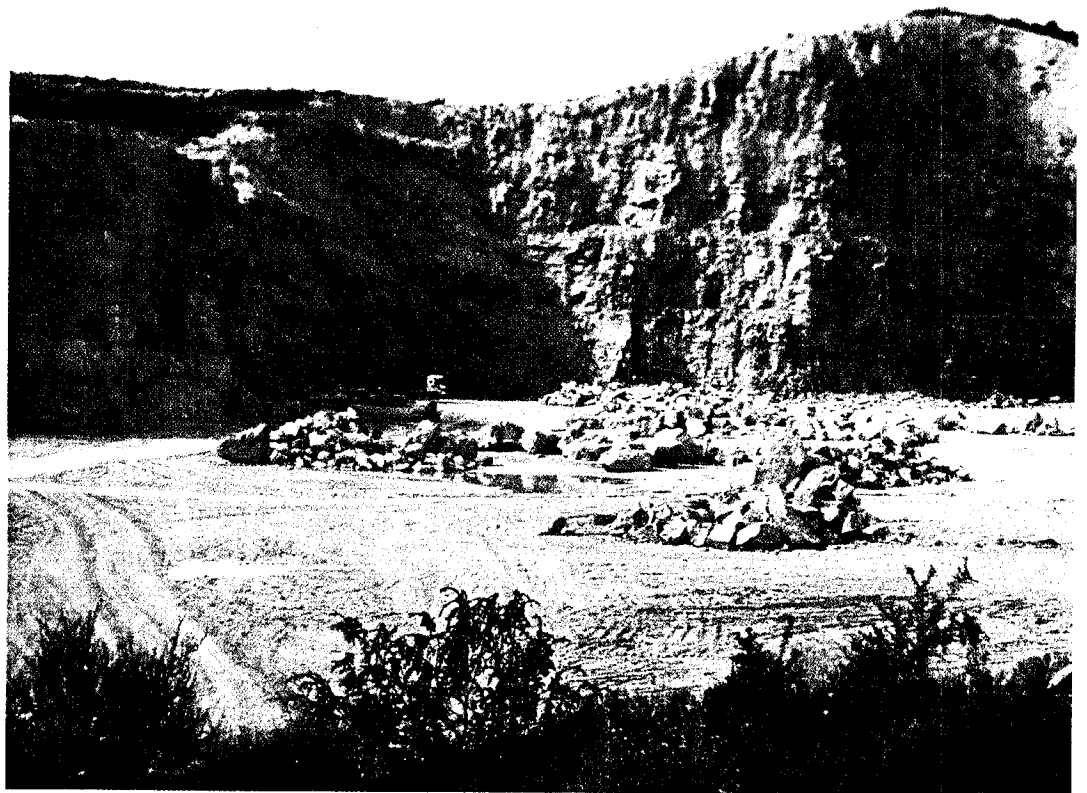




Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

Serie: Ingeniería GeoAmbiental



**PROGRAMA NACIONAL DE
ESTUDIOS GEOAMBIENTALES
APLICADOS A LA MINERIA**

Comunidad Autónoma de Navarra

01030

**PROGRAMA NACIONAL DE ESTUDIOS
GEOAMBIENTALES APLICADOS A LA
MINERIA**

Comunidad Autónoma de Navarra

INDICE

	<u>Página</u>
1.INTRODUCCION Y OBJETIVOS	1.
2. METODOLOGIA DE TRABAJO	1.
2.1. ESTUDIO DEL MEDIO FÍSICO	2
2.2. UNIDADES GEOAMBIENTALES	3
2.3. INVENTARIO DE EXPLOTACIONES MINERAS	3
2.4. CARACTERÍSTICAS DEL IMPACTO AMBIENTAL	4
2.5. CRITERIOS Y RECOMENDACIONES PARA LA RESTAURACIÓN	4
3. EL MEDIO FISICO NAVARRO	4
3.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA	4
3.2. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS	6
3.2.1. Población	6
3.2.2. Sector agrario	6
3.2.3. Ganadería y bosque	8
3.2.4. Industria	8
3.2.5. Comunicaciones	9
3.3. MARCO GEOLÓGICO	10
3.3.1. Introducción	10
3.3.2. Geología y Litología	10
3.3.2.1. Zona Pirenaica (Zona A)	10
3.3.2.2. Zona Vasco Cantábrica (Zona B)	13
3.3.2.3. Zona de Transición (Zona C)	15
3.3.2.4. Macizo del Ebro (Zona D)	16
3.3.2.5. Macizos paleozóicos (Zona E)	16
3.4. CLIMATOLOGÍA	17
3.4.1. Introducción	17
3.4.2. Precipitaciones	17
3.4.3. Temperaturas	20
3.4.4. Evapotranspiraciones	20
3.4.4.1. Evapotranspiración potencial	20
3.4.4.2. Evapotranspiración real	23
3.4.5. Balance precipitación-evapotranspiración	23
3.4.6. Clasificaciones climáticas	23
3.4.6.1. Tipos de clima	25
3.4.6.2. Índices climáticos	27
3.5. MARCO HIDROGRÁFICO E HIDROGEOLÓGICO	32
3.5.1. Introducción	32
3.5.2. Hidrografía	32
3.5.3. Hidrología	34
3.5.4. Contaminación	36

3.6. FISIOGRAFÍA	41
3.6.1. La Montaña	41
3.6.1.1. Arca Pirenáica	41
3.6.1.2. Sistema Vasco-Cántabro de montañas	43
3.6.1.3. Montes de la vertiente cantábrica	44
3.6.2. La Ribera	44
3.7. EDAFOLOGÍA	45
3.8. CULTIVOS Y APROVECHAMIENTO	48
3.9. MARCO BIOLÓGICO, VEGETACIÓN Y FAUNA	49
3.9.1. Zona Pirenáica	49
3.9.2. Zona Cantábrica	52
3.9.3. Navarra Media Oriental	52
3.9.4. Navarra Media Occidental	53
3.9.5. La Ribera	53
3.9.6. Unidades vegetales	53
3.10. RECURSOS CULTURALES	62
3.10.1. Recursos arqueológicos, históricos y arquitectónicos	62
3.10.2. Recursos naturales singulares	64
3.10.2.1. Areas naturales y grados de protección	64
3.10.2.2. Inventario abierto de Espacios Naturales de Protec- ción Especial	66
4. UNIDADES GEOAMBIENTALES	67
4.1. INTRODUCCIÓN	67
4.2. AMBIENTE 1: MONTES DE LA VERTIENTE CANTÁBRICA	67
4.3. AMBIENTE 2: ZONA PIRENÁICA	68
4.4. AMBIENTE 3: SISTEMA VASCO-CÁNTABRO DE MONTAÑAS	69
4.5. AMBIENTE 4: NAVARRA MEDIA ORIENTAL	69
4.6. AMBIENTE 5: LA RIBERA	70
5. INVENTARIO DE EXPLOTACIONES MINERAS	70
5.1. INTRODUCCIÓN	70
5.2. CANTERAS Y GRAVERAS	71
5.2.1. Inventario de explotaciones	71
5.2.2. Situación de las explotaciones dentro de las unidades ambien- tales	72
5.2.3. Características generales de las explotaciones	72
5.2.3.1. Caliza	72
5.2.3.2. Mármol	74
5.2.3.3. Yeso	76
5.2.3.4. Magnesita	76
5.2.3.5. Ofita	79
5.2.3.6. Marga	79
5.2.3.7. Arcilla	79
5.2.3.8. Grava y Arena	80
5.2.4. Definición de modelos de explotación tipo	80
5.2.4.1. Ambiente 1: Montes de la vertiente cantábrica	81

5.2.4.2. Ambiente 2: Zona Pirenáica	81
5.2.4.3. Ambiente 3: Sistema Vasco-Cántabro de Montaña	81
5.2.4.4. Ambiente 4: Navarra media Oriental	82
5.2.4.5. Ambiente 5: La Ribera	82
5.2.5. Caracterización de los estériles	82
5.2.6. Principales alteraciones ambientales producidas	83
5.2.6.1. Alteración de la morfología y el paisaje	84
5.2.6.2. Impactos sobre el suelo	84
5.2.6.3. Otras alteraciones	86
5.2.7. Planes de restauración	91
5.3. MINERÍA NO METÁLICA	92
6. CARACTERIZACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	98
6.1. DICTAMEN DEL IMPACTO. MATRICES DE IMPACTO	98
6.2. DISTRIBUCIÓN ZONAL DEL IMPACTO	145
7. CRITERIOS Y RECOMENDACIONES PARA LA RESTAURACION	145
7.1. MEDIDAS CORRECTORAS DE LAS PRINCIPALES ALTERACIONES AMBIENTALES DE CARÁCTER TRANSITORIO.	145
7.1.1. Polvo y gases	145
7.1.2. Ruido	147
7.1.3. Voladura	145
7.1.4. Agua superficial	148
7.1.5. Aguas subterráneas	148
7.1.6. Flora y Fauna	149
7.2. MEDIDAS PARA LA RECUPERACIÓN DE LOS TERRENOS	149
7.2.1. Criterios para el diseño geométrico de las explotaciones	149
7.2.2. Criterios para el diseño geométrico de las escombreras	150
7.2.3. Suelos y vegetación	150
7.2.3.1. Selección de especies vegetales	151
7.2.3.2. Análisis edafológicos	153
8. ESTUDIO ECONOMICO	160
8.1. PRODUCCIÓN Y RECURSOS MINEROS	160
8.1.1. Minerales no metálicos	160
8.1.2. Productos de cantera	163
9. RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	164
BIBLIOGRAFIA	169

Este Estudio ha sido realizado por la Dirección de Aguas Subterráneas y Geotécnia del Instituto Tecnológico Geomínero de España en régimen de contratación con la Empresa CONSULTING DE INGENIEROS Y ECONOMISTAS, S.A. (C.I.E.C.S.A.) con la participación del siguiente personal técnico:

Por el ITGE: D. Francisco J. Ayala Carcedo
Ingeniero de Minas

Por C.I.E.C.S.A. Carlos Gazapo de Badiola
Ingeniero de Minas
Enrique Perez Boada
Ldo. en Ciencias Geológicas
Angel, Santos García
Ldo. en Ciencias Geológicas
Miguel Angel Collado
Ldo. en Ciencias Geológicas

Y la colaboración de las siguientes personas

Fernando Acebes Martín
Ldo en Ciencias Biológicas
Carlos Roger Medina
Ingeniero de Montes.

1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

La acción del hombre sobre el medio natural produce una serie de modificaciones en el entorno físico y social, que dan lugar a un impacto ambiental, en general evaluable.

Las secuelas ocasionadas por la acción humana pueden conocerse con anterioridad, evitando las negativas y potenciando las positivas.

Entre los diversos tipos de perturbaciones que el hombre produce en el medio natural, revisten especial interés aquellas que están relacionadas con las actividades extractivas de recursos minerales.

El ITGE, de acuerdo con el Real Decreto 2.994/1982 de 15 de Octubre, publicado en el BOE de 15-11-1982, tiene encomendada la realización de informes sobre los Planes de Restauración que deben presentar los explotadores. Con el fin de adecuar estos Planes a un marco general homogéneo confrontando con las necesidades sociales de recursos mineros, el ITGE ha puesto en marcha el Programa Nacional de Estudios Geoambientales Aplicados a la Minería, dentro del cual se engloba este trabajo. Con ello se pretende aportar recomendaciones generales y datos de utilidad sobre este tema, tanto para los concesionarios y explotadores mineros, como para los Organismos Competentes de la Administración, Estatal o Autonómica.

El presente estudio se extiende a la actividad minera de la Provincia de Navarra. El objetivo primordial del mismo es suministrar datos, criterios y recomendaciones generales a concesionarios y explotadores mineros con el fin de facilitarles la ejecución del Plan de Restauración integrado dentro del Territorio de que se trata y, por otro lado, a los Organismos competentes dándoles unas bases para la inspección y supervisión de la correcta realización de dicho Plan. Así el impacto ambiental deberá quedar minimizado o anulado, obteniéndose una recuperación progresiva de las condiciones originales de los terrenos afectados por medio de modelado, revegetación, integración en el paisaje y aprovechamiento del suelo acordes con el estado ocupacional de la población y con la vocación secular del suelo.

2. METODOLOGIA DE TRABAJO

La minería activa de la Provincia de Navarra está constituida, fundamentalmente, por explotaciones a cielo abierto que pueden englobarse dentro del grupo rocas y minerales industriales.

Existen un gran número de explotaciones de caliza, mármol, yeso, ofita, magnesita, marga, etc.,

que están afectando al medio natural sobre el que se asientan. Así modifican el paisaje, la geomorfología y la edafología de amplias áreas que precisan por tanto una acción de restauración.

Para poder llevar a cabo la restauración de forma armónica con el medio ambiente y para que exista coordinación y homogeneidad en la recuperación de las explotaciones de la zona, es necesario la identificación general de los problemas ambientales que producen. Además se debe caracterizar el medio natural al que afectan, la capacidad del control de los operadores mineros y las posibles medidas correctoras para minimizar los impactos.

De acuerdo con estas ideas, a continuación se expone la metodología seguida en la elaboración del presente trabajo.

2.1. ESTUDIO DEL MEDIO FISICO

El medio natural, sobre el cual se asientan las actividades del hombre, presenta una serie de parámetros y características que permiten definirlo y que constituyen los elementos diferenciadores que le comunican su particular idiosincrasia a cada región, área y ambiente.

Estos parámetros se ven afectados en mayor o menor grado por los proyectos y obras, por lo que se debe realizar una diagnosis exacta de cada caso, a fin de trazar las líneas directrices para su restauración.

En el caso concreto de los espacios afectados por las operaciones mineras, y en la C.A. de Navarra, los parámetros que se ha estimado necesarios considerar, son los siguientes:

- marco socioeconómico
- geología
- climatología
- hidrografía e hidrogeología
- fisiografía y paisaje
- edafología
- cultivos y aprovechamientos: usos del suelo
- marco biológico: vegetación y fauna
- recursos culturales.

El aspecto geológico del estudio se ha centrado en la litología. Esto se debe, en principio, a que las rocas constituyen el sujeto pasivo de las explotaciones de la zona y, por otro lado, a su gran influencia en el tipo de vegetación, el relieve y la composición del suelo vegetal.

El clima de una región resulta del conjunto de condiciones atmosféricas que se presentan en ella a lo largo de los años.

La caracterización del clima se ha basado fundamentalmente en el estudio de las temperaturas y precipitaciones. En este estudio se han utilizado los índices climáticos de Lang y Thornthwaite y las clasificaciones climáticas de Köppen y González-Vázquez. En las estaciones más representativas de la provincia se han elaborado los diagramas de Walter y Lieth. Para su mejor comprensión, los resultados del estudio del clima se presentan resumidos en mapas, esquemas y cuadros.

Para el estudio de la hidrogeología, se analiza la red hidrográfica provincial, los recursos de agua superficiales y la capacidad de regulación existente. Con respecto a la hidrogeología, se estudian las grandes unidades hidrogeológicas, especialmente los grandes acuíferos y los recursos disponibles. Es especialmente importante el problema de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, por lo que se ha considerado la cartografía disponible relativa a la vulnerabilidad de los acuíferos.

La importancia del clima es muy elevada, ya que determina en alto grado el tipo de suelo y vegetación, e influye, por lo tanto, en la utilización del terreno. Por otra parte, se encuentra íntimamente relacionada con la topografía. La consideración del clima en el estudio del medio físico resulta entonces imprescindible.

La geomorfología tiene una particular importancia en los estudios del medio físico. Las formas del relieve juegan un papel fundamental en la configuración del paisaje, que es uno de los elementos más afectados por las explotaciones. Recíprocamente, la ubicación de las explotaciones está condicionada, en gran parte, por la geomorfología.

El modelado de la superficie terrestre determina, en gran manera, la distribución de los asentamientos urbanos, donde se elaboran, distribuyen o consumen los productos procedentes de las explotaciones.

La importancia del estudio edafológico es enorme, ya que los suelos constituyen uno de los recursos naturales más importantes, y están muy afectados por las actividades extractivas. Se ha confeccionado un mapa provincial de unidades del suelo siguiendo el sistema de clasificación "Soil Taxonomy", USDA. 1975.

Se ha realizado un inventario de usos del suelo basado en el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos a E 1:200.000.

Directamente relacionado con el parámetro anterior, se hace una descripción de los usos del suelo, ya que éste es la base sobre la que se desarrolla la agricultura y la ganadería. Está basado en el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de la Provincia de Navarra, a escala 1:200.000.

La vegetación es uno de los aspectos más característicos del paisaje y también uno de los más fácilmente modificables y vulnerable a las actividades humanas. En el presente trabajo se estudia conjuntamente con la fauna. Para la definición del tipo de vegetación y su distribución, se han levantado 5 cortes de vegetación para confirmar su distribución, que se refleja en el Mapa de Síntesis Geoambiental.

Finalmente, en el estudio del medio físico hay que contemplar también la conservación de ciertos recursos que tienen un valor distinto del económico, y que se conocen como recursos culturales, prestando especial atención a los recursos naturales singulares. Se han realizado tres mapas temáticos: el primero, denominado de recursos culturales, sintetiza los principales valores arqueológicos, históricos y arquitectónicos de la provincia; el segundo recoge la localización de las distintas áreas naturales definidas recientemente en la Ley Foral del Gobierno de Navarra sobre normas urbanísticas regionales para protección y uso del territorio, finalmente el tercero presenta la distribución de los espacios naturales de protección natural propuestos por el ICONA en Navarra.

2.2. UNIDADES GEOAMBIENTALES

Una vez realizado el estudio del medio físico y con toda la información disponible se han delimitado una serie de unidades ambientales para la Provincia de Navarra, para lo que se han definido cinco ambientes, en función de criterios climáticos, geomorfológicos, estructurales, litológicos, edafológicos y de vegetación.

2.3. INVENTARIO DE EXPLOTACIONES MINERAS

Este inventario está basado en los datos facilitados por la Sección de Minas de la Dirección de Industria del Gobierno de Navarra, y en la visita "in situ" a las explotaciones.

Para la realización del inventario se elaboró una ficha resumen de explotaciones mineras, de

fácil comprensión y sobre la que conviene hacer las siguientes precisiones:

- dentro del apartado de situación de la explotación, la Hoja de M.T.N. que aparece es a escala 1:50.000. Las coordenadas utilizadas son las U.T.M. referidas al mismo mapa.

- además de los datos de identificación de las explotaciones y la descripción del sistema de trabajo, en el capítulo de Observaciones se hace referencia al Impacto Visual que producen estas explotaciones respecto a núcleos urbanos, vías de comunicación o lugares públicos.

Así mismo se acompaña una ficha de identificación del impacto en la que se recogen las posibles alteraciones producidas por la minería de Navarra. Esta ficha se ha confeccionado para cada una de las sustancias consideradas.

Una vez realizado el inventario, y sobre el Mapa de Síntesis Geoambiental se han ubicado las explotaciones en las diferentes unidades ambientales definidas anteriormente, eligiendo 12 modelos sobre los que caracterizar el impacto ambiental y proponer normas para la restauración y recuperación del medio natural afectado.

Partiendo de la identificación del impacto ambiental realizado en las fichas del inventario, se hace también la descripción de las alteraciones producidas por las explotaciones. En el caso de las aguas superficiales se han realizado análisis para detectar una posible contaminación originada por las actividades extractivas.

