hasta la superficie encharcándola y en verano bajaba a 1,5 ó 2 m de profundidad. Estos suelos, debido a estas condiciones de mal drenaje y ciclos de evaporación fueron acumulando una apreciable cantidad de yeso y de sales más solubles, convirtiéndose en un saladar. Es importante reseñar que, dicho mapa de suelos muestra la salinidad que había en aquel momento.

En aquella época la única entrada de agua a la cuenca, aparte de la lluvia, eran los desagües del pueblo que, sin depuradora, fluían libremente hacia el fondo, infiltrándose en su mayor parte antes de llegar a él. A resultas de la construcción de la red de drenaje (sólo se construyeron las zanjas abiertas principales, no se instalaron drenajes enterrados secundarios en las parcelas) los niveles freáticos descendieron y la parte más superficial de los suelos del Salobre comenzó a perder sales muy lentamente, aunque manteniendo unos niveles todavía demasiado altos para su cultivo. Dada la lentitud del proceso sólo unas pocas superficies del borde (no del Salobre) se han roturado y puesto en cultivo. Por otra parte, con el paso del tiempo la situación hidrológica fue cambiando debido, por una parte, a la construcción de la depuradora debajo del casco urbano, que hizo que llegara más cantidad de agua al fondo del Salobre y, por otra, a la puesta en marcha del regadío por elevación del Ebro en la zona de El Monte, situado al oeste del pueblo, pero dentro de la cuenca vertiente, y sus retornos de agua de riego. Estas actuaciones hicieron que empezara a circular agua por el desagüe principal durante todo el año, a diferencia de antes, cuando sólo circulaba en invierno.

Como ya se ha dicho, esta obra de desecación supuso un grave impacto en su flora y fauna, sin que esta transformación favoreciese un aumento de la productividad agrícola de la zona. En esta situación de abandono y degradación continua del Salobre se produce una toma de conciencia por parte del equipo de gobierno del Ayuntamiento de Sesma, de la necesidad de dar fin y buscar soluciones para el Salobre. Por esta razón, durante el año 1994 se pusieron en marcha unas "Jornadas sobre la Recuperación del Salobre de Sesma y Lodosa".

Entre las conclusiones que se recogen en esta memoria destaca la elevada participación que tuvo lugar, así como el apoyo generalizado por parte de los asistentes para la ejecución de un Proyecto de Recuperación del Salobre.

En consecuencia, ya en este siglo, se inició el proceso de recuperar el Salobre como zona húmeda y para ello se han realizado algunas actuaciones como cortar algunos desagües y colocar cordones de tierra para propiciar el encharcamiento temporal de ciertas parcelas. El problema es que, dado que han aumentado las entradas de agua y que ahora circula todo el año, aunque se taparan todos los desagües, la situación originaria de encharcamiento temporal con desecación y acumulación estival de sales no sería recuperable, pasando el Salobre a ser una zona húmeda todo el año. Hay que tener presente que, el agua que llega al fondo del Salobre no lo hace sólo por medio de los desagües superficiales, sino que también lo hace gravitacionalmente, de forma difusa, a través de la masa de los suelos situados en las laderas vertientes.

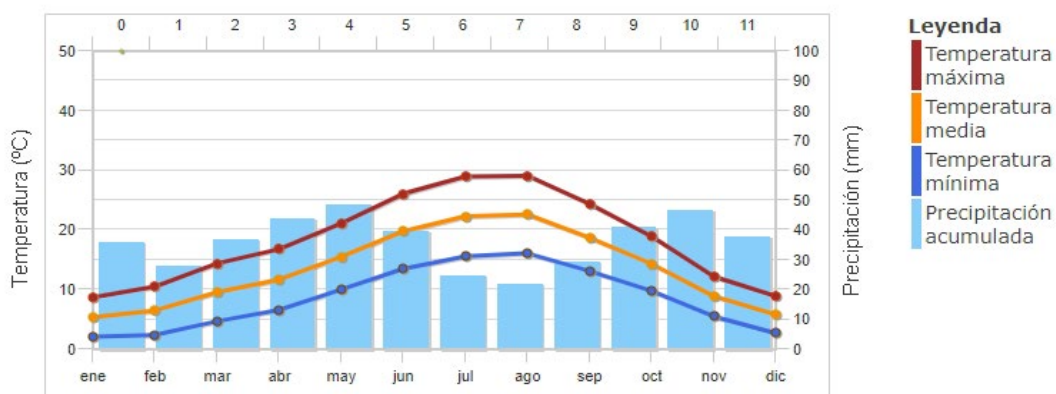
Recientemente, y con la llegada de agua del embalse de Itoiz, se propuso la puesta en riego de todo el entorno del Salobre. Los informes técnicos previos avisaron de la mala calidad para el riego de los suelos propuestos y de los riesgos de posibles procesos de disolución de los yesos subyacentes, considerando la actual presencia de simas; además de la segura alteración de los ciclos hidrológicos del Salobre. La obra se ha llevado adelante y habrá que ver la evolución futura de la zona, pero mucho nos tememos que el Salobre de Sesma nunca volverá a ser lo que fue.

Clima

Para la caracterización climática del área de estudio se dispone de dos estaciones meteorológicas en la zona. Una **automática** (del Ministerio) y una manual (del Gobierno de Navarra), que es la más antigua. Los principales valores climatológicos de la **estación manual de Sesma** para el periodo 1991-2020 son:

Tabla 16. Principales valores climatológicos de la estación manual de Sesma.
 (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PRECIPITACIÓN MEDIA (mm/año)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	ETP (THORNTHWAITE)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 H (T=10 años) (mm)
435,3	13,4	720,3	53,0



	Frecuencia	Velocidad media
N	11.1	12
NE	8.5	6.8
E	16	9.4
SE	6.5	10.7
S	1.4	7
SW	2.9	8.6
W	34	13.4
NW	19.6	11.7

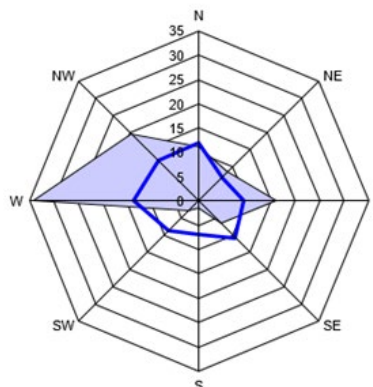


Ilustración 109.

Diagrama ombrotérmico de la estación manual de Sesma y rosa de los vientos de la estación del Ministerio (2007-2022).
 (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología y Gobierno de España, Ministerio de Medio Ambiente).

Geología

Como ya se ha comentado anteriormente, el Salobre de Sesma ocupa el fondo de una estructura sinclinal sobre yesos y margas. Este sinclinal es la parte final de una estructura muy larga de unos 60 km de largo, que comienza en la zona de Landazuría (visitada en la jornada 1 de la RENS) y termina en Lazagurría, al oeste. Aquí es necesario comentar que, en el sur de Navarra existen una serie de estructuras anticlinales y sinclinales, paralelas al río Ebro, formadas por la deformación de los depósitos de yesos del Oligoceno y Mioceno. Es decir, se trata de estructuras halocinéticas. Estos yesos y sales son evaporitas precipitadas en el gran lago que ocupó la cuenca del Ebro en la segunda mitad del terciario. Los materiales yesíferos, alternando con pequeños niveles margosos, forman el sustrato de la mayor parte de la cuenca vertiente, solamente en la parte central y baja se encuentran las margas rojizas de la Formación Tudela. Aunque superficialmente todo el fondo del valle se encuentra recubierto de un depósito cuaternario proveniente de las laderas circundantes.

La base impermeable del acuífero la constituyen las arcillas abigarradas de tonos ocre rojizos y grises, de la citada Formación Tudela, que resultan prácticamente impermeables debido al predominio de las arcillas y la cementación que presentan. No obstante, la presencia de tramos de alteración y/o más arenosos, ocasionan aumentos de la porosidad superficiales que se comportan, desde el punto de vista hidrogeológico, de forma muy parecida a los depósitos cuaternarios que los recubren.

La recarga de este acuífero se realizaría por infiltración directa del agua de lluvia a través de los depósitos cuaternarios. Esta infiltración es mucho más efectiva en las laderas del valle, donde la granulometría de los depósitos cuaternarios es más gruesa y favorece la infiltración, mientras que en el fondo del valle predominan las arcillas, por lo que, el acuífero llega a quedar semiconfinado.

La presencia de un drenaje por el que el que mana agua, situado al norte del “Camino de Cárcar”, en la cabecera del Salobre, delata la presencia de los flujos subterráneos desde las laderas hacia el centro del valle, alimentando el acuífero formado por los depósitos cuaternarios.

En la zona de cabecera, tampoco se pueden despreciar las posibles aportaciones procedentes de las dos balsas de riego, el estancamiento del barranco norte y los encharcamientos relacionados con él, que, en todos los casos, facilitan la infiltración del agua de escorrentía superficial en los depósitos cuaternarios.

El drenaje del acuífero se realizaría por medio de un flujo longitudinal que recorre el eje del amplio valle en el que se encuentra El Salobre, circulando hacia el río Ega. No obstante, este flujo profundiza en el sustrato cenozoico a favor de materiales más solubles, formando algunas simas en las que también se infiltra la escorrentía superficial. En todo caso, se considera que, tanto la topografía, como la disposición estructural de los materiales, condicionan que la dirección del flujo subterráneo se dirija hacia el cauce del río Ega, que constituye el nivel de base general de la zona.

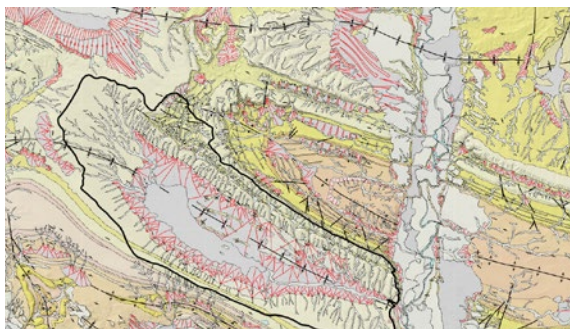


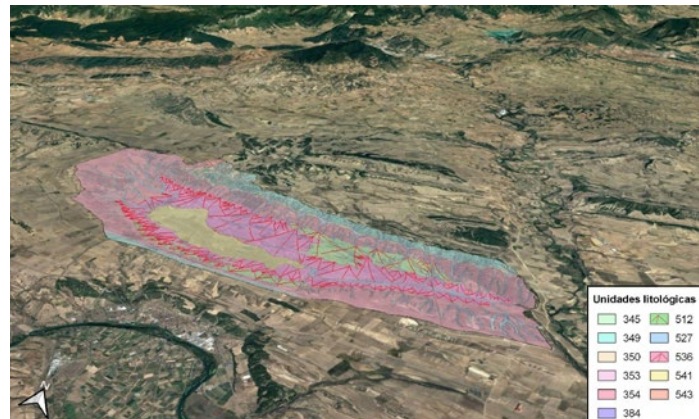
Ilustración 110.
Imagen del mapa Geológico de la zona del Salobre de Sesma. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).

La descarga del acuífero se realiza por aportaciones directas a este río, a través de los depósitos aluviales que lo rodean, con los que enlazan directamente los depósitos que tapizan el fondo de valle del Salobre o del propio sustrato terciario en el que se infiltra gran parte del flujo subterráneo.

En resumen, dentro los materiales que afloran en la cuenca del Salobre las principales **unidades litológicas** son los Yesos de Los Arcos, del Ageniense. Se trata de un paquete de unos 200 metros de potencia. En superficie constituyen un conjunto yesífero, con intercalaciones de materiales lutíticos y dolomías laminadas. En el subsuelo incluye materiales solubles, halita y glauberita, alternando con anhidritas.

Por su parte, en la Formación Tudela, del Ageniense superior-Orleaniense, predominan los términos lutíticos, representados por arcillas rojas (color ladrillo característico) en tramos homogéneos de potencia métrica a decamétrica, alternando con niveles de areniscas tabulares de potencia centimétrica a decimétrica y con niveles de calizas también tabulares y espesores semejantes.

Ilustración 111.
Imagen del mapa Litológico de la cuenca hidrológica del Salobre de Sesma. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).



Usos

El **mapa de Cultivos y Aprovechamientos** nos muestra que, en la depresión imperan el esparto y matorral mediterráneo, siendo la sosa la especie predominante. Ya fuera del Salobre, en la cuenca vertiente, encontramos cultivos herbáceos en secano y, en menor medida, cultivos leñosos, tanto en secano como en regadío. En las zonas más alejadas y escarpadas tenemos pino carrasco junto al matorral mediterráneo.

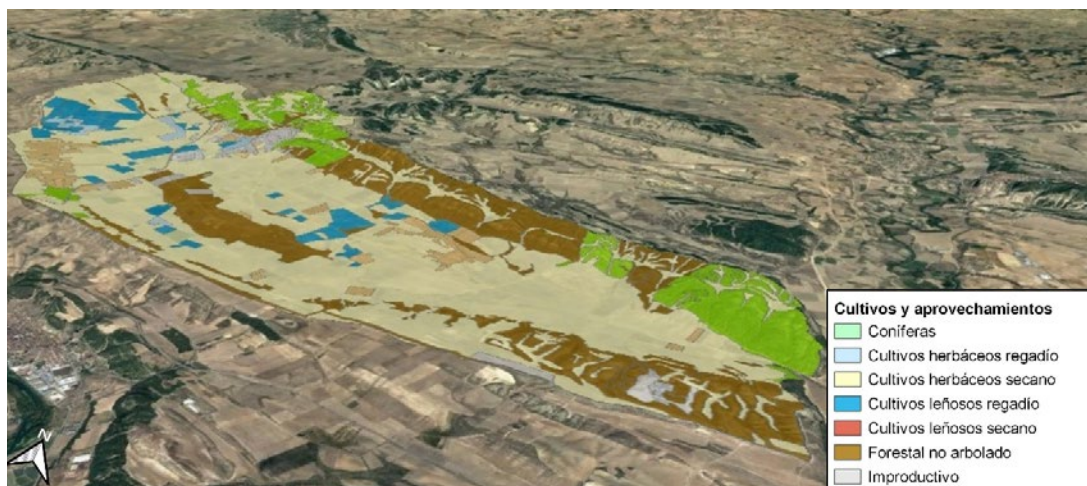


Ilustración 112.
Imagen del mapa de Usos y Aprovechamientos de la cuenca hidrológica del Salobre de Sesma. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).

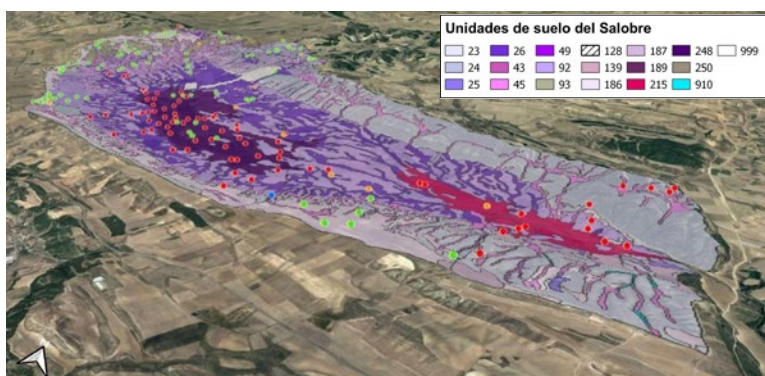
Según el [mapa de Series de Vegetación](#), el Salobre y su desembocadura hacia el río Ega se encuadran dentro de la [Geoserie bajoaragonesa halohigrófila de saladares](#) y rodeando a ésta, se encuentra la Faciación sobre yesos cristalinos. En el Salobre, la etapa climácica se corresponde con [bosquetes de tamariz \(*Tamarix canariensis*\)](#). Sin embargo, lo más habitual es que sólo queden ejemplares aislados de este arbolillo acompañando a los [matorrales de sosa](#) que ocupan gran parte del territorio de la serie. También son frecuentes los [espartales halófilos](#), las comunidades de *Limonium sp.pl.* o las de [orgaza](#), junto a juncuales y pastizales que conforman los complejos de vegetación halófila.

Suelos del Salobre de Sesma

En el año 1984 se hizo el mapa de suelos del Salobre de Sesma a escala 1:10.000 y en 2013-2014, durante la realización de la [cartografía edafológica de Sesma](#), Lodosa y Cárcar se integró la zona ya cartografiada en el mapa de suelos continuo de leyenda única 1:25.000. Para aquel primer mapa se estudiaron 180 perfiles.

Ilustración 113.

Imagen del mapa de Suelos de la cuenca hidrológica del Salobre de Sesma. [Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].



Los suelos de la cuenca del Salobre están principalmente sobre margas y yeso. Los principales tipos de suelo de la zona son:

Tabla 17. Principales tipos de suelos (Unifase (Unidad Cartográfica + Fase)) del Salobre de Sesma. [Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].

UNIFASE	SUPERFICIE (ha)	%
23	818,54	18,1
26	341,76	7,6
26LS	253,09	5,6
45	323,67	7,2
43	272,62	6
93	167,62	3,7
128	961,12	21,3
186	400,81	8,9
248FS	389,02	8,6

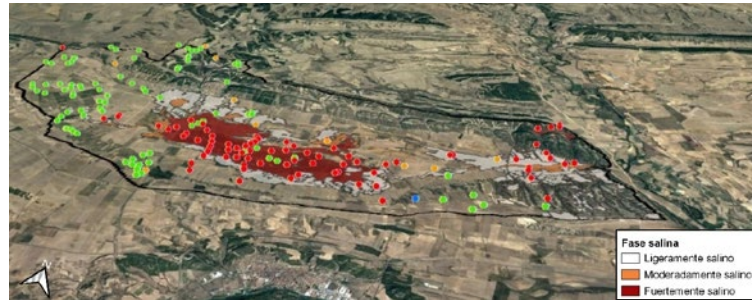
LS: Ligeramente salina (4-8 dS/m)

MS: Moderadamente salina (8-16 dS/m)

FS: Fuertemente salina (> 16 dS/m)

Según la tipología de suelos de la zona, cabe destacar la Unidad Cartográfica 248 con fase fuertemente salina, que es donde se ubica prácticamente todo el Salobre, propiamente dicho. Estos suelos salinos son profundos y arcillosos. Rodeando al sinclinal del Salobre encontramos laderas de texturas algo más gruesas (UC 128) o fondos arcillosos que vierten sus aguas al Salobre (UC 26 y 45). En el borde de la cuenca hallamos laderas de erosión y escarpes arcillosos sobre mayas y yesos (UC 186, 23, 43 y 93, principalmente).

Ilustración 114.
Mapa de Suelos del Salobre de Sesma según las fases de salinidad LS, MS y FS. [Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].



PERFILES A VISITAR

En el Salobre se va a visitar un perfil:

2-5. Perfil 63 de Sesma

Y, además, una sima formada por la disolución de yesos, ubicado a unos 3 km de distancia del perfil visitado.

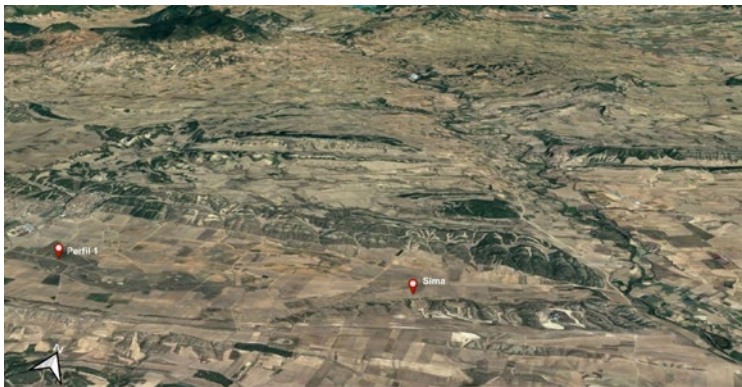


Ilustración 115.
Imagen aérea de los puntos a visitar en el Salobre: perfil 63 de Sesma y una sima por la que desagua la escorrentía superficial. [Fuente: Tracasa Instrumental].

Ilustración 116.
Acumulación de sales en superficie (abril 2023). [Fuente: Fco Javier Eslava Lecumberri].

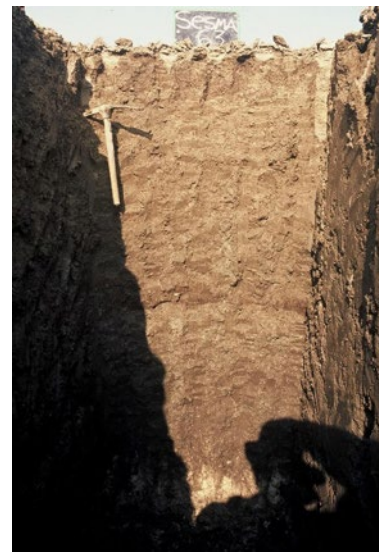


PERFIL 2-5: Depresión salina [Sesma-63]**DATOS GENERALES:**

Clasificación: Typic Aquisalid, Arcillosa fina, Mixta, Profunda, (Soil Taxonomy, 2022); Gleyic Sodic Solonchak (Hypersalic) (WRB, 2022). **Tipo:** Calicata. **Sección control:** 36-100 cm. **Geomorfología:** Depresión. **Material de partida:** Materiales finos. **Fecha de la observación:** 30/08/1984. **Autores:** José Antonio Luquin. **Localización:** X = 575145, Y = 4701175, Z = 354 m. **Aprovechamiento:** Erial, lleco. **Pendiente general:** 2%. **Pendiente particular:** 2%. **Geología:** Arcillas, limos y arenas. Endorreicos. Holoceno. **Erosión:** Hídrica laminar moderada. **Capa de agua:** 160 cm. **Salinidad:** Extrema. **Alcalinidad:** Fuerte. **Fin observación:** No tiene interés continuar. **Observaciones:** Grietas muy abundantes, menores o iguales a 2 cm. Rodal con muy poca vegetación. Alguna Suaeda vera.



Ilustración 117.
Paisaje y perfil de
Sesma-63. (Fuente:
Gobierno de Navarra,
Negociado de Suelos y
Climatología).

**DESCRIPCIÓN DEL PERFIL:**

- A** 0-36 cm. **Color:** 2,5Y5/4, Pardo oliva claro, 100%. **Textura:** Arcillo limosa. **Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Muy firme. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Bloques subangulares, Tamaño medio, Débil. **Poros:** Intersticiales, Pocos. **Poros secundarios:** Tubulares, Tamaño fino y medio. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y muy fino. **Límite:** Difuso.
- Bz1** 36-87 cm. **Color:** 10YR5/3, Pardo, 100%. **Textura:** Arcillo limosa. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Friable. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Bloques subangulares, Tamaño medio, Débil. **Poros:** Tubulares, Tamaño fino y muy fino, Bastantes. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y muy fino. **Precipitados:** Pocas eflorescencias blancas. **Límite:** Gradual y plano.
- Bz2** 87-160 cm. **Color:** 10YR5/2, Pardo grisáceo, 100%. **Descripción:** Blancos. **Textura:** Arcillo limosa. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Bloques subangulares, Tamaño medio, Débil. **Poros:** Tubulares, Tamaño fino y muy fino, Bastantes. **Raíces:** Pocas, Tamaño fino y muy fino. **Precipitados:** Abundantes eflorescencias blancas. **Límite:** Gradual y plano.
- C** 160-200 cm. **Nódulos:** Blandos, blancos, de 5 cm. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Masiva. **Poros:** Intersticiales. **Raíces:** No hay. **Observaciones:** Abundantes cristales de yeso.