2.4. CARACTERISTICAS DEL IMPACTO AMBIENTAL

Esta caracterización se ha hecho sobre las explotaciones modelo definidas anteriormente. Se ha utilizado una matriz que permite identificar, dentro del tipo de explotación y del ambiente correspondiente, cuales son las acciones que producen mayor impacto ambiental, y que serán aquellas sobre las que se seguirá su desarrollo para minimizar o anular los impactos dictando las recomendaciones generales para la restauración y recuperación de los terrenos.

Con los datos de las matrices se han elaborado una serie de cuadros resúmenes de impactos, atendiendo a las formas y volúmenes, hidrología y otras especies.

2.5. CRITERIOS Y RECOMENDACIONES PARA LA RESTAURACION

Una vez realizado el estudio del medio físico y efectuada la caracterización de los impactos, se dan una serie de bases, criterios y recomendaciones generales para su neutralización.

Se presentan en primer lugar, medidas correctoras a tener en cuenta durante las fases de operación minera, que deben ejecutarse simultáneamente a ésta. Son criterios generales aplicables a todas las explotaciones.

En segundo lugar, se dan normas para el diseño de las explotaciones, revegetación y conservación de los suelos. Estas normas son, en principio, válidas para todas las explotaciones, aunque en el caso de la revegetación se ha particularizado en las modelo. A la hora de seleccionar las especies vegetales han sido de gran utilidad los análisis edafológicos realizados, ya que el suelo constituye el asiento de la vegetación.

3. EL MEDIO FISICO NAVARRO

3.1. SITUACION GEOGRAFICA

Navarra es una Comunidad Autónoma uniprovincial asentada al oeste de las últimas estribaciones de los Pirineos. Limita al norte con Francia, al este con la Comunidad Autónoma de Aragón



Fig. 1. Mapa de situación.

con Huesca y Zaragoza, al sur con la Rioja y al este con el País Vasco, con Alava y Guipúzcoa. En extensión ocupa el vigésimo tercer lugar entre las provincias españolas, con un total de 10.421 Km². Esto representa el 2,06 % del total de la superficie nacional.

En la figura 2 se incluye la distribución de hojas del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

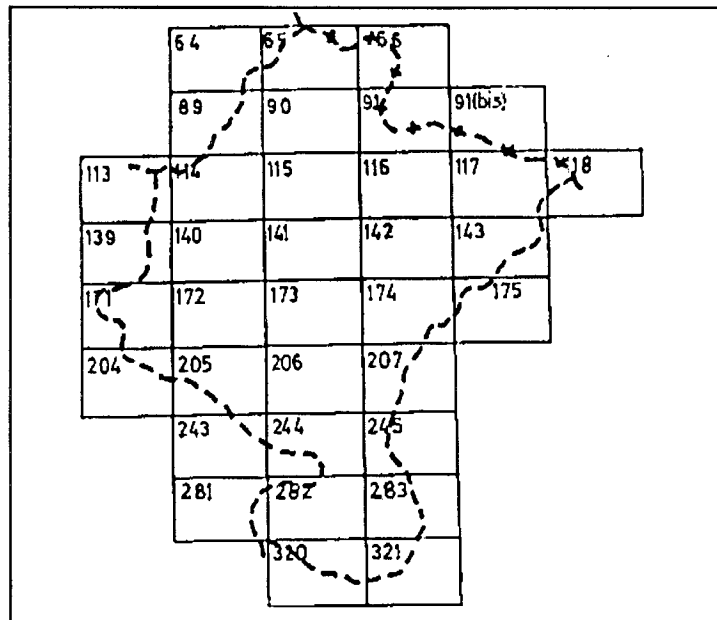


Figura. 2.

3.2. CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS

3.2.1. Población

La evolución poblacional de Navarra se ha caracterizado por el despoblamiento rural y el crecimiento urbano en torno a Pamplona y otros núcleos industriales. En el cuadro 1 se recoge la evolución de la población en Navarra, así como la española a lo largo de este siglo.

Para el conjunto provincial la densidad de población es de 50 habitantes por km², cifra que disminuye apreciablemente si se descuentan los habitantes de Pamplona, Tudela, Estella, Tafalla y

Años	Navarra Población de hecho	España Población de hecho	Indice Navarra Base 100 a 1.900	Indice España Base 100 a 1.900
1.900	307.669	18.616.630	100,00	100,00
1.910	312.235	19.950.817	101,48	107,17
1.920	329.875	21.388.551	107,22	114,89
1.930	345.883	23.677.095	112,42	127,18
1.940	369.618	26.014.278	120,13	139,74
1.950	382.932	28.117.873	124,46	151,04
1.960	402.042	30.582.936	130,67	164,28
1.970	464.867	33.956.047	151,09	182,40
1.981	507.367	37.746.260	164,91	202,76
1.983	517.099	37.940.417	168,00	205,00

Cuadro 1. Evolución de la Población de Navarra.
Fuente: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra.

Sangüesa. La evolución de la población navarra se caracteriza por un flujo migratorio, dirigido fundamentalmente hacia Pamplona, en donde se concentra más de un tercio de los habitantes de la provincia, mientras que hace 100 años tan sólo representaban el 7,6%.

En menor proporción, las otras ciudades más importantes de Navarra concentran el resto del grueso de la población:

- Tudela, representa el 28,5 % de los habitantes de la Ribera Tudelana.
- Estella, el 34,6 % de la Navarra Media Occidental.
- Tafalla y Sangüesa se reparte el 47,3 % de la Navarra Media Oriental.
- Pamplona, el 58 % de la Montaña.

Finalmente, en lo que se refiere a la estructura demográfica por edades entre 1960 y 1970, se observa un cierto proceso de envejecimiento: así el grupo de 0-20 años equivalía al 35,4 % de la población total en 1960 y al 33,7 % en 1970, mientras el de más de 60 años pasó en ambas fechas del 13,7 al 15,5 %.

3.2.2. Sector agrario

La producción agrícola domina en la parte meridional de la provincia (Ribera y Navarra Media).

En el cuadro 2 se puede ver la población activa agraria.

Como se ha indicado, en los últimos años se ha dado un rápido descenso de la población activa agraria, con un alto grado de envejecimiento de esta población.

AÑOS	Poblac.Total de Navarra	Población Activa	$\frac{\text{Poblac. Activa}}{\text{Poblac. Total}}$	Poblac. Activa Agraria	$\frac{\text{Pob. Act.Agrar.}}{\text{Poblac. Activa}}$
1.975	483.867	173.917	35.09%	30.911	17.7%
1.983	517.099	181.249	35.05%	24.287	13.4%

Cuadro 2. Evolución de la Población Agraria en Navarra.
Fuente: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra.

Los cultivos que dominan son los tres clásicos: trigo, olivo y vid y se concentran junto a los ríos las huertas. La importancia relativa que cada uno de ellos tiene, y su variada combinación, permiten señalar diversos sistemas y paisajes agrarios, que se consideran en el capítulo dedicado a cultivos y aprovechamientos.

Los regadíos suman unas 67.000 Ha, casi el 15 % de la superficie cultivada total, los cultivos arborescentes y arbustivos (en primer lugar la vid) cubren el 9 % de la misma, y los herbáceos de secano (trigo y cebada, fundamentalmente) el 75 %.

En el cuadro 3 puede verse la distribución numérica y porcentual de las explotaciones según su extensión superficial. El número de explotaciones ha disminuído en los últimos años debido, sobre todo, al abandono de las explotaciones más pequeñas.

1.982		
Tamaños (Ha.)	Número	%
Superficie < 1 Ha.	9.279	22
Entre 1 y 5	14.897	35
Entre 5 y 10	6.065	14
Entre 10 y 30	7.195	17
Entre 30 y 50	1.927	5
Entre 50 y 100	1.471	3
Entre 100 y 500	905	2
> 500	235	0.5
Explot.sin tierras	589	1
TOTAL	42.563	100

Cuadro 3. Distribución de las Explotaciones Agrarias.
Fuente: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra.

En el cuadro 3 también se puede ver la pequeña dimensión media de la explotación, que acarrea fuertes problemas de viabilidad económica, y en definitiva, un derroche de recursos.

Finalmente, en cuanto al grado de parcelación, a continuación puede verse su evolución entre 1962 y 1972: (Cuadro 4.)

Tamaños (Ha)	1.962		1.972	
	Número	%	Número	%
Menores de 1 Ha	592.084	84	351.544	75
Más de 1 y menos de 5 Ha.	95.813	14	103.765	22
De 5 Ha. y mayores	12.493	2	15.479	3
TOTAL	700.390	100	470.788	100

Cuadro 4. Evolución de la parcelación.
Fuente: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra.

3.2.3. Ganadería y bosque

La producción ganadera y forestal domina la parte septentrional de la provincia (Montaña).

En la Montaña navarra la superficie labrada sólo representa un 10 % en los valles pirenaicos y el 16,6 % en la Navarra Húmeda del Noroeste. Generalmente son prados al servicio de la ganadería. La Montaña ostenta el 54 % del censo ovino provincial, que ascendió en 1979 a 440.716 cabezas, y 72 % del bovino, que en igual fecha fue de 61.298 reses.

En el valor total de la producción ganadera, el primer puesto lo ocupa la carne, seguida de la leche y los huevos.

De las 689.481 ha. a que asciende la superficie forestal, el 43 % pertenece a los bosques, el 46 % a los matorrales y el 11 % a prados y pastizales. Los distintos dominios se pueden ver en el capítulo correspondiente a vegetación y cultivos y aprovechamientos.

3.2.4. Industria

El más importante de los subsectores industriales es el de los transformados metálicos, muy polarizados en torno a los electrodomésticos (Pamplona, Estella) e industria auxiliar del automóvil (Pamplona). Tras él, le siguen en importancia el subsector de la construcción y obras públicas y el de las industrias alimentarias, donde destacan las de conservas vegetales (extendidas por la Ribera), las cárnicas (Pamplona) y las lácteas (Ulzama). Se deben poner de relieve también, las industrias del papel y de las artes gráficas (Leiza, Estella, área de Pamplona, Vangüesa, Tudela, Viana) y las concernientes al sector de textil, piel y calzado (Pamplona, Estella, Tafalla, Tudela), etc. En los restantes subsectores hay algunas empresas importantes, como las que explotan los yacimientos de potasas en la base del Perdón y las magnesitas de Eugui, las químico-farmacéuticas (Pamplona), etc.

En lo que concierne a la localización geográfica, a pesar de los esfuerzos realizados en descentralizar los núcleos y polígonos industriales, aún radica en el área de Pamplona el 75 % de la industria navarra, aunque ya hay algunas ciudades, como Tudela y Tafalla, ciertamente importantes en este sector.

3.2.5. Comunicaciones

La red viaria es bastante densa y está bien conservada. Hay cinco carreteras nacionales que atraviesan la provincia, unidas por una amplia red de carreteras locales y comarcales.

Como puede verse en el cuadro 5 Navarra tiene 3.633 Km de carreteras, es decir, aproximadamente una media de más de 33 km por cada 100 Km² de superficie, valor muy importante si se compara con el del resto del Territorio Nacional donde la media es algo mayor de 4 Km por cada 100 Km².

Tipos de Carretera	Kilómetros
Autopistas, autovías y carreteras con calzadas separadas	122
Red Nacional Básica	461
Red complementaria nacional	528
Red regional	2.522
TOTAL	3.633

Cuadro 5. Red de Carreteras.

Fuente: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra. (1.982)

La red ferroviaria se limita a tan sólo 237 Km, repartidos en cinco líneas férreas, de las que únicamente tiene cierta importancia la línea Alsasua-Barcelona, pues cruza la provincia y hace escala en Pamplona.

En cuanto al transporte aéreo, en 1972 se puso en funcionamiento el aeropuerto de Noain, a 4 km de Pamplona. Su emplazamiento y las posibilidades reales de transporte aéreo provinciales imposibilitan el aterrizaje de grandes aviones.

Red Ferroviaria	Km.
Madrid-Irún	13
Soria-Castejón	23
Castejón-Bilbao	10
Alsasua-Barcelona	178
Tudela-Tarazona	13
TOTAL	237

Cuadro 6. Red Ferroviaria de Navarra.

Fuente: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra.

3.3. MARCO GEOLOGICO

3.3.1. Introducción

El estudio geológico de la provincia de Navarra se ha centrado en la determinación de las distintas litologías que en ella aparecen y su distribución espacial, de acuerdo con los objetivos que persigue el presente trabajo.

3.3.2. Geología y Litología

Navarra ofrece, una gran diversidad desde el punto de vista geológico. Están representadas en ella todas las épocas geológicas, desde el Paleozóico hasta los tiempos actuales. Su litología es variadísima y si bien las rocas sedimentarias son las más abundantes, también hay amplia representación de las rocas ígneas y metamórficas. Fig. 3.

En Navarra existen dos medios sedimentarios muy definidos: un medio marino y un medio continental. En el medio marino se depositaron los materiales calcáreos y margosos y el flysch que forma una alternancia rítmica de areniscas, arcillas y calizas. Todos ellos constituyen la mayor parte del sustrato rocoso de la Montaña y del límite de ésta con la zona media de Navarra. En el medio continental, fluvial y lacustre, se acumularon potentes series de conglomerados, areniscas, limos, arcillas, calizas lacustres y yesos que integran la Ribera y una gran parte de la Navarra media.

Las dos grandes orogenias que han actuado en Navarra son la hercínica y la pirenaica. Esta levantó los Pirineos y creó la cubeta sedimentaria del Ebro, ahora llamada Depresión del Ebro.

Situada entre el Pirineo y la Cordillera Cantábrica, con casi su mitad meridional sobre el Macizo del Ebro y llegando hasta el borde del Sistema Ibérico, la estructura de Navarra es muy variada, pues participa de las características de cada una de estas unidades. Por esto, con el fin de clarificar lo más posible la descripción litológica, y siguiendo la metodología de otros trabajos realizados en la provincia, se ha dividido ésta en cinco áreas con una cierta unidad estructural y que tienen una historia geológica semejante. Estas cinco áreas son las siguientes (figura 4):

- a) Zona Pirenaica
- b) Zona Cantàbrica
- c) Zona de Transición, situada entre las dos anteriores y que comprende la terminación occidental del Pirineo.
- d) Macizo del Ebro, en el que se ha incluido la zona de Fitero, que pertenece a la Ibérica.
- e) Macizos Paleozoicos de Aia-Cinco Villas, Alduides-Quinto Real y Oroz-Betelu.

Por otra parte, se han descrito una serie de unidades geológicas bien definidas dentro de las cinco áreas citadas, que coinciden, a grandes rasgos, con comarcas naturales.

3.3.2.1. Zona Pirenaica (zona A)

Comprende la parte nororiental de Navarra. Su estilo tectónico es pirenaico, con estructuras largas y vergentes hacia el sur. Los terrenos que afloran son alóctonos.

Sobre un zócalo paleozoico plegado se encuentran conglomerados, areniscas, limos y arcillas, todos de tonalidad rojiza, pertenecientes al Triásico Inferior (Buntsandstein). Los conglomerados y areniscas, que forman la parte basal de la serie, son silíceos y están muy cementados.

CORTES GEOLOGICOS GENERALES DE NAVARRA

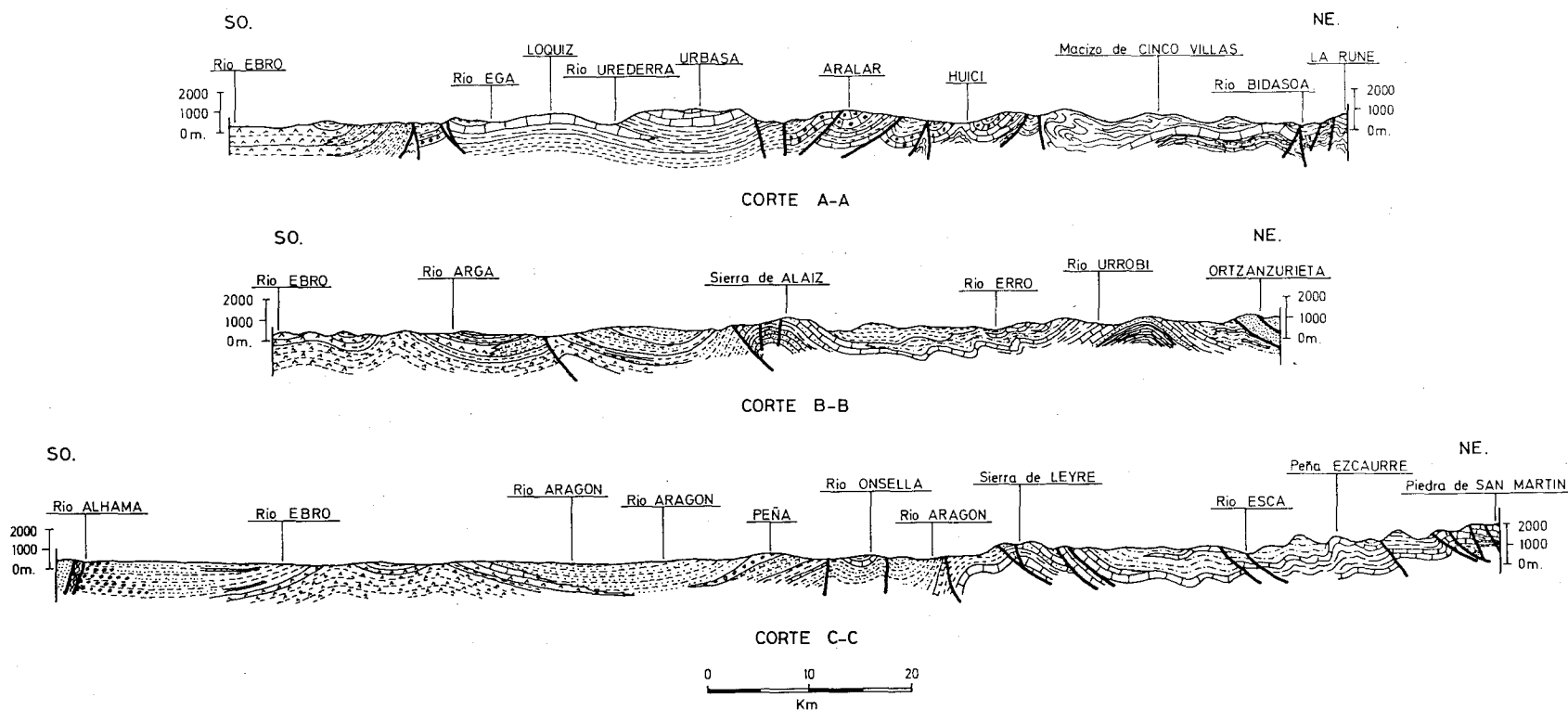


Fig. 3. Cortes Geológicos Generales de Navarra.

LEYENDA

	Cuarcitas y esquistos del Silúrico-Ordovícico		Calizas arrecifales del Cretácico Inferior		Margas del Eoceno
	Pizarras, areniscas, calizas y dolomías del Devónico		Margas del Cretácico Inferior		Nivel de las Potas
	Calizas, pizarras y grauwacas del Carbonífero		Calizas y calizas arenosas del Cretácico Superior		Arcillas y calizas del Oligoceno-Mioceno
	Areniscas y conglomerados del Triásico		Margas del Cretácico Superior		Arcillas y yesos del Oligoceno-Mioceno
	Yesos y arcillas abigarradas del Triásico		Flysch del Cretácico Superior		Arcillas y areniscas del Oligoceno-Mioceno
	Calizas, dolomías y margas del Jurásico		Calizas, dolomías y calcarenitas del Paleoceno-Eoceno		Conglomerados y areniscas del Oligoceno-Mioceno
	Areniscas y conglomerados del Cretácico Inferior		Flysch con barras calcáreas del Eoceno		

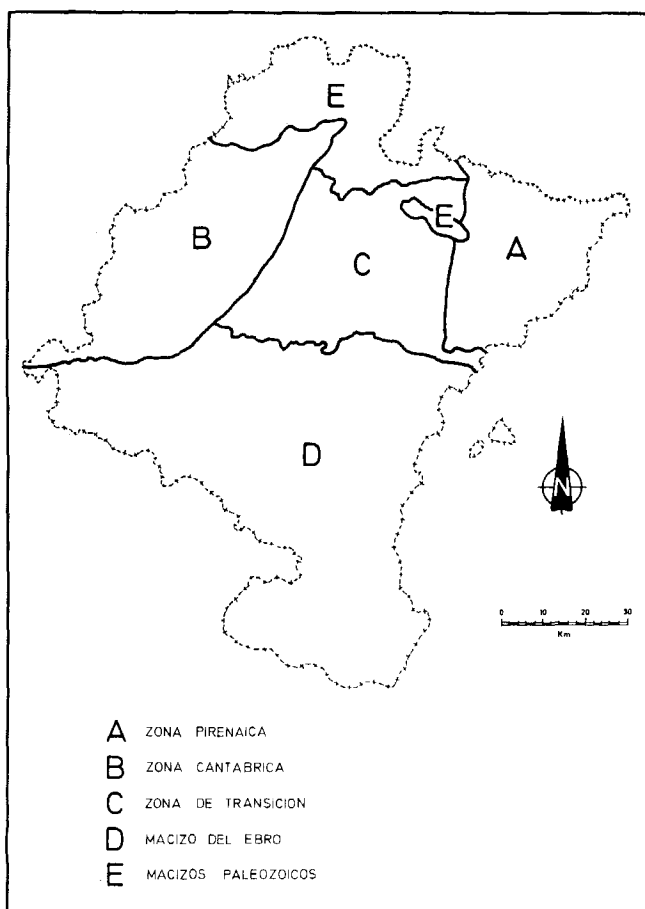


Fig. 4. Areas Geológicas de Navarra.
Fuente: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra.

Existe un hiato hasta el Cretácico Superior en que se depositan dolomías y calizas. Estas afloran, fundamentalmente, en el área de Larra (en la esquina NE de la zona), donde ocupan una amplia extensión y han sufrido un fuerte proceso de carstificación; norte de la fábrica de Orbaiceta; alrededores del macizo de Oroz-Betelu (estos dos últimos al NO de la zona) y, en menor proporción, en las sierras de Leyre e Illón (borde meridional de la zona). En el Cretácico terminal (Mastrichtiense) se depositan margas en la mitad norte del área, mientras que en las sierras de Leyre e Illón, después de las calizas del Senoniense aparecen areniscas calcáreas y dolomíticas.

El Paleoceno está representado por una serie bastante uniforme que está constituida por dolomías, calizas y margas.

En el Eoceno se diferencian claramente dos áreas totalmente distintas: la mitad sur, donde se depositan calizas, calcarenitas y margas (depósitos de plataforma), y la mitad norte, en la que se produce una sedimentación tipo flysch (depósitos turbidíticos), que puede superar en algunos puntos los 2.000 m de espesor. A esta zona co-

responden las unidades geológicas de Larra, Leyre y parte de los Valles Pirenaicos. Estos últimos se extienden también por la zona de transición.

Unidad de Larra

La unidad de Larra ocupa el extremo NE de Navarra, y se prolonga por la provincia de Huesca y por Francia.

Está constituida por materiales del Cretácico Superior, fundamentalmente calizas y calizas con nódulos de sílex, calcoesquistos y flysch, y en la zona de Lákora afloran también conglomerados y brechas. Sobre las calizas se ha desarrollado un importante karst, muy espectacular.

Unidad de Valles pirenaicos

Esta unidad geológica se extiende por las denominadas zonas Pirenaica y de Transición.

Los valles, desde el Arga hasta el Esca, presentan unas características geológicas muy similares, exceptuando los del Irati y Urrobi que están afectados por la aureola de materiales triásicos y cretácicos del macizo de Oroz-Betelu.

Los materiales que se observan son, en síntesis, y de más antiguos a más modernos, los siguientes:

- areniscas y conglomerados, intercalados con arcillas arenosas y niveles carbonosos. Afloran en el borde NO del macizo de Oroz-Betelu y al N de la fábrica de Orbaiceta.
- calizas y dolomías, del Cretácico Superior, que bordean el macizo de Oroz-Betelu.
- margas grises del Cretácico Superior, aflorando esencialmente en los valles medios y altos del Erro, Urrobi e Irati. Al S de Oroz-Betelu, encima de estas margas aparece un tramo de calizas arenosas, bastante potente.
- calizas y dolomías del Paleoceno.
- alternancia de areniscas calcáreas y margas e incluso calizas grises (facies flysch).
- encima del flysch se encuentra una formación margosa en la que se intercalan niveles aislados de calcarenitas arcillosas y areniscas.

Unidad de la Sierra de Leyre

Geológicamente se puede encuadrar en la misma unidad que la Sierra de Alaiz, aunque a efectos descriptivos se ha preferido separarlas.

Se sitúa en el extremo oriental de Navarra y constituye una zona montañosa con dos alineaciones paralelas, de dirección E-O aproximadamente, separadas por una estrecha depresión. La estribación más septentrional está formada por las sierras de Illón e Idocorry.

Está constituida por materiales cretácicos y terciarios. Los primeros son esencialmente calizas y dolomías muy arenosas con niveles margosos. Los segundos son básicamente dolomías y calizas del Paleoceno y calcarenitas, margas y flysch del Eoceno. Esta última facies ocupa el pasillo entre las sierras de Illón y Leyre.

3.3.2.2. Zona Vasco-Cantábrica (zona B)

Comprende la parte noroccidental de la provincia. Queda limitada al este por un importante accidente jalonado por diapiros que va de Estella a Elizondo, al sur por las sierras de Dos Hermanas y Cantabria y al norte el macizo de Cinco-Villas.

La estratigrafía es mucho más compleja que en la zona anterior. Los materiales más antiguos que aparecen son triásicos. Se trata de calizas dolomíticas del Muschelkalk que afloran localmente en torno al macizo de Aia-Cinco Villas. Le siguen las margas yesíferas y sales del Keuper, que debido a su gran plasticidad y baja densidad han dado origen a una serie de diapiros (Estella, Lorca, Salinas de Oro, Olló, Anoz) que han emergido a través de fracturas importantes y orlan por el este las sierras de Aralar, Andía y Lóquiz.

Los sedimentos jurásicos se localizan fundamentalmente en la Sierra de Aralar y en la banda Leiza-Baztán, al norte de la zona. Se trata de depósitos sucesivos de dolomías, calizas y margas.

Debido a una serie de transgresiones y regresiones estas litologías se repiten hasta el Aptense. Desde éste al Albense superior se instalan edificios arrecifales en la parte septentrional de la zona (Aralar, Ulzama), alcanzándose hasta 2.000 m de espesor de calizas (complejo Urgoniano). Del Paleoceno sólo quedan depósitos en las sierras de Urbasa y Andía, formados por calcarenitas, calizas y margas. Durante el Eoceno siguen las mismas facies, pasando al oeste de Urbasa, las calizas a nivel de arenas y conglomerados. En esta zona se encuadran las unidades geológicas de Aralar-Ulzama, sierras de Urbasa y Andía y Sierra de Lóquiz.

Unidad de Aralar-Ulzama

Dentro de esta unidad se pueden diferenciar dos zonas: la Sierra de Aralar propiamente dicha, y la zona comprendida entre ésta y los macizos de Cinco Villas y Quinto Real.

- 1.- Sierra de Aralar. Litológicamente se diferencian tres términos, desde el Jurásico Inferior al Cretácico Inferior (Urgoniano).

El primero está formado por dolomías (carniolas), calizas dolomíticas y calizas; el segundo por calizas, calizas arrecifales y calizas lacustres, y el tercero, por calizas arrecifales (complejo urgoniano).

Estos dos tramos se encuentran alternando con otros básicamente margo-arcillosos que abarcan desde el Trías Superior al Cretácico Superior.

- 2- Zona comprendida entre la Sierra de Aralar y los macizos de Cinco Villas y Quinto Real. Presenta una serie estratigráfica sin diferencias sustanciales con la de Aralar, exceptuando tres aspectos: la marmorización de los diferentes niveles calcáreos del Jurásico y Cretácico Inferior, la denudación o falta de sedimentación de algunos de los tramos y, finalmente, la presencia del flysch del Cretácico Superior.

Unidad de la Sierra de Urbasa y Andía

Se extiende, en dirección este-oeste, desde la confluencia de los ríos Arga y Araquil hasta la cabecera del Río Biarra. El límite septentrional coincide con el Corredor de la Barranca, y el meridional abarca el Valle de las Améscoas y la Depresión de Estella.

Ambas sierras quedan separadas por un escarpe bastante acusado, que corresponde a la traza de la Falla de Lizárraga.

La unidad Urbasa-Andía está constituida por una potente serie carbonatada del Paleoceno-Eoceno Medio, de espesor variable. Localmente se observan alternancias de calizas y margas, así como importantes tramos de margocalizas y margas.

El Paleoceno Superior y el Eoceno Inferior, con una importante presencia de margocalizas y margas, se acuña y desaparece lo largo de todo el borde meridional de la unidad, excepto en un reducido sector al SE de Urbasa.

Todo este conjunto descansa directamente sobre una formación básicamente margosa del Cretácico, sobre la que se ha modelado el Corredor de la Barranca-Burunda y el Valle de las Améscoas.

Un rasgo estructural importante son los diapiros de Anoz, Olo y Salinas de Oro.

Unidad de la Sierra de Lóquiz

La Sierra de Lóquiz se extiende en dirección E-O desde los valles de Iranzu, Allín y Metanten, hasta el corredor alavés de San Vicente de Arana, y la Depresión de Santa Cruz de Campeso. El límite norte coincide con el Valle de las Améscoas y el límite sur con la Berrueza.

Está constituida por materiales calcáreos del Cretácico Superior, que presentan una transición gradual de facies más margosas, al norte, a facies con mayor contenido arenoso, al sur.

La base de la serie es una formación esencialmente margosa, con intercalaciones de calizas

arcillosas. El techo está formado por margas, calizas y calizas arcillosas.

3.3.2.3. Zona de Transición (zona C)

Está comprendida entre las dos anteriores. Su límite occidental queda claramente definido por el accidente Estella-Elizondo, pero por el este pasa gradualmente a la "zona A", lo que hace difícil poner un límite preciso, que estaría en la línea que une Orbaiceta y Lumbier aproximadamente. Las estructuras, de gran continuidad de la zona pirenaica, sufren curvaturas en las direcciones SW-NE y NW-SE, lo que da lugar a cierres periclinares, cubetas, etc.

La estratigrafía deja patente una transición entre las dos zonas anteriores. El Triásico sólo está presente en la mitad occidental de la zona, donde aflora en los diapiros de Loza y Lizaso por medio de margas abigarradas con yesos del Keuper. Hasta el Cretácico Superior no se encuentran afloramientos importantes. En éste hay que distinguir dos tipos: los que aparecen por el norte en forma de facies flysch y los que se localizan por el sur y oeste en forma de calizas arenosas y margas en la Sierra de Alaiz.

Esta división de cuencas continúa durante el Paleoceno y el Eoceno. En la parte norte se acumulan más de 2.000 m de sedimentos en facies flysch, debido a su fuerte subsidencia, mientras que en la parte sur se depositan primero unas calizas y por encima margas grises. A finales del Eoceno, y por efecto de los movimientos tectónicos, sobreviene un confinamiento de la cuenca marina y en ella se depositan facies de potasas que son explotadas en la actualidad.

El Oligoceno se inicia con unas areniscas litorales, a las que siguen una potente serie de depósitos lacustres con yesos y margas en la parte occidental (Sierra del Perdón) o fluviales al este de la Sierra de Alaiz.

En el final del Oligoceno y principios del Mioceno se depositan conglomerados poligénicos discordantes con los terrenos anteriores (Sierra del Perdón, Peña de Izaga) a los que sigue una potente serie fluvial. El Cuaternario tiene una cierta representación en las cuencas de Lumbier y Pamplona, donde se han desarrollado una serie de glaciares y terrazas climáticas. Entre la zona de Transición y la zona Pirenaica se extiende la unidad geológica de la Cuenca de Pamplona. A la primera corresponden también la unidad de la Sierra de Alaiz.

Unidad de la Cuenca de Pamplona

Esta unidad se encuadra en la zona de Transición y en el borde meridional de la zona Pirenaica.

Geológicamente comprende las cuencas de Pamplona y Lumbier, continuando por la canal de Berdún hasta la de Jaca, que es su parte oriental.

La cuenca está constituida por materiales cretácicos y terciarios. Los del Cretácico son fundamentalmente margas, mientras que los del Terciario son dolomías. Aparecen también calizas del Paleoceno y el flysch con intercalaciones de barras calcáreas y margas del Eoceno.

Unidad de la Sierra de Alaiz

La Sierra de Alaiz se extiende al sur de la cuenca de Pamplona en dirección NE-SO, ligeramente arqueada.

Está formada esencialmente por calizas y dolomías arenosas, con niveles margosos intercalados del Cretácico Superior, dolomías y calizas del Paleoceno y calizas calcarenitas con intercalaciones margosas hacia el techo del Eoceno.

3.3.2.4. Macizo del Ebro (zona D)

Cubierta por el Terciario continental, está cabalgado por las unidades anteriores y por la Ibérica en el SW. La parte septentrional ha sido afectada por los movimientos alpinos. En el resto solo se encuentran pliegues haloclinéticos.

Estos terrenos presentan un problema de datación, dada la escasez de fósiles.

Como consecuencia de la Orogenia Pirenaica, se hunde el bloque del Ebro, mientras que se levantan los dos bordes, el Pirineo y el Sistema Ibérico. La rápida erosión de las zonas levantadas envía materiales hacia la cuenca, acarreados por corrientes fluviales. De esta manera se llegan a sedimentar, durante el Oligoceno-Mioceno, series ininterrumpidas que alcanzan gran espesor. Los materiales se distribuyen con conglomerados y areniscas en las zonas que bordean los macizos emergidos, mientras que hacia el centro se gradúan hasta llegar a los sedimentos de origen lacustre evaporítico, en este orden: conglomerados y areniscas, areniscas y arcillas, arcillas y calizas, arcillas y yesos.

Los depósitos cuaternarios tienen una gran importancia, en especial las terrazas fluviales. En ellos se localizan los mejores campos de cultivos de la mitad sur de Navarra, en concreto los valles del Ega, Arga, Aragón y Ebro. Están constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas sin consolidar, aunque en el caso de las terrazas colgadas más antiguas, las gravas están cementadas y forman a veces verdaderos conglomerados. Cuando las terrazas se encuentran sobre niveles de yesos, la extrusión de éstos suele producir la deformación de las mismas. Los glaciares de erosión, que también ocupan zonas extensas de la mitad sur de Navarra, tienen una composición distinta: predominan en ellos los materiales finos, limos y arcillas, presentando cantos angulosos.

3.3.2.5. Macizos paleozoicos (zona E)

El Paleozoico, que forma la zona axial del Pirineo, se sumerge paulatinamente hacia el oeste sin llegar a Navarra. Sin embargo, aquí vuelve a emerger de modo discontinuo para formar tres unidades que son los macizos de Aia-Cinco Villas, Alduides-Quinto Real y Oroz-Betely, este último de muy pequeña extensión.

Los materiales más antiguos son los del Ordovícico y los del Silúrico, que se encuentran en la parte oriental del macizo de Quinto Real. El conjunto sobrepasa los 1.800 m de potencia. Lo forman cuarcitas y esquistos y, en la parte superior silúrica, esquistos gris-azulados o negros con intercalaciones calcáreas.

Por encima, estratigráficamente, se sitúan los depósitos del Devónico. Se distribuyen en la parte oriental de Cinco Villas, mientras que en Oroz-Betely la totalidad del Paleozoico aflorante pertenece al Devónico. En Quinto Real forma una franja entre los materiales descritos antes y los del Carbonífero. Es un conjunto litológico muy variado: calizas, dolomías, pizarras y areniscas, normalmente distribuidas en grandes grupos. En unos dominan elementos terrígenos (pizarras y areniscas), mientras que en otros son más abundantes los carbonatados (calizas y dolomías).

El Carbonífero es muy uniforme en Cinco-Villas. Lo constituye una alternancia flyschoides de pizarras y grauwacas, entre las que se intercalan esporádicos niveles de conglomerados de cuarzo y lentejones de calizas. En la zona de Lesaca -Aranaz rompen la monotonía unas calizas marmóreas de más de 300 m de espesor, con abundante pirita. Todo este conjunto está afectado por un metamorfismo débil salvo en el área próxima al batolito granítico de Peñas de Aia, donde existe metamorfismo de contacto. Por encima, se hayan discordantes pizarras carbonosas cuyos niveles de carbón se explotaron en otro tiempo (Ibantelly). En Quinto Real se da el

mismo tipo de alternancia, presentando además dolomías que engloban un nivel de extraordinaria importancia, las magnesitas, que actualmente están en explotación.

El Permotriásico aparece discordante sobre el Paleozóico Prehercínico. Se presenta con una potente formación detrítica, concentrada al E del Valle de Baztán. Tiene distintas facies: conglomerados poligénicos, brechas carbonatadas alternando con niveles arenosos, areniscas y limolitas o bancos potentes de calizas.

3.4. CLIMATOLOGIA

3.4.1. Introducción

El estudio climatológico de la provincia de Navarra se ha basado, esencialmente, en el análisis de las precipitaciones y las temperaturas. Con los datos obtenidos se calculan las evapotranspiraciones potenciales y una serie de índices climáticos que permiten relacionar el clima con la vegetación.

En el cuadro 7 se presentan las características de la red de estaciones utilizadas en el estudio de las variables climatológicas, mientras que su localización puede verse en el mapa de la figura 5. Todos los datos termopluiométricos proceden del trabajo "Caracterización Agroclimática de Navarra (1986), fichas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias".

Parte de este capítulo está basado en el trabajo "Las Aguas Subterráneas en Navarra (1982)", del que se han extraído la información y datos necesarios para su elaboración..

3.4.2. Precipitaciones

Según el mapa de isoyetas anuales medias, (figura 6) Navarra puede dividirse en tres zonas pluviométricas bien definidas:

- **zona pluviométrica más seca:** con precipitaciones inferiores a 500 mm. Viene limitada al norte por una línea imaginaria que uniría los observatorios de Logroño, Olite y Carcastrillo y el sur, por el Río Ebro. En esta zona se ubica la región de Las Bardenas, que tiene una precipitación anual muy inferior a 500 mm.