Tabla 18. Datos analíticos del perfil 2-5 (Sesma 63).
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PERFIL 2-5: DATOS ANALÍTICOS				
Horizonte	A	Bz1	Bz2	C
Profundidad	0-36	36-87	87-160	160-200
Análisis físico				
Arena (2-0,2) mm	0,53	0,21	0,87	
Arena (0,2-0,1) mm	0,41	0,15	1,11	
Arena (0,1-0,05) mm	0,41	0,15	1,11	
Arena (0,05-0,02) mm	5,49	5,17	7,46	
Limo (0,02-0,002) mm*	46,58	47,16	44,73	
Arcilla (<0,002) mm*	46,58	47,16	44,73	
*El análisis de la proporción de arcilla y limo está comprometido por la presencia de yeso en el perfil.				
Análisis químico				
Caliza Total %	29,8	28,2	16,2	
Caliza Activa %				
Mat. Org. Oxidable %	1,49	0,92	1,14	
Nitrógeno Total %	0,08			
Fósforo asimil. (mg/kg)	140			
Potasio asimil. (mg/kg)	430			
Relación C/N	10,36			
pH en agua (1:2,5)	8,82	8,9	8,6	
pH en CIK (1:2,5)	8,69	8,76	8,36	
C.E. (1:1) (dS/m)	28,6	27,1	19,7	
Yeso %	2,06	4,47	3,09	
Análisis extracto de saturación				
Capac. SAT (ml/100g)	48,33	53,66	48	
Sulfatos (meq/l)	490,51	418,11	340,14	
Cloruros (meq/l)	335,13	344,5	228,25	
Carbonatos (meq/l)				
Bicarbonatos (meq/l)	3,6	4,2	4	
Calcio (meq/l)	29,35	30,32	28,32	
Magnesio (meq/l)	277,51	232,27	167,57	
Sodio (meq/l)	519,13	501,74	374,35	
Potasio (meq/l)	3,25	2,48	2,15	
RAS	41,89	43,75	37,81	
pH	7,7	7,69	7,52	
Conductividad (dS/m)	43,2	41,6	32,9	

>> Continúa en la siguiente página.

PERFIL 2-5: DATOS ANALÍTICOS

Datos analíticos agua

Conductividad eléctrica (dS/m)	39.100	(0-3)*
Calcio (meq/l)	544	(0-20)*
Magnesio (meq/l)	3.445	(0-5)*
Sodio (meq/l)	8.570	(0-40)*
Bicarbonatos (meq/l)	507	(0-10)*
Cloruros (meq/l)	9.053	(0-30)*
Sulfatos (meq/l)	17.605	(0-20)*
Potasio (meq/l)	110	(0-2)*
RAS	29,72	
Índice de Scott	0,21	

*Valores normales en agua de riego

El perfil de Sesma 63 se engloba dentro de la Unidad 248 (ver Anejo). Esta unidad se localiza en Los Arcos y, principalmente, en la depresión del Salobre. En la siguiente imagen se muestra la distribución de este tipo de suelo en Sesma:

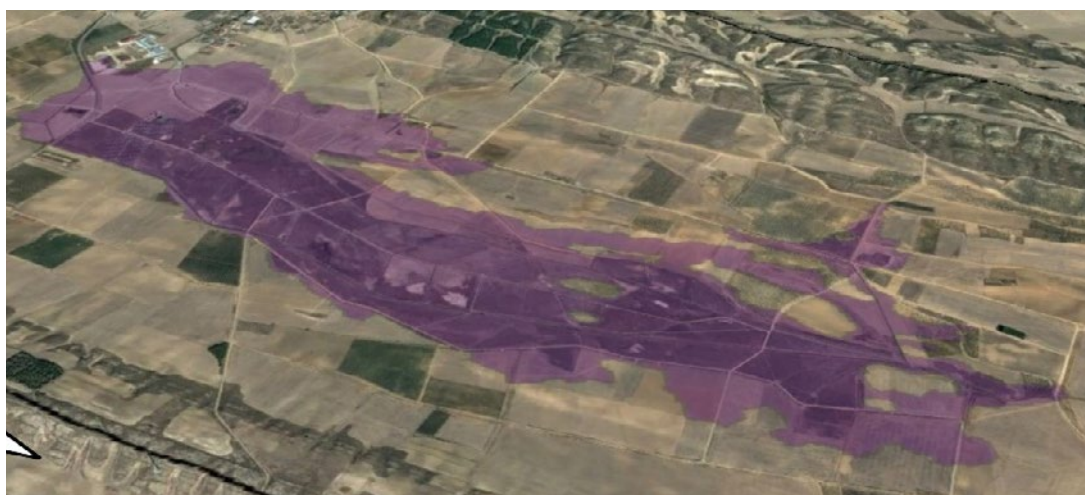


Ilustración 118.
Distribución de la Unidad Cartográfica de suelos 248 en Sesma. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).

SIMA

El Salobre presenta un cauce superficial muy poco encajado, que desagua, normalmente, a través de una sima situada a unos 3 km de la desembocadura de este cauce superficial en el río Ega. Sólo cuando las precipitaciones superan la capacidad de la sima, llega el agua al río por el cauce superficial. Además de esta sima principal, a unos 5 km del perfil 63 de Sesma, se halla otra sima situada a media ladera, que visitaremos en la excursión.



Ilustración 119.

Imagen comparativa de la sima según ortofotos de 1946-1946, 1956-1957 y 2022. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).

En julio de 1985 se realizó un descenso a la sima de Sesma, en el contexto del estudio de los suelos y del drenaje, para comprobar su profundidad y si había circulación activa de agua en su fondo. La sima tiene un primer tramo vertical y un gran cono de derrubios bajo el mismo que ocupa una sala casi en su totalidad. Viene a tener unos 10 metros de profundidad total y en su fondo, además de basura y de cadáveres de ovejas, no se detectó circulación alguna de agua. Probablemente, el hundimiento de la bóveda que provocó la apertura de la sima en la superficie ocultó la corriente de agua que la originó, que estaría o estará en una cota más baja.



Ilustración 120.

Sima formada por la disolución de los yesos subyacentes, por las que se infiltran las aguas de escorrentía superficial. (Fuente: Fco Javier Eslava Lecumberri).



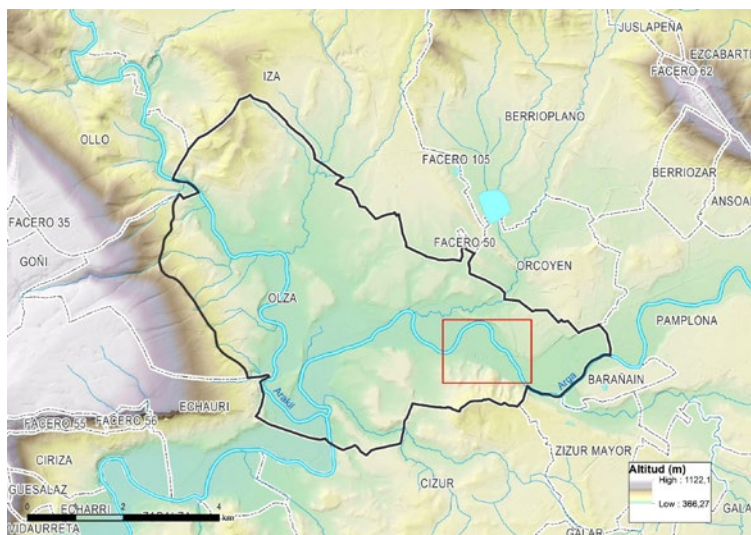
Ilustración 121.
Descenso a la sima en julio de 1985.
(Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).

◆ **ITINERARIO 3.1: Parcela de ensayos agronómicos sobre el uso de lodos de EDAR en Arazuri (MCP-INTIA)**

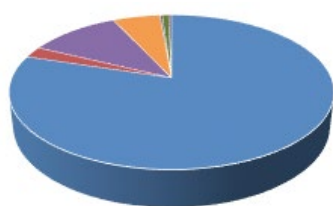
Descripción general de la zona

La parcela de ensayo se encuentra situada en el término de Arazuri en la Cendea de Olza, dentro de la llamada Cuenca de Pamplona. Ésta es una de las **7 comarcas agrarias** de Navarra (Comarca agraria III) y abarca la capital y su área metropolitana y la zona central de Navarra a su alrededor.

Ilustración 123. Mapa de localización de Arazuri (Cendea de Olza). En rojo, ubicación de la parcela de ensayo. (Fuente: Tracasa Instrumental).



En las zonas de **uso** agrícola, el cultivo mayoritario es en secano, y el cultivo predominante es el cerealista de secano (22.056 ha en 2022, de las 27.800 dedicadas al cultivo de secano), con algunas zonas pequeñas de viñedo y de frutales de regadío (490 ha de las 2.500 ha de regadío), especialmente en su zona suroeste.



- Cereales grano
- Tubérculos consumo humano
- Flores y plantas ornamentales
- Hortalizas
- Viñedo
- Otros cultivos leñosos
- Leguminosas grano
- Cultivos industriales
- Cultivos forrajeros
- Frutales
- Olivar
- Viveros

Ilustración 124. Producción de los cultivos de secano en la Comarca III (Pamplona) en 2022. (Fuente: Gobierno de Navarra, Estadística Agraria).

La EDAR del área metropolitana de Pamplona se encuentra en una zona cercana al río Arga, en Arazuri. La estación entró en funcionamiento en 1991. Posteriormente, en 2000 comenzó a funcionar la segunda fase de depuración, o depuración biológica. En 2022 se depuraron 30.878.475 m³ (979 L/s), un 13,2% menos que en 2021 y un 16,3% menos que la media de los últimos cinco años, debido a las bajas precipitaciones registradas, teniendo en cuenta que una parte de la red de saneamiento es unitaria (un único conducto que transporta aguas residuales y pluviales). La carga media en ese año fue de 536.874 habitantes equivalentes, una magnitud de referencia que representa la suma de la población de la Comarca de Pamplona y de todos los vertidos que son tratados en la EDAR.



Ilustración 125.

Mapa de Cultivos y Aprovechamientos del entorno de la parcela de ensayo de Arazuri. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).

En 2022, a partir de la carga orgánica eliminada en la EDAR se obtuvieron 5.898.288 Hm³ de biogás –un 5,7% más que en 2021 y un 15,3% superior a la media de los últimos cinco años–, que permitieron producir energía eléctrica. El rendimiento eléctrico fue del 102,5%, por lo que la EDAR Arazuri fue capaz de generar la totalidad de la energía necesaria para su funcionamiento con esta energía.

En cuanto a la producción de lodos de depuración, durante 2022 se generaron 42.041 toneladas de lodos, la mayor producción de los últimos 10 años. En agricultura se reciclaron 31.693 t, mientras que el resto (10.348 t), fueron compostadas junto a 6.992 toneladas de restos verdes de jardinería y otros orígenes recibidos en la depuradora. Esto supuso más de 7.400 m³ de compost, de los cuales se comercializaron 4.514 m³ como Compost Arazuri y 1.028 m³ como Compost Vegetal.

A lo largo del año, el 6% de los lodos generados fueron tratados mediante secado solar en la planta piloto situada en la EDAR Arazuri. El 100% de estos lodos fueron compostados, lo que permitió disminuir el volumen en más del 40% y reducir las emisiones de CO₂.

Los lodos destinados al campo, preferentemente a la zona media de Navarra (el 75% del total), presentan altos contenidos en materia orgánica (superior al 65%) y elementos fertilizantes –nitrógeno y fósforo–. Las aplicaciones de los lodos se realizaron de acuerdo a las recomendaciones agronómicas obtenidas a partir de los ensayos que realiza INTIA en la parcela experimental de Arazuri desde hace más de 30 años.

Ilustración 126.
Vista de la EDAR de Arazuri y la parcela que alberga los ensayos agronómicos. [Fuente: Tracasa Instrumental].



Clima

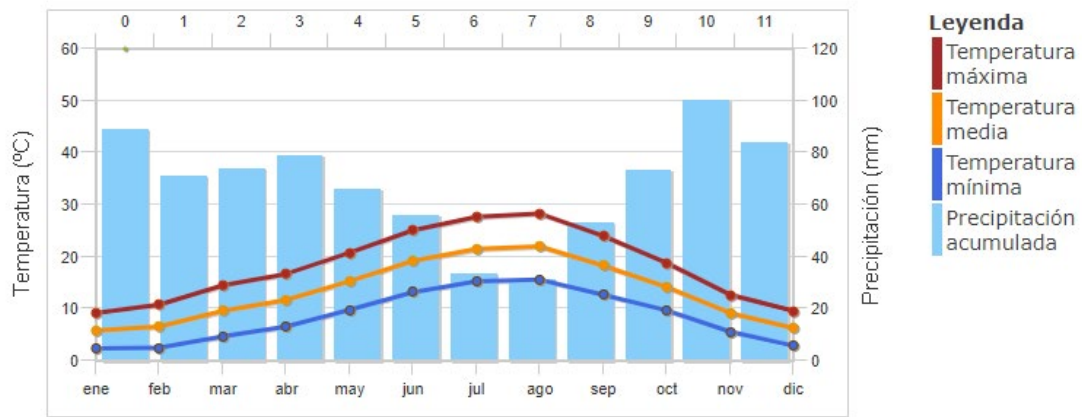
Según describe la sección de [Climatología](#) del Gobierno de Navarra, el clima en la Cuenca de Pamplona se enmarca, en la clasificación de Köppen, en los climas templados C. En concreto, al marítimo de costa occidental con dos meses secos (suboceánico, Cf2b). Se trata de un clima de transición entre el clima netamente oceánico, sin meses secos, y el mediterráneo. Es así un clima templado con veranos frescos y precipitaciones abundantes, aunque con dos meses secos. Las cadenas montañosas del norte de Navarra, dispuestas en general de este a oeste, hacen de barrera para las lluvias que vienen del Cantábrico, por lo que esta zona es menos lluviosa que el Noroeste o el Pirineo navarro, y se puede hablar de la existencia de una estación seca, que es el verano. Esto resulta generalmente en un régimen de humedad del suelo de tipo xérico según Soil Taxonomy.

Según la clasificación de Papadakis, se trata de un clima Mediterráneo templado húmedo (Meth): un clima templado con veranos secos y más cálidos que el Mediterráneo marítimo fresco (Mef), y régimen hídrico ME (mediterráneo húmedo, con 2 meses secos en verano). El régimen térmico marca invierno de avena (Av) y veranos de maíz (M). Es el clima de la mayor parte de la Zona Media de Navarra, excepto el tramo bajo de los valles pirenaicos, que tienen un clima de tipo Mef.

La estación meteorológica más representativa del clima de esta zona es la [estación manual de Pamplona](#), con registros de temperatura y precipitación desde 1880. Los principales valores climatológicos de la misma para el periodo 1991-2020 son:

Tabla 19. Principales valores climatológicos de la estación manual de Pamplona.
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PRECIPITACIÓN MEDIA (mm/año)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	ETP (THORNTHWAITE)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 H (T=10 años) (mm)
811,5	13,3	710,8	68,0



	Frecuencia	Velocidad media
N	35.5	8
NE	10.1	5.4
E	7.4	3.3
SE	6.1	6.5
S	6.6	7.4
SW	11.8	6
W	10.2	3
NW	12.5	4.8

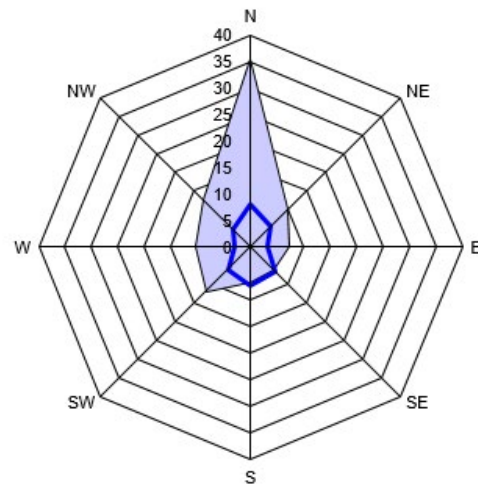


Ilustración 127. Diagrama ombrotérmico de la estación automática de Pamplona y rosa de los vientos de Arazuri de INTIA (2001-2022). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología e Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).

Geología

La parcela objeto de estudio se ubica dentro del Dominio de la Cuenca de Pamplona. El sustrato rocoso aquí presente está caracterizado por la Formación Margas de Pamplona, que presenta gran distribución espacial y vertical en profundidad. Está constituida por margas con algunas intercalaciones de calcarenitas. En general, se trata de una roca sedimentaria blanda de origen marino y de carácter evolutivo, es decir, que tiende a meteorizarse con mucha facilidad. Tienden a desarrollar laderas con pendientes suaves, localmente marcadas por la presencia de los niveles resistentes de calcarenitas que se intercalan en ellas. Se trata de un material geológico muy impermeable.

No se identifican **estructuras geológicas** significativas en el entorno de la visita, aunque los estratos muestran un suave buzamiento hacia el sur, resultado de la deformación tectónica de los materiales durante la orogenia alpina.

Sobre estas unidades cenozoicas marinas se depositan unidades más modernas pertenecientes al **sistema fluvial del río Arga**. Se identifican varios sistemas de terrazas que datan desde el Pleistoceno hasta la actualidad, incluyendo, además, la actual llanura de inundación del río, donde se encuentran las parcelas objeto de la visita, y la EDAR de Arazuri.

El trazado del río Arga en este recinto es claramente meandriforme, desarrollando amplios depósitos de point-bar en los tramos no erosivos del cauce. En ellos, se aprecia una gradación granodecreciente desde la base del depósito, aumentando la proporción de fracción fina (arcillas y limos) hacia la superficie.



Ilustración 128.
 Mapa Geológico del entorno de la parcela de Arazuri. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).

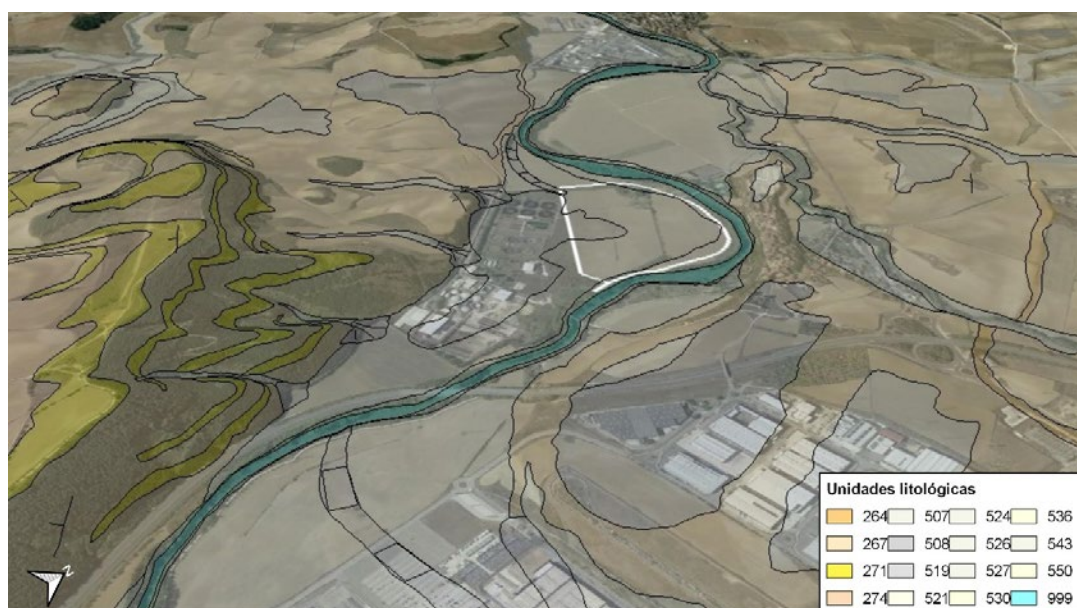


Ilustración 129.
 Imagen del mapa Litológico del entorno de la parcela de ensayo de Arazuri. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).

Suelo

En la zona de la EDAR de Arazuri podemos encontrar las siguientes Unidades del mapa de suelos de la Cuenca de Pamplona (no está publicado en IDENA por no estar en Leyenda Única):

Ilustración 130.

Imagen del mapa de Suelos del entorno de Arazuri. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).



Tabla 20. Principales tipos de suelos presentes en la zona de la EDAR de Arazuri, según el mapa de Suelos de la Cuenca de Pamplona. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

UC	SERIE	CLASIFICACIÓN SOIL TAXONOMY	FAMILIAS	HORIZONTE SUPERFICIAL	GEOMORFOLOGÍA
2	3	Typic Haploxerepts	Arcillosa fina, Carbonática, Profunda	Arcillo limosa, mixta	Laderas de poca pendiente o partes bajas de laderas sobre margas de Pamplona, Ilundáin y Zabalza, margas con yesos del Perdón, lutitas y margas del Keuper
18	21	Fluventic Haploxerepts	Arcillosa fina, Mixta, Profunda	Franco arcillo limosa, mixta	Llanuras aluviales y terrazas más bajas
19	22	Typic Xerofluvents	Franca fina, Mixta, Profunda	Franca, mixta	Llanura de inundación
20	23	Typic Calcixerepts	Esquelética franca, Mixta, Profunda	Franco arcillo limosa, mixta	Terrazas bajas ríos Elorz y Arga
	24	Typic Calcixerepts	Arcillosa fina sobre esquelética franca, Mixta, Profunda	Franco arcillo limosa, mixta	Terrazas bajas ríos Elorz y Arga

Los suelos correspondientes a la llanura de inundación de primer nivel y la llanura aluvial sobre el cauce de los ríos que drenan y atraviesan la Cuenca de Pamplona se han clasificado (según *Soil Taxonomy*) como Fluventic Haploxerepts (Unidad 18 del mapa de suelos 1:25.000 de la Cuenca de Pamplona), Typic Calcixerepts (Unidad 20) y Typic Xerofluvents (Unidad 19), en función de diferencias texturales y de desarrollo del perfil.

Su distribución en la zona se puede apreciar en las siguientes imágenes:

Ilustración 131.

Localización de la parcela de ensayos de la EDAR de Arazuri en la Cuenca de Pamplona y Unidades de suelo del mapa de Suelos de la Cuenca de Pamplona 1:25.000. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).

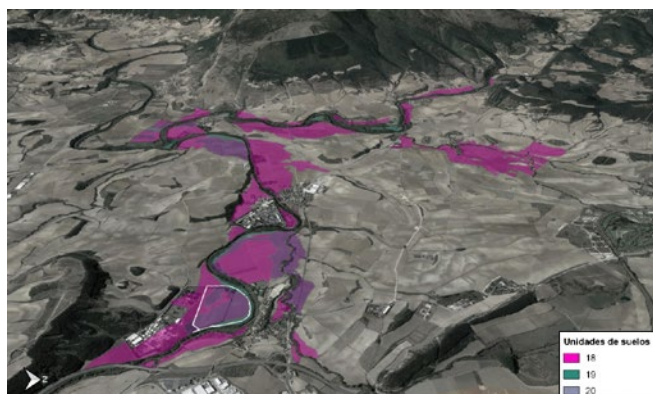
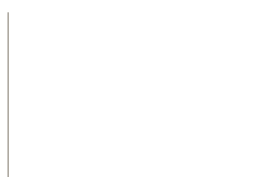


Ilustración 132.

Localización de la parcela de ensayos de la EDAR de Arazuri en la Cuenca de Pamplona y Unidades de suelo asociadas a la llanura aluvial del mapa de Suelos de la Cuenca de Pamplona 1:25.000. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).



PERFIL REPRESENTATIVO

En la zona de estudio, el perfil más recientemente descrito en una posición similar (Orcoyen-3) se ha clasificado como Fluventic Haploxerept, de textura arcillosa fina en la sección control, clase mineralógica mixta y profunda.

Se trata de un perfil característico de aluvial sobre los materiales presentes en la zona. Las características de este perfil se recogen a continuación:

PERFIL: Suelo en aluvial (Orcoyen-3)**DATOS GENERALES:**

Clasificación: Fluventic Haploxerept, Arcillosa fina, Mixta, Profunda (Soil Taxonomy, 2022). **Clasificación WRB:** Fluvisol Cambisol (Calcaric, Humic). **Tipo:** Calicata. **Sección control:** 40-100 cm. **Geomorfología:** Llanura aluvial. **Material de partida:** Gravas y materiales finos aluviales. **Fecha de la observación:** 31/08/1984. **Autores:** Jokin Del Valle de Lersundi, Pablo Vicente. **Localización:** X = 605245, Y = 4742507, Z = 407 m. **Aprovechamiento:** Cereal. **Pendiente general:** 2%. Pendiente particular: 1%. **Geología:** Gravas y arenas. Terraza baja. Holoceno. **Erosión:** Hídrica laminar ligera.

Ilustración 133.

Perfil representativo de la Unidad Cartográfica 18 del mapa de Suelos de la Cuenca de Pamplona (Orcoyen-3 no tiene foto de perfil). [Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].

**DESCRIPCIÓN DEL PERFIL:**

- Ap** 0-40 cm. **Color:** 10YR4/4, Pardo amarillento oscuro. **Textura:** Arcillo limosa. **Canales lombrices:** Pocos. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Friable. **Elementos gruesos:** 5%, Rodados, 2 cm, Parcial y total. **Estructura:** Bloques angulares, Tamaño fino y medio, Moderada. **Poros:** Tubulares, Tamaño muy fino, Muchos. **Poros secundarios:** Intersticiales, Tamaño grueso, medio y fino, Bastantes. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y muy fino. **Límite:** Neto y plano.
- Bw1** 40-85 cm. **Color:** 10YR5/4, Pardo amarillento. **Actividad Humana:** Carbón vegetal. **Textura:** Arcillo limosa. **Canales lombrices:** Bastantes. **Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Firme. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Prismática, Tamaño medio, Débil a moderada. **Estructura secundaria:** Bloques angulares, Tamaño medio, Moderada. **Poros:** Tubulares, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Poros secundarios:** Intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Bastantes. **Raíces:** Bastantes, Tamaño fino y muy fino. **Límite:** Gradual y plano.
- Bw2** 85-120 cm. **Color:** 10YR5/6, Pardo amarillento y 5Y4/2, Gris oliva. **Moteado:** Redox gris. **Textura:** Franco arcillo limosa. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Friable. **Elementos gruesos:** 5%, Planos, 2 cm, Parcial y total. **Estructura:** Bloques angulares, Tamaño grueso, Débil. **Poros:** Tubulares, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Poros secundarios:** Tubulares, Tamaño medio, Pocos. **Raíces:** Muchas, Tamaño fino y muy fino. **Observaciones:** El segundo color es el moteado redox gris. **Límite:** Gradual y ondulado.
- C1** 120-180 cm. **Color:** 10YR5/3, Pardo, 50% y 5Y4/1, Gris oscuro, 50%. **Textura:** Franco arcillo limosa. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Muy plástico. Adherente. **Elementos gruesos:** No. **Estructura:** Masiva. **Poros:** Tubulares, Tamaño fino, Pocos. **Raíces:** Muchas, Tamaño fino y muy fino. **Límite:** Gradual y ondulado.
- C2** 180-200 cm. **Color:** 5Y4/1, Gris oscuro, 80% y 10YR5/4, Pardo amarillento, 20%. **Textura:** Franco arcillosa. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Muy plástico. Adherente. **Elementos gruesos:** 70%, Rodados. **Estructura:** Masiva. **Poros:** Tubulares, Tamaño muy fino, Muchos. **Poros secundarios:** Intersticiales, Tamaño muy fino, Muchos. **Raíces:** Muchas, Tamaño fino y muy fino. **Observaciones:** El pardo ocupa 3 cm en torno a los poros.

Tabla 21. Datos analíticos de suelos (Orcoyen 3).
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PERFIL: DATOS ANALÍTICOS					
Horizonte	Ap	Bw1	Bw2	C1	C2
Profundidad	0-40	40-85	85-120	120-180	180-200
Análisis físico					
Arena (2-0,2) mm	2,32	2,74	1,3	2,64	22,8
Arena (0,2-0,1) mm	3,3	1,63	4,97	2,68	3,66
Arena (0,1-0,05) mm	3,3	1,63	4,97	2,68	3,66
Arena (0,05-0,02) mm	15,75	13,09	21,2	17,65	14,25
Limo (0,02-0,002) mm	35,1	40,78	34,06	35,09	24,3
Arcilla (<0,002) mm	40,23	40,13	33,5	39,27	31,33
Análisis Químico					
Caliza Total %	20,2	26,6	35	30,6	48,8
Caliza Activa %	9	12,5			
Mat. Org. Oxidable %	2,26	1,15	1,15	1,21	1,1
Nitrógeno Total %	1,09	0,64			
Fósforo asimi. (mg/kg)	23	0,19			
Potasio asimi. (mg/kg)	31	0,19			
Relación C/N	1,21	1,04			
pH en agua (1:2,5)	8,23	8,4	8,42	8,29	8,13
pH en ClK (1:2,5)	7,2	7,28	7,32	7,24	7,35
C.E. (1:1) (dS/m)	0,58	0,47	0,42	0,52	1,14
Yeso %					

Como se ha observado, son suelos muy profundos, poco pedregosos en superficie, aunque, en ocasiones, aparecen capas con abundantes elementos gruesos en profundidades variables y bien estructurados.

El carácter *fluvéntico* es importante, creando diferencias texturales entre horizontes. Los contenidos en materia orgánica son medio-altos en el horizonte superficial (entre el 1 y el 2%) y decrecen con la profundidad, a veces de forma irregular, alcanzando valores superiores a 0,34% a 1,25 m de profundidad.

Es frecuente la presencia de horizontes superficiales engrosados y de horizontes en profundidad con acumulación de carbonatos, pudiendo, en esos casos, clasificarse como Pachic Calcixerepts o Typic Calcixerepts, si bien la mayoría de ellos presentan un marcado carácter *fluvéntico*.

La familia textural dominante en la sección control es la arcillosa fina, pudiendo ser también limosa fina, según sea superior o inferior al 35% su porcentaje de arcilla. La clase textural del horizonte superficial es bastante homogénea, generalmente, es franco arcillo limosa.

Respecto a la familia mineralógica, los contenidos medios en carbonatos en la sección control se encuentran entre un 20 y un 35%, presentando poca variación a lo largo del perfil. En los horizontes superficiales predomina la mixta, con contenidos en carbonatos del 20-30%.

La fertilidad de estos suelos es alta: están bien dotados de nutrientes, con alta capacidad de reserva de agua y con mucho suelo explorable por las raíces.

DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS DE ARAZURI

Existe abundante bibliografía referente a la utilización de lodos de EDAR y otros de origen similar (como basuras compostadas). En el ámbito regional estas referencias son más escasas, sobre todo las que implican condiciones agroclimáticas similares a las de la zona de estudio.

Los riesgos asociados a su uso son conocidos (ej. acumulación de elementos traza) y hay una preocupación creciente por otros posibles impactos (acumulación de productos sanitarios o microplásticos, por ejemplo).

Debido a la creciente producción y demanda de estos productos, INTIA considera que se necesitan referencias técnicas suficientes para juzgar en nuestras condiciones la respuesta agronómica de los cultivos a la utilización de estos lodos, así como su incidencia en los cultivos y en el medio ambiente.

Por esta razón se plantearon dos protocolos de ensayo: el primero, para el estudio de la evolución de metales pesados en suelo en función de diferentes aportes (Ensayo A), y, el segundo, para evaluar la eficiencia del lodo como fertilizante (Ensayo B).

ENSAYO A: Parcela ensayo dosis/frecuencia

Esta parcela de ensayo se diseñó y comenzó a utilizarse en 1992, para monitorizar la acumulación de metales pesados en suelo y en la parte aprovechable de los cultivos, en función de diferentes dosis y frecuencias de aporte. El diseño original formó parte de un proyecto de investigación financiado por INIA con colaboración de INTIA, UPNA y MCP. El estudio finalizó en 1996, pero se constató claramente que el proceso de acumulación de metales pesados es lento y requiere ensayos a largo plazo, por lo que se decidió mantenerlo en el tiempo, con el objetivo de realizar un seguimiento a largo plazo de las consecuencias de la aplicación de lodo con diferentes dosis y frecuencias de aporte respecto a la acumulación de metales pesados en suelo y parte aprovechable del cultivo. A lo largo del tiempo, este objetivo se ha ido ampliando a otros aspectos como la contaminación biológica, la fracción orgánica, aspectos vinculados a la estructura o estudios más generales sobre los cambios inducidos por la aplicación de lodos en el largo plazo sobre la calidad del suelo.

En este ensayo, INTIA se hace cargo de los muestreos de suelo, seguimiento del cultivo, recolección, muestreos de material vegetal y el resto de aspectos agronómicos.

Por su parte, la MCP colabora poniendo a disposición la parcela elemental, repartiendo el lodo cuando procede, haciéndose cargo de los costos de los análisis de suelo y material vegetal y compensando al agricultor por los perjuicios y mermas de cosecha originados por los ensayos.

No debe olvidarse, por estratégica, la colaboración y disponibilidad del agricultor responsable de la finca a la hora de realizar a punto las labores agronómicas del cultivo implantado.

A.1: Diseño experimental

El **diseño experimental** es el siguiente:

- Variables a estudiar: Dosis de lodo, frecuencia
- Diseño: Bloques al azar
- Nº Tratamientos: 8

Factor 1:	Dosis 1 = 0 t/ha.	D1
	Dosis 2 = 40 t/ha	D2
	Dosis 3 = 80 t/ha	D3
Factor 2	Frecuencia 1 = Todos los años.	F1
	Frecuencia 2 = Cada 2 años.	F2
	Frecuencia 3 = Cada 4 años.	F3

Además, existen 2 tratamientos de control (fertilización mineral y sin fertilización) que se insertarán dentro de cada bloque.

Los tratamientos resultantes son los siguientes:

Tabla 22. Diseño experimental del ensayo "Dosis/frecuencia-Estudio de la evolución de metales pesados en suelo en función de diferentes aportes". [Fuente: Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)].

NÚMERO	TRATAMIENTO	NIVEL
1	D2F1	40 t/ha - Todos los años
2	D2F2	40 t/ha - Cada 2 años
3	D2F3	40 t/ha - Cada 4 años
4	D3F1	80 t/ha - Todos los años
5	D3F2	80 t/ha - Cada 2 años
6	D3F3	80 t/ha - Cada 4 años
7	Abonado estándar	Únicamente abono mineral
8	Testigo	Ningún tipo de aporte fertilizante

- Nº repeticiones: 6 (RI a RVI)
- Tamaño parcela/unidad elemental $3,5 \times 10 = 35 \text{ m}^2$

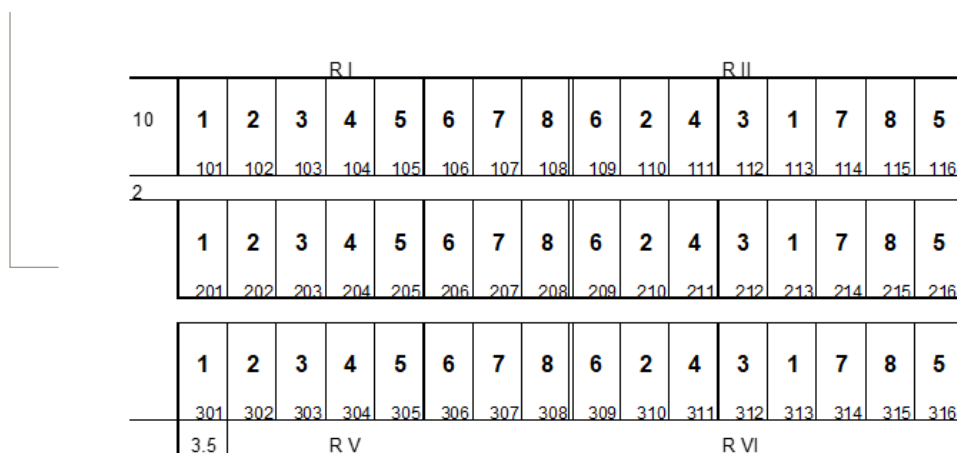
El tamaño de parcela elemental viene marcado por la anchura de trabajo de la maquinaria esparcidora del residuo. En este caso, la parcela elemental resultante es de 3,5 m de ancho por 10 de largo.

- Tamaño del ensayo: $48 \times 35 = 1.680 \text{ m}^2$

El croquis del ensayo es el siguiente:

Ilustración 134.

Croquis del ensayo "Dosis/frecuencia-Estudio de la evolución de metales pesados en suelo en función de diferentes aportes". (Fuente: Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).



A.2: Manejo del ensayo

La siguiente tabla recoge la rutina de manejo de este ensayo:

Tabla 23. Rutina de manejo del ensayo "Dosis/frecuencia-Estudio de la evolución de metales pesados en suelo en función de diferentes aportes". (Fuente: Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).

TRABAJOS	FECHA	MATERIA PRIMA	DOSIS/ha	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO
Laboreo	15-sep			Vertedera
Labores preparatorias	15-sep			Semichisel
Aportes de lodo	25-sep	LODO		En las parcelas que toque
Fertilización	30-sep	SUPERFOSFATO 45%	150	Presiembra PK
Preparación semilla	01-oct			Laboratorio INTIA Tafalla
Replanteo del ensayo	15-nov			
Siembra	15-nov			Sembradora ensayos
Fertilización	15-ene	UREA	Según tto.	Aplicación de 1ª cobertera
Herbicida	15-feb			Aplicación de herbicida antiodicodiónicas
Fertilización	01-mar	UREA	Según tto.	Aplicación de 2ª cobertera
Marcaje pasillos	15-feb			
Cosecha	25-jun			Cosechadora ensayos

En aquellas parcelas elementales con aportes de lodo no se realiza abonado de fondo nunca.

El abonado de cobertera es igual en los tratamientos con lodos que para el tratamiento 7 (dosis recomendada), aunque en ocasiones puede suprimirse la primera cobertera en tratamientos con aportación de lodo esa campaña, a criterio del técnico responsable.

A.3: Muestreos

De manera regular, se realizan controles de suelo y del cultivo.

El control de la cosecha se efectúa sobre una tira de 10 m por 1,5 de ancho (15 m²) por tratamiento y repetición.

Los controles rutinarios son los siguientes:

Tabla 24. Controles rutinarios del ensayo "Dosis/frecuencia-Estudio de la evolución de metales pesados en suelo en función de diferentes aportes". [Fuente: Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)].

CONTROL	FECHA	EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO PREVISTO
Muestreo de suelo	02-sep	Laboratorio MCP	Análisis P y K de 3 repeticiones (I, III y V). Profundidad 0-30
Evolución vegetativa del cultivo (de visu) por tto		Técnico INTIA	
Control de rendimiento por parcela individual		INTIA Tafalla	
Control de suelo: metales pesados.		Nasertic	Cada 4 años
Muestreo de cosecha	Junio		Anual
(metales en grano y paja)			(Cada 4 años)

A.4: Resumen de los resultados

La siguiente tabla recoge los principales resultados obtenidos en los últimos años, cuando el ensayo puede considerarse de una duración larga.

Tabla 25. Principales resultados obtenidos en el ensayo "Dosis/frecuencia-Estudio de la evolución de metales pesados en suelo en función de diferentes aportes", cuando éste puede considerarse de larga duración. [Fuente: Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)]

OBJETIVOS	RESULTADOS	REFERENCIA
Conocer la calidad biológica del suelo, y la abundancia de genes de resistencia a antibióticos y composición de las comunidades de procariontas	24 años tras el inicio del ensayo:	Urrea et al., 2019
	- Mayor calidad microbiana del suelo, reflejada por un índice sintético de varios parámetros biológicos, fue mayor en los suelos enmendados con lodos de depuradora.	
	- La aplicación de lodos de depuradora aumentó la biomasa y la actividad microbiana del suelo, así como la abundancia de genes de resistencia a antibióticos en los tratamientos con dosis más altas.	
	- La composición de las comunidades procariontas del suelo no se vio alterada por la aplicación de lodos de depuradora.	

>> Continúa en la siguiente página.

OBJETIVOS	RESULTADOS	REFERENCIA
Conocer la concentración y biodisponibilidad de elementos traza en el suelo (0-30 cm), y su transferencia al cultivo	26 años tras el inicio del ensayo:	
	- La concentración total de Zn, Cu, Cr, Ni y Hg aumentó entre un 55% (Hg) y un 7% (Ni) de manera proporcional a la dosis de lodos aplicada.	
	- La concentración de Zn, Cu, Pb, Ni y Cd extraídos con DTPA aumentó entre un 122% (Zn) y un 11% (Cd) de manera proporcional a la dosis aplicada.	Zaragüeta et al., 2021
	- La concentración de Zn, Cu y Cr en los granos de cereal cultivados en la parcela aumentó entre el 15% (Cr) y el 4% (Cu) en las parcelas con dosis máximas.	
Identificar los indicadores de suelos más sensibles a los cambios ocurridos en el horizonte labrado (0-30 cm)	- En ningún caso se excedieron los valores límite establecidos actualmente por la legislación.	
	25 años tras el inicio del ensayo:	
	- Los indicadores más sensibles y que mostraron una mayor variación fueron los relacionados con:	
	- Nutrientes: N total y P disponible (Olsen)	
	- Materia orgánica: C total y lábil	Simoës-Mota et al., 2021
	- Elementos traza	
- Microporosidad		
- Actividad de lombrices		
- La calidad del suelo se ha visto afectada en direcciones opuestas, de manera proporcional a la dosis recibida.		
Conocer los cambios ocurridos en la estructura del horizonte labrado (0-30 cm) tras 25 años de aplicación de lodos y fertilización mineral	25 años tras el inicio del ensayo:	
	- La microestructura mejoró en las parcelas con aplicación de lodos, aumentando la presencia de bioporos, mientras la fertilización mineral resulta en una microestructura apedal, con poros más alargados de tipo fisuras, y menor evidencia de actividad de la fauna.	Simoës-Mota et al., 2022
	- La fertilización mineral resultó en la menor porosidad total, y poros más alargados en la ratio 100-200 mm que el uso de lodos de depuradora.	

ENSAYO B: Parcela ensayo nitrógeno

En la actualidad, la normativa sobre la aplicación de lodos de depuradora se regula por una legislación española de 1990, que traspone una directiva europea de 1986, pero en la Unión Europea está a punto de salir **una nueva normativa** más restrictiva que la anterior, que será la referencia en los próximos años.

En este contexto, se necesitan referencias técnicas de calidad para juzgar en nuestras condiciones la respuesta agronómica de los cultivos a la utilización de estos lodos y optimizar su uso como fertilizantes. Por esta razón se plantea este protocolo de ensayo para evaluar la eficiencia de los lodos de EDAR como fertilizantes.

Como en otros protocolos de actuación de INTIA respecto a valoración agronómica de otros residuos, como purines, el ensayo se centra en valorar la eficiencia del N aportado por el residuo,

puesto que resulta clave tanto desde el punto de vista agronómico como medioambiental. Efectivamente, es el elemento cuyo exceso provoca encamados y afecciones medioambientales, y su defecto pérdidas considerables de producción.

La eficiencia del N de los lodos de depuración ya se evaluó en Arazuri los primeros años de experimentación con los lodos procedentes de la primera fase de depuración. Sin embargo, la entrada en funcionamiento de la depuración biológica modificó sustancialmente la composición del lodo respecto a la primera fase. El contenido en N del lodo actual es mucho más alto que el anterior, y además gran parte de este N está en forma orgánica, mientras que en el primero se encontraba principalmente en forma mineral. Por esto, el funcionamiento del N aportado por el lodo procedente de la depuración biológica muestra un comportamiento agronómico sustancialmente diferente al primero.

El alto porcentaje de N orgánico del lodo no puede ser absorbido como tal por los cultivos, sino que debe ser transformado en forma mineral, nítrica o amoniacal. Este cambio es lento y puede durar varios años, y normalmente es relativamente alto el primer año para ir decreciendo en los siguientes. Por esta razón, se planteó la implantación de un ensayo a largo plazo con un aporte de lodo cada tres años, donde se evalúe el efecto del lodo durante los 3 años que siguen al aporte.

B.1: Diseño experimental

El **diseño experimental** es el siguiente:

- Variable/s a estudiar: Dosis de lodo, frecuencia
- Diseño: Bloques al azar
- N° Tratamientos: 15

Los ensayos cuentan con 2 dosis de lodo que se aportan cada 3 años, y en cada una de estas dosis se aplican distintas dosis de N. En la campaña 2015-2016 se incorporó un nuevo tratamiento con compost a una dosis de 20 t/ha, que también se aplica cada 3 años.

Se trata de un ensayo factorial cuyos factores son dosis de lodo y nitrógeno:

Factor 1:	Dosis 1 = 0 t/ha	Do
	Dosis 2 = 40 t lodo/ha	D1
	Dosis 3 = 20 t compost/ha	D2

Factor 2: Nitrógeno mineral

Las dosis se adaptan a las necesidades del cultivo

0 UF/ha	NO
1/3 Dosis recomendada	N1
2/3 Dosis recomendada	N2
3/3 Dosis recomendada	N3
4/3 Dosis recomendada	N4

- N° repeticiones: 4
- Tamaño parcela/unidad elemental $6 \times 9 = 54 \text{ m}^2$
- Tamaño del ensayo: $15 \times 4 \times 54 = 3.240 \text{ m}^2$

El croquis del ensayo es el siguiente:

15 601	14 602	12 603	13 604	11 605	13 606	15 607	11 608	14 609	12 610	Compost 20
5 501	4 502	2 503	3 504	1 505	3 506	5 507	1 508	4 509	2 510	Lodo 0
10 401	9 402	7 403	8 404	6 405	8 406	10 407	6 408	9 409	7 410	Lodo 40
6 301	7 302	8 303	9 304	10 305	7 306	9 307	10 308	8 309	6 310	Lodo 40
1 201	2 202	3 203	4 204	5 205	2 206	4 207	5 208	3 209	1 210	Lodo 0
11 101	12 102	13 103	14 104	15 105	12 106	14 107	15 108	13 109	11 110	Compost 20
6 m										9 m

Ilustración 135. Croquis del ensayo "Nitrógeno-Evaluación de la eficiencia del lodo como fertilizante". (Fuente: Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).

B.2: Manejo del ensayo

La siguiente tabla recoge la rutina de manejo de este ensayo:

Tabla 26. Rutina de manejo del ensayo "Nitrógeno-Evaluación de la eficiencia del lodo como fertilizante". (Fuente: Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).

TRABAJOS	FECHA	MATERIA PRIMA	DOSIS/ha	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO
Labrar	15-ago			Vertedera
Labores preparatorias	15-sep			Semichisel
Fertilización	30-sep	SUPERFOSFATO 45%	150	Presiembra pk
Preparación semilla	01-oct			Laboratorio Tafalla
Siembra	25-oct			Sembradora ensayos
Replantar el ensayo	11-nov			
Fertilización	15-ene	UREASA	Según tto.	Aplicación de 1ª cobertera
Herbicida	15-feb			Aplicación de herbicida anti-dicotiledóneas
Fertilización	01-mar	UREASA	Según tto.	Aplicación de 2ª cobertera
Pasillos	15-mar			
Cosecha	25-jun			Cosechadora ensayos

B.3: Muestreos

De manera regular, se realizan controles de suelo y del cultivo.

El control de la cosecha se efectúa sobre una tira de 10 m por 1,5 de ancho (15 m²) por tratamiento y repetición.

Los controles rutinarios realizados por l@s técnic@s de INTIA son los siguientes:

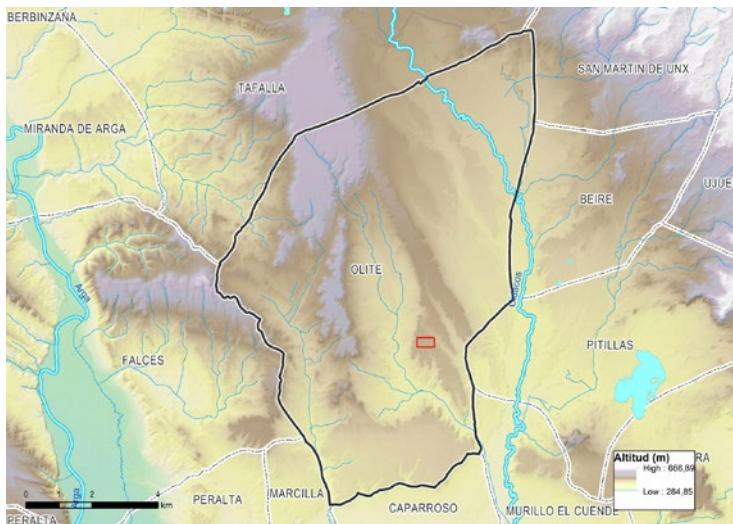
- Evolución vegetativa del cultivo (de visu) por tratamiento
- Control de rendimiento por parcela individual

◆ **ITINERARIO 3.2: Parcela de ensayo de viticultura en Olite (EVENA)**

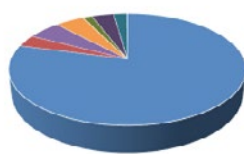
Descripción general de la zona

La parcela de ensayo de la Estación de Viticultura y Enología de Navarra (EVENA) se encuentra en el municipio de Olite, en el término denominado Baretón, y tiene una superficie de 77.082 m².