- **zona pluviométrica media:** la precipitación oscila entre 500 y 1.000 mm anuales. Está comprendida entre la línea antes citada y el contorno sur y oriental de la Sierra de Urbasa, Valle de Ulzama, Sierra de Labia y Sierra de San Miguel.

- **zona pluviométrica más húmeda:** Abarca el resto de Navarra. Las precipitaciones anuales medias superan los 1.000 mm, alcanzándose valores próximos a los 2.000 mm en zonas pirenaicas y superando este valor en puntos aislados.

La precipitación para un año medio en la provincia de Navarra es de 9.550 Hm³, lo que supone una precipitación media de 920 mm.

Se han seleccionado seis estaciones por considerarlas como las más representativas de las tres áreas anteriormente citadas.

Son las siguientes: Fitero y Olite para la zona pluviométrica más seca, Ayegui y Yesa en la zona pluviométrica media, y los de Alsasua y Articuza en la más húmeda.

Mediante diversos ajustes estadísticos se deducen para las precipitaciones anuales los siguientes intervalos de variación (años pluviométricos medios):

ESTACION	CLAVE	PERIODO	COORDENADAS		
			LAT.	LONG.	ALT. (m.)
COMPLETA					
PAMPLONA	E-262	1931-80	42-49	2-03E	449
TERMOPLUVIOMETRICAS					
ABAURREA ALTA	E-286	1958-80	42-54	2-29E	1032
ALLOZ-PANTANO	E-279	1960-80	42-42	1-45E	593
ALSASUA	E-269	1940-80	42-54	1-31E	526
ARRONIZ	E-128i	1967-80	42-35	1-36E	530
ARTICUZA	N-021	1950-80	43-13	1-54E	300
ARTIEDA	E-232	1951-80	42-43	2-22E	453
AYEDI-IRACHIE	E-181	1940-75	42-39	1-39E	480
BEIRE	W-253	1946-61	42-27	2-04E	369
BUYUEÑL	E-305	1932-80	41-59	2-15E	243
CADREITA	E-283	1941-72	42-13	2-00E	282
CAPARROSO	E-255	1931-80	42-20	2-02E	318
CARCASTILLO-LA OLIVA	E-246	1932-80	42-22	2-13E	342
ESTELLA-ROCAMADOR	E-180	1941-69	42-40	1-39E	426
FITERO	E-290	1941-80	42-03	1-50E	421
JAUURRIETA	E-237	1958-80	42-53	2-33E	913
JAVIER-CASTILLO	E-244	1955-80	42-36	2-28E	470
LECUMBERRI	E-271	1941-50	43-00	1-47E	571
MARCILLA-AZUCARERA	E-256	1950-79	42-20	1-57E	290
MENDIGORRIA	E-276c	1968-80	42-38	1-51E	395
MONTEAGUDO	E-301	1931-80	41-58	2-00E	404
OLITE	E-252	1931-80	42-29	2-02E	388
PAMPLONA-GRANJA	E-264	1941-80	42-49	2-04E	449
RADA	E-248	1965-80	42-20	2-08E	354
RESENDIA	-----	1941-75	42-50	2-31E	900
SANTESTEBAN	N-006	1931-80	43-08	2-01E	122
SARTAGUDA	E-174	1931-80	42-23	1-38E	335
TUDELA-AZUCARERA	E-302	1933-75	42-04	2-05E	263
URBASA-YERRI	-----	1944-75	42-52	1-35E	1080
USTES	E-238	1941-73	42-45	2-35E	620
VILLAVA	-----	1923-33	42-51	2-05E	450
YESA-PANTANO	E-223	1931-80	42-37	2-29E	491
PLUVIOMETRICAS					
AIZPUN	E-275	1941-49	42-50	1-49E	775
ANDOSILA	E-183	1941-76	42-23	1-45E	331
ARGUEDAS	E-294	1941-69	42-11	2-05E	270
BEUNZA-LARREA	E-261	1947-56	42-58	1-58E	720
BURGUETE	E-229	1941-75	42-59	2-21E	893
EUGUI-OLAVERRI	E-257	1958-76	43-01	2-12E	760
EUGUI-QUINTORREAL	-----	1958-75	43-00	2-12E	750
FALCES	E-291	1920-35	42-23	1-54E	294
GARINOAIN	E-240	1930-36	42-36	2-03E	520
GOIZUETA	N-020	1950-58	43-10	1-50E	155
IRABIA-PANTANO	E-228	1941-80	42-59	2-32E	800

Cuadro 7. Red de Estaciones Climatológicas.
Fuente: Caracterización Agroclimática de Navarra.

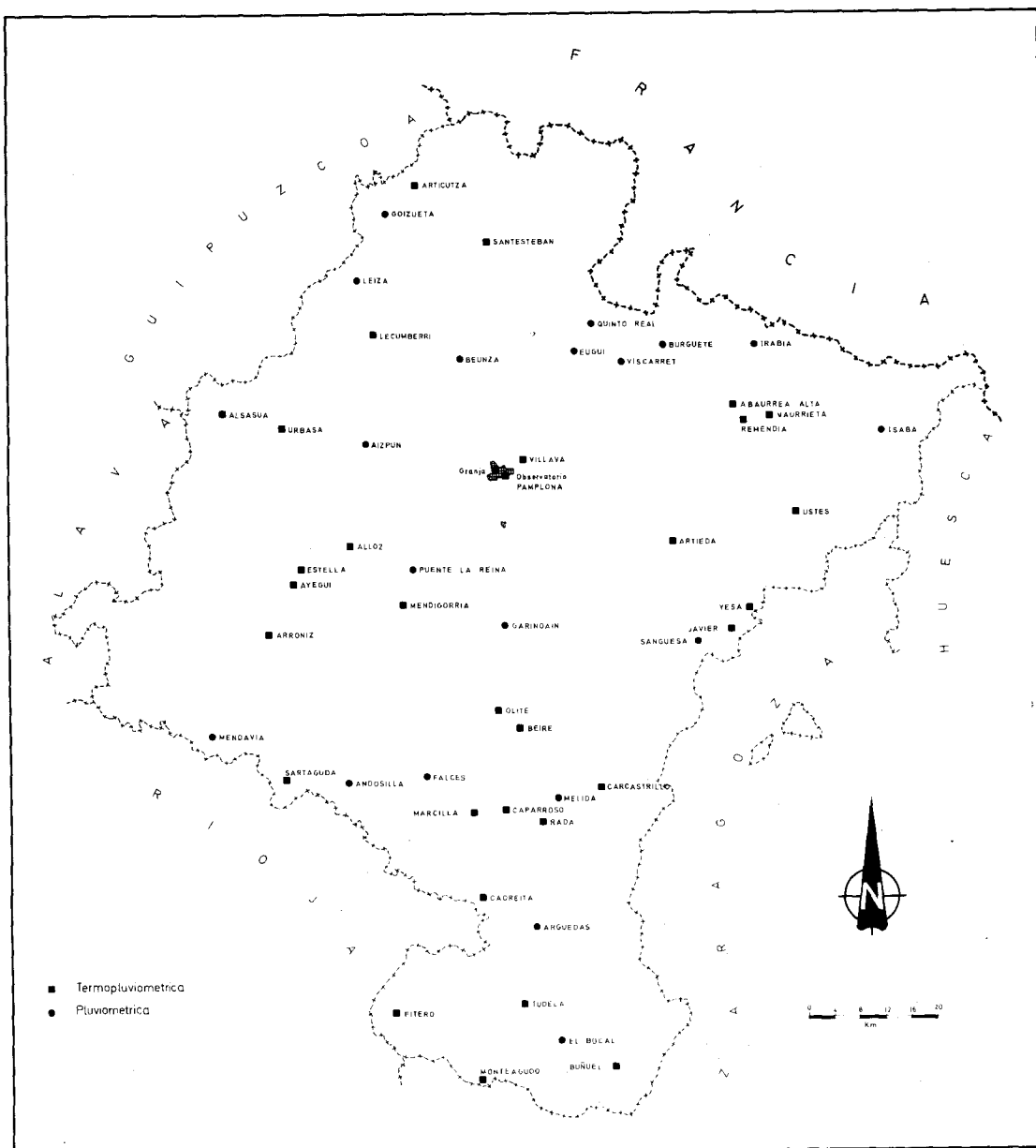


Fig. 5. Localización de las Estaciones Meteorológicas.
 Fuente: Caracterización Agroclimática de Navarra. 1.986

Fitero.....	350 - 415 mm
Olite.....	450 - 525 mm
Ayegui.....	605 - 715 mm
Yesa.....	635 - 755 mm
Alsasua.....	1060 - 1230 mm
Articuza.....	2380 - 2740 mm

Las precipitaciones mensuales medias alcanzan los valores más elevados en los meses de invierno, salvo excepciones muy locales.

3.4.3. Temperaturas

En Navarra el gradiente térmico se incrementa de N a S y de O a E, como se observa en el mapa de isotermas medias anuales (figura 7). Sólo hay una excepción a esta regla y es la zona más septentrional de la vertiente cantábrica. En ella las temperaturas medias anuales son casi equivalentes a las de la zona más meridional superando los 13° C. Las temperaturas medias anuales de toda la provincia están comprendidas, en la mayor parte de los observatorios, entre 10° C y 14° C.

Por meses, julio da las temperaturas medias más altas, aunque en algunos observatorios es agosto. Estas están también comprendidas entre 15° C en estaciones de montaña y 23,5° C en el Valle del Ebro. Las temperaturas medias más bajas las dan los meses de enero, diciembre y febrero, por orden de frecuencia, estando comprendidas entre 2° C en las estaciones de montaña y 6° C en el sur.

3.4.4. Evapotranspiraciones

Las evapotranspiraciones potenciales y reales se han calculado según los métodos de Thornthwaite, Turc y Penman.

3.4.4.1. Evapotranspiración potencial

Los datos básicos para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) son las temperaturas y precipitaciones mensuales y anuales medias, la latitud del observatorio, el índice de iluminación. En el caso de los métodos de Turc y Penman, estos datos han de completarse con otros, tales como la radiación solar, velocidad del viento, humedad relativa, etc.

Como consecuencia de las limitaciones existentes en los datos termopluviométricos y en los equipamientos de los observatorios, el número de estaciones en las que es posible el cálculo de las evapotranspiraciones potenciales según los métodos de Thornthwaite y Turc, es de 26, mientras que el método de Penman ha podido utilizarse sólo en el observatorio de Pamplona. Los resultados se reflejan en la figura 8.

Los valores de ETP, calculados según el método de Thornthwaite oscilan en la mayor parte de los observatorios entre 680 mm y 780 mm anuales, a excepción de los observatorios de Caparroso (837 mm), Estella (636 mm), Eugui (521 mm) y Remendía (354 mm).

El método de Turc proporciona un intervalo algo más amplio que el de Thornthwaite, (640-840 mm). Los valores extremos se presentan en los observatorios de Caparroso (851 mm) y Remendía (478 mm), destacando como valor poco elevado el correspondiente a la estación de Eugui (602 mm).

Los resultados obtenidos por los métodos de Thornthwaite, Turc y Penman en el observatorio de Pamplona son de 709 mm, 686 mm y 694 mm, respectivamente.

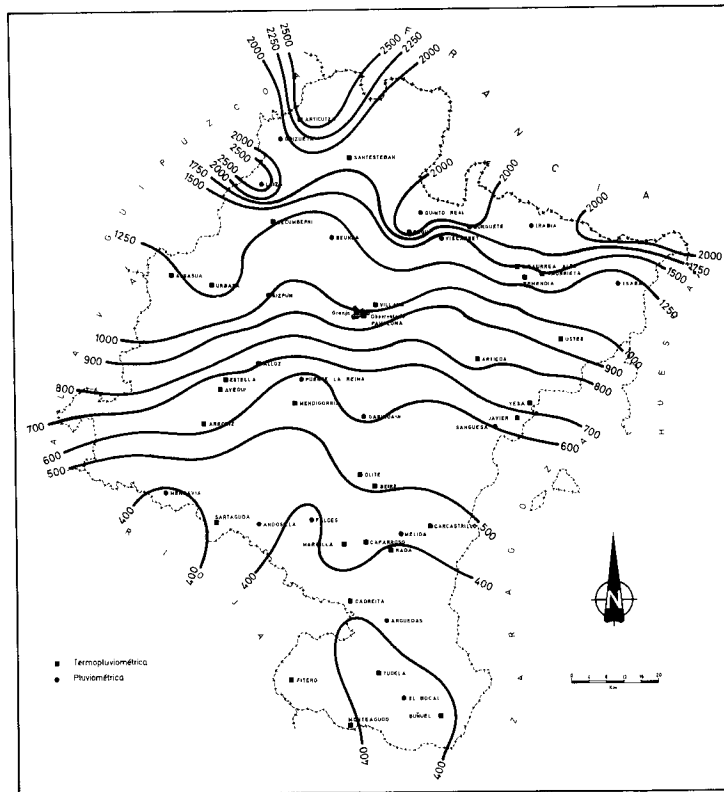


Fig. 6. Mapa de Isoyetas Medias Anuales.
Fuente: Caracterización Agroclimática de Navarra. 1986

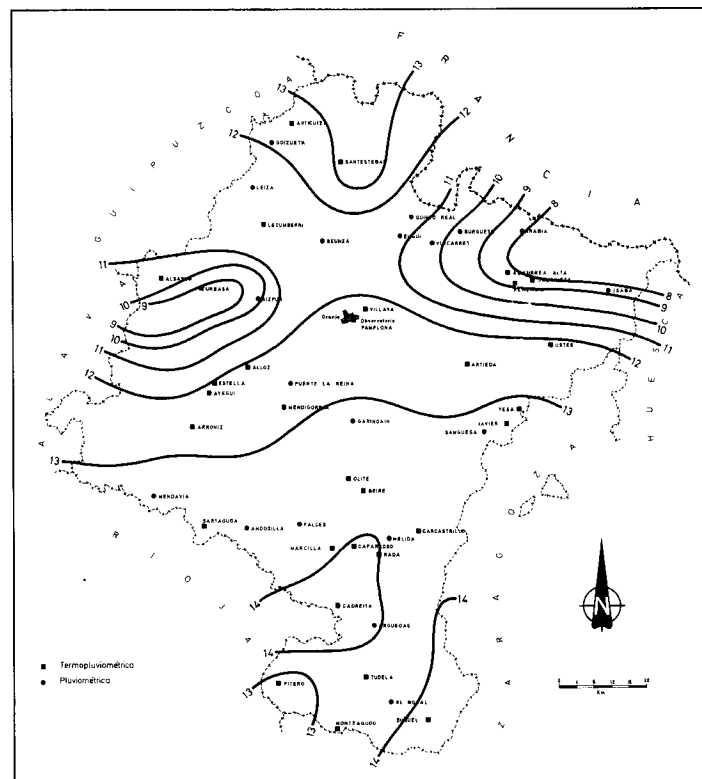


Fig. 7. Mapa de Isotermas Medias Anuales.

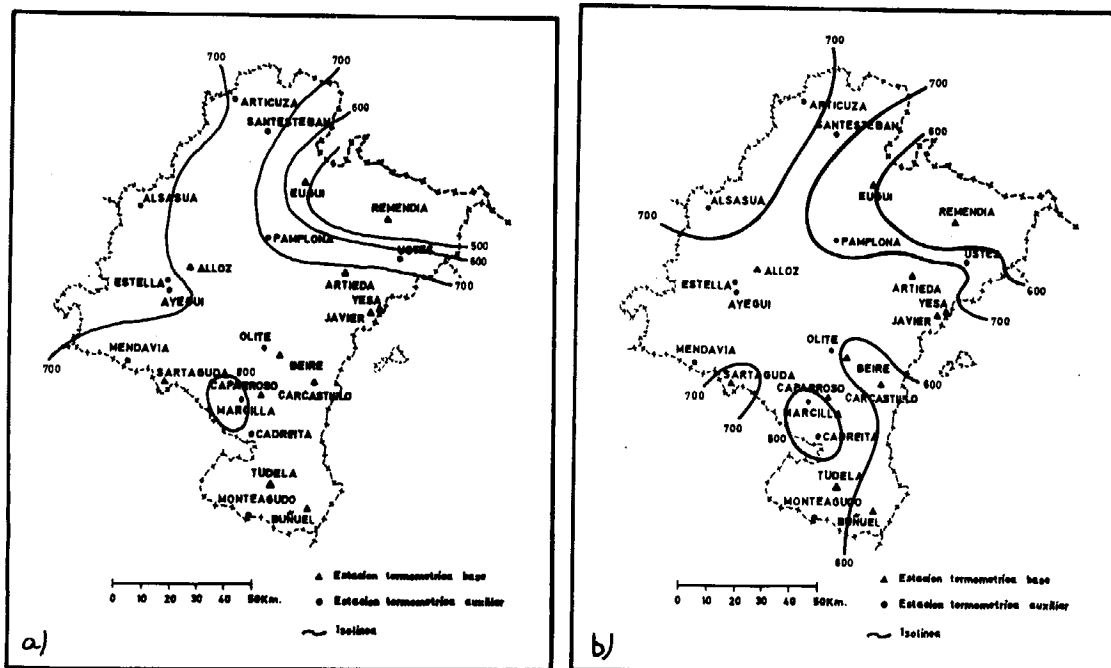


Fig. 8. Isolíneas de Evapotraspiración Potencial. a) Según Thornthwaite. b) Según Turc.
Fuente: Las Aguas Subterráneas en Navarra.

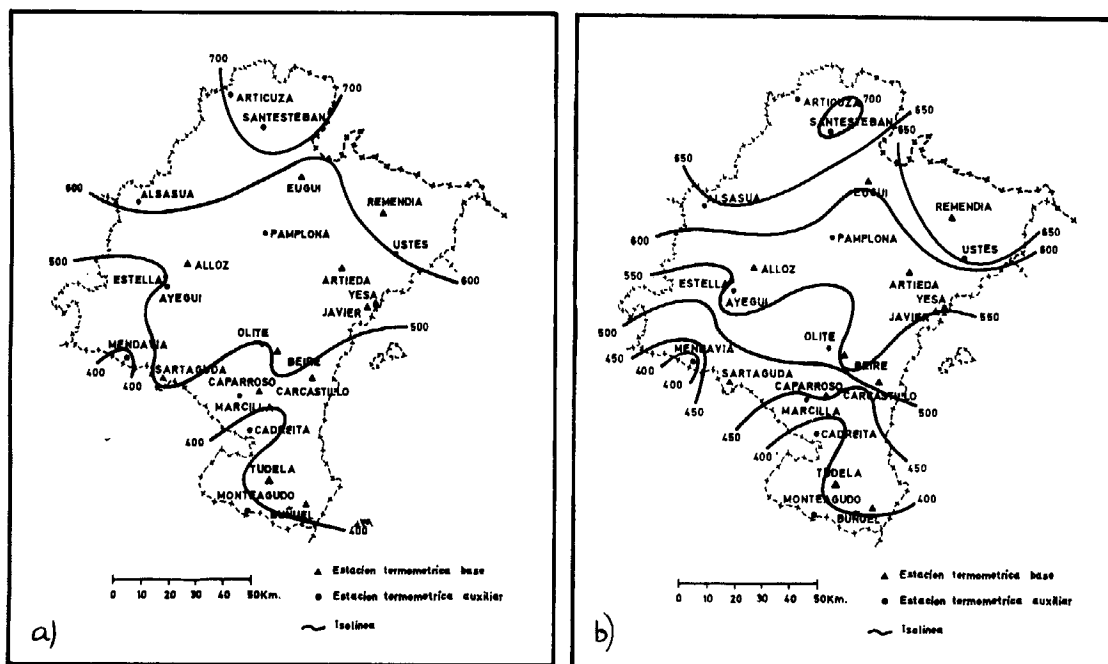


Fig. 9. Isolíneas de Evapotraspiración Real. a) Según Thornthwaite. b) Según Turc.
Fuente: Las Aguas Subterráneas en Navarra.