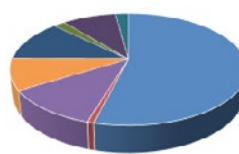
Ilustración 136. Mapa de localización de Olite. En rojo, ubicación de la parcela de ensayo de Baretón [Fuente: Tracasa Instrumental].



Olite se encuentra en la Comarca Agraria V de Navarra (Navarra Media), con 60.118 has cultivadas. La **producción agrícola** en la zona está determinada por la presencia de regadío en algunas zonas, y su ampliación relativamente reciente con la llegada del Canal de Navarra. En la Comarca V, 37.945 ha son de secano (35.423 de cultivos herbáceos y 2.522 de leñosos) y 22.173 ha de regadío (19.405 herbáceos y 2.768 ha de leñosos). En ambas situaciones, el cultivo de cereales para grano es el más representado, suponiendo más de ¼ de la superficie en secano y algo más de la mitad de la superficie cultivada en regadío. El cultivo del viñedo representa 1.130 ha de secano y 2.000 ha de regadío.



- Cereales grano
- Leguminosas grano
- Tubérculos consumo humano
- Cultivos industriales
- Flores y plantas ornamentales
- Cultivos forrajeros
- Hortalizas
- Cítricos
- Frutales
- Viñedo
- Olivar
- Otros cultivos leñosos



- Cereales grano
- Leguminosas grano
- Tubérculos consumo humano
- Cultivos industriales
- Flores y plantas ornamentales
- Cultivos forrajeros
- Hortalizas
- Cítricos
- Frutales
- Viñedo
- Olivar
- Otros cultivos leñosos

Ilustración 137. Proporción de la superficie cultivada para diferentes cultivos en secano (arriba) y regadío (abajo) en la Comarca Agraria V (Navarra Media) en 2022. [Fuente: Gobierno de Navarra, Estadística Agraria].

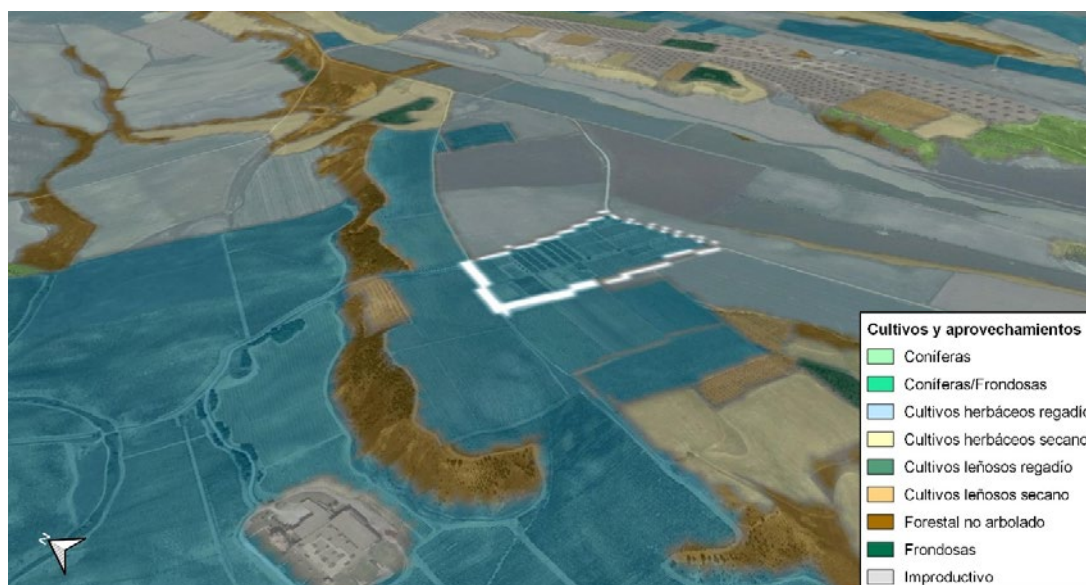


Ilustración 138.

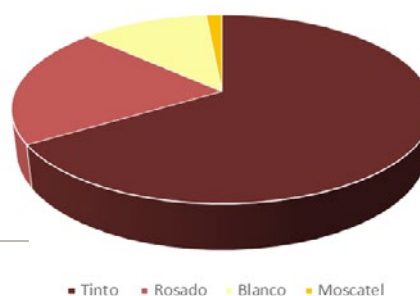
Mapa de Cultivos y Aprovechamientos del entorno de la parcela de ensayo del Baretón.
[Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente].

En lo referente al cultivo de la viña, Olite se encuentra en la zona de mayor producción vitivinícola de Navarra, correspondiente a la demarcación de la Ribera Alta de la **Denominación de Origen Navarra**. Esta demarcación representa el 37% de la superficie de viñedo acogida a la Denominación, con 3.641 ha.

En el año 2022, la Ribera Alta produjo 21.253 t de uva, siendo las variedades tintas las más representadas (82% de la producción), para la producción de tinto y rosado. La producción de vino por tipologías en esta demarcación en 2022, indica una proporción dominante del tinto (57%) y, en menor medida, el rosado (25%), para un total de 10,296 millones de litros de los 38,568 producidos en la Denominación de Origen Navarra.

Ilustración 139.

Proporción de la producción de vino en la demarcación Ribera Alta de la D.O. Navarra en 2022. [Fuente: Estación de Viticultura y Enología de Navarra (EVENA)].



La parcela es gestionada directamente por la **Estación de Viticultura y Enología de Navarra**, perteneciente al Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente del Gobierno de Navarra, y se diseñó y puso en marcha en 2010.

En la actualidad, la parcela se divide en 15 subparcelas plantadas entre los años 2010-2012, de manera que, cada subparcela tiene un sector de riego asignado a ella. El sistema de riego adoptado en todos los casos es de goteo con distancia de 0,75 m entre goteros de un caudal nominal de 3,5 l/h.



Ilustración 140.

Vista aérea de la parcela experimental de Baretón (Olite) en 2020. (Fuente: Estación de Viticultura y Enología de Navarra (EVENA)).

Clima

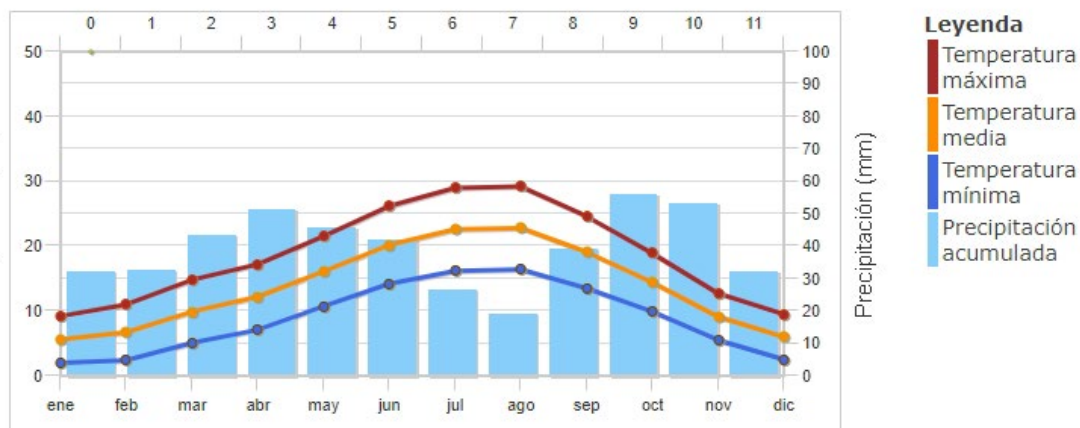
La sección de [Climatología](#) del Gobierno de Navarra define el clima de la zona como mediterráneo Csa según Köppen, de precipitaciones más bien escasas y veranos cálidos y secos. Las precipitaciones, que todavía alcanzan los 600 l/m² anuales en el límite con la Zona Media, presentan un mínimo claro en verano y van disminuyendo de norte a sur. Es el clima típicamente mediterráneo. Las montañas periféricas aíslan esta zona de las influencias oceánicas, aumentando la continentalización (inviernos fríos y veranos calurosos) y disminuyendo las precipitaciones respecto a las zonas más al norte de Navarra. La aridez es así uno de los principales rasgos del clima de esta zona del sur de Navarra, aunque el nivel de aridez aumenta hacia el sur. Las lluvias son escasas y presentan una fuerte irregularidad intermensual e interanual, con largos períodos en los que no se registra precipitación alguna.

Según la clasificación de Papadakis el clima de esta zona en Olite es Mediterráneo Templado Seco (Mets). Es un clima templado de veranos secos y cálidos y con régimen hídrico mediterráneo seco (Me), de precipitaciones anuales escasas. Hay 3 ó 4 meses secos en verano. El tipo de invierno es de avena (Av) y verano de tipo maíz (M) o de arroz (O), según zonas.

La estación meteorológica más representativa del clima de esta zona es la [estación manual de Olite](#), con registros de temperatura y precipitación desde 1931. Los principales valores de esta estación en el periodo 1991-2020 son:

Tabla 27. Principales valores climatológicos de la estación manual de Olite.
 (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PRECIPITACIÓN MEDIA (mm/año)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	ETP (THORNTHWAITE)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 H (T=10 años) (mm)
473,7	13,7	731,5	73,1



	Frecuencia	Velocidad media
N	16.2	13.2
NE	2.1	3.2
E	3.6	5
SE	17.7	10.3
S	6.7	5.3
SW	3.5	4
W	9.5	7.1
NW	40.8	11

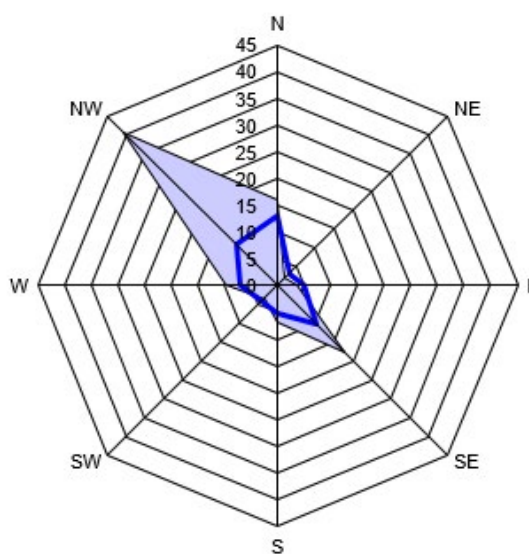


Ilustración 141.

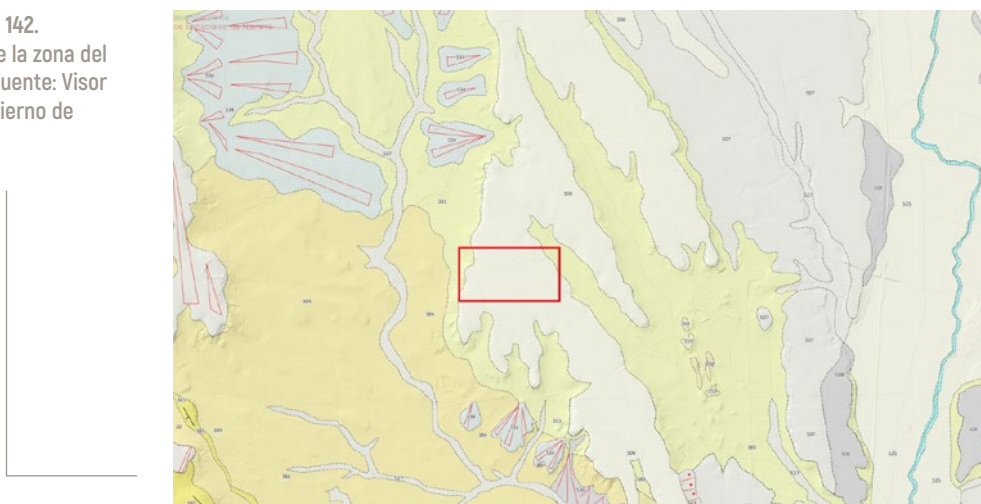
Diagrama ombrotérmico de la estación manual de Olite y la rosa de los vientos de la estación de INTIA (2003-2022). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología e Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).

Geología

El área de estudio se encuentra sobre una terraza alta del río Cidacos, englobada en el Dominio tectónico de la Depresión del Ebro, representada por materiales cenozoicos continentales. Las rocas que afloran en el sustrato rocoso que constituye el zócalo de estas terrazas pertenecen a la Formación Arcillas de Olite y están constituidas por arcillas con intercalaciones de areniscas y hacia techo, de calizas. Se atribuyen al Mioceno inferior, estimándose una edad orientativa en torno a 23 millones de años. Estas rocas representaron un ambiente sedimentario fluvial de facies distales, donde esporádicamente se formaban encharcamientos palustres carbonatados.

El rasgo más característico de este entorno es el relieve aplanado de su superficie, tapizada por los depósitos de terraza fluvial del río Cidacos. Sus cantos son de naturaleza caliza y arenisca, principalmente, y contienen una proporción variable de arena, limo y arcilla. Estos relieves han sido posteriormente intersectados por la red de drenaje superficial que poco a poco ha ido encajándose, destacando el barranco de Vallacuera que discurre por el oeste hasta confluir en el cauce del río Cidacos. El pie de las laderas se halla parcialmente recubierto por depósitos de tipo coluvial y glaci.

Ilustración 142.
Litología de la zona del Baretón. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).



Suelo

Los suelos desarrollados sobre las terrazas medias y altas del Cidacos quedan incluidos en la Unidad Cartográfica 2 del [mapa de suelos](#), estando compuesta ésta por las series 4 y 5.

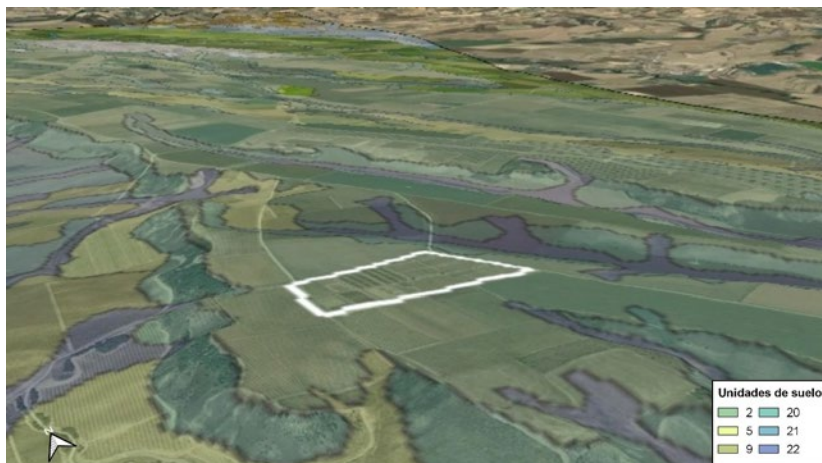


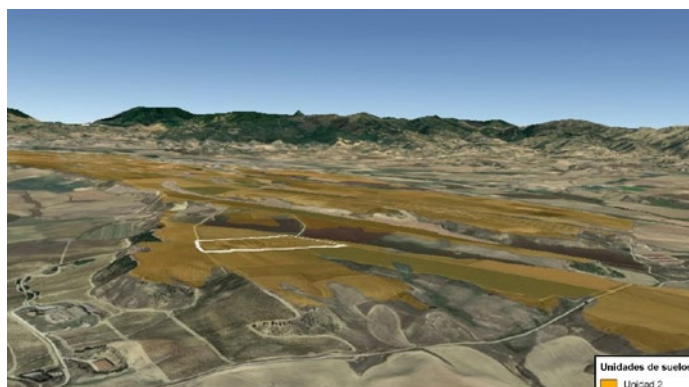
Ilustración 143.
Mapa de Suelos del entorno de la parcela del Baretón. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).

Los suelos de la **serie 4** (Petrocalcic Palexerolls) presentan un horizonte cálcico cementado (petrocálcico) a una profundidad variable (normalmente a menos de 50 cm de profundidad). Por el contrario, al horizonte superficial de los suelos de la **serie 5** (Typic Calcixerolls) le siguen varios horizontes donde se acumulan los carbonatos, pero sin cementar, y que cumplen con los requerimientos de los horizontes cálcicos. La cementación o no de estos horizontes cálcicos es la principal diferencia entre las dos series.

En el horizonte superficial de ambas series predomina la clase textural franca y éste cumple los requerimientos de los horizontes móllicos. En la sección control ambas tienen una elevada pedregosidad, por lo que se incluyen dentro de las familias esqueléticas (piedras en la sección control en más del 35%). La fertilidad de los suelos de esta unidad es moderada, el volumen explorable por las raíces es medio a bajo y disponen de buen drenaje. La capacidad de retención de agua, por el contrario, está limitada por la textura, pedregosidad y presencia, a veces, de capas cementadas.

Ilustración 144.

Localización de la parcela de ensayo de Baretón en la cuenca del Cidacos y Unidad de suelo asociada a las terrazas cuaternarias del Mapa de Suelos de Navarra 1:25.000. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).



Antes de la plantación de la parcela se realizó un estudio exhaustivo del suelo, que incluyó la descripción y análisis de 13 calicatas.

Ilustración 145.

Localización de las calicatas estudiadas en la parcela de ensayo de Baretón. (Fuente: Tracasa Instrumental).





Ilustración 146.

Vista general de una caseta en la finca del Baretón construida con trozos de petrocálcico y detalle del muro de dicha caseta. (Fuente: Fco Javier Eslava Lecumberri).

Como características más destacables de los suelos de Baretón destacan:

- La presencia de horizontes petrocálcicos (limita el desarrollo de las raíces y la profundidad efectiva del suelo).
- Elevado contenido en elementos gruesos.
- Texturas francas (bastante equilibrio en contenido de arenas, arcillas y limos).
- Elevado contenido en carbonatos (más bajos en el horizonte superficial, que ha sufrido lavado a lo largo de los años).
- Elevado contenido en caliza activa (condiciona portainjertos).
- Bastante buen contenido en materia orgánica en el horizonte superficial.

En la siguiente tabla se recogen los datos resumidos del horizonte superficial:

Tabla 28. Resumen de los principales parámetros del horizonte superficial (HS) de las 13 calicatas realizadas en la finca del Baretón. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

Obs.	pH	Textura_HS	% Piedra_HS	Carbonatos_HS	CalizaActiva_HS	MO_HS	C/N_HS	Cond1_1_HS
357	8,6	Franco arcillo limosa	25	27,89	7,97	2,76	9,74	0,38
358	8,5	Franco arcillosa	10	27,09	10,46	3,1	9,5	0,38
359	8,5	Franca	20	39,71	13,83	3,34	10,12	0,33
360	8,5	Franco arcillosa	20	19,14	6,51	2,26	9,06	0,33
361	8,5	Franca	15	19,68	5,72	2,82	9,96	0,34
362	8,6	Franco arcillosa	30	24,26	8,04	2,44	9,47	0,31
363	8,6	Franco limosa	10	21,24	6,04	2,67	9,8	0,25
364	8,6	Franca	20	22,89	6,62	2,79	9,54	0,29

>> Continúa en la siguiente página.

Obs.	pH	Textura_HS	% Piedra_HS	Carbonatos HS	CalizaActiva_HS	MO_HS	C/N_HS	Cond1_1_HS
365	8,6	Franco arcillosa	5	26,04	8,38	1,74	9,54	0,28
366	8,7	Franco arcillo limosa	5	27,54	10,07	1,78	9,45	0,21
367	8,3	Franca	20	24,87	7,27	2,32	9,04	0,32
368	8,4	Franco arcillosa	3	25,49	7,99	1,99	10,35	0,29
369	8,2	Franco arcillosa	25	23,05	6,83	2,39	9,46	0,32

Los triángulos texturales de las calicatas de la parcela se recogen a continuación:

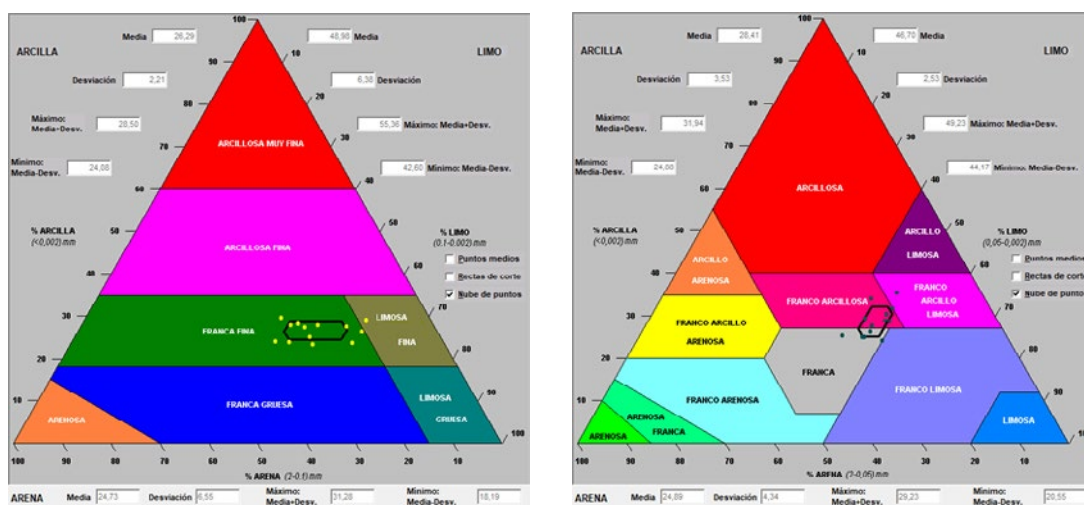


Ilustración 147.

Triángulos texturales de la sección control y horizonte superficial de las 13 calicatas realizadas en la finca del Baretón. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PERFILES A VISITAR

En la finca del Baretón se van a visitar dos perfiles con acumulación de carbonatos:

- 3-1. Terraza pedregosa con horizontes cálcicos
- 3-2. Terraza pedregosa con horizonte petrocálcico

PERFIL 3-1: Terraza con horizontes cálcicos (Olite-365)**DATOS GENERALES:**

Clasificación: Typic Calcixeroll, Franca fina, Carbonática, Profunda (Soil Taxonomy, 2022); Calcic Kastanozem (Hypercalcic) (WRB, 2022). **Tipo:** Calicata. **Sección control:** 25-100 cm. **Geomorfología:** Terraza media. **Material de partida:** Gravas y materiales finos aluviales. **Fecha de la observación:** 22/03/2011. **Autores:** Jokin Del Valle de Lersundi, Javier Eslava. **Localización:** X = 610021, Y = 4697727, Z = 396 m. **Aprovechamiento:** Viñedo. **Pendiente general:** 1%. **Pendiente particular:** 1%. **Geología:** Gravas y arenas. Terraza media. Pleistoceno. **Erosión:** Nula. **Drenaje superficial:** Bien. **Pedregosidad superficial:** 5%, Rodados y subangulares, 3 cm. **Fin observación:** No tiene interés continuar. **Observaciones:** 5% Cantos rodados y trozos de cemento calizo 1-5 cm.

**Ilustración 148.**

Perfil Olite-365. [Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL:

- Ap** 0-35 cm. **Color:** 7,5YR3/3, Pardo oscuro. **Textura:** Franco arcillosa. **Canales lombrices:** Muchos. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Friable. **Elementos gruesos:** 5%, Los sub son trozos de cemento, Rodados y subangulares, Parcial. **Estructura:** Bloques subangulares, Tamaño fino, Moderada. **Poros:** Tubulares e intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Raíces:** Bastantes, Tamaño muy fino. **Límite:** Neto y plano.
- Ck1** 35-80 cm. **Color:** 7,5YR6/6, Amarillo rojizo. **Textura:** Franco limosa. **Canales lombrices:** Muchos. **Crotovinas:** Bastantes. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Muy friable. **Elementos gruesos:** 3%, Rodados, 1 cm, Inferior. **Estructura:** Bloques subangulares, Tamaño fino, Débil. **Poros:** Tubulares e intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Raíces:** Bastantes, Tamaño muy fino. **Precipitados:** 6%, Poros y caras, Carbonatos. **Límite:** Brusco y plano.
- Ck2** 80-150 cm. **Color:** 7,5YR7/6, Amarillo rojizo. **Tipo Cementación:** Débil, discontinua, por carbonatos. **Textura:** Franca. **Humedad/Consistencia:** Poco húmedo. Muy firme. **Elementos gruesos:** 75%, Rodados, 4 cm, Total. **Estructura:** Impedida. **Poros:** Intersticiales, Tamaño muy fino, Muy pocos. **Raíces:** Muy pocas, Tamaño muy fino.