3.4.4.2. Evapotranspiración real

Las evapotranspiraciones reales se han calculado en función de las potenciales, de las precipitaciones mensuales y anuales medias y teniendo en cuenta los valores de retención del suelo. Estos últimos oscilan entre 100 y 300 mm, siendo el primero de ellos el más frecuente.

Para el cálculo se han utilizado los métodos de Thornthwaite y Turc, y los resultados quedan reflejados en las figura 9 .

Los valores de ETR obtenidos según el método de Thornthwaite oscilan entre los 392 mm anuales en Mendavia y los 761 mm en Santesteban.

Los valores calculados por el método de Turc oscilan entre los 372 mm en Mendavia y los 729 mm correspondientes a Santesteban.

3.4.5. Balance precipitación-evapotranspiración

Para completar el estudio de los parámetros climáticos, se presentan de forma gráfica en la figura 10, balances mensuales medios entre las precipitaciones y las evapotranspiraciones potenciales y reales, en un conjunto de observatorios representativos de Navarra.

Las estaciones consideradas son Alsasua, Articuza, Ayegui, Yesa, Elite y Monteagudo.

El balance se presenta referido únicamente a los valores obtenidos por el método de Thornthwaite.

Las gráficas se han elaborado situando en abcisas los tiempos (meses) y en ordenadas las precipitaciones y evapotranspiraciones, con lo que se obtienen dos curvas para cada observatorio. El área encerrada entre ambas representa el exceso de déficit de agua.

Las conclusiones que se obtienen del estudio de los gráficos son las siguientes:

- en todos los observatorios, salvo en el de Articuza, el balance precipitación-evapotranspiración potencial es negativo a partir de un determinado mes, generalmente de primavera, si bien en el caso de Monteagudo este déficit se presenta ya en el mes de febrero.
- en la mitad sur de Navarra, los déficits totales anuales son en general más elevados que los superavits.
- en el caso de las evapotranspiraciones reales, éstas no aumentan en los meses de estío al mismo ritmo que las potenciales, por no existir agua disponible.

3.4.6. Clasificaciones climáticas

Para clasificar el clima se ha tenido en cuenta la dependencia de la vegetación respecto a los factores e índices climáticos. Así, en primer lugar, el tipo de clima se ha definido siguiendo la nomenclatura de Köppen junto con la de González Vázquez (en Pita Carpenter, 1968), que contempla este criterio.

Finalmente, para tener un conocimiento más amplio de la climatología de Navarra, se han calculado diversos índices climáticos que permiten elaborar distintas clasificaciones. Se trata del índice de Thornthwaite, el índice de Lang y los diagramas de Walter y Lieth.

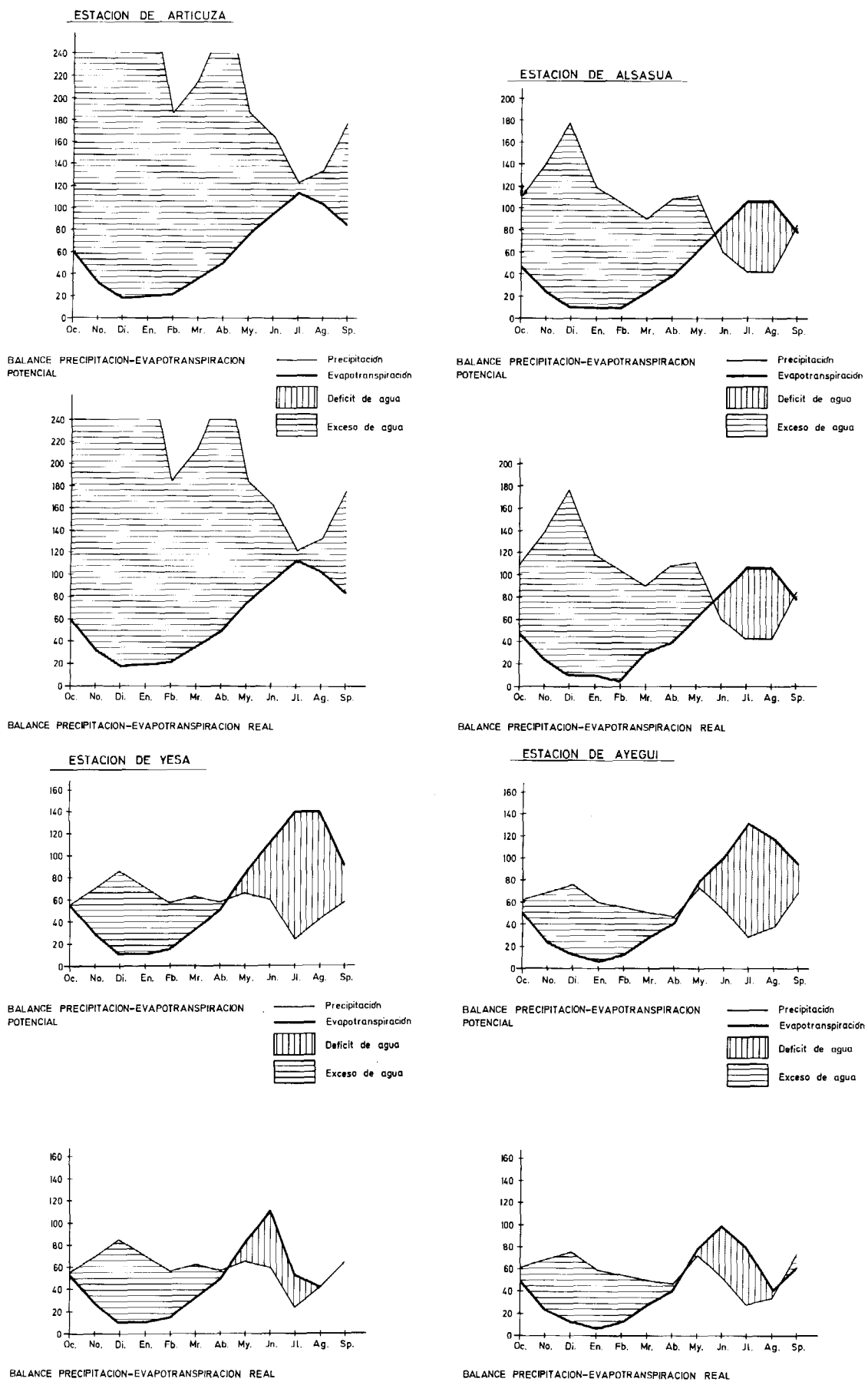


Fig. 10. Balances mensuales medios precipitación-evapotranspiración.
Fuente: Las Aguas Subterráneas en Navarra.

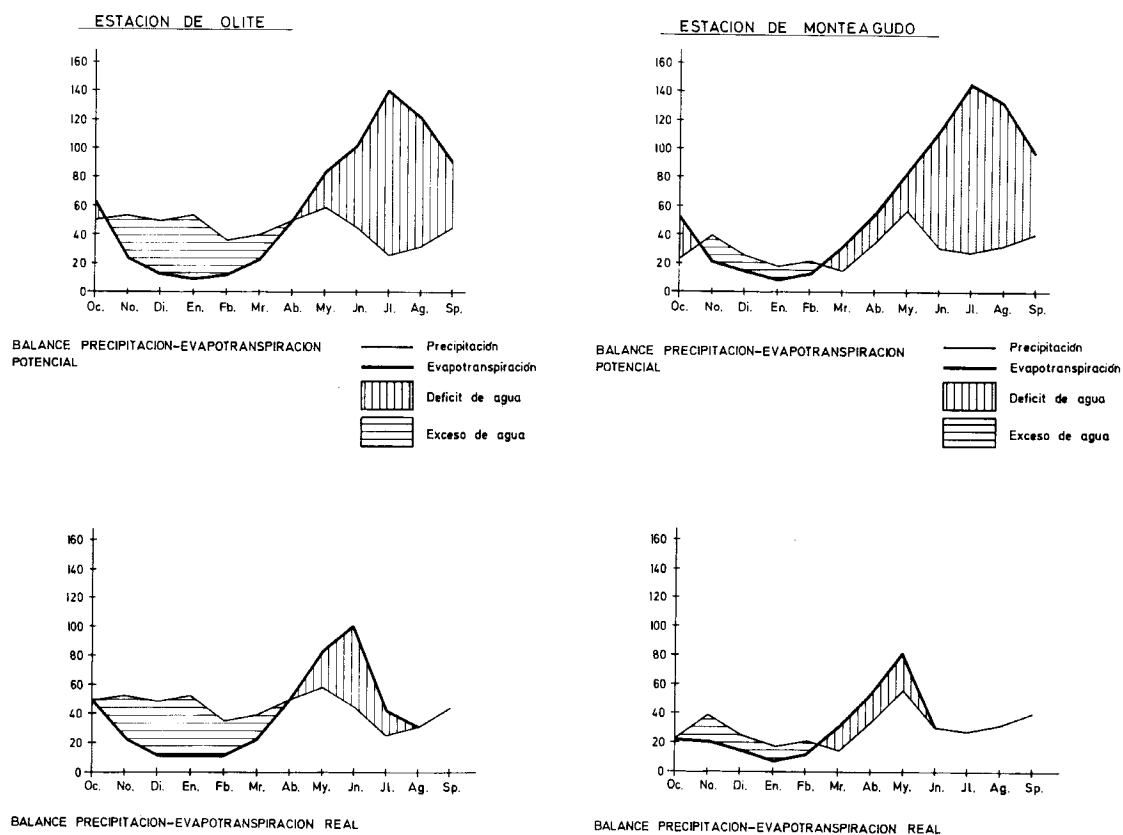


Fig. 10. (Continuación) Balances mensuales medios precipitación-evapotraspiración.
Fuente: Las Aguas Subterráneas en Navarra.

3.4.6.1. Tipo de clima

En el cuadro 8 figuran los resultados obtenidos para el conjunto de estaciones termopluviométricas de Navarra.

Como puede observarse, se presentan en la provincia los tres tipos de clima que contempla la clasificación: Mediterráneo, Atlántico y de Montaña.

El Clima Mediterráneo es el más abundante. Se dan 20 estaciones, en especial en la mitad sur de la provincia.

Este clima se caracteriza por inviernos templados y húmedos con veranos secos y soleados. Otras peculiaridades de este clima son:

- temperaturas medias elevadas superiores a 20° C en el mes cálido.
- precipitaciones de distribución y cuantía irregular, con máximas en primavera y otoño.
- evapotranspiración del conjunto suelo-planta e insolación altas en los meses de estío.
- contrastes muy altos entre la vegetación de secano y regadío.

En el cuadro 9 se dan los datos climáticos extremos y óptimos de algunas especies arbóreas características de climas mediterráneos españoles, según el estudio Pita Carpenter "Clima y Vegetación Arbórea".

ESTACION	CLIMA
ABAURREA ALTA	Montaña, muy húmedo, frío-templado
ALLOZ-PANTANO	Mediterráneo, subseco, cálido-Templado
ALSASUA	Atlántico, húmedo, Templado frío
ARRONIZ	Mediterráneo, subhúmedo, Templado
ARTICUZA	Atlántico, muy húmedo, Templado
ARTIEDA	Mediterráneo, subhúmedo, Templado frío
ALLEGUI-IRACHE	Mediterráneo, subhúmedo, Templado frío
BEIRE	Mediterráneo, subhúmedo, Templado frío
BUÑUEL	Mediterráneo, subseco, Templado
CADREITA	Mediterráneo, seco Templado
CAPARROSO	Mediterráneo, subseco, Templado
CARCASTILLO	Mediterráneo, subseco, Templado frío
ESTELLA	Mediterráneo, sub húmedo, Templado frío
FITERO	Mediterráneo, seco, Templado frío
JAUURIETA	Montaña, muy húmedo, frío-Templado
JAVIER	Mediterráneo, subH, Templado
LECUMBERRI	Atlántico, muy húmedo, Templado
MARCILLA	Mediterráneo, subseco, Templado
MENDIGORRIA	Mediterráneo, subseco, Templado
MONTEAGUDO	Mediterráneo, seco, Templado
OLITE	Mediterráneo, subseco, Templado
PAMPLONA-GRANJA	Atlántico, húmedo, Templado frío
PAMPLONA-OBSERVATORIO	Atlántico, húmedo Templado frío
RADA	Mediterráneo, seco Templado
REMENDIA	Montaña, muy húmedo Frío-Templado
SANTESTEBAN	Atlántico, muy húmedo, Templado cálido
SARTAGUDA	Mediterráneo, subseco, Templado
TUDELA	Mediterráneo, subseco, Templado frío
URBASA-YERRI	Montaña, húmedo, Frío Templado
USTES	Atlántico, húmedo. Templado frío
YESA-PANTANO	Mediterráneo, sub húmedo, Templado frío

Cuadro 8. Clasificación Climática de Köppen-Gonzalez Vazquez.

El Clima Atlántico predomina en la zona noroeste de Navarra. Se presenta en seis estaciones, caracterizándose por veranos frescos y húmedos, e inviernos relativamente desapacibles por la falta de sol y las frecuentes lluvias y vientos. Otras particularidades son:

- temperaturas moderadas en la época estival. La temperatura media en estos meses oscila en torno a 20°.
- frecuentes precipitaciones a lo largo del año, con periodos secos cortos en el verano.
- fuerte crecimiento de las especies vegetales en general. No se han encontrado especies arbóreas exclusivas de este clima.

El Clima de Montaña se limita al dominio pirenaico en el noroeste de Navarra, y al área de la

Especie	Condición	Temperatura media		Precipitaciones	
		mes más frío °C	mes más calido °C	Estivales. mm.	Anuales mm.
P. Halepensis (Pino Carrasco)	Mínimo	3	20	50	300
	Óptimo	7-5	24-22	150-100	600-400
	Máximo	10	26	250	1000
P. Pinca (Pino Piñonero)	Mínimo	3	20	50	350
	Óptimo	10-5	25-21	150-100	600-400
	Máximo	12	26	200	800
Q. Ilex. (Encina)	Mínimo	0	15	50	300
	Óptimo	7-3	24-20	100-75	700-500
	Máximo	11		400	1000
Q. Suber (Alcornoque)	Mínimo	3	20	50	500
	Óptimo	7-5	25 - 22	100-75	1000-700
	Máximo		26		

Cuadro 9. Areas climáticas de las especies mediterráneas.
Fuente: Pita Carpenter. Clima y Vegetación Arbórea.

Sierra de Urbasa. Lo presentan cuatro estaciones y se caracteriza por:

- rigor invernal con temperaturas medias del mes frío alrededor de 2° C y un mínimo de 1,5° C en la estación de Remendía.
- suavidad de las temperaturas estivales, con medias entre 16 y 17° C y máximas de 17,4° C en la estación de Aburrea Alta.
- variabilidad en las precipitaciones, que da lugar a subtipos climáticos muy diferentes.
- altitud superior a la cota 700.

En el cuadro 10 pueden verse los datos climáticos extremos y óptimos de algunas especies arbóreas características de este clima en España (Pita Carpenter).

3.4.6.2. Índices climáticos

Con el fin de conocer mejor la climatología de Navarra, se han elaborado otras clasificaciones climáticas en función de distintos índices climáticos, creados para justificar el reparto geográfico de la vegetación.

Índice de Thornthwaite

Thornthwaite define el índice de eficacia térmica y el índice hídrico anual relacionado directamente con la evapotranspiración.

Por otra parte Thornthwaite define también un índice de humedad $I_h = 100 s/n$, y un índice de aridez $I_a = 100 d/n$, donde n es igual a las necesidades de agua de la vegetación, s es el exceso de agua en el período húmedo y d es el déficit de agua durante el período seco.

Estos índices llamados hídricos, se pueden expresar también por las fórmulas:

Especie	Condición	Temperatura media		Precipitaciones	
		mes más frío °C	mes más calido °C	Estivales. mm.	Anuales mm.
P. Silvestris (Pino Albar)	Mínimo	-6	-	150	500
	Óptimo	0 a -3	18-15	300-200	1000-800
	Máximo	5	22	400	1500
P. Laricio (Pino Salgareño)	Mínimo	-3	15	100	500
	Óptimo	de 3 a 0	20-18	200-150	800-600
	Máximo	5	22	350	1500
P. Uncinata (Pino Negro)	Mínimo	-	-	300	600
	Óptimo	0 a -3	<15	400-350	1500-1000
	Máximo	3	18	-	-
Fague Silvática (Haya)	Mínimo	-	-	150	600
	Óptimo	3 a 0	18-15	300-200	1500-1000
	Máximo	7	20	-	-
Q. Toza (Roble Rebollo)	Mínimo	-3	-	100	500
	Óptimo	de 3 a 0	20-18	200-150	800-600
	Máximo	5	24	250	1500

Cuadro 10. Areas climáticas de las especies de montaña.
Fuente: Pita Carpenter. Clima y Vegetación Arbórea.

$$I_h < \frac{p - e}{E} \times 100 \quad I_a < \frac{e - p}{E} \times 100$$

donde **p**, **e** y **E** son los valores medios de la precipitación mensual, de la evapotranspiración potencial mensual y de la evapotranspiración potencial anual. Es decir, cuando **p** > **e**, el índice se llama de humedad, y en el caso contrario, de aridez.

Calculando los dos índices mensuales, se deduce el índice hídrico anual **I_m**:

$$I_m = I_h + 0,6 I_a$$

I_m puede ser positivo, lo que indica un predominio de los meses húmedos, o negativo, correspondiendo entonces a un predominio de los meses secos.

En este estudio, se han calculado estos índices para seis estaciones representativas de toda la provincia: Alsasua, Articuza, Ayegui, Fitero, Olite y Yesa-Pantano. Los resultados obtenidos según el **I_m** son los reflejados en el cuadro 11.

Estación	I_m	Tipo climático
Alsásua	107,3	Perhúmedo A
Articuza	302,0	Perhúmedo A
Ayegui	10,5	Subhúmedo C ₂
Fitero	-29,1	Semiárido D
Olite	-10,8	Subhúmedo C ₁
Yesa-Pantano	19,4	Subhúmedo C ₂

Por otra parte, en función del índice de eficacia térmica, considerado como ETP, los tipos de clima para las mismas estaciones son:

Estación	ETP (cm.)	Tipo climático
Alsásua	66,1	Mesotérmico I B ₁
Articuza	68,9	Mesotérmico I B ₁
Ayegui	69,8	Mesotérmico I B ₁
Fitero	72,6	Mesotérmico II B ₂
Olite	74,0	Mesotérmico II B ₂
Yesa-Pantano	74,5	Mesotérmico II B ₂

Índice de Lang

También llamado factor de pluviosidad de Lang, viene definido por la expresión $I_L = P/T$, donde P es la precipitación anual en mm y T , la temperatura media anual en grados centígrados.

La clasificación de los climas con arreglo a este índice es:

I_L	Clima
0 - 20	Desiertos
20 - 40	Zonas áridas
40 - 60	Zonas húmedas de estepas y sabana
60 - 100	Zonas húmedas, bosques claros
100 - 160	Zonas húmedas, grandes bosques
> 160	Zonas prehúmedas, prados y tundras

El índice de Lang se ha calculado para las mismas estaciones anteriores, es decir, Alsasua, Articuza, Ayegui, Fitero, Olite y Yesa. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Estación	I_L	Clima
Alsasua	112,8	Zonas húmedas, grandes bosques
Articuza	225,3	Zonas prehúmedas, prados y tundras
Ayegui	55,2	Zonas húmedas de estepa y sabana
Fitero	29,9	Zonas áridas
Olite	39,4	Zonas áridas
Yesa	58,1	Zonas húmedas de estepa y sabana

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	Im	Tipo clima
ALSASUA	81.1	16.0	11.0	9.5	4.6	-3.7	-11.3	-9.5	0.9	10.9	18.0	23.0	107.3	Perhúmedo A
ARTICUZA	37.0	37.0	28.5	36.1	21.4	9.5	3.5	7.2	12.9	26.2	40.0	49.6	302.0	Perhúmedo A
AYEGUI	6.7	5.8	3.5	1.4	-0.7	-7.1	-13.7	-11.4	-3.6	0.7	6.1	8.3	10.5	Subhúmedo C ₂
FITERO	1.2	0.8	-0.2	-0.4	-3.9	-9.0	-15.5	-14.6	-6.7	-2.2	1.4	2.5	-29.1	Semiárido D
OLITE	4.3	2.7	1.0	0.1	-2.7	-8.2	-14.6	-13.0	-7.3	-0.5	4.0	4.8	-10.8	Sec-subhú.C
YESA	9.4	6.1	5.3	2.5	-1.0	-7.9	-13.9	-11.5	-3.5	2.0	6.9	9.9	19.4	Subhúmedo C ₂

Cuadro 11. Índices Hídricos mensuales de Thornthwaite.

Diagramas de Walter y Lieth

Estos diagramas establecen el período xérico o seco cuando la pluviometría mensual P, expresada en mm, es inferior al doble de la temperatura T expresada en grados Celsius. Los diagramas se realizan representando en abscisas los meses del año y en ordenadas las temperaturas y las precipitaciones con escala doble para las primeras (2T).

Se han representado diagramas para las estaciones, de Alsasua, Articuza, Ayegui, Fitero, Olite y Yesa . figura 11 "Caracterización Agroclimática de Navarra (1986)".

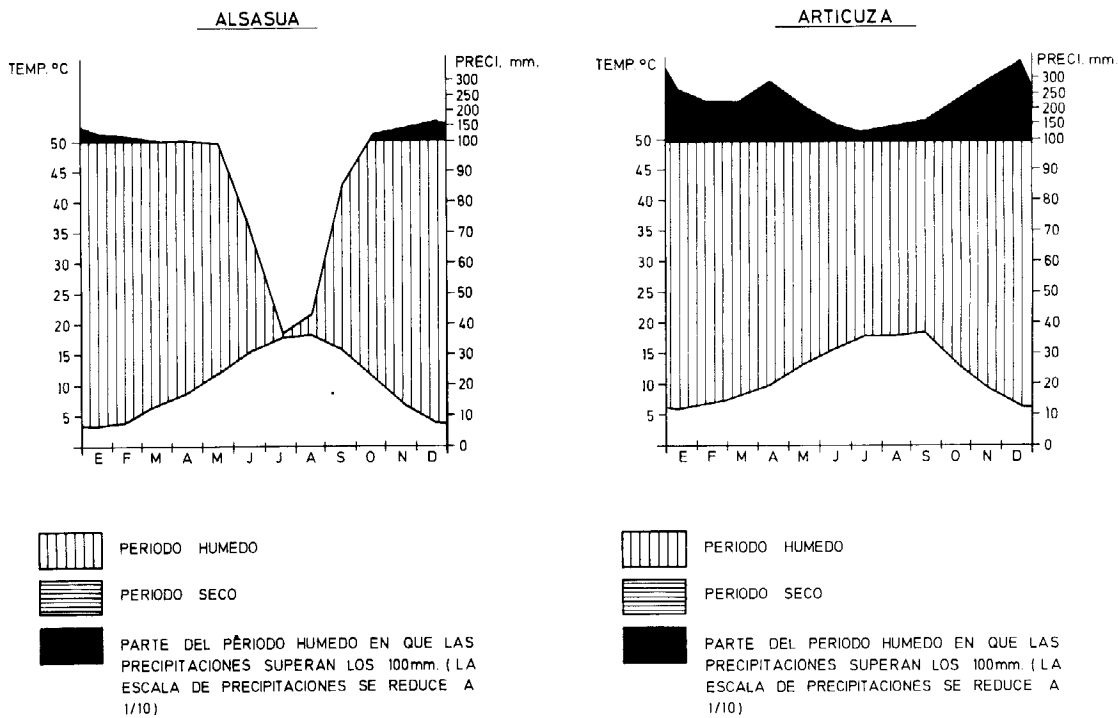


Fig. 11. Diagramas de Walter y Lieth.

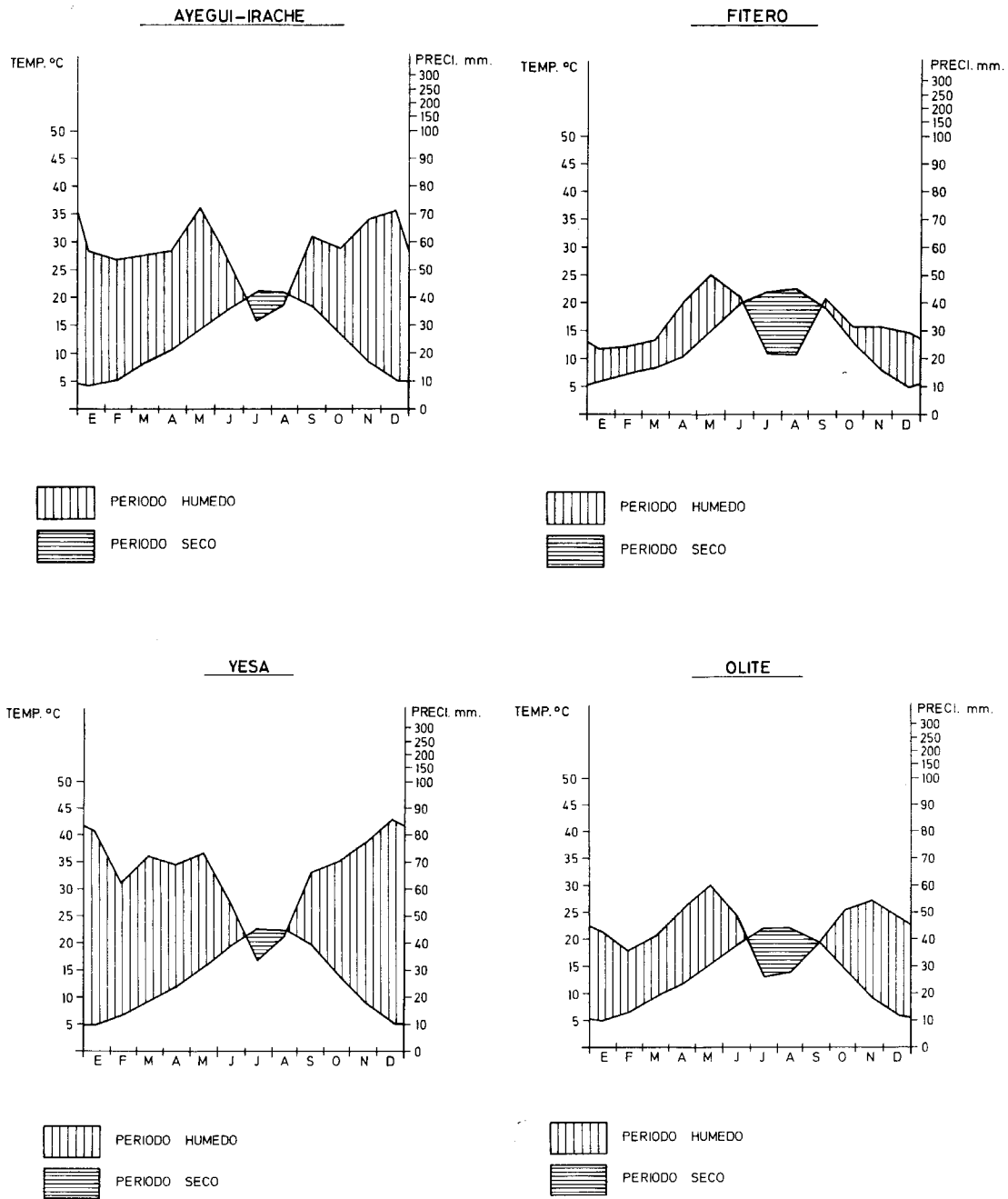


Fig. 11. (Continuación). Diagramas de Walter y Lieth.

3.5. MARCO HIDROGRAFICO E HIDROGEOLOGICO

3.5.1. Introducción

En este capítulo se describe la red hidrográfica de Navarra, las unidades hidrogeológicas con los principales acuíferos, y finalmente, se trata el problema de la contaminación de las aguas. Está basado en el libro "Las Aguas Subterráneas en Navarra", del que se ha extraído la información utilizada.

3.5.2. Hidrografía

Los ríos que discurren por Navarra se pueden dividir en tres grandes grupos. Los pertenecientes a la Cuenca del Ebro, los pertenecientes a la Cuenca Norte o Cantábrica y finalmente los que vierten hacia Francia.

La extensión de las cuencas es la siguiente:

Cuenca del Ebro	9.230 Km²
Subcuenca del Ega	1.060 Km ²
Subcuenca del Arga	2.550 Km ²
Subcuenca del Aragón	3.350 Km ²
Resto de la cuenca del Ebro	2.270 Km ²
Cuenca Norte	1.000 Km²
Subcuenca del Bidasoa	700 Km ²
Subcuenca del Urumea	160 Km ²
Subcuenca del Araxes	140 Km ²
Cuencas de vergencia francesa	170 Km²

A la Cuenca del Ebro, por lo tanto, pertenece casi el 90 % de la superficie de Navarra. El Río Ebro discurre en dirección NW-SE, marcando el límite entre Navarra y La Rioja.

Recibe como afluentes principales a los ríos Aragón, con sus tributarios Arga, Irati, Esca y Cidacos, Ega y Odrón en su margen izquierda. Por la derecha desembocan en el Ebro los ríos Alhama y Queisada; todos de régimen estacional y escasamente regulados.

En la vertiente cantábrica los ríos más importantes son el Bidasoa, Ezcurra, Araxes, Leizaran y Urumea con sus respectivos afluentes. Recorren zonas de alta pluviometría con valles estrechos y grandes desniveles.

Por último, la cuenca de vergencia francesa recoge pequeños ríos y arroyos. De este a oeste los principales son: Río Luzaide, regatos de Urnizate y Aritzakun y el Río Olabidea.

Los recursos hídricos totales de Navarra son 5.100 Hm³/año, de los cuales corresponden a la vertiente mediterránea 3.750 Hm³/año.

En la figura 12 se indica el volumen de escorrentía total anual medio, así como el porcentaje que representa frente a la precipitación en las 6 cuencas principales. En el cuadro 12 figuran los resultados obtenidos para el balance hídrico en las mismas cuencas.

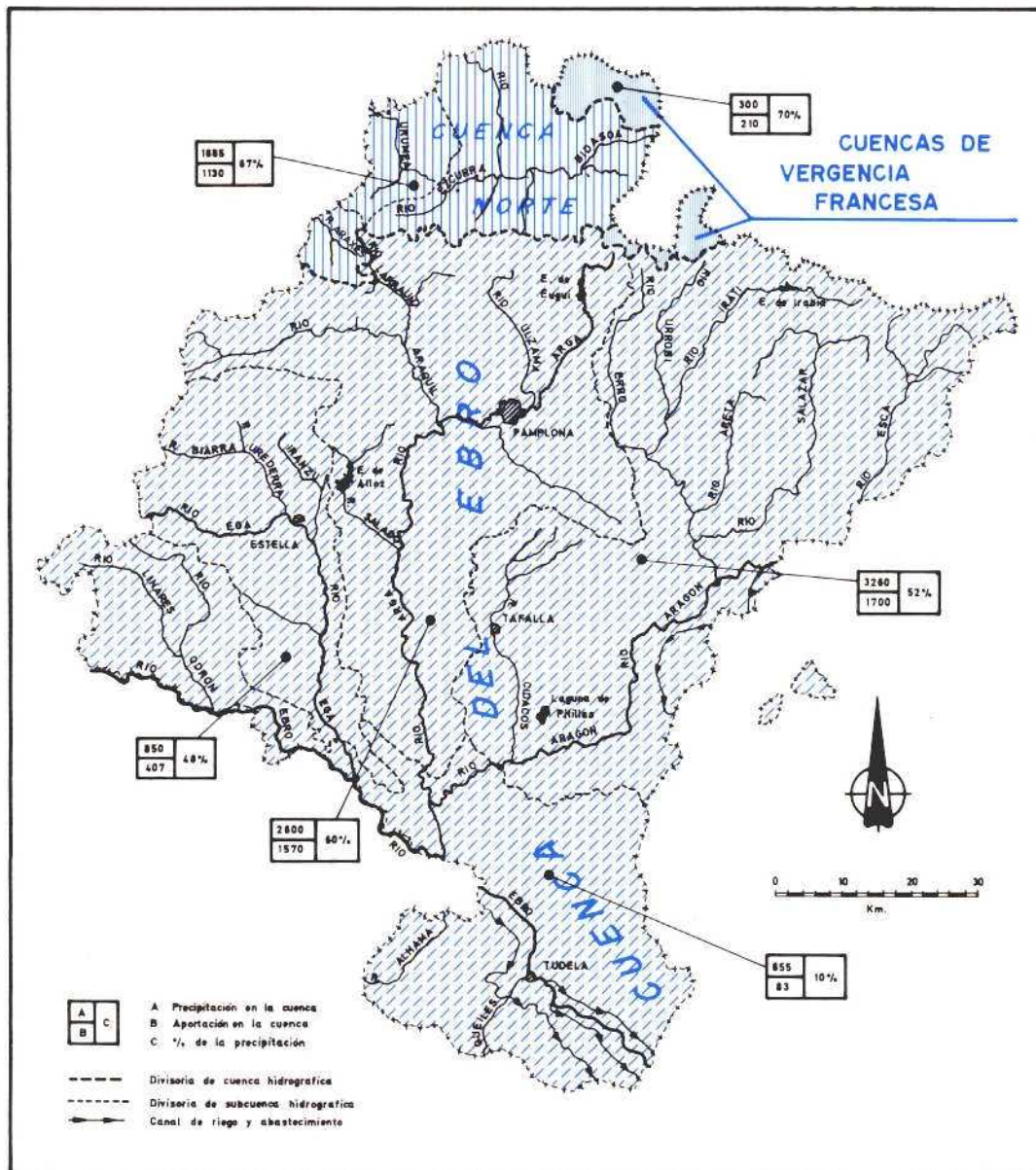


Fig. 12. Aportaciones Hídricas por Cuencas. Hm³/año.
Fuente: Las Aguas Subterráneas en Navarra.

Cuenca Hidrográfica	Superficie Km ²	Precipitación Hm ³ /año	Aportación		Escorrentía superficial		Escorrentía subterránea		Deficit de escorrentía	
			Hm ³ /año	%	Hm ³ /año	%	Hm ³ /año	%	Hm ³ /año	%
EGA EN ANDOSILLA	1.060	850	407	48	107	13	300	35	443	52
ARGA EN PERALTA	2.550	2.600	1.570	60	1.070	41	500	19	1.030	40
ARAGON EN CAPARROSO	3.350	3.260	1.700	52	1.400	43	300	9	1.560	48
CUENCA NORTE	1.000	1.685	1.130	67	960	57	170	10	555	33
VERGENCIA FRANCESA	170	300	210	70	180	60	30	10	90	30
RESTO CUENCA Ebro	2.270	855	83	10	58	7	25	3	772	90
TOTALES	10.400	9.550	5.100	53	3.775	39	1.325	14	4.450	47

Cuadro 12. Balance Hídrico de las Cuencas Hidrográficas.
Fuente: Las Aguas Subterráneas en Navarra.

3.5.3. Hidrología

Navarra es, desde el punto de vista geológico, un territorio variado y complejo, lo que a nivel de funcionamiento hidrogeológico es todavía mucho más patente. Para su estudio se ha dividido en 11 grandes unidades hidrogeológicas, definidas, fundamentalmente, en función de los materiales que las forman y por su estructura (figura 13). Las unidades diferenciadas, que en cierto modo coinciden con regiones naturales, son las siguientes: Urbasa, Aralar, Lóquiz, Ebro y afluentes, Norte, Larra, Pamplona-Ochagavía, Leyre, Alaiz, Sur y Fitero.

Unidad hidrogeológica de Urbasa: se extiende sobre 430 Km² en la Navarra Media Occidental y comprende, las sierras de Urbasa y Andía con sus estribaciones (San Donato, Satrústegui, Saldise, Sarvil y Guesalaz). Los acuíferos están constituidos esencialmente por dolomías, calizas y calcarenitas, que presentan las típicas formas de disolución.

Unidad de Aralar-Ulzama: se extiende a lo largo de 800 Km² en la parte noroccidental de Navarra. Comprende la Sierra de Aralar, los valles de Larraun, Basaburúa y Ulzama, parte de la Barranta y las estribaciones montañosas que van desde Huizi y Leiza, hasta el Puerto de Velate. Dentro de la unidad destaca la Sierra de Aralar, que con una extensión de 208 Km², constituye el conjunto de acuíferos más interesante. Estos están constituidos, fundamentalmente por calizas y dolomías.

Unidad hidrogeológica de Lóquiz: con una superficie de 150 Km², se ubica en la Navarra Media Occidental. Comprende la Sierra de Lóquiz propiamente dicha y la Sierra de Cantabria (Codés y Peña Gallet). Los acuíferos son kársticos, formados esencialmente por calizas y calcarenitas.

Unidad del aluvial del Ebro y afluentes: se extiende sobre unos 905 Km², entre Logroño y Cortes, de los cuales unos 735 Km² pertenecen a Navarra y el resto a La Rioja. Se han considerado los aluviales más importantes y concretamente los del Ega hasta la altura de Lerín, del Arga hasta Larraga, del Cidacos hasta Tafalla y del Aragón hasta Carcastillo. Por la margen derecha se tienen en cuenta los ríos que discurren en buena parte por Navarra, el Alhama hasta Fitero y el Queiles hasta Monteagudo.

Unidad hidrogeológica Norte: está constituida por materiales paleozoicos y triásicos, que forman los macizos de Cinco Villas, Quinto Real y Oroz-Betelú. En general son terrenos impermeables y los acuíferos son poco importantes. Normalmente están formados por calizas, dolomías, areniscas, etc. Destacan las calizas de Lesaca y las calizas, dolomías y magnesitas de Asturreta.