Tabla 29. Datos analíticos del perfil 3-1 (Olite 365).
(Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PERFIL 3-1: DATOS ANALÍTICOS			
Horizonte	Ap	Ck1	Ck2
Profundidad	0-35	35-80	80-150
Análisis físico			
Arena (2-0,2) mm	3,9	4,24	25,47
Arena (0,2-0,1) mm	6,22	9,01	9,64
Arena (0,1-0,05) mm	11,91	9,65	7,18
Arena (0,05-0,02) mm	20,3	20,51	14,83
Limo (0,02-0,002) mm	29,18	32,52	23,21
Arcilla (<0,002) mm	28,49	24,07	19,67
Análisis químico			
Caliza Total %	26,04	42,43	72,38
Caliza Activa %	8,38	9,88	
Mat. Org. Oxidable %	1,74	0,47	0,22
Nitrógeno Total %	0,11		
Fósforo asimi. (mg/kg)	42,69		
Potasio asimi. (mg/kg)	166,3		
Relación C/N	9,54		
pH en agua (1:2,5)	8,62	8,79	8,71
pH en ClK (1:2,5)	7,47	7,57	7,72
C.E. (1:1) (dS/m)	0,28	0,23	0,26
Yeso %			
Análisis cambio			
Total (cmol+/kg)	13,23		
Calcio (cmol+/kg)	42,97		
Magnesio (cmol+/kg)	1,16		
Sodio (cmol+/kg)	0,46		
Potasio (cmol+/kg)	0,35		
Hidrógeno (cmol+/kg)			
Aluminio (cmol+/kg)			
Acidez total (cmol+/kg)			
Saturación bases (%)	100		

PERFIL 3-2: Terraza con horizonte petrocálcio (Olite-359)**DATOS GENERALES:**

Clasificación: Petrocalcic Calcixerept, Franca fina, Hipercarbonática, Moderadamente profunda, (Soil Taxonomy, 2022), Petric Calcisol (Hypercalcic) (WRB, 2022). **Tipo:** Calicata. **Sección control:** 25-75 cm. **Geomorfología:** Terraza media. **Material de partida:** Gravas y materiales finos aluviales. **Fecha de la observación:** 21/03/2011. **Autores:** Jokin Del Valle de Lersundi, Javier Eslava. **Localización:** X = 610246, Y = 4697743, Z = 396 m. **Aprovechamiento:** Viñedo. **Pendiente general:** 2%. **Pendiente particular:** 2%. **Geología:** Gravas y arenas. Terraza media. Pleistoceno. **Erosión:** Nula. **Drenaje superficial:** Bien. **Pedregosidad superficial:** 80%, Rodados y subangulares, 5 cm Parcial y total. **Fin observación:** Una capa cementada impide el paso. Prof. **Contacto lítico / paralítico:** 75 cm. **Observaciones:** 80% cantos y trozos de cemento calizo 1-10 cm.



Ilustración 149.
Perfil Olite-359. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL:

- Ap** 0-35 cm. **Color:** 10YR3/4, Pardo amarillento oscuro. **Textura:** Franca. **Crotovinas:** Bastantes. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Muy friable. **Elementos gruesos:** 20%, Algunos son trozos de cemento, Rodados y subangulares, 3 cm, Parcial y total. **Estructura:** Bloques subangulares, Tamaño fino, Moderada. **Poros:** Intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Poros secundarios:** Tubulares, Tamaño muy fino, Bastantes. **Raíces:** Bastantes, Tamaño muy fino. **Límite:** Neto y plano.
- Ckm1** 35-60 cm. **Color:** 10YR7/6, Amarillo. **Tipo Cementación:** Fuerte, en bandas, por carbonatos. **Textura:** Franco arcillosa. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Muy firme. **Elementos gruesos:** 60%, Tamaño 1-6 cm, Rodados, 3 cm, Total. **Estructura:** Impedida. **Poros:** Intersticiales, Tamaño muy fino, Pocos. **Raíces:** Muy pocas, Tamaño muy fino. **Observaciones:** Las raíces penetran por las grietas. **Límite:** Neto y ondulado.
- Ck1** 60-75 cm. **Color:** 10YR6/3, Pardo pálido. **Textura:** Franco arcillosa. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Muy friable. **Elementos gruesos:** 2%, Rodados, Inferior. **Estructura:** Masiva. **Poros:** Intersticiales, Tamaño muy fino, Muchos. **Poros secundarios:** Tubulares, Tamaño muy fino, Bastantes. **Raíces:** Pocas, Tamaño muy fino. **Observaciones:** Las raíces están muertas. **Límite:** Brusco y plano.
- Ckm2** 75-105 cm. **Color:** 10YR6/6, Amarillo parduzco. **Tipo Cementación:** Fuerte, en bandas, por carbonatos. **Textura:** Franco arenosa. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Friable. **Elementos gruesos:** 50%, Rodados, 4 cm, Total. **Estructura:** Impedida. **Poros:** Intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Poros secundarios:** Tubulares, Tamaño muy fino, Pocos. **Raíces:** Pocas, Tamaño muy fino. **Observaciones:** Las bandas muy cementadas se presentan en la parte superior e inferior del horizonte. Alguna raíz muerta. **Límite:** Neto y ondulado.
- Ckm3** 105-135 cm. **Color:** 10YR8/1, Blanco. **Tipo Cementación:** Fuerte, continua, por carbonatos. **Textura:** Franca. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Firme. **Elementos gruesos:** 2%, Rodados, 2 cm, Total. **Estructura:** Masiva. **Poros:** Intersticiales, Tamaño muy fino, Muchos. **Raíces:** Muy pocas, Tamaño muy fino. **Límite:** Neto y ondulado.
- Ck2** 135-175 cm. **Color:** 10YR6/6, Amarillo parduzco. **Humedad/Consistencia:** A capacidad de campo. Muy friable. **Elementos gruesos:** 25%, Rodados, 3 cm, Inferior. **Estructura:** Bloques subangulares, Tamaño fino, Débil. **Poros:** Intersticiales, Tamaño fino y muy fino, Muchos. **Poros secundarios:** Tubulares, Tamaño fino, Pocos. **Raíces:** No hay. **Precipitados:** 10%, En poros y caras, Carbonatos.

Tabla 30. Datos analíticos del perfil 3-2 (Olite 359).
 (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).

PERFIL 3-2: DATOS ANALÍTICOS						
Horizonte	Ap	Ckm1	Ck1	Ckm2	Ckm3	Ck2
Profundidad	0-35	35-60	60-75	75-105	105-135	135-175
Análisis físico						
Arena (2-0,2) mm	16,27	28,11	19	36,81	36,06	
Arena (0,2-0,1) mm	4,97	6,45	6,33	8,2	7,11	
Arena (0,1-0,05) mm	11,97	5,92	6,11	7,99	5,73	
Arena (0,05-0,02) mm	18,72	7,37	7,27	12,17	9,57	
Limo (0,02-0,002) mm	22,9	23,65	32,85	22,61	31,29	
Arcilla (<0,002) mm	25,16	28,51	28,44	12,22	10,24	
Análisis químico						
Caliza Total %	39,71	76,33	82,3	67,84	87,16	
Caliza Activa %	13,83	23,81	22,82			
Mat. Org. Oxidable %	3,34	1,28	1,84	0,27	0,04	
Nitrógeno Total %	0,19					
Fósforo asimi. (mg/kg)	81,8					
Potasio asimi. (mg/kg)	184,52					
Relación C/N	10,12					
pH en agua (1:2,5)	8,53	8,66	8,64	8,95	8,85	
pH en CIK (1:2,5)	7,58	8,17	8,29	8,12	8,27	
C.E. (1:1) (dS/m)	0,33	0,44	0,45	0,38	0,44	
Yeso %						
Análisis cambio						
Total (cmol+/kg)	11,92					
Calcio (cmol+/kg)	43,26					
Magnesio (cmol+/kg)	0,9					
Sodio (cmol+/kg)	0,56					
Potasio (cmol+/kg)	0,39					
Hidrógeno (cmol+/kg)						
Aluminio (cmol+/kg)						
Acidez total (cmol+/kg)						
Saturación bases (%)	100					

DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS DE BARETÓN

Las características más destacadas de cada una de las 15 subparcelas en las que se divide el ensayo, son las siguientes:

- A. FERTIRRIGACIÓN INORGÁNICA:** Destinada a estudiar la influencia de diferentes estrategias de fertirrigación con productos inorgánicos sobre aspectos tanto agronómicos como enológicos en las variedades Tempranillo, Chardonnay y Syrah.
- B. FERTIRRIGACIÓN ORGÁNICA:** Diseñada para estudiar la influencia de diferentes estrategias de fertirrigación con productos de origen orgánico sobre aspectos tanto agronómicos como enológicos en las variedades Chardonnay, Tempranillo y Shiraz noir.
- C. GARNACHA TINTA:** son dos subparcelas, una plantada con Garnacha tinta recopilada a partir del material antiguo en Navarra con el fin de conservar y estudiar los diferentes biotipos encontrados, y otra con una colección de Garnachas tintas de clones comerciales de diversos orígenes (incluidos los clones de EVENA que en la actualidad están dentro del sistema de certificación), que permite profundizar en el conocimiento de esta variedad patrimonial.
- D. MOSCATEL DE GRANO MENUDO:** Con una colección de moscateles comerciales de diferentes orígenes (incluidos los obtenidos en EVENA). El objetivo de esta subparcela es profundizar en el conocimiento de esta variedad en aspectos como el manejo de cultivo, la distribución de la vegetación y el control productivo, y su influencia en la elaboración de vinos con este varietal.
- E. REFERENCIAS DE VINÍFERAS 1 (BLANCAS):** Se trata de una plataforma que sirve para establecer un banco de germoplasma a partir de una recopilación de variedades y subvariedades, para estudiar el comportamiento agronómico de estas referencias y conservar este material. Entre otras, en ella se localiza la recopilación de Garnachas blancas de Navarra.
- F. REFERENCIAS DE VINÍFERAS 2 (TINTAS):** Alberga variedades locales recopiladas en el ámbito geográfico más próximo y sirve como banco de comparación donde estudiar el comportamiento agronómico de estas referencias.
- G. BERUÉS:** Destinada a mantener y estudiar el material recopilado de la variedad patrimonial Berués. Se trata de una de las variedades más citada en la bibliografía vitícola desde el s.XVII hasta comienzos del s.XX. En la actualidad, su cultivo se encuentra en estado asilvestrado.
- H. PORTAINJERTOS VARIEDADES BLANCAS:** Sirve para conocer la respuesta de los portainjertos con la variedad Chardonnay, así como estudiar su influencia sobre aspectos concretos productivos, agronómicos y enológicos.
- I. PORTAINJERTOS VARIEDADES TINTAS:** Sirve para conocer la respuesta de los portainjertos con la variedad Tempranillo, así como estudiar su influencia sobre aspectos concretos productivos y agronómicos y enológicos.
- J. VARIEDADES TINTAS AUTORIZADAS EN NAVARRA:** Diseñada para conocer las aptitudes agronómicas y enológicas de cada una de las variedades tintas autorizadas en la Comunidad Foral de Navarra.
- K. VARIEDADES BLANCAS AUTORIZADAS EN NAVARRA:** Similar a la anterior para las variedades blancas autorizadas en la Comunidad Foral de Navarra.

- L. MAZUELA:** El objetivo de esta parcela es mantener y estudiar el material recopilado de la variedad patrimonial Mazuela. Se trata de una de las variedades más citada en la bibliografía vitícola entre el s.XVII y comienzos del s.XX. A pesar de ser una de las protagonistas de la viticultura navarra a lo largo de su periplo histórico, en la actualidad, su cultivo está en franco retroceso.
- M. AGRICULTURA BIOLÓGICA CON VARIEDADES TINTAS Y BLANCAS:** Son dos subparcelas manejadas bajo los principios y condiciones de agricultura orgánica. El material vegetal utilizado es de origen local, procedente de la recopilación de las variedades blancas y tintas tradicionalmente utilizadas en Navarra.
- N. GRACIANA Y CABERNET SAUVIGNON** son dos subparcelas manejadas bajo los principios y condiciones de agricultura orgánica. El material vegetal utilizado es de origen local, procedente de la recopilación de las variedades secundarias Graciano y Cabernet Sauvignon.
- O. NUEVOS PORTAINJERTOS EN VITICULTURA.** El objetivo de esta parcela es testar la tolerancia a carbonatos de los más novedosos materiales utilizados como portainjerto de origen italiano y español.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 0. Perfil de Urbasa, Alfic Haplorthod (SSS, 2022). (Fuente: Iñigo Virto Quecedo).....	3
Ilustración 1. Localizaciones a visitar en las salidas de campo de la RENS XXXIII. (Fuente: Tracasa Instrumental).....	11
Ilustración 2. Mapa de temperatura media anual de Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	13
Ilustración 3. Mapa de precipitación media anual de Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	13
Ilustración 4. Mapa de zonas climáticas de Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	14
Ilustración 5. Imagen LiDAR del raso de Urbasa en la que se ven la zona de margas (con barrancos y cárcavas) y las calizas karstificadas (dolinas). (Fuente: Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).....	15
Ilustración 6. Representación del relieve y cartografía geológica del mismo entorno, para observar la correlación de las formas del paisaje y las diferentes unidades geológicas aflorantes. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).....	15
Ilustración 7. Imagen LiDAR en la que se ve una banda de margas (con barrancos y cárcavas) y la zona de calizas (con dolinas y afloramientos). (Fuente: Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).....	16
Ilustración 8 Mapa Geológico 1:200.000 de Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).....	17
Ilustración 9. Granitos de Peñas de Aia, en el sector noroccidental del dominio norpirenaico. (Fuente: Fran Sanz Morales).....	18
Ilustración 10. Suelos desarrollados sobre granito en Peñas de Aia (Izda.) y sobre basalto en Larun (Dcha.). (Fuente: Fran Sanz Morales).....	18
Ilustración 11. Suelos desarrollados sobre lutitas y limolitas paleozoicas (Izda.) y sobre areniscas permotriásicas (Dcha.), en ambos casos durante el ascenso al monte Larun. (Fuente: Fran Sanz Morales).....	19
Ilustración 12. Suelo desarrollado sobre calcarenitas y margas en facies flysch, en Isaba. (Fuente: Fran Sanz Morales).....	19
Ilustración 13. Karst de Larra. (Fuente: Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).....	20
Ilustración 14. Falda sur de la sierra de San Donato, valle de Ergoiena, tapizada de depósitos de glacia. (Fuente: Fran Sanz Morales).....	20
Ilustración 15.	

Raso de Urbasa mostrando áreas con encharcamiento temporal y con escasa vegetación arbórea, tan sólo espinos y algún roble disperso. Al fondo, bosque de hayas donde la pendiente del terreno se hace patente. (Fuente: Fran Sanz Morales).....	21
Ilustración 16. Ripas del río Arga en Eriete. Al fondo se observa un resto de terraza fluvial coronando el talud de margas. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).....	21
Ilustración 17. Suelo desarrollado sobre depósito de glaciares en el valle de Valdizarbe. (Fuente: Fran Sanz Morales).....	22
Ilustración 18. Macizo yesífero de la sierra de Arrechea y Barranco del Raso, en Peralta. Los suelos, desarrollados en vaguadas y fondos de valle sobre yesos y margas, son principalmente de tipo Pachic Calcixeroll, de acuerdo con el mapa de Suelos del Gobierno de Navarra. (Fuente: Fran Sanz Morales).....	22
Ilustración 19. Proceso de piping en el barranco de los Hermanos (Bardenas Reales). Al fondo, relieve tabular con laderas acaravadas. (Fuente: Fran Sanz Morales).....	23
Ilustración 20. Terraza fluvial del río Alhama en Baños de Fitero. Al fondo, materiales triásicos y jurásicos que afloran junto a Baños de Fitero. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	23
Ilustración 21. Mapa hipsométrico de Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).....	24
Ilustración 22. Mapa de pendientes de Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).....	25
Ilustración 23. Área pirenaica. Valle de Belagua. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).....	26
Ilustración 24. Sierra de Aralar. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).....	26
Ilustración 25. Baztán. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).....	27
Ilustración 26. Miranda de Arga. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).....	27
Ilustración 27. Cuenca de Pamplona. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).....	28
Ilustración 28. Esquema simplificado del procedimiento metodológico utilizado en la cartografía de suelos 1:25.000 en Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	30
Ilustración 29. Equipo que proporciona visión estéreo-sintética en 3D empleada para la fotointerpretación del territorio. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	31
Ilustración 30. Ejemplo de la cartografía de suelos a escala 1:25.000 de Navarra en Leyenda Única, según Unifases (combinación de Unidad Cartográfica y Fase). (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	32

Ilustración 31. Diagrama resumen del estado de la cartografía de suelos de Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	33
Ilustración 32. Estado actual de la red de observaciones de Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	33
Ilustración 33. Estado actual de la cartografía de suelos de Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	34
Ilustración 34. Distribución del pH del horizonte superficial. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	35
Ilustración 35. Perfil Erro-76, en Sorogain (Erro); el pH del horizonte superficial es de 3,9. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	36
Ilustración 36. Distribución de perfiles con yeso en el horizonte superficial. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	36
Ilustración 37. Perfil Funes-167. En este suelo desarrollado sobre un horizonte petrocálcico, la superficie está prácticamente cubierta de cantos rodados y en el perfil la pedregosidad supone un 40-90%. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	37
Ilustración 38. Perfil Peralta-285, donde se observa un epipedón móllico sobre yeso meteorizado. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	37
Ilustración 39. Perfiles en Corella con descenso irregular de materia orgánica. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	38
Ilustración 40. Perfil en Eriete. Se observa claramente la erosión de la parte alta de la ladera a la derecha de la imagen y la acumulación de parte de ese material sobre el perfil de la parte baja a la izquierda de la imagen. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).....	38
Ilustración 41. Distribución de los suelos salinos en Navarra, según las zonas ya cartografiadas. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	39
Ilustración 42. Itinerarios de las salidas de campo de la RENS XXXIII. (Fuente: Tracasa Instrumental).....	40
Ilustración 43. Itinerario del primer día de la salida de campo, donde se visitará la cuenca experimental de Landazuría (Bardenas Reales), la finca Los Aguilares (Arguedas) y La Blanca Baja de Bardenas Reales. (Fuente: Tracasa Instrumental).....	41
Ilustración 44. Mapa de localización de El Plano, La Blanca y La Negra de Bardenas Reales. En rojo, los parajes a visitar: la cuenca de Landazuría, la finca Los Aguilares y la ruta por La Blanca Baja. (Fuente: Tracasa Instrumental).....	42
Ilustración 45.	

El Plano. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).....	43
Ilustración 46. La Blanca. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).....	43
Ilustración 47. La Negra. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).....	43
Ilustración 48. Diagrama ombrotérmico y rosa de los vientos de la estación automática de El Yugo (Arguedas). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	44
Ilustración 49. Esquema geológico general del Parque Natural de Bardenas Reales. (Fuente: Larrasoña et al., 2011).....	45
Ilustración 50. Formación de la Cuenca del Ebro tras el levantamiento progresivo de las cordilleras que lo rodean, cortando la conexión de la depresión con el mar. (Fuente: Larrasoña et al., 2011).....	45
Ilustración 51. Sedimentación de la Cuenca del Ebro. (Fuente: Larrasoña et al., 2011).....	46
Ilustración 52. Rastro de huellas fósiles de un rinoceronte del terciario en un estrato. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi)....	46
Ilustración 53. Fase de erosión en la que el antecesor del Ebro y sus afluentes comienzan a excavar el relleno sedimentario. (Fuente: Larrasoña et al., 2011).....	46
Ilustración 54. Modelado del relieve durante el Cuaternario. (Fuente: Larrasoña et al., 2011).....	47
Ilustración 55. Detalle del mapa de Navarra donde aparecen las Bardenas Reales del Atlas de Juan Blaeu. Como curiosidad, el mapa está orientado con el Norte a la derecha, no arriba como suele ser habitual. (Fuente: Atlas de Juan Blaeu, Amsterdam 1672).....	48
Ilustración 56. Mapa de localización de las 4 cuencas experimentales agrarias de Navarra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	50
Ilustración 57. Estación de aforo y muestreo de Landazuría (vertedera de tipo H del SCS). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	51
Ilustración 58. Esquema de una estación de aforo modelo Wallingford, como la de Latxaga, La Tejería y Oskotz-Muskitz. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	51
Ilustración 59. Mapa de localización de la cuenca de Landazuría (Bardenas Reales). (Fuente: Tracasa Instrumental).....	52
Ilustración 60. Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de la cuenca experimental de Landazuría. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).....	52
Ilustración 61. Mapa Geológico sobre capa de relieve en el entorno de la cuenca de Landazuría. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).....	53

Ilustración 62. Litología de la cuenca de Landazuría. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).....	54
Ilustración 63. Mapa suelos de la cuenca experimental de Landazuría. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	54
Ilustración 64. Periodos de dos meses seleccionados del año 2016 de la época de no riego el primero y de la época de riego. En el primero se observan crecidas vinculadas a precipitaciones, mientras que en el segundo se observan claramente los riegos diarios. (Fuente: Merchán et al., 2018).....	56
Ilustración 65. Concentración total de sólidos en suspensión (TDS: Intervalo de confianza del 95% en la mediana mensual) y descarga media diaria en Landazuría. (Fuente: Merchán et al., 2018).....	56
Ilustración 66: Concentración de Nitratos (NO ₃ ⁻ : Intervalo de confianza del 95% en la mediana mensual) y descarga media diaria en Landazuría. (Fuente: Merchán et al., 2018).....	56
Ilustración 67. Mapa de localización de la finca de Aguilares (Arguedas). (Fuente: Tracasa Instrumental).....	57
Ilustración 68. Mapa Geológico sobre capa de relieve en el entorno de la finca Los Aguilares. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).....	58
Ilustración 69. Litología de la finca Los Aguilares. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).....	59
Ilustración 70. Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (1:25.000) de la finca Los Aguilares. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).....	59
Ilustración 71. Ortofoto del año 1956 y 2022. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).....	60
Ilustración 72. Mapa de cambios de usos 1956-2008, donde se aprecia la puesta en regadío que se hizo hace más de tres décadas. Desde entonces no ha habido apenas variaciones en el uso de la tierra. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	60
Ilustración 73. Mapa de Suelos (1:25.000) de la finca Los Aguilares. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	61
Ilustración 74. Perfiles a visitar en la finca Los Aguilares. (Fuente: Tracasa Instrumental).....	62
Ilustración 75. Paisaje y perfil de Arguedas-36. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	63
Ilustración 76. Distribución de la Unidad Cartográfica 7 en la finca Los Aguilares. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	65
Ilustración 77. Paisaje y perfil de Arguedas-37. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	65

Ilustración 78. Distribución de la Unidad Cartográfica 2 en la finca Los Aguilares. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	66
Ilustración 79. Paisaje y perfil de Arguedas-38. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	68
Ilustración 80. Distribución de la Unidad Cartográfica 6 en la finca Los Aguilares. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	70
Ilustración 81. Paisaje y perfil de Arguedas-39. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	70
Ilustración 82. Distribución de la Unidad Cartográfica 5 en la finca Los Aguilares. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	71
Ilustración 83. Mapa de Suelos de la zona y puntos a visitar durante el recorrido en autobús alrededor del polígono de tiro. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	73
Ilustración 84. Mapa de localización del Parque Natural de Urbasa-Andía y Sesma. (Fuente: Tracasa Instrumental).....	74
Ilustración 85. Mapa de localización del Parque Natural de Urbasa-Andía. En rojo, la zona a visitar. (Fuente: Tracasa Instrumental).....	75
Ilustración 86. Diagrama ombrotérmico y rosa de los vientos de la estación automática de Urbasa. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	76
Ilustración 87. Mapa Geológico 1:25.000 del Parque Natural de Urbasa-Andía. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).....	77
Ilustración 88. Fragmento del mapa Geológico 1:25.000 en el entorno de Urbasa-Andía. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).....	77
Ilustración 89. Detalle de la litología de la zona a visitar en el Parque de Urbasa-Andía, donde predominan en azul (523), las arcillas de decalcificación, rodeando a éstas, en beige (267 y 268), las margas y margas y margocalizas, y en naranja (263), acercándonos al borde, las calizas. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).....	78
Ilustración 90. Sustrato rocoso de areniscas sobre la que se desarrollan suelos podzólicos. Estas areniscas muestran abundantes estructuras sedimentarias que reflejan el ambiente sedimentario en el que se formaron (ripples, estratificación cruzada, etc.). (Fuente: Fran Sanz Morales).....	79
Ilustración 91. Vista del Raso de Urbasa, área deprimida en el sector central de la sierra. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	79
Ilustración 92. Mapa de Cultivos y Aprovechamiento del Parque Natural de Urbasa Andía, donde destacan, por un lado, las especies frondosas silvestres de Urbasa y Limitaciones y, por otro, especialmente en el Raso y en la Sierra de Andía, matorrales y pastizales. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).....	81

Ilustración 93. Mapa de Suelos del Parque Natural de Urbasa-Andía (vista principal de la Sierra de Urbasa). (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	82
Ilustración 94. Mapa de Suelos del Parque Natural de Urbasa-Andía (vista principal de la Sierra de Andía). (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	83
Ilustración 95. Perfiles a visitar en el Raso de Urbasa. (Fuente: Tracasa Instrumental).....	83
Ilustración 96. Paisaje y perfil de Urbasa-144. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	84
Ilustración 97. Distribución de la Unidad Cartográfica 168. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	85
Ilustración 98. Paisaje y perfil de Urbasa-145. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	87
Ilustración 99. Detalle de nódulos de carbonatos en el perfil de Urbasa-145. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	88
Ilustración 100. Distribución de la Unidad Cartográfica 170. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	88
Ilustración 101. Paisaje y perfil de Urbasa-146. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	90
Ilustración 102. Línea de precipitados en Urbasa-146. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	91
Ilustración 103. Distribución de la Unidad Cartográfica 170. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	93
Ilustración 104. Paisaje y perfil de Monte Común de las Améscoas-10. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	94
Ilustración 105. Distribución de la Unidad Cartográfica de suelos 169. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	96
Ilustración 106. Vista del Mirador de Ubaba (Monte de las Améscoas), en cuyo contexto se verá el perfil sobre calcarenitas y calizas de algas. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	96
Ilustración 107. Mapa de localización del Salobre de Sesma. (Fuente: Tracasa Instrumental).....	97
Ilustración 108.	98
Imagen comparativa del Salobre antes de la ejecución de las obras (ortofoto de 1966-1971), después de las mismas (1987-1991) y en la actualidad (2022). (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).....	98
Ilustración 109.	

Diagrama ombrotérmico de la estación manual de Sesma y rosa de los vientos de la estación del Ministerio (2007-2022). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología y Gobierno de España, Ministerio de Medio Ambiente).....	100
Ilustración 110. Imagen del mapa Geológico de la zona del Salobre de Sesma. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).....	101
Ilustración 111. Imagen del mapa Litológico de la cuenca hidrológica del Salobre de Sesma. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).	102
Ilustración 112. Imagen del mapa de Usos y Aprovechamientos de la cuenca hidrológica del Salobre de Sesma. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).....	102
Ilustración 113. Imagen del mapa de Suelos de la cuenca hidrológica del Salobre de Sesma. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	103
Ilustración 114. Mapa de Suelos del Salobre de Sesma según las fases de salinidad LS, MS y FS. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	104
Ilustración 115. Imagen aérea de los puntos a visitar en el Salobre: perfil 63 de Sesma y una sima por la que desagua la escorrentía superficial. (Fuente: Tracasa Instrumental).....	104
Ilustración 116. Acumulación de sales en superficie (abril 2023). (Fuente: Fco Javier Eslava Lecumberri).....	104
Ilustración 117. Paisaje y perfil de Sesma-63. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	105
Ilustración 118. Distribución de la Unidad Cartográfica de suelos 248 en Sesma. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).....	107
Ilustración 119. Imagen comparativa de la sima según ortofotos de 1946-1946, 1956-1957 y 2022. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).....	108
Ilustración 120. Sima formada por la disolución de los yesos subyacentes, por las que se filtran las aguas de escorrentía superficial. (Fuente: Fco Javier Eslava Lecumberri).	108
Ilustración 121. Descenso a la sima en julio de 1985. (Fuente: Jokin del Valle de Lersundi).....	109
Ilustración 122. Mapa de localización de Arazuri (ensayo MCP-INTIA) y Olite (ensayo EVENA). (Fuente: Tracasa Instrumental). .	110
Ilustración 123. Mapa de localización de Arazuri (Cendea de Olza). En rojo, ubicación de la parcela de ensayo. (Fuente: Tracasa Instrumental).....	111
Ilustración 124. Producción de los cultivos de secano en la Comarca III (Pamplona) en 2022. (Fuente: Gobierno de Navarra, Estadística Agraria).	111

Ilustración 125. Mapa de Cultivos y Aprovechamientos del entorno de la parcela de ensayo de Arazuri. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).....	112
Ilustración 126. Vista de la EDAR de Arazuri y la parcela que alberga los ensayos agronómicos. (Fuente: Tracasa Instrumental).....	113
Ilustración 127. Diagrama ombrotérmico de la estación automática de Pamplona y rosa de los vientos de Arazuri de INTIA (2001-2022). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología e Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).....	114
Ilustración 128. Mapa Geológico del entorno de la parcela de Arazuri. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).....	115
Ilustración 129. Imagen del mapa Litológico del entorno de la parcela de ensayo de Arazuri. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Dirección General de Obras Públicas).....	115
Ilustración 130. Imagen del mapa de Suelos del entorno de Arazuri. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).....	116
Ilustración 131. Localización de la parcela de ensayos de la EDAR de Arazuri en la Cuenca de Pamplona y Unidades de suelo del mapa de Suelos de la Cuenca de Pamplona 1:25.000. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).....	117
Ilustración 132. Localización de la parcela de ensayos de la EDAR de Arazuri en la Cuenca de Pamplona y Unidades de suelo asociadas a la llanura aluvial del mapa de Suelos de la Cuenca de Pamplona 1:25.000. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).....	117
Ilustración 133. Perfil representativo de la Unidad Cartográfica 18 del mapa de Suelos de la Cuenca de Pamplona (Orcoyen-3 no tiene foto de perfil). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	118
Ilustración 134. Croquis del ensayo "Dosis/frecuencia-Estudio de la evolución de metales pesados en suelo en función de diferentes aportes". (Fuente: Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).....	122
Ilustración 135. Croquis del ensayo "Nitrógeno-Evaluación de la eficiencia del lodo como fertilizante". (Fuente: Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).....	126
Ilustración 136. Mapa de localización de Olite. En rojo, ubicación de la parcela de ensayo de Baretón (Fuente: Tracasa Instrumental).....	128
Ilustración 137. Proporción de la superficie cultivada para diferentes cultivos en secano (arriba) y regadío (abajo) en la Comarca Agraria V (Navarra Media) en 2022. (Fuente: Gobierno de Navarra, Estadística Agraria).....	128
Ilustración 138. Mapa de Cultivos y Aprovechamientos del entorno de la parcela de ensayo del Baretón. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).....	129
Ilustración 139. Proporción de la producción de vino en la demarcación Ribera Alta de la D.O. Navarra en 2022. (Fuente: Estación de Viticultura y Enología de Navarra (EVENA)).....	129

Ilustración 140. Vista aérea de la parcela experimental de Baretón (Olite) en 2020. (Fuente: Estación de Viticultura y Enología de Navarra (EVENA)).	130
Ilustración 141. Diagrama ombrotérmico de la estación manual de Olite y la rosa de los vientos de la estación de INTIA (2003-2022). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología e Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).	131
Ilustración 142. Litología de la zona del Baretón. (Fuente: Visor IDENA, Gobierno de Navarra).	132
Ilustración 143. Mapa de Suelos del entorno de la parcela del Baretón. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).	132
Ilustración 144. Localización de la parcela de ensayo de Baretón en la cuenca del Cidacos y Unidad de suelo asociada a las terrazas cuaternarias del Mapa de Suelos de Navarra 1:25.000. (Fuente: Tracasa Instrumental y Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).	133
Ilustración 145. Localización de las calicatas estudiadas en la parcela de ensayo de Baretón. (Fuente: Tracasa Instrumental).	133
Ilustración 146. Vista general de una caseta en la finca del Baretón construida con trozos de petrocálcico y detalle del muro de dicha caseta. (Fuente: Fco Javier Eslava Lecumberri).	134
Ilustración 147. Triángulos texturales de la sección control y horizonte superficial de las 13 calicatas realizadas en la finca del Baretón. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).	135
Ilustración 148. Perfil Olite-365. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).	136
Ilustración 149. Perfil Olite-359. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Temperatura media, precipitación media y zona climática de las 5 localizaciones a visitar en la RENS 2023. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	12
Tabla 2. Ejemplo de la leyenda de la cartografía de suelos a escala 1:25.000 de Navarra en Leyenda Única. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	32
Tabla 3. Principales valores climatológicos de la estación automática de Bardenas-El Yugo. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	44
Tabla 4. Principales tipos de suelos de la cuenca experimental de Landazuría. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	55
Tabla 5. Resumen de superficies de los principales tipos de suelos (UC) de la cuenca experimental de Landazuría. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	55
Tabla 6. Datos analíticos del perfil 1-1 (Arguedas 36). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	64
Tabla 7. Datos analíticos del perfil 1-2 (Arguedas 37) (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	67
Tabla 8. Datos analíticos del perfil 1-3 (Arguedas 38) (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	69
Tabla 9. Datos analíticos del perfil 1-4 (Arguedas 39) (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	72
Tabla 10. Principales valores climatológicos de la estación manual de Urbasa. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	75
Tabla 11. Principales usos de suelos del Parque Natural de Urbasa-Andía, según el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra. (Fuente: Gobierno de Navarra, Desarrollo Rural y Medio Ambiente).	81
Tabla 12. Datos analíticos del perfil 2-1 (Urbasa 144). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	86
Tabla 13. Datos analíticos del perfil 1-1 (Urbasa 145). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	89
Tabla 14. Datos analíticos del perfil 2-3 (Urbasa 146). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	92
Tabla 15. Datos analíticos del perfil 2-4 (Monte común de las Améscoas 10). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	95
Tabla 16. Principales valores climatológicos de la estación manual de Sesma. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	100
Tabla 17. Principales tipos de suelos (Unifase (Unidad Cartográfica + Fase)) del Salobre de Sesma. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	103
Tabla 18. Datos analíticos del perfil 2-5 (Sesma 63). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	106
Tabla 19. Principales valores climatológicos de la estación manual de Pamplona. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).....	113

Tabla 20. Principales tipos de suelos presentes en la zona de la EDAR de Arazuri, según el mapa de Suelos de la Cuenca de Pamplona. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).	116
Tabla 21. Datos analíticos de suelos (Orcoyen 3). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).	119
Tabla 22. Diseño experimental del ensayo "Dosis/frecuencia-Estudio de la evolución de metales pesados en suelo en función de diferentes aportes". (Fuente: Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).	121
Tabla 23. Rutina de manejo del ensayo "Dosis/frecuencia-Estudio de la evolución de metales pesados en suelo en función de diferentes aportes". (Fuente: Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).	122
Tabla 24. Controles rutinarios del ensayo "Dosis/frecuencia-Estudio de la evolución de metales pesados en suelo en función de diferentes aportes". (Fuente: Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).	123
Tabla 25. Principales resultados obtenidos en el ensayo "Dosis/frecuencia-Estudio de la evolución de metales pesados en suelo en función de diferentes aportes", cuando éste puede considerarse de larga duración. (Fuente: Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).	123
Tabla 26. Rutina de manejo del ensayo "Nitrógeno-Evaluación de la eficiencia del lodo como fertilizante". (Fuente: Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)).	126
Tabla 27. Principales valores climatológicos de la estación manual de Olite. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).	131
Tabla 28. Resumen de los principales parámetros del horizonte superficial (HS) de las 13 calcatas realizadas en la finca del Baretón. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).	134
Tabla 29. Datos analíticos del perfil 3-1 (Olite 365). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).	137
Tabla 30. Datos analíticos del perfil 3-2 (Olite 359). (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).	139

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Badía, D. (Coord) (2009). Itinerarios edáficos por el Alto Aragón. Colección de Estudios Altoaragoneses, nº 28. Ed. Instituto de Estudios Altoaragoneses. Huesca. 189 pp.

Castiella, J., Solé, J., Niñerola, S. y Otamendi A. (1982). Las aguas subterráneas en Navarra. Proyecto Hidrogeológico. Diputación Foral de Navarra, Dirección de Obras Públicas, Servicio Geológico. 229 pp.

Elósegui, J., Guerendiáin, P., Pérez F., Redón, F. (1980). Navarra. Guía ecológica y paisajística. Caja de Ahorros de Navarra. ISBN 84-500-4043-4.

Galán Pérez, G. y Palacio Suárez-Valgrande, J. (2011). La diversidad geológica de Navarra. Patrimonio Geológico. Ed. Gobierno de Navarra, Departamento de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones. ISBN 84-235-1554-0

Gisbert, J. M., Ibáñez, S. (2002). Génesis de suelos. Universidad Politécnica de València. Valencia. 222 pp. ISBN 84-9705-189-0.

Gobierno de Navarra (1997). Mapa Geológico de Navarra 1:200.000. Dpto. Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones. Servicio de Obras Públicas. Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra. ISBN 84-235-1554-0.

Gobierno de Navarra (2010). Mapa Geológico de Navarra 1:25.000 hoja 114-III (Alsasua). Dpto. Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones. Servicio de Obras Públicas. Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra.

Gobierno de Navarra (2010). Mapa Geológico de Navarra 1:25.000 hoja 140-I (Zudaire). Dpto. Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones. Servicio de Obras Públicas. Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra.

Gobierno de Navarra (2010). Mapa Geológico de Navarra 1:25.000 hoja 141-I (Zizur Mayor). Dpto. Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones. Servicio de Obras Públicas. Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra.

Gobierno de Navarra (2010). Mapa Geológico de Navarra 1:25.000 hoja 205-I (Lodosa). Dpto. Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones. Servicio de Obras Públicas. Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra.

Gobierno de Navarra (2010). Mapa Geológico de Navarra 1:25.000 hoja 206-II (Olite). Dpto. Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones. Servicio de Obras Públicas. Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra.

Gobierno de Navarra (2010). Mapa Geológico de Navarra 1:25.000 hoja 244-II (Rada). Dpto. Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones. Servicio de Obras Públicas. Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra.

Gobierno de Navarra (2010). Mapa Geológico de Navarra 1:25.000 hoja 244-IV (Arguedas). Dpto. Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones. Servicio de Obras Públicas. Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra.

Gobierno de Navarra (2010). Mapa Geológico de Navarra 1:25.000 hoja 245-III (Los Hermanos). Dpto. Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones. Servicio de Obras Públicas. Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra.

Herrero, J. (1991). Morfología y génesis de suelos sobre yesos. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Madrid. (Colección monografías, nº 77). Madrid. 447 pp. ISBN 84-7498-345-1.

Herrero, J., Rodríguez, R. y Porta, J. (1989). Colmatación de drenes en suelos afectados por salinidad: finca experimental de San Juan de Flumen (Huesca). Institución Fernando el Católico. Zaragoza. 133 pp. ISBN 84-7820-0428.

IUSS, Grupo de trabajo WRB. (2007). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización, 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos, 103. FAO, Roma. 117 pp.

IUSS, Working Group WRB. (2022). World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria. 236 pp. ISBN 979-8-9862451-1-9.

Larrasoña, J.C., Murelaga, X., Sancho, C., Muñoz, A. y Urmeneta, A. (2011). Bardenas Reales: un relieve de película. Geología 2011; Nafarroa/Navarra 2011. Sociedad Geológica de España.

Larrasoña, J.C., Murelaga, X., Peña J.L. y Sancho, C. (2018). Bardenas Reales de Navarra. Geología. Guía del visitante. Comunidad de Bardenas Reales de Navarra. ISBN 978-84-09-00950-3.

Merchán, D., J. Casalí, J. Del Valle de Lersundi, M. A. Campo-Bescós, R. Giménez, B. Preciado, y Lafarga, A. (2018). Runoff, nutrients, sediment and salt yields in an irrigated watershed in Southern Navarre (Spain). *Agricultural Water Management* 195: 120–32.

Porta, J., López-Acevedo M., y Poch, R.M. (2019). Edafología. Uso y Protección de suelos. Mundi-Prensa. Madrid. 624 pp. ISBN 978-84-8476-750-3.

Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Mundi-Prensa. Madrid. 3ª edición. 929 pp. ISBN 978-84-8476-148-8.

Rivas-Martínez, S., Bascónes, J.C., Díaz, T.E., Fernández-González, F. y Loidi, J. (1991). Vegetación del Pirineo Occidental y Navarra. *Itinera Geobotanica* 5: 5-456.

Simoes-Mota, A., Poch, R.M., Enrique, A., Orcaray, L. y Virto, I. (2021). Soil quality assessment after 25 years of sewage sludge vs. mineral fertilization in a calcareous soil. *Land* 10 (727): 1–20.

Simoes-Mota, A., Virto, I. y Poch, R.M. (2022). Effects of long-term sewage sludge application to a calcareous soil structure. *Soil Use and Management* 38 (4): 1693–1704.

Soil Survey Staff. (2014). *Illustrated Guide to Soil Taxonomy*. U.S. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska. 552 pp.

Soil Survey Staff. (2022). *Keys to Soil Taxonomy*, 13th edition. U.S. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. 402 pp.

Urra, J., Alkorta, I., Mijangos, I., Epelde, L. y Garbisu, C. (2019). Application of sewage sludge to agricultural soil increases the abundance of antibiotic resistance genes without altering the composition of prokaryotic communities. *Science of The Total Environment* 647: 1410–20.

Zaragüeta, A., Enrique, A., Virto, I., Antón, R., Urmeneta, H. y Orcaray, L. (2021). Effect of the long-term application of sewage sludge to a calcareous soil on its total and bioavailable content in trace elements, and their transfer to the crop. *Minerals* 11: 356.

ANEJO: UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE PERFILES VISITADOS

Unidad cartográfica 7 del mapa de Los Aguilares SERIE 6	157
Unidad cartográfica 2 del mapa de Los Aguilares SERIE 1	158
Unidad cartográfica 6 del mapa de Los Aguilares SERIE 5	159
Unidad cartográfica 5 del mapa de Los Aguilares SERIE 4	160
Unidad cartográfica 168 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa) SERIE 273	161
Unidad cartográfica 168 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa) SERIE 274	162
Unidad cartográfica 168 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa) SERIE 275	163
Unidad cartográfica 170 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa) SERIE 279	164
Unidad cartográfica 170 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa) SERIE 280	165
Unidad cartográfica 170 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa) SERIE 281	166
Unidad cartográfica 173 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa) SERIE 287	167
Unidad cartográfica 169 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa) SERIE 276	168
Unidad cartográfica 169 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa) SERIE 277	169
Unidad cartográfica 169 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa) SERIE 278	170
Unidad cartográfica 248 de Leyenda Única 1:25.000 (Salobre Sesma) SERIE 416	171
Unidad cartográfica 248 de Leyenda Única 1:25.000 (Salobre Sesma) SERIE 417	172
Unidad cartográfica 248 de Leyenda Única 1:25.000 (Salobre Sesma) SERIE 418	173
Unidad cartográfica 2 de Leyenda Única 1:25.000 (Olite) SERIE 4	174
Unidad cartográfica 2 de Leyenda Única 1:25.000 (Olite) SERIE 5	175

Unidad cartográfica 7 del mapa de Los Aguilares

SERIE 6

Clasificación Soil Taxonomy: Typic Haplocalcids

Familias: Esquelética franca, carbonática, profunda

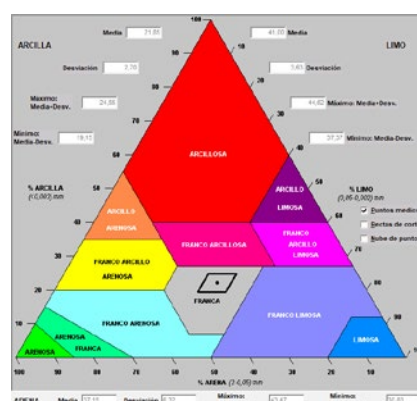
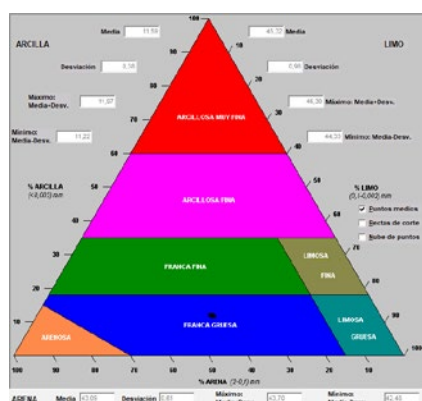
Horizonte superficial: Franca, carbonática

Geomorfología: Restos de terrazas medias

Estos suelos ocupan restos de terrazas o glaciares que recubren la parte alta de algunos cerros en la comarca. Algunos mantienen la forma plana original, mientras que otros se han deformado y erosionado hasta quedar redondeados. Se incluyen en esta unidad aquellos suelos que presentan 2 m de espesor o más sobre las margas y yesos subyacentes, de manera que, todo el perfil del suelo se desarrolla a partir de los materiales cuaternarios. Se trata de suelos profundos muy pedregosos, con un alto contenido en carbonatos (se sitúan en torno al 50%), aunque no presentan cementaciones. Las texturas son francas o franco arenosas. Están libres de salinidad, dado su buen drenaje interno, aunque en la calicata 36 se observa una salinidad ligera (4-8 dS/m) en el horizonte más profundo. El contenido en materia orgánica es medio, oscilando entre el 2 y el 3% en el horizonte superficial.

La fertilidad de estos suelos es media a baja dado que, aunque son profundos, su textura gruesa y, sobre todo, su pedregosidad, limitan su fertilidad, dotando a estos suelos de un drenaje excesivo y de una baja capacidad de retención de agua. Precisamente, este drenaje excesivo los mantiene libres de salinidad, incluso si se riegan.

Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 6 de Los Aguilares. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 2 del mapa de Los Aguilares

SERIE 1

Clasificación Soil Taxonomy: Lithic Haplogypsid

Familias: Arcillosa fina, gypsica, somera

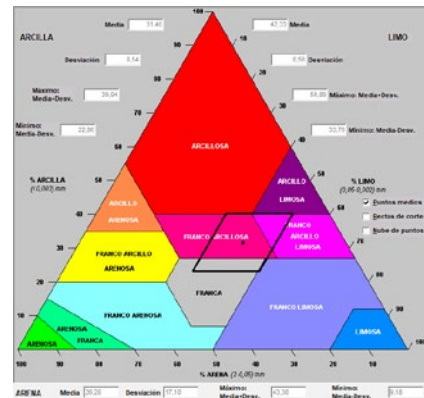
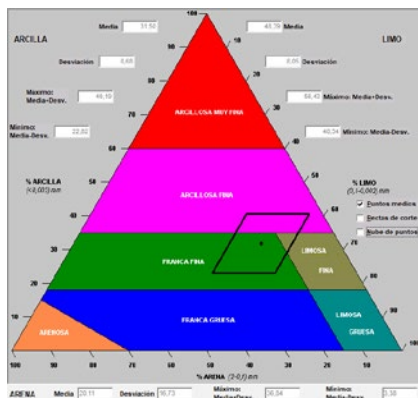
Horizonte superficial: Franco arcillo limosa, gypsica

Geomorfología: Lomas y laderas de erosión sobre yesos y margas

Estos suelos se localizan en lomas y laderas de erosión sobre yesos o margas con yesos. La mayor parte corresponden a roturaciones realizadas en la segunda mitad del siglo XX. Es la unidad de suelos que más superficie ocupa en la corraliza de Los Aguilares, suponiendo el 25% del total. Su principal característica es su escaso espesor, siempre inferior a 50 cm sobre la roca subyacente. La pedregosidad que presentan es variable y depende del contenido en yeso cristalino de la roca roturada. Los cantos son angulosos y mayoritariamente de yeso. En las zonas más margosas la pedregosidad es escasa o nula. Las texturas varían entre franca fina y arcillosa fina y el contenido en yeso es alto, oscilando entre el 24 y el 76%. En función de la naturaleza de la roca subyacente, pueden presentar una salinidad ligera (4-8 dS/m) o muy ligera (2-4 dS/m). El contenido en materia orgánica es bajo, oscilando entre el 1 y el 2%.