Unidad de Larra: ocupa el extremo nororiental de Navarra, y se prolonga por Huesca y Francia. El acuífero principal está constituido por un espesor de caliza de unos 350 m.

Unidad hidrogeológica de Pamplona-Ochagavía: incluye las cuencas de Pamplona y Lumbier y los valles pirenaicos desde el Arga hasta el Esca. Los acuíferos se localizan en los tramos carbonatados de la unidad, esencialmente barras calcáreas, calizas y dolomías, mientras que el resto se considera impermeable.

Unidad de Leyre: se sitúa en el extremo oriental de Navarra y constituye una zona montañosa con dos alineaciones paralelas, de dirección E-O aproximadamente, separadas por una estrecha depresión. Comprende las sierras de Leyre e Illón. Los acuíferos están formados por calizas y dolomías, que son las litologías predominantes en esta unidad.

Unidad de Alaiz: comprende, la sierra que le da nombre. Se extiende al sur de la Cuenca de Pamplona, siguiendo una dirección NE-SO, ligeramente arqueada. Está formada esencialmente por calizas, dolomías y calcarenitas, que constituyen un extenso acuífero de naturaleza calcárea.

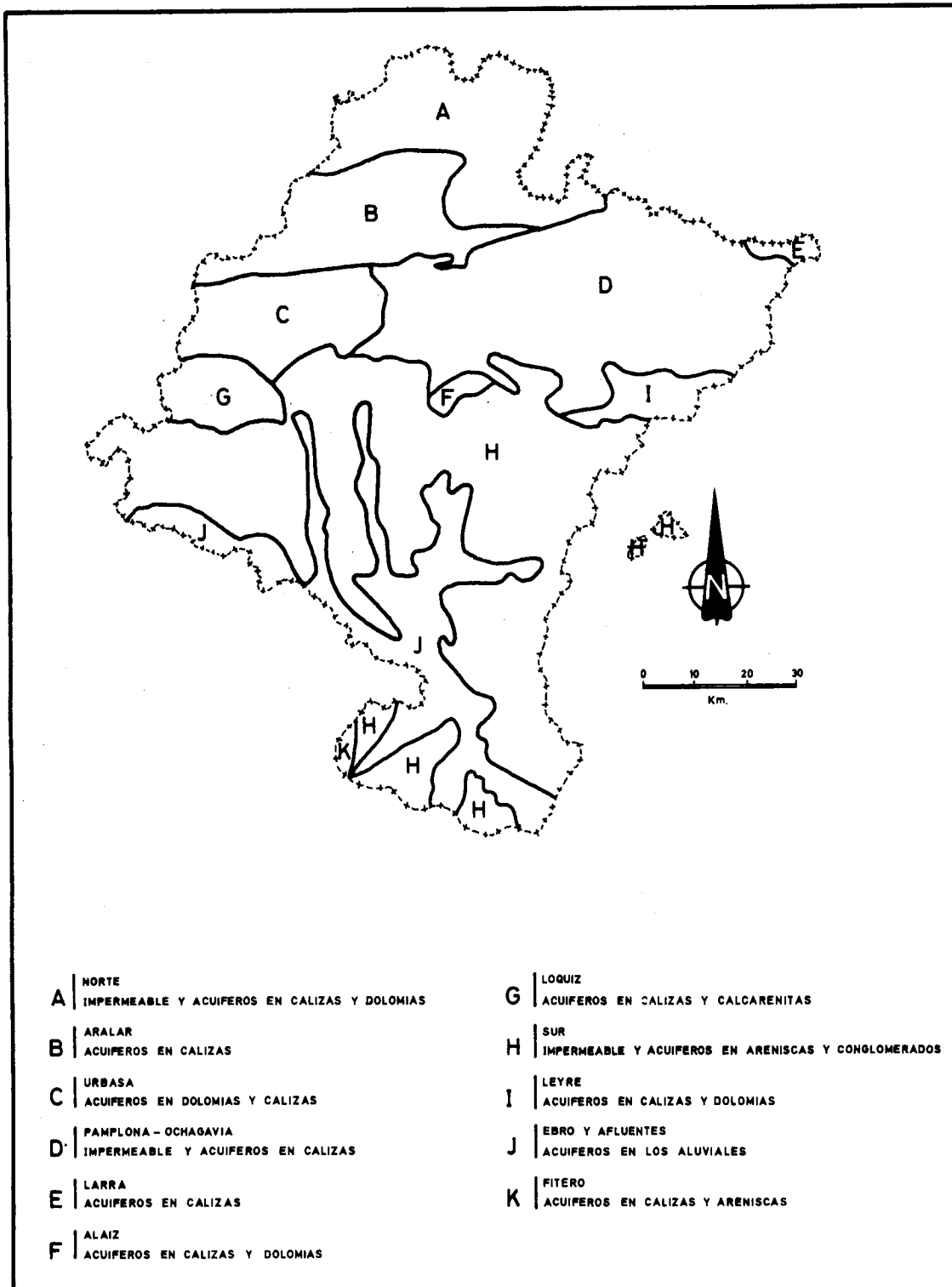


Fig. 13. Principales Acuíferos.
Fuente: Las Aguas Subterráneas en Navarra.

Unidad hidrogeológica sur: formada por los materiales del Terciario continental de la Depresión del Ebro, ocupa prácticamente toda la mitad sur de Navarra. Los terrenos que constituyen los acuíferos más interesantes son las facies detríticas de borde e intermedias, formadas por conglomerados, areniscas, limos y arcillas.

Unidad hidrogeológica de Fitero: se ubica en el extremo suroccidental de Navarra, en una extensión muy reducida y se prolonga por La Rioja. Geológicamente pertenece al Sistema Ibérico. No existen prácticamente acuíferos importantes, sino solamente dos salidas de agua termal (los Baños de Fitero).

En el cuadro 13 se detallan los principales acuíferos de las 11 unidades hidrogeológicas citadas, junto con los recursos de que dispone cada uno de ellos.

La capacidad de regulación existente en Navarra es muy reducida. El grado de regulación de los recursos, por acción de los embalses, se sitúa alrededor del 10 por 100 de los mismos, siendo el volumen regulado por los principales embalses de aproximadamente 430 Hm³/año. Estos son los embalses de Eugui, Alloz, Yesa (entre Navarra y Zaragoza) e Irabia.

3.5.4. Contaminación

Si se desea mantener íntegros los recursos de agua, es absolutamente necesario adoptar medidas de protección, de acuerdo con el riesgo de contaminación que presentan.

En el caso de las aguas superficiales, tanto la contaminación como los agentes contaminantes se suelen detectar rápidamente, por lo que la adopción de medidas protectoras, más o menos complejas, es, en general, factible. Sin embargo, cuando se trata de aguas subterráneas, puede ser que la contaminación no se detecte hasta mucho después de haber cesado la causa. Por otra parte, una vez incorporado el contaminante al embalse subterráneo es muy difícil conocer su movimiento y evolución, a la vez que resulta prácticamente imposible eliminarlo o extraerlo del acuífero. Es esencial entonces, conocer la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, para así adoptar las medidas preventivas necesarias para que ésta no llegue a producirse.

La situación de los acuíferos es de contaminación escasa o incluso nula, con algunas excepciones de manantiales claramente contaminados, generalmente por actividades del ganado o por depósitos de residuos ("Las Aguas Subterráneas en Navarra, 1982").

En la figura 14 se presenta el mapa de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, que siempre hay que considerar en el momento de emprender actividades que, por si mismas, o como resultado de ellas, puedan ser contaminantes, tales como la minería o cantería. Se recogen 4 grados según los siguientes criterios:

1. Acuíferos muy vulnerables.

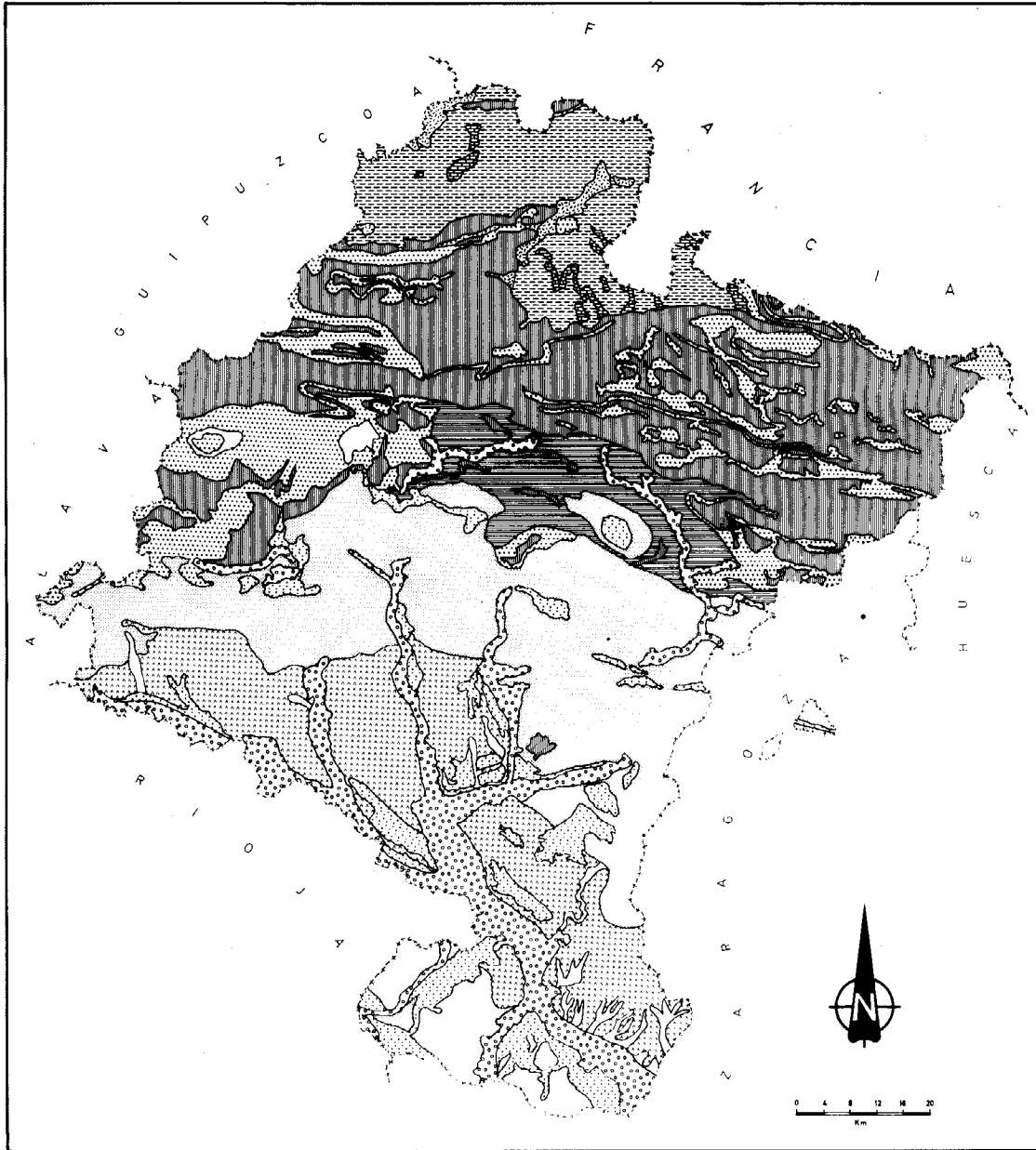
En este grupo se incluyen los terrenos más permeables y por lo tanto, donde el riesgo de contaminación es mayor. Se diferencian tres tipos:

a) Formaciones aluviales. Acuíferos libres.

Se consideran prácticamente todos los aluviales pues, generalmente, sus recursos hídricos son explotados, además de asentarse sobre ellos numerosos núcleos urbanos, explotaciones agrícolas y zonas industriales. El nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie. Por ello el elemento contaminante alcanza rápidamente el acuífero, aunque luego, por la naturaleza de éste, se desplaza lentamente.

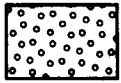
UNIDAD	ACUIFERO	SUPERFICIE Km ²	RECURSOS TOTALES (Hm ³ /año)
ARALAR	Calizas de IRIBAS	68	83
	Calizas de LATASA	18	17
	Calizas de IRAÑETA	23	22
	Calizas de LIZARRUSTI	8	3.5
	Calizas de INZA	4	5
	Calizas de TXINDOKI	12	15
	Calizas de OSIMBERDE	28	36
	SISTEMA HUICI-ARRARAS	28	24
	SISTEMA LEIZA-Pto.VELATE	25	24
RESTO	47	24	
URBASA	Calizas y dolomías de URBASA	175	142
	Calizas y dolomías de ZADORRA	25	20
	Calizas y dolomías de ARTETA	100	2
	Calizas y dolomías de RIEZU	80	70
	Calizas y dolomías de IBERO-ECHIAURI	25	17
	Calizas de ABARZUZA	9	5
	OTROS	16	8
LOQUIZ	Calizas y margocalizas de ITXAKO	51	48
	Calcarenitas de ALBORON-ANCIN	91	84
	Calcarenitas de GENE-VILLA	8	4
ALUVIAL DEL EBRO Y AFLUENTES	Aluvial del Ebro	530	88.2
	“ Cidacos	35	7.6
	“ Ega	50	10.5
	“ Aragón	135	28.3
	“ Arga	95	19.1
	“ Alhama	30	5.4
	“ Queiles	30	5.4
UNIDAD NORTE	Cal.dol.mag. etc	900	157
LARRA	Calizas y margas	40	73
LEYRE	Caliza y dolomías	106	48
PAMPLONA-OCHIAGAVIA	Calizas y dolomías de ABODI-BERRENDI, PEÑA EZ-CAURRE, ARRIETA-GARRALDA	220	152
ALAIZ	Calizas y dolomías	35	10
SUR	Facies detrítica	1.900	29
	“ evaporítica	1.100	11
	“ carbonatada	800	--
FITERO	Calizas, areniscas y conglomerados	---	1.5

Cuadro 13. Recursos Hídricos Totales de las Unidades Hidrogeológicas de Navarra.
Fuente: Las Aguas Subterráneas en Navarra.

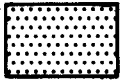


**Fig. 14. Mapa de Vulnerabilidad de Acuíferos.
Fuente: Las Aguas Subterráneas en Navarra.**

1. ACUIFEROS MUY VULNERABLES. EXTREMAR LAS MEDIDAS PREVENTIVAS.



Formaciones aluviales. Acuíferos libres.



Calizas muy fisuradas.



Calizas fisuradas.

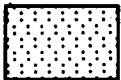
2. FORMACIONES DE PERMEABILIDAD VARIABLE. DIVERSOS RIESGOS DE CONTAMINACION.



Alternancia de materiales permeables e impermeables.

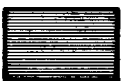


Formaciones no homogéneas.



Formaciones detriticas poco permeables.

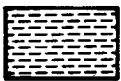
3. ZONAS EN LAS QUE, POR NO EXISTIR PRACTICAMENTE AFLORAMIENTOS DE FORMACIONES PERMEABLES, LA CONTAMINACION AFECTARA CASI EXCLUSIVAMENTE A LAS AGUAS SUPERFICIALES.



Formaciones sedimentarias impermeables de origen marino.



Formaciones sedimentarias basicamente impermeables de origen continental.



Terrenos antiguos, plegados y metamorfizados.



Terrenos graniticos y ofitas.

4. TERRENOS IMPERMEABLES.



Fig. 14. Mapa de Vulnerabilidad de Acuíferos. Leyenda
Fuente: Las Aguas Subterráneas en Navarra.

b) Formaciones calcáreas muy fisuradas.

Incluye todos aquellos afloramientos de calizas y dolomías karstificadas que dan lugar a acuíferos importantes. Destacan Urbasa, Andía, Aralar y Lóquiz.

El elemento contaminante penetra en el acuífero rápidamente, sin ningún tipo de filtración o retención del terreno.

c) Formaciones calcáreas fisuradas.

Se consideran las calizas y dolomías con carstificación poco desarrollada.

2. Acuíferos con vulnerabilidad media.

Zonas de permeabilidad variable. Se consideran los siguientes tipos:

a) Alternancia de materiales permeables e impermeables.

Se trata de las areniscas y margas de la Depresión del Ebro. La contaminación de los niveles permeables más superficiales pueden transmitirse a los acuíferos más profundos durante su explotación.

b) Formaciones no homogéneas.

Se incluyen aquí la alternancia de areniscas, calizas y margas, y las facies flysch del Mesozoico y Terciario. En general son acuíferos poco importantes de permeabilidad baja y contaminación muy relativa.

c) Formaciones detríticas poco permeables.

Estas formaciones presentan una cierta porosidad intersticial. Sin embargo, la lenta circulación subterránea y la intensa filtración natural, impiden la propagación rápida de la contaminación. Su eliminación es difícil.

3. Acuíferos poco vulnerables.

Son zonas en las que, por no existir prácticamente afloramientos de formaciones permeables, la contaminación afectará casi exclusivamente a las aguas superficiales. Son zonas donde los acuíferos que existen son acuíferos cautivos profundos, protegidos de la contaminación por grandes espesores de sedimentos impermeables. Se han diferenciado:

a) Formaciones sedimentarias de origen masivo, impermeables.

Son margas y arcillas del Mesozoico y Terciario que actúan como pantallas impermeables de los acuíferos profundos.

b) Formaciones sedimentarias de origen continental, impermeable.

Son margas y yesos del Terciario continental.

c) Terrenos antiguos.

Son fundamentalmente impermeables, aunque existen zonas alteradas que originan pequeños acuíferos libres aislados, vulnerables a la contaminación.

d) Terrenos graníticos y ofitas. Impermeables pero con zonas alteradas aisladas permeables y fácilmente vulnerables.

4. Terrenos impermeables

Las aguas de escorrentía de esta zona recargan acuíferos de cierta importancia. Se han considerado como tales las zonas de margas de las unidades de Urbasa, Andía y determinadas zonas de la unidad Sur.

3.6. FISIOGRAFIA

Navarra es una provincia que muestra un enorme contraste orográfico entre el norte (Montaña) y el sur (Ribera). En ella confluyen los Pirineos Occidentales y las Montañas Vasco-Cántabras por el norte, y la Depresión del Ebro por el sur (figura 15).

Una línea que enlace la Sierra de Leyre, al este, con la de Codés, al oeste, pasando por las de Izco, Alaiz, Perdón, Andía, Urbasa y Lóquiz separaría dos porciones de Navarra hipsométricamente distintas. Así, en el norte dominan claramente los terrenos con altitud superior a los 600 m, aunque haya algunos que no alcancen dicha cifra; en el sur predominan los inferiores a 400 m, aunque también ciertas áreas superen este valor y hasta el de 600 m.

3.6.1. La Montaña

En esta zona pueden distinguirse tres áreas morfológicamente distintas: el Area Pirenaica, el Area del Sistema Vasco-Cántabro de montañas y los Montes de la Vertiente Cantábrica.

3.6.1.1. Area 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. Dentro de este área se pueden considerar dos subzonas: los Valles Transversales Pirenaicos y las Cuencas Prepirenaicas.