La fertilidad de estos suelos es baja debido a su poco espesor y a la pedregosidad. Por ello, el volumen explorable por las raíces es escaso. Disponen de drenaje mediocre y la capacidad de retención de agua es baja por la pedregosidad y el poco espesor.

Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 1 de Los Aguilares. [Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología].



Unidad cartográfica 6 del mapa de Los Aguilares

SERIE 5

Clasificación Soil Taxonomy: Typic Torriothents

Familias: Limosa fina, carbonática, profunda

Horizonte superficial: Franco limosa, carbonática

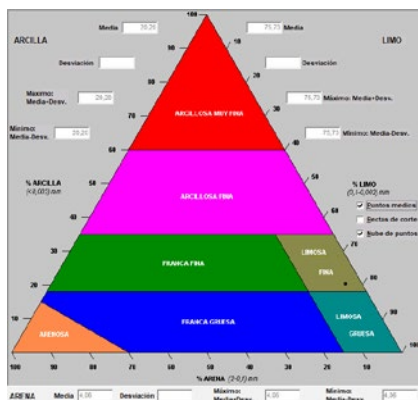
Geomorfología: Terraza baja del Barranco Grande

Estos suelos se sitúan en la terraza baja del Barranco Grande. Es decir, son la zona más baja de toda la corraliza y ocupan una franja discontinua que recorre la zona por el oeste. Se trata de suelos muy llanos, profundos, muy limosos y con una característica estructura laminar que aparece en todo el perfil; salvo en el horizonte superficial, dónde ha sido destruida por el laboreo. Se han formado por acumulación de capas milimétricas de limo proveniente de la erosión de toda la zona de La Blanca y en sucesivas arroyadas.

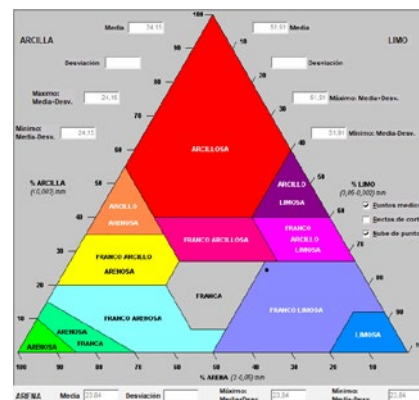
Aunque son suelos profundos, sin pedregosidad y fácilmente laboreables, esa estructura laminar interna supone un problema para el paso de las raíces y para el movimiento del agua a su través. Además, la textura tan limosa presenta una gran inestabilidad estructural, lo que hace a estos suelos especialmente sensibles a la formación de pozos y hundimientos; proceso denominado "piping", tubificación o sufosión. Estos procesos se desarrollan en las cercanías de los barrancos, pues necesitan de un desnivel para su formación. Se forman de forma espontánea, pero el proceso se puede acelerar considerablemente si la parcela se pone en riego.

Por otra parte, son suelos que tienen un contenido muy bajo en materia orgánica, especialmente en profundidad. Presentan un contenido en carbonatos superior al 40% y no tienen yeso. El perfil del que disponemos es ligeramente salino y ligeramente alcalino, pero habría que estudiar con mayor detalle los niveles de salinidad y alcalinidad de estos suelos puesto que pueden variar ampliamente. Ocupan una superficie de 62,8 ha, que suponen un 19,86% del total. Es decir, dentro de la finca Los Aguilares es la segunda unidad cartográfica de suelos en superficie ocupada, después de la unidad 2.

La fertilidad de estos suelos es media dado que, aunque son profundos, su textura limosa limita su fertilidad y, localmente, por su contenido en sales. Disponen de drenaje mediocre y la capacidad de retención de agua es media dada su textura gruesa. Además, son suelos de un manejo delicado dada su facilidad para la formación de costra superficial y su sensibilidad al piping.



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 5 de Los Aguilares. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 5 del mapa de Los Aguilares

SERIE 4

Clasificación Soil Taxonomy: Typic Haplogypsid

Familias: Arcillosa fina, gypsica, profunda

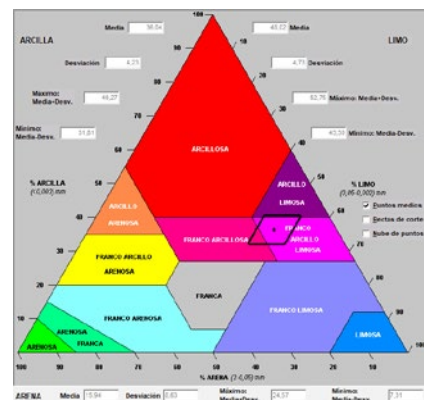
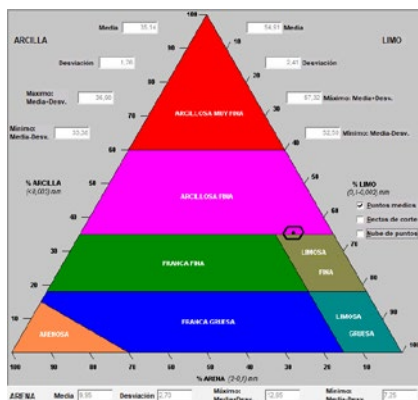
Horizonte superficial: Franco arcillosa, gypsica

Geomorfología: Fondos de vaguada sobre margas con yeso

Estos suelos ocupan fondos de vaguada sobre margas con yeso. De hecho, ocupan las vaguadas que recorren las unidades anteriores. En su mayor parte estaba ya cultivado en la primera mitad del siglo XX y ocupan una superficie de 40,1 ha suponiendo el 12,70% del total. Se trata de suelos profundos formados por acumulación de los materiales de las laderas circundantes, que cuando no cumplen para fluvent, presentan el horizonte superficial engrosado. La pedregosidad que presentan es escasa o nula y se limita a los horizontes superiores. Las texturas son arcillosas o limosas y el yeso está presente en todos los horizontes con valores que oscilan entre el 13 y el 44%. En función de la naturaleza de la roca subyacente pueden presentar una salinidad muy ligera (2-4 dS/m) o ligera (4-8 dS/m). El contenido en materia orgánica es bajo, oscilando entre el 1 y el 2%.

La fertilidad de estos suelos es media, localmente limitada por su contenido en sales. Son suelos profundos que disponen de drenaje mediocre y la capacidad de retención de agua es media.

Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 4 de Los Aguilares. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 168 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa)

SERIE 273

Clasificación Soil Taxonomy: Ultic Haplorthods

Familias: Franca gruesa, mixta, profunda

Horizonte superficial: Arenosa franca, mixta

Geomorfología: Laderas de erosión y fondos de vaguada sobre calizas y calcarenitas en Urbasa y Limitaciones

Estos suelos se localizan principalmente en Urbasa. Son suelos profundos, desarrollados sobre calcarenitas. Su principal característica es su profundidad y su textura franca gruesa. Se trata de suelos formados sobre un material muy arenoso que, debido a las copiosas lluvias, se lava fácilmente y se produce un desplazamiento hacia partes más profundas de materia orgánica y arcillas. Esto da lugar a un horizonte E álbico de eluviación. Es un horizonte blancuzco y arenoso muy característico de este tipo de suelos. Inmediatamente por debajo de éste aparece un horizonte espódico donde se acumulan las arcillas, materia orgánica y sesquióxidos de hierro y aluminio, mostrando unos colores negros y rojizos muy característicos. En resumen, se trata de un podzol.

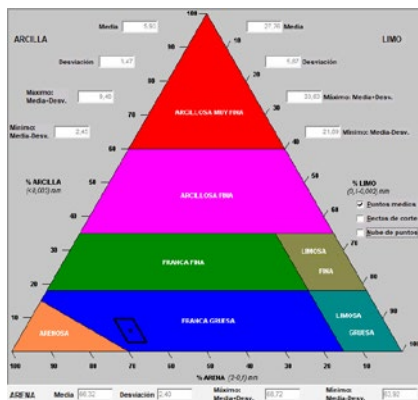
Los epipedones de estos suelos no poseen alto contenido en materia orgánica.

La familia textural de la sección control es franca gruesa. El horizonte superficial es arenoso franco. La familia mineralógica es mixta para la sección control. Son suelos muy ácidos al estar muy lavados.

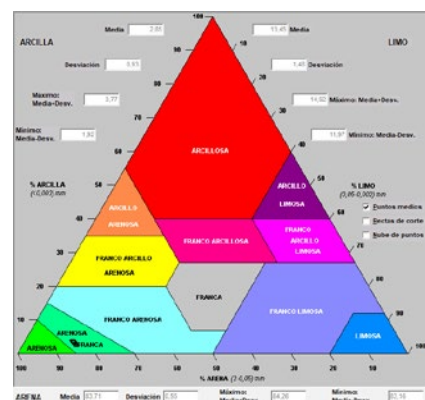
La fertilidad de estos suelos es muy baja, sobre todo en los horizontes superiores, que presentan muy bajo contenido en arcillas. Presentan muy baja CIC y muy baja saturación de bases. El volumen explorable por las raíces es alto. Disponen de bastante buen drenaje y baja capacidad de retención de agua.

Son suelos fácilmente laboreables, pero muy limitados en su fertilidad.

La mayor parte está ocupada por brezal de *Calluna vulgaris* cuyo valor forrajero puede oscilar entre menos de 900 y 1500 UF/ha/año.



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 273. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 168 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa)

SERIE 274

Clasificación Soil Taxonomy: Arenic Hapludalfs

Familias: Franca gruesa, mixta, profunda

Horizonte superficial: Arenosa franca, mixta

Geomorfología: Laderas de erosión y fondos de vaguada sobre calizas y calcarenitas en Urbasa y Limitaciones

Estos suelos se localizan, principalmente, en Urbasa. Son suelos profundos, desarrollados sobre calcarenitas. Su principal característica es su profundidad y su textura franca gruesa. Se trata de suelos formados sobre un material muy arenoso donde, debido a las copiosas lluvias, se produce el lavado y desplazamiento hacia partes más profundas de materia orgánica y arcillas. Son suelos similares a los de la serie anterior, pero en los que el proceso de lavado no ha sido tan intenso y no han llegado a desarrollar un horizonte álbico y espódico propiamente dichos. Por lo demás, sus características son bastante similares.

Los epipedones de estos suelos no poseen alto contenido en materia orgánica.

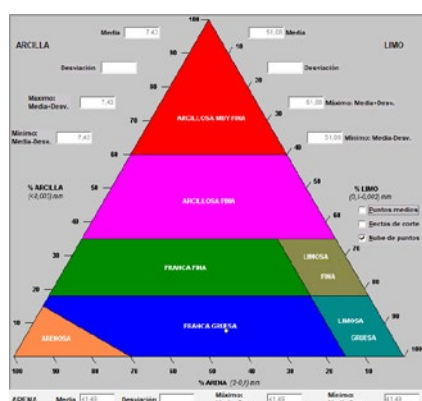
La familia textural de la sección control es franca gruesa. El horizonte superficial es arenoso franco.

La familia mineralógica es mixta para la sección control. Son suelos muy ácidos al estar muy lavados.

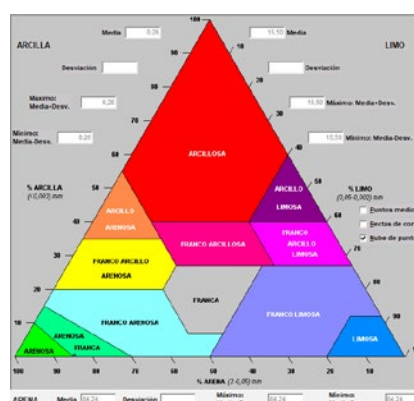
La fertilidad de estos suelos es muy baja, sobre todo, en los horizontes superiores, que presentan muy bajo contenido en arcillas. Presentan muy baja CIC y muy baja saturación de bases. El volumen explorable por las raíces es alto. Disponen de bastante buen drenaje y baja capacidad de retención de agua.

Son suelos fácilmente laboreables, pero muy limitados en su fertilidad.

La mayor parte está ocupada por enebro y hayedo, cuyo valor forrajero puede oscilar entre menos de 300 y 900 UF/ha/año.



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 274. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 168 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa)

SERIE 275

Clasificación Soil Taxonomy: Typic Hapludults

Familias: Franca gruesa, mixta, profunda

Horizonte superficial: Franco arenosa, mixta

Geomorfología: Laderas de erosión y fondos de vaguada sobre calizas y calcarenitas en Urbasa y Limitaciones

Estos suelos se localizan, principalmente, en Urbasa y Limitaciones. Son suelos profundos, desarrollados sobre calcarenitas. Su principal característica es su profundidad y su textura franca gruesa. Se trata de suelos formados sobre un material muy arenoso donde, debido a las copiosas lluvias, se produce el lavado y desplazamiento hacia partes más profundas de materia orgánica y arcillas. A diferencia de las dos series anteriores, en este caso, el lavado acidifica el suelo, pero no acumula materia orgánica ni sesquióxidos en el horizonte argílico, por lo que, su clasificación queda como ultisol.

Los epipedones de estos suelos no poseen alto contenido en materia orgánica.

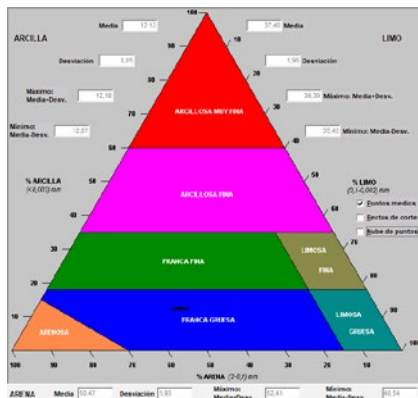
La familia textural de la sección control es franca gruesa. El horizonte superficial es de arenoso franco.

La familia mineralógica es mixta para la sección control. Son suelos muy ácidos al estar muy lavados.

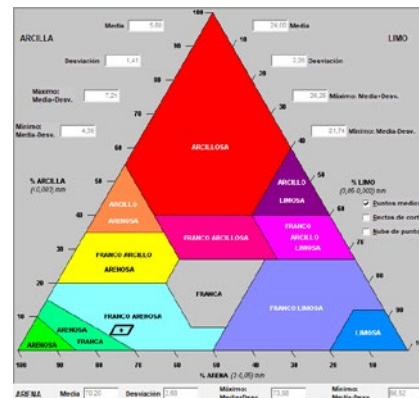
La fertilidad de estos suelos es muy baja, sobre todo en los horizontes superiores, que presentan muy bajo contenido en arcillas. Presentan muy baja CIC y muy baja saturación de bases. El volumen explorable por las raíces es alto. Disponen de bastante buen drenaje y baja capacidad de retención de agua.

Son suelos fácilmente laboreables, pero muy limitados en su fertilidad.

La mayor parte está ocupada por hayedo acidófilo, brezal y enebro acidófilo, cuyo valor forrajero puede oscilar entre menos de 300 y 900 UF/ha/año.



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 275. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 170 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa)

SERIE 279

Clasificación Soil Taxonomy: Typic Eutrudepts

Familias: Arcillosa fina, mixta, moderadamente profunda

Horizonte superficial: Arcillosa, mixta

Geomorfología: Fondos de valle y laderas de erosión sobre margas en el Raso de Urbasa

Estos suelos se localizan exclusivamente en la zona del Raso de Urbasa. Su principal característica es que están formados sobre margas y presentan una moderada profundidad con texturas finas.

Estos suelos poseen alto contenido en materia orgánica en el primer horizonte y un gran descenso en profundidad.

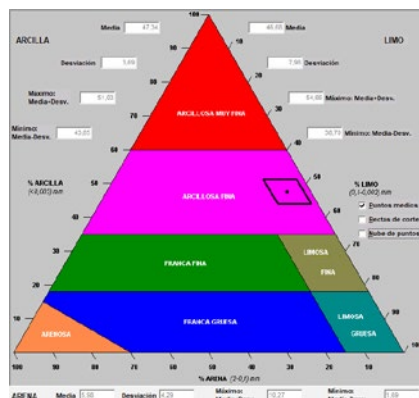
La familia textural de la sección control es arcillosa fina y limosa fina. El horizonte superficial es de textura más variable, predomina la arcillosa y franco arcillosa.

La familia mineralógica es mixta para la sección control. Los perfiles suelen ser ácidos en superficie al estar muy lavados, llegando a ser básico a medida que nos acercamos al material de origen (marga).

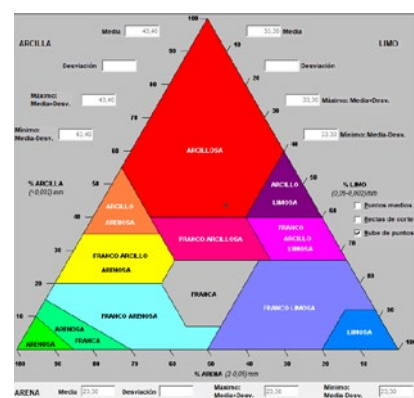
La fertilidad de estos suelos es moderada-baja y el volumen explorable por las raíces es moderado. Disponen de mal drenaje, produciéndose escorrentía superficial que da lugar a cárcavas y la capacidad de retención de agua es bastante importante.

No son aptos para el cultivo debido a la tendencia al encharcamiento que presentan.

Estos suelos están ocupados por espinar acidófilo cerrado, cuyo valor forrajero puede oscilar entre 300 y 600 UF/ha/año y brezal de Erica vagans, cuyo valor forrajero puede oscilar entre menos de 600 y 900 UF/ha/año. Alguna zona está ocupada por pastizales de Festuca rubra y Agrostis capillaris, cuyo valor forrajero oscila entre 1500 y 1800 UF/ha/año.



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 279. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 170 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa)

SERIE 280

Clasificación Soil Taxonomy: Typic Eutrudepts

Familias: Limosa fina, mixta, profunda

Horizonte superficial: Franca, mixta

Geomorfología: Fondos de valle y laderas de erosión sobre margas en el Raso de Urbasa

Estos suelos se localizan, exclusivamente, en la zona del Raso de Urbasa. Su principal característica es que están formados sobre margas, son profundos y con textura limosa fina.

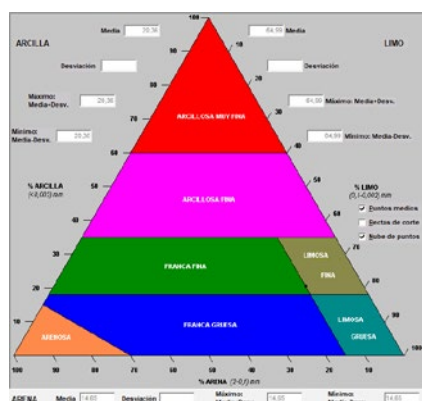
Estos suelos poseen un alto contenido en materia orgánica en el primer horizonte y un gran descenso en profundidad.

La familia textural de la sección control es limosa fina. El horizonte superficial es de textura franca.

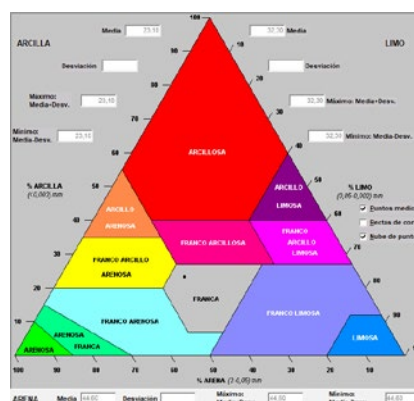
La familia mineralógica es mixta para la sección control. Los perfiles suelen ser ácidos en superficie al estar lavados por las elevadas precipitaciones que se registran, llegando a ser básico en profundidad a medida que nos acercamos al material de origen (marga). La fertilidad de estos suelos sería alta si no fuese por los problemas de encharcamiento y el volumen explorado por las raíces; es moderado por esta razón. Disponen de mal drenaje, produciéndose escorrentía superficial que da lugar a algunas cárcavas y la capacidad de retención de agua es bastante importante.

No son aptos para el cultivo debido a la tendencia al encharcamiento que presentan.

Estos suelos están ocupados por espinar acidófilo cerrado, cuyo valor forrajero puede oscilar entre 300 y 600 UF/ha/año y brezal de Erica vagans, cuyo valor forrajero puede oscilar entre menos de 600 y 900 UF/ha/año. Alguna zona está ocupada por pastizales de Festuca rubra y Agrostis capillares, cuyo valor forrajero oscila entre 1500 y 1800 UF/ha/año.



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 280. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 170 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa)

SERIE 281

Clasificación Soil Taxonomy: Typic Udorthents

Familias: Franca fina, mixta, moderadamente profunda

Horizonte superficial: Franco arcillosa, mixta

Geomorfología: Fondos de valle y laderas de erosión sobre margas en el Raso de Urbasa.

Estos suelos se localizan exclusivamente en la zona del Raso de Urbasa. Su principal característica es que están formados sobre margas, son profundos y con textura franca fina.

Estos suelos poseen un alto contenido en materia orgánica en el primer horizonte y un gran descenso en profundidad.

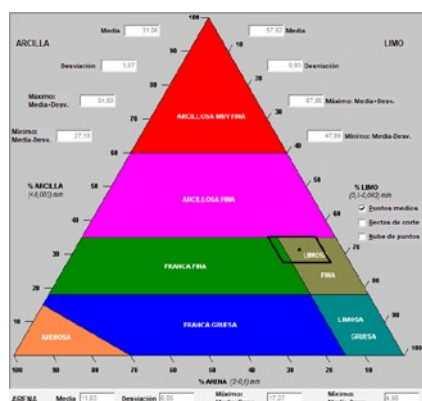
La familia textural de la sección control es franca fina. El horizonte superficial es de textura franco arcillosa.

La familia mineralógica es mixta para la sección control. Los perfiles suelen ser neutros o poco ácidos en superficie al estar algo lavados, llegando a ser básico a medida que profundizamos y nos acercamos al material de origen (marga).

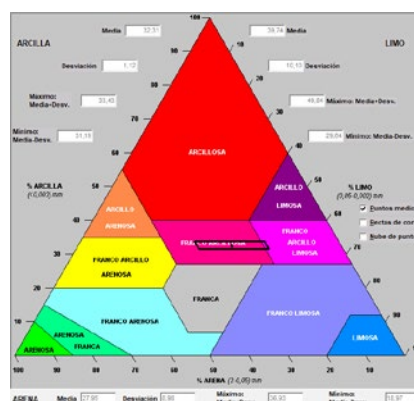
La fertilidad de estos suelos es baja, aunque la saturación en bases es bastante alta para lo normal en la zona; debido al encharcamiento, el volumen explorable por las raíces es bajo. Disponen de mal drenaje, produciéndose escorrentía superficial que da lugar a algunas cárcavas; la capacidad de retención de agua es bastante importante.

No son aptos para el cultivo debido a la tendencia al encharcamiento que presentan.

Estos suelos están ocupados por espinar acidófilo cerrado cuyo valor forrajero puede oscilar entre 300 y 600 UF/ha/año y brezal de Erica vagans, cuyo valor forrajero puede oscilar entre menos de 600 y 900 UF/ha/año. Alguna zona está ocupada por pastizales de Festuca rubra y Agrostis capillares, cuyo valor forrajero oscila entre 1500 y 1800 UF/ha/año.



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 281. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 173 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa)

SERIE 287

Clasificación Soil Taxonomy: Typic Eutrudepts

Familias: Limosa fina, carbonática, moderadamente profunda

Horizonte superficial: Arcillosa, mixta

Geomorfología: Laderas y fondos de barrancos del Raso de Urbasa

Estos suelos se localizan en el Raso de Urbasa; corresponden a los barrancos que se han formado. Son suelos desarrollados sobre margas, moderadamente profundos y de textura limosa fina.

La familia textural de la sección control es limosa fina. El horizonte superficial es de textura arcillosa.

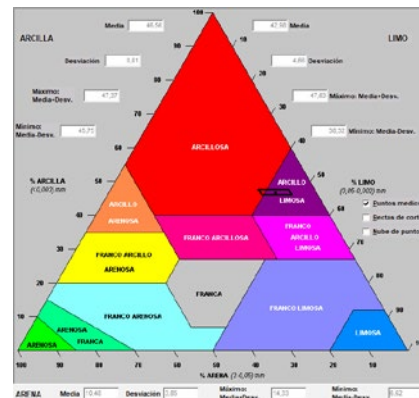
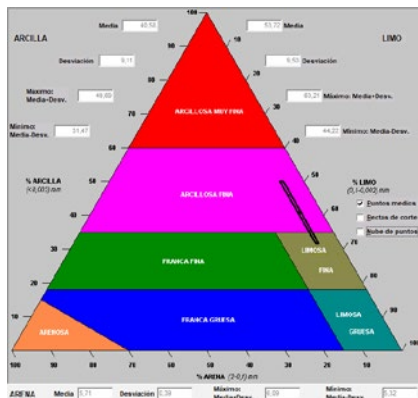
La familia mineralógica es carbonática para la sección. Los perfiles son básicos.

La fertilidad de estos suelos es baja y el volumen explorable por las raíces no es muy alto. Disponen de mal drenaje debido a su textura y la capacidad de retención de agua es bastante alta.

No son aptos para el cultivo debido a los encharcamientos y que aparecen en los barrancos.

La mayor parte o no está ocupada por vegetación o está ocupada por espinar basófilo con una producción entre 300 y 600 UF/ha/año.

Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 287. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 169 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa)

SERIE 276

Clasificación Soil Taxonomy: Lithic Hapludolls

Familias: Franca gruesa, mixta, somera, ácida

Horizonte superficial: Franco arenosa, mixta

Geomorfología: Lomas y laderas de erosión sobre calizas de algas y calcarenitas en Urbasa y Limitaciones

Son suelos someros, desarrollados sobre calizas. Su principal característica es la poca profundidad y la textura franca gruesa.

Los epipedones de estos suelos poseen muy alto contenido en materia orgánica.

La familia textural de la sección control es franca gruesa o franca fina. El horizonte superficial es de textura franco arenosa o franca.

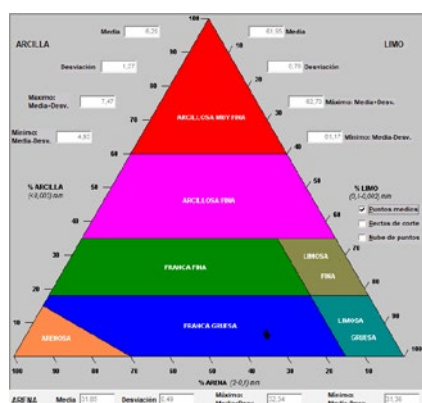
La familia mineralógica es mixta para la sección control en todos los casos. Los perfiles suelen ser ácidos al estar muy lavados.

Estos suelos presentan una muy elevada CIC y una moderada saturación en bases. Son suelos cualitativamente bastante fértiles, pero cuantitativamente la fertilidad es baja debido a su poco espesor.

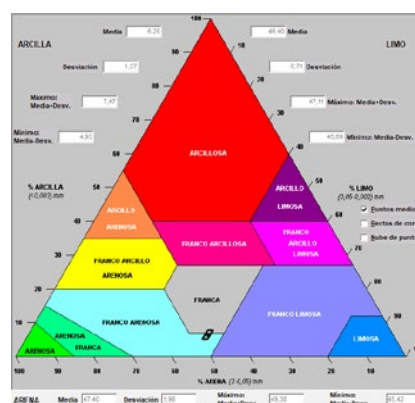
El volumen explorable por las raíces también es bajo. Disponen de buen drenaje debido a la cercana presencia de la caliza fisurada y a su textura franca. La capacidad de retención de agua es baja por la escasa profundidad y su textura.

No son aptos para el cultivo debido a las limitaciones que imponen la pedregosidad y la poca profundidad.

Estos suelos están ocupados por pastizal basófilo-xerófilo de Festuca ovina, por enebro acidófilo y brezal de Erica vagans basófilo y otras zonas por hayedo, cuyo valor forrajero puede oscilar entre menos de 300 y 900 UF/ha/año.



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 276. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 169 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa)

SERIE 277

Clasificación Soil Taxonomy: Lithic Hapludolls

Familias: Franca fina, mixta, somera, ácida

Horizonte superficial: Franca, mixta

Geomorfología: Lomas y laderas de erosión sobre calizas de algas y calcarenitas en Urbasa y Limitaciones

Son suelos someros desarrollados sobre calizas. Su principal característica es la poca profundidad y la textura franca fina.

Los epipedones de estos suelos poseen muy alto contenido en materia orgánica.

La familia textural de la sección control es franca fina. El horizonte superficial es de textura franca.

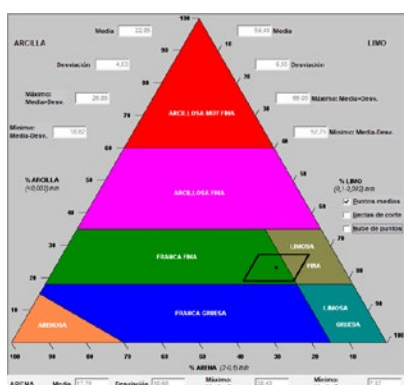
La familia mineralógica es mixta para la sección control en todos los casos. Los perfiles suelen ser ácidos al estar muy lavados.

Estos suelos presentan una muy elevada CIC y una moderada saturación en bases. Son suelos cualitativamente bastante fértiles, pero cuantitativamente la fertilidad es baja debido a su poco espesor.

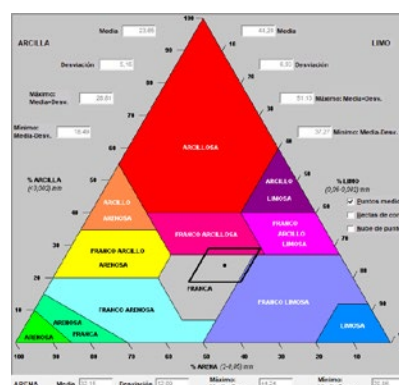
El volumen explorable por las raíces también es bajo. Disponen de buen drenaje debido a la cercana presencia de la caliza fisurada y a su textura franca. La capacidad de retención de agua es baja por la escasa profundidad y su textura.

No son aptos para el cultivo debido a las limitaciones que imponen la pedregosidad y la poca profundidad.

Estos suelos están ocupados por pastizal basófilo-xerófilo de Festuca ovina, por enebreal acidófilo y brezal de Erica vagans basófilo y otras zonas por hayedo, cuyo valor forrajero puede oscilar entre menos de 300 y 900 UF/ha/año.



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 277. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 169 de Leyenda Única 1:25.000 (Urbasa)

SERIE 278

Clasificación Soil Taxonomy: Lithic Udorthents

Familias: Franca gruesa, mixta, somera, ácida

Horizonte superficial: Franco arenosa, mixta

Geomorfología: Lomas y laderas de erosión sobre calizas de algas y calcarenitas en Urbasa y Limitaciones

Son suelos someros desarrollados sobre calizas. Su principal característica es la poca profundidad y la textura franca fina.

Los epipedones de estos suelos poseen muy alto contenido en materia orgánica.

La familia textural de la sección control es franca gruesa. El horizonte superficial es de textura franco arenosa.

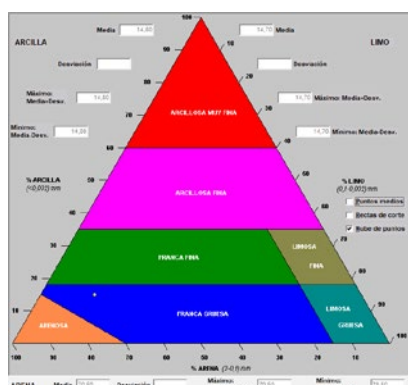
La familia mineralógica es mixta para la sección control en todos los casos. Los perfiles suelen ser ácidos al estar muy lavados.

Estos suelos presentan una muy elevada CIC y una moderada saturación en bases. Son suelos cualitativamente bastante fértiles, pero cuantitativamente la fertilidad es baja debido a su poco espesor.

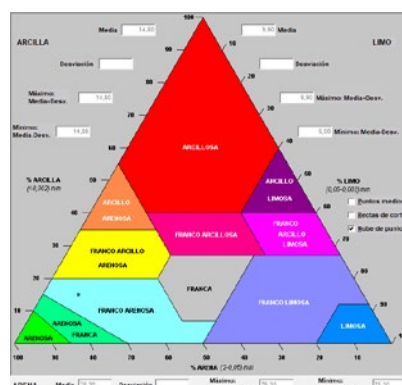
El volumen explorable por las raíces también es bajo. Disponen de buen drenaje debido a la cercana presencia de la caliza fisurada y a su textura franca. La capacidad de retención de agua es baja por la escasa profundidad y su textura.

No son aptos para el cultivo debido a las limitaciones que imponen la pedregosidad y la poca profundidad.

Estos suelos están ocupados por pastizal basófilo-xerófilo de Festuca ovina, por enebro acidófilo y brezal de Erica vagans basófilo y otras zonas por hayedo, cuyo valor forrajero puede oscilar entre menos de 300 y 900 UF/ha/año.



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 278. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 248 de Leyenda Única 1:25.000 (Salobre Sesma)

SERIE 416

Clasificación Soil Taxonomy: Gypsic Haploxerepts

Familias: Arcillosa fina, carbonática, profunda

Horizonte superficial: Arcillo limosa, mixta

Geomorfología: Depresión salina sobre margas y yesos

Estos suelos se localizan en depresiones salinas sobre margas y yesos. Son suelos profundos; en la analítica aparece una conductividad elevadísima.

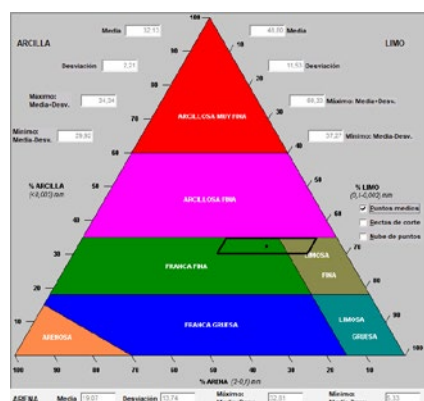
Los epipedones de estos suelos presentan un primer horizonte con bastante contenido en materia orgánica y bastante elevado contenido en arcillas y limos. En torno a los 70 cm nos encontramos un horizonte con mucho más contenido en arena y yeso.

En cuanto a la textura, la sección de control pertenece a la familia arcillosa fina. Debido a la presencia de yeso nos floculan las arcillas y los limos. En el horizonte superficial predomina la clase textural arcillo limosa.

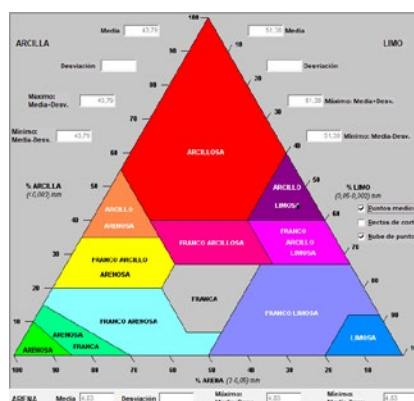
El horizonte superficial es mixto (25% de carbonatos y más del 10% de yeso) y la familia mineralógica varía entre carbonática (más del 40% carbonatos) y gypsica (con valores de yesos superiores al 25%).

La fertilidad de estos suelos es baja. El volumen explorable por las raíces es moderado. Disponen de un drenaje muy malo. La capacidad de retención de agua no es mala, pero debido al elevado contenido en sales y yesos tienen un bajo valor agronómico.

Son suelos poco aptos para el cultivo en la mayor parte de la unidad, debido al elevado contenido en sales (sodio, cloruros y sulfatos).



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 416. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 248 de Leyenda Única 1:25.000 (Salobre Sesma)

SERIE 417

Clasificación Soil Taxonomy: Gypsic Aquisalids

Familias: Arcillosa fina, gypsic, profunda

Horizonte superficial: Arcillo limosa, mixta

Geomorfología: Depresión salina sobre margas y yesos

Estos suelos se localizan en depresiones salinas sobre margas y yesos. Son suelos profundos; en la analítica aparece una conductividad elevadísima.

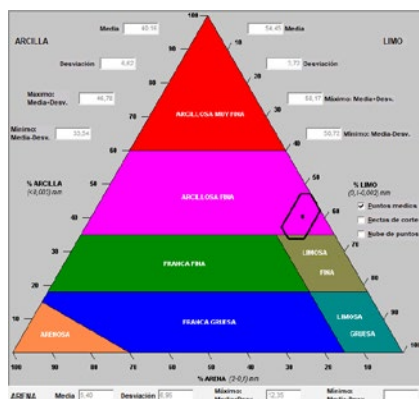
Los epipedones de estos suelos presentan un primer horizonte con bastante contenido en materia orgánica y bastante elevado contenido en arcillas y limos. En torno a los 70 cm nos encontramos un horizonte con mucho más contenido en arena y yeso.

En cuanto a la textura, la sección de control pertenece a la familia arcillosa fina. Debido a la presencia de yeso nos floculan las arcillas y los limos. En el horizonte superficial predomina la clase textural arcillo limosa.

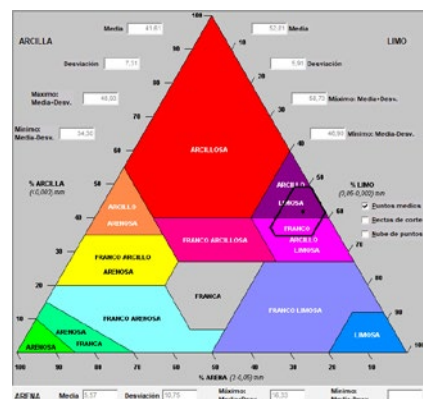
El horizonte superficial es mixto (25% de carbonatos) y la familia mineralógica varía entre carbonática (más del 40% carbonatos) y gypsic (con valores de yesos superiores al 25%).

La fertilidad de estos suelos es baja. El volumen explorable por las raíces es moderado. Disponen de un drenaje muy malo. La capacidad de retención de agua no es mala pero debido al elevado contenido en sales y yesos tienen un bajo valor agronómico.

Son suelos poco aptos para el cultivo en la mayor parte de la unidad, debido al elevado contenido en sales (sodio, cloruros y sulfatos).



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 417. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 248 de Leyenda Única 1:25.000 (Salobre Sesma)

SERIE 418

Clasificación Soil Taxonomy: Thapto-Mollic Aquisalids

Familias: Arcillosa fina, carbonática, profunda

Horizonte superficial: Arcillo limosa, mixta

Geomorfología: Depresión salina sobre margas y yesos

Estos suelos se localizan en depresiones salinas sobre margas y yesos. Son suelos profundos; en la analítica aparece una conductividad elevadísima.

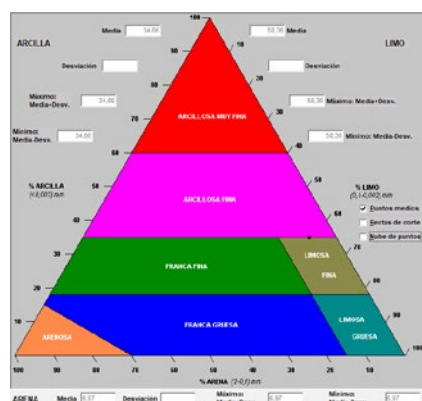
Los epipedones de estos suelos presentan un primer horizonte con bastante contenido en materia orgánica y bastante elevado contenido en arcillas y limos. En torno a los 70 cm nos encontramos un horizonte con algo más de contenido en arena y yeso.

En cuanto a la textura, la sección de control pertenece a la familia arcillosa fina. Debido a la presencia de yeso nos floculan las arcillas y los limos. En el horizonte superficial predomina la clase textural arcillo limosa.

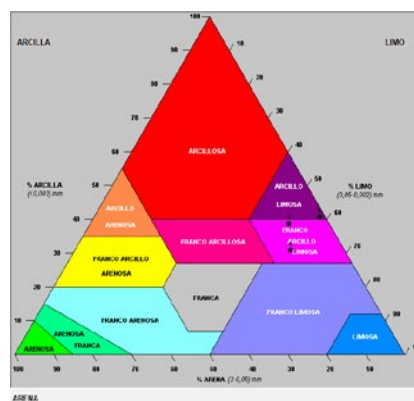
El horizonte superficial es mixto (25% de carbonatos) y la familia mineralógica varía entre carbonática (más del 40% carbonatos) y gypsica (con valores de yesos superiores al 25%).

La fertilidad de estos suelos es baja. El volumen explorable por las raíces es moderado. Disponen de un drenaje muy malo. La capacidad de retención de agua no es mala, pero debido al elevado contenido en sales y yesos tienen un bajo valor agronómico.

Son suelos poco aptos para el cultivo en la mayor parte de la unidad debido al elevado contenido en sales (sodio, cloruros y sulfatos).



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 418. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 2 de Leyenda Única 1:25.000 (Olite)

SERIE 4

Clasificación Soil Taxonomy: Petrocalcic Palexerolls

Familias: Esquelética franca, mixta, somera

Horizonte superficial: Franca, mixta

Geomorfología: Terrazas medias del Cidacos y del Aragón (15-45 m)

Estos suelos se han desarrollado por la acción del río Cidacos y del río Aragón.

Son suelos someros desarrollados sobre terrazas medias. Su principal característica es la elevada pedregosidad, que los incluye en las familias esqueléticas, y la presencia de un horizonte cálcico cementado (petrocálcico) a más o menos profundidad (normalmente a menos de 50 cm de profundidad).

Los epipedones de estos suelos tienen un contenido alto en materia orgánica, para la zona de estudio, superior al 2%, y cumplen los requerimientos de los horizontes móllicos.

En cuanto a la textura, son perfiles bastante homogéneos. La familia textural en la sección control es generalmente la esquelética franca (piedras en la sección control en más del 35%).

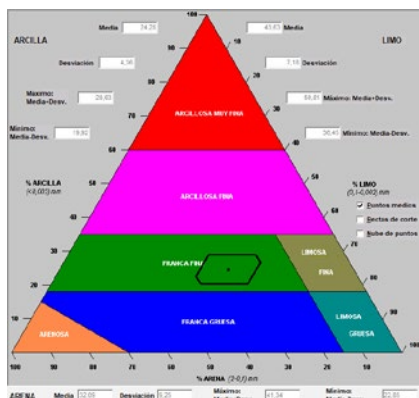
El horizonte superficial es también bastante homogéneo, con predominio de la clase textural franca.

La familia mineralógica es generalmente mixta para la sección control (con valores de carbonatos inferiores al 40%). El horizonte superficial también suele ser mixto.

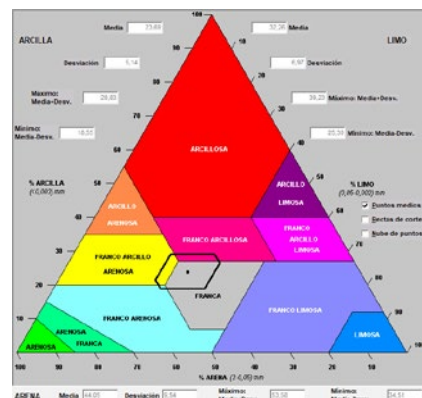
La fertilidad de estos suelos es moderada, el volumen explorable por las raíces es medio a bajo y disponen de buen drenaje. La capacidad de retención de agua, por el contrario, es limitada.

Son aptos para el cultivo, con las limitaciones que imponen la pedregosidad, la presencia de horizontes cementados y el alto contenido en carbonatos.

Producción media de cereal estimada: 2.000 – 2.200 kg/ha.



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 4. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



Unidad cartográfica 2 de Leyenda Única 1:25.000 (Olite)

SERIE 5

Clasificación Soil Taxonomy: Typic Calcixerepts

Familias: Esquelética franca, carbonática, profunda

Horizonte superficial: Franca, mixta

Geomorfología: Terrazas medias del Cidacos y del Aragón (15-45 m)

Son suelos moderadamente profundos desarrollados sobre terrazas medias. Su principal característica es la elevada pedregosidad, que los incluye en las familias esqueléticas.

Los epipedones de estos suelos tienen contenidos medios en materia orgánica (en torno al 1,5%), descendiendo bruscamente con la profundidad.

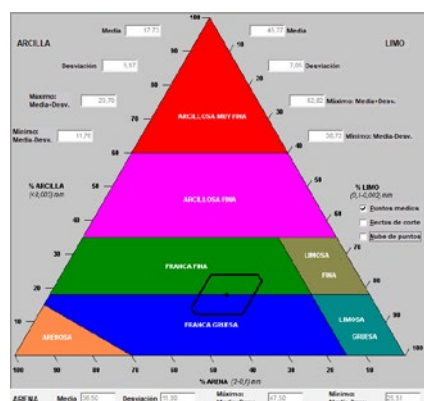
Al epipedón descrito anteriormente le siguen uno o varios horizontes que presentan acumulación de carbonatos, y que cumplen con los requerimientos de los horizontes cálcicos.

En cuanto a la textura, son perfiles bastante heterogéneos. La familia textural en la sección control es generalmente la esquelética franca (piedras en la sección control en más del 35%). El horizonte superficial es también bastante heterogéneo, con predominio de la clase textural franca.

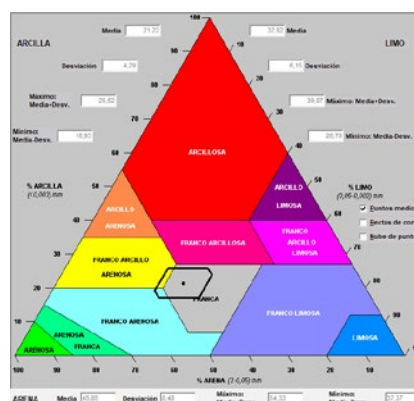
La familia mineralógica es, generalmente, carbonática para la sección control (con valores de carbonatos entre un 40-50%). El horizonte superficial suele ser mixto, con contenidos en carbonatos entre un 30-40%.

La fertilidad de estos suelos es moderada, el volumen explorable por las raíces es medio y disponen de buen drenaje. La capacidad de retención de agua, por el contrario, es limitada.

Son aptos para el cultivo, con las limitaciones que imponen la pedregosidad y, ocasionalmente, el alto contenido en carbonatos. Producción media de cereal estimada: 2.000–2.200 kg/ha.



Triángulo textural de la sección control y horizonte superficial de la serie 5. (Fuente: Gobierno de Navarra, Negociado de Suelos y Climatología).



ACCESO A LAS EDICIONES DIGITALES:

Libro de resúmenes



Cuaderno de campo



En recuerdo y homenaje a Jaume Porta Casanellas



En la Reunión Nacional de Suelos de Navarra de este mes de septiembre de 2023, tuvimos la suerte de contar con la activa participación, en el campo y en las sesiones de aula, del profesor Jaume Porta Casanellas. Estas RENS, que él impulsó con energía y de modo incansable como era su forma de hacer en su etapa de presidente de la SECS, fue una de sus últimas actividades en público, en la que mantuvo algunas de las características que fueron constantes en su actividad académica.

Siempre interesado en la formación de los edafólogos, él veía en las RENS una oportunidad de poner de manifiesto su enfoque de la Edafología, que no era otro que el estudio de suelos en el campo, era el paso inicial y básico para los posteriores estudios en laboratorio. Las distintas tipologías de suelos, siempre contrastadas en las RENS, le servían para ilustrar la diversidad de los suelos, la complejidad de su funcionamiento y la necesidad de que ello se tomara en cuenta en su estudio, uso, manejo y protección.

Especial mención merece su énfasis en relacionar los suelos en el campo y los análisis posteriores y que aquellos que se inician en el estudio del suelo sean conscientes de ello. Seguramente recordaba sus experiencias de cuando él se iniciaba también en los trabajos edafológicos de la mano del profesor Carlos Roquero de Laburu cuando nos interpeló, en los últimos días de la RENS 2023, en el saladar de Sesma, sobre cuándo había que muestrear dicho suelo para caracterizar adecuadamente su salinidad.

Sirvan estas líneas de recuerdo y homenaje a un edafólogo tenaz e incansable, que fue maestro de muchos edafólogos y dejó una huella profunda en muchos profesionales agrarios, que, sin serlo, a partir de sus enseñanzas vieron el suelo de una forma substancialmente diferente. Su recuerdo perdurará en nosotros.

Jaume Boixadera Llobet, Alberto Enrique Martín, Iñigo Virto Quecedo



RENS 2023

XXXIII Reunión Nacional de Suelos
Pamplona/Iruña, del 12 al 15 de septiembre 2023

XXXIII REUNIÓN NACIONAL DE SUELOS CUADERNO DE CAMPO

Organizadores:

upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



tracasa
instrumental

Gobierno
de Navarra



Nafarroako
Gobernua



AGENDA
2030



SECS
SOCIEDAD ESPAÑOLA
DE LA CIENCIA DEL SUELO