Los Valles pirenaicos

El eje del Pirineo corre en dirección Este-Oeste, surcado perpendicularmente por una serie de valles paralelos entre sí, que están caracterizados por los siguientes rasgos geomorfológicos:

- predominio neto de la cobertera mesozoica y sobre todo eocénica, sobre el zócalo paleozoico.
- predominio claro de las facies flysch entre los elementos de la cobertera. Las formas monótonas que la erosión ha modelado sobre ellos quedan intercaladas en el flysch, que dan lugar a resaltes topográficos.
- Las calizas predominan en algunas importantes sierras, así como en las montañas del alto Roncal, donde existe uno de los paisajes kársticos más impresionantes de Europa, con multitud de dolinas, úvalas, lapiazes, sumideros, etc; la Meseta de Larra y la Sima de San Martín, son sus mejores y más conocidos símbolos.
- Los ríos siguen un curso transversal a las estructuras geológicas, y han labrado valles anchos en los terrenos blandos, y gargantas en los duros, particularmente en las calizas.
- A consecuencia del hundimiento del zócalo paleozoico, las altitudes de los relieves disminuyen, por lo que las huellas del glaciario cuaternario son escasas.

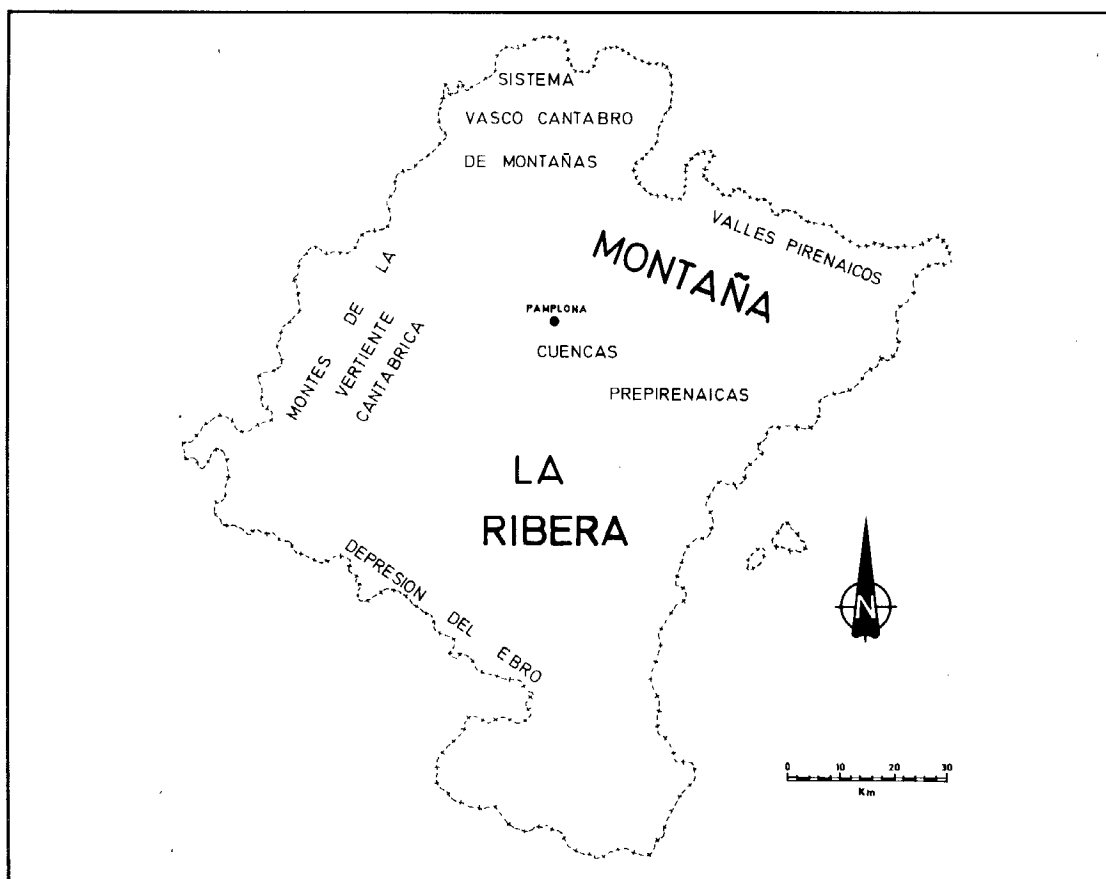


Fig. 15. Areas Morfológicas de Navarra.

Cuencas prepirenaicas

Se trata de una doble y alargada cuenca (la de Pamplona y la de Lumbier) limitada al Oeste por la Sierra de Andía y al Sur por las de Leyre e Illón.

Situadas en el centro de Navarra y rodeadas de montañas, son, desde el punto de vista morfológico, como un anticipo de la gran Depresión Ibérica. La Cuenca de Pamplona está recorrida en dirección E-O por el Río Arga, en curso meandriforme. La Cuenca de Lumbier se integra hidrogeológicamente en la cuenca del Irati. Ambas están separadas por Peña Izaga (1.353 m).

Las Cuencas Prepirenaicas navarras forman una cubeta sinclinal de margas marinas. Sobre ellas, en el islote montañoso central de Izaga, se conservan los afloramientos continentales detríticos. Los corredores margosos del valle de Egüés, al N, y de Libargoiti, al S, enlazan las dos cuencas. En la masa de margas aparecen intercalados barras calcáreas o areniscosas, que dan resaltes topográficos.

Aparte de estos rasgos, desde el punto de vista geomorfológico, cabe destacar lo siguiente:

- existencia de varios niveles escalonados de terrazas fluviales y de glaciares de erosión. Desprovistas las margas de la cobertura vegetal por la acción del hombre, la erosión fluvial y torrencial ha modelado extensos y típicos abarrancamientos (badlands), sobre todo en la Cuenca de Lumbier.

- presencia de relieves estructurales dominantes en la periferia de las cuencas: Al N abundan

más bien pequeñas crestas monoclinales que buzan hacia el S, como por ejemplo, San Cristóbal Miravalles. Al O queda la terminación de Andía, que es la Sierra de Sarvil. Al S, las crestas del Perdón (1.937 m) e Izco (Anchurda, 1.035 m) y la Sierra de Alaiz (Higa de Monreal, 1.289 m). Por fin al E y SE las sierras de Illón (Borreguil, 1.420 m) y Leyre (Arangoiti, 1.355 m).

3.6.1.2. Sistema Vasco-Cántabro de montañas

La mitad occidental de la zona de la Montaña está ocupada por el extremo oriental del Sistema Vasco-Cántabro de montañas. Son sierras de dirección E-O, de moderada altitud y que en ocasiones forman auténticas altiplanicies. Se trata de las sierras de Aralar, Andía, Urbasa, Lóquiz y Codés, cuyas principales elevaciones son: Irumugarrieta (1.427 m), Beriain (1.494 m), Dulanz (1.239 m), Sarzaleta (1.114 m) e Iñar (1.414 m).

Las sierras de Aralar y de Urbasa-Andía, separadas por el corredor de Araquil, destacan sobre las demás. La de Aralar corresponde a un gran pliegue volcado, deslizante y cabalgante hacia el N (escarpe de las Malloas); Urbasa y Andía se integran en un largo sinclinal colgado, que en conjunto adopta más la forma de meseta que de sierra.

La Sierra de Lóquiz al sur de Urbasa, de la que se separa el corredor de erosión de las Améscoas, es un anticlinal de rumbo O-E, erosionado en su eje (Valle de Lana).

La Sierra de Codés es un complejo pliegue-falla, cabalgante hacia el S, que se continúa por la Sierra de Cantabria.

Un rasgo común a todas las sierras es el relieve kárstico modelado sobre las calizas.



Foto 1. La Montaña. Valle del Baztán en Urdax.



Foto 2. Unidad Geomorfológica de La Ribera. Andosilla

3.7. EDAFOLOGIA

Navarra presenta una gran variedad de suelos como consecuencia, fundamentalmente, de tres factores:

- gran diversidad climática, que junto con la litología son los dos parámetros que influyen de manera decisiva en el desarrollo, caracterización y utilización de los suelos.
- variedad de materiales sobre los que se asientan los suelos.
- gran variedad de usos y aprovechamientos del suelo por parte del hombre a lo largo de los siglos.

La clasificación de suelos que se presenta está tomada del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos que sigue el sistema "Soil Taxonomy", USDA-1975. La información se recoge, por un lado, en el mapa de la figura 16 donde se delimitan las diferentes unidades de suelo, y por otro en el cuadro 14 donde quedan descritas y definidas. Para cada unidad se dan los suelos más dominantes (Orden y Gran Grupo) y se añade información adicional que correspondería a niveles clasificatorios inferiores (subgrupo, familia, etc.).

Dada la gran variedad climática que presenta la provincia, es muy difícil definir las fronteras entre los diferentes tipos de suelo. Por otra parte, la amplitud de las definiciones lleva a incluir en el mismo régimen de humedad, suelos de áreas francamente diferentes (por ejemplo, el xérico incluye suelos de la zona de Pamplona y de gran parte de la Ribera). Así se puede dar a entender una homogeneidad que no es real y que desaparece al descender a estudios de detalle. El área ocupada por el ústico es de difícil delimitación y en la parte meridional de Navarra aparece el arídico, que se presenta en situaciones límite, bordeando el xérico o el ústico.

3.6.1.3. Montes de la Vertiente Cantábrica

El extremo norte de la provincia está ocupado por los Montes de la Vertiente Cantábrica.

Desde el punto de vista geológico conviene distinguir los macizos paleozoicos, por un lado, y las sierras y valles de la cobertera mesozoico-eocena, por otro.

En lo que se refiere a los macizos paleozoicos (Cinco Villas y el borde occidental del de Quinto Real), sus principales rasgos morfológicos son:

- suavidad de las cumbres, que derivan de viejas superficies de erosión.
- encajonamiento de los ríos formando gargantas profundas de trazado complejo, a favor de fallas y fracturas.
- crestas y cuevas modeladas por la erosión en las areniscas y conglomerados permotriásicos. Merecen destacarse Mendaur (1.135 m) en el de Quinto Real. Autza (1.036 m) es la montaña más alta, y la única con huellas, aunque muy leves del glaciario cuaternario.

Los macizos están separados por depresiones excavadas en los terrenos blandos del Triásico y Cretácico: el Corredor de Vera-Ainhoa, dominado por el Monte Larún (898 m), el de Ezcurra y la Depresión del Baztán.

Al S del Corredor de Ezcurra se alza una serie de montañas de altitud modesta, (en torno a los 1.000 m) que forman la divisoria de aguas Cantábrico-Mediterráneo.

3.6.2. La Ribera

La zona de la Ribera ocupa la mitad sur de la provincia. Situada en la Depresión del Ebro, ofrece extensas áreas llanas, cruzadas por pequeñas lomas y sierras; de éstas últimas, las principales son: Sierra de Peralta, Montes de Cierzo y la Loma Negra.

Puede decirse que hay dos Riberas: una al N, accidentada por alineaciones de colinas alargadas desde el NO al SE, y otra al S, con llanuras escalonadas entre 250 y 600 m.

Ambas se corresponden con dos tipos distintos de estructuras geológicas: La primera, plegada y con abundancia de yesos y la segunda, tabular, predominando en ella margas, calizas y areniscas.

Los pliegues son de origen halocinético. La erosión ha modelado en la Ribera plegada todas las formas típicas del relieve jurásico o prealpino.

La Ribera tabular presenta mesetas y planas, así como cerros testigos. Alcanza su mejor representación en la Bardena Negra. Se trata de formas topográficas modeladas por erosión diferencial sobre estructuras horizontales o subhorizontales.

Los estratos resistentes, calizas en la Bardena Negra y areniscas en los Montes de Cierzo, quedan en resalte y forman cornisas festoneadas.

Los estratos margo-arcillosos se abarrancan y forman "bad-lands".

A las llanuras o plataformas estructurales, hay que añadir las terrazas fluviales que, jalonan los cursos de los ríos, escalonadas a diversas alturas. Las de mayor desarrollo están junto al Ebro, aguas abajo de Tudela, y junto al Aragón, aguas abajo de Carcastrillo.

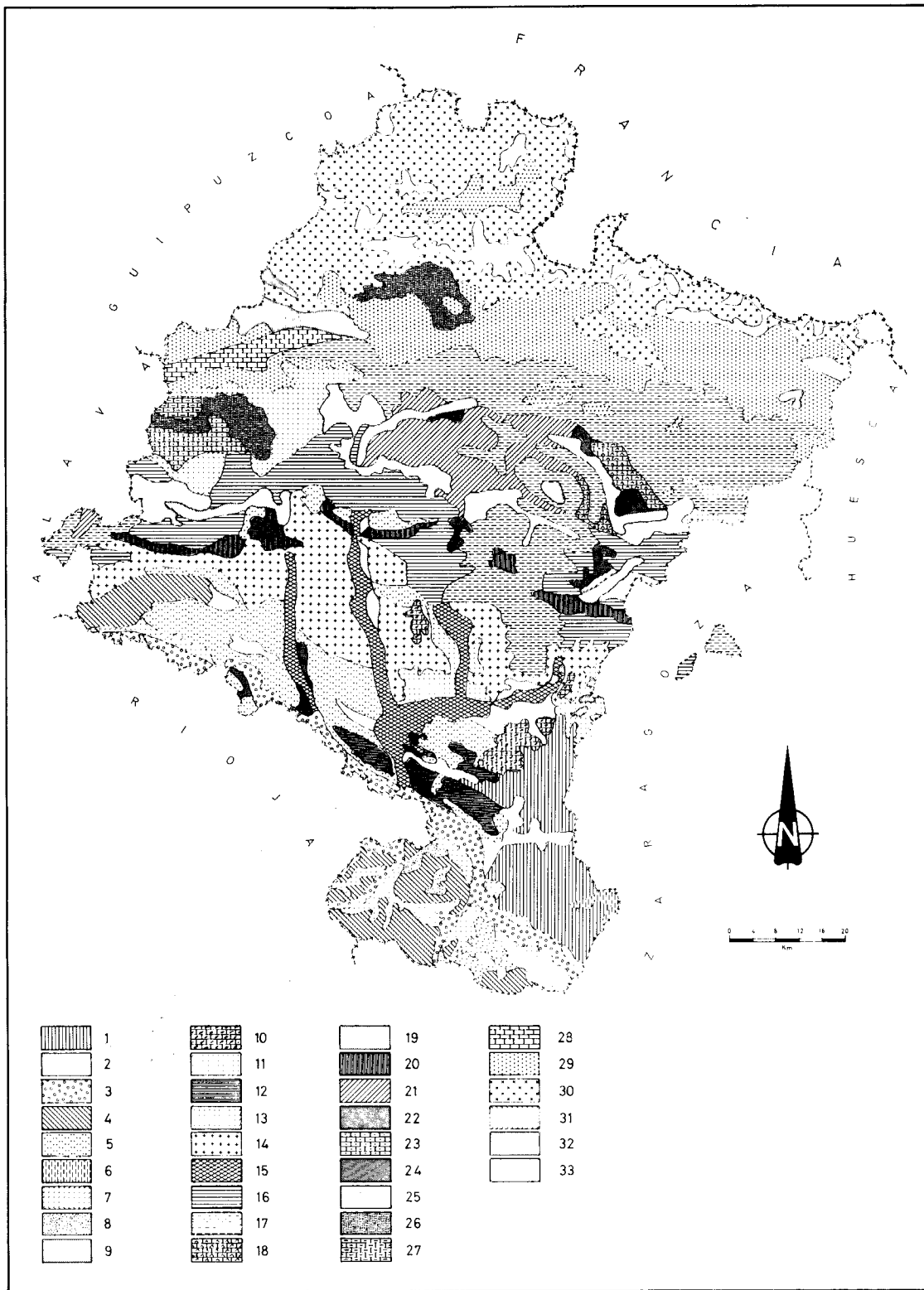


Fig. 16 Mapa Esquemático de los Suelos de Navarra.
Fuente: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos.

UNIDAD	ORDEN	GRAN GRUPO	INFORMACION ADICIONAL	INCLUSIONES
1	ENTISOL	Torriorthent	Xéricos, paralíticos, salinos	Xerollic Calciorthid
2	ENTISOL	Torrifluent	Xéricos, muy salinos	Salorthid, Calcic y Typic Gypsiorthid
3	ENTISOL	Torrifluent	Xéricos	
4	ENTISOL ARIDISOL	Torriorthent Calciorthid	Xéricos Xerollicos	Paralithic Torriorth. Xeric Torrifluent
5	ENTISOL ARIDISOL	Torriorthent Gypsiorthid	Líticos y paralíticos sobre yesos Cálcico sobre margas y yesos	Xerollic Calciorthid, Typic Xerorthent y Pachic Calcixeroll
6	MOLLISOL	Calciustoll y Haplustoll	Líticos o poco profundos	Lithic y paralithic Torriorthent
7	ARIDISOL	Calciorthid	Xerollicos, frecuente pedregosidad	
8	ARIDISOL	Paleorthid	Xéricos, con horizonte petrocálcico Mucha pedregosidad	
9	INCEPTISOL	Xerochrept	Calcixerollicos, frecuente pedregosidad	
10	INCEPTISOL	Xerochrept	Petrocálcicos, muy pedregosos	Calcixerollic Xerochrept Familias mineralógicas a supercarbonáticas (> 60% CO ₃ Ca)
11	INCEPTISOL	Xerochrept	Calcixerollicos y petrocálcicos Frecuente pedregosidad	
12	INCEPTISOL ARIDISOL	Xerochrept Calciorthid	Calcixerollicos y Xerollicos Frecuente pedregosidad	
13	ENTISOL INCEPTISOL	Torrifluent Xerochrept	Xéricos, salinos Calcixerollicos	
14	ENTISOL INCEPTISOL	Xerorthent Xerochrept	Típicos Calcixerollicos	Paralithic Xerorthent Typic Xerofluent (salino)
15	ENTISOL	Xerofluent	Típico	
16	INCEPTISOL	Xerochrept	Típico y Calcixerollico	Typic y Paralithic Xerorthent y Typic Xerofluent
17	ENTISOL	Xerorthent Ustorthent	Típicos y paralíticos Líticos	Typic y Calcixerollic Xerochrept y algún Xeroll
18	ENTISOL	Xerorthent	Paralíticos, Erosionados	
19	ENTISOL	Xerofluent	Típico. Pedregosidad. Régimen de humedad más húmedo que en Unidad 15	
20	ENTISOL	Xerorthent	Líticos, sobre conglomerados y areniscas duras	
21	INCEPTISOL	Xerochrept	Paralíticos, típicos y calcixerollicos	Entic Chromoxerent
22	ALFISOL	Haploxeralf	Típicos y cálcicos, pedregosos	
23	INCEPTISOL	Ustochrept	Típicos	
24	INCEPTISOL	Ustochrept	Típicos, pedregosos	Petrocalcic Ustochrept
25	ENTISOL	Ustorthent y Udorthent	Líticos, sobre conglomerados y calizas	
26	ALFISOL ULTISOL	Udalf Udult	Frecuentes encharcamientos	Dystrochrepts
27	SPODOSOL	Haplorthod	Desarrollo variable del hor. spódico	Diversos Udalfs
28	ENTISOL	Udifluent	Típicos y Aquicos	
29	INCEPTISOL	Euthochrept	Típicos y líticos; afloramientos frecuentes	Haphudolls y Udalfs
30	ENTISOL INCEPTISOL	Udorthent Haplumbrept	Líticos	Umbric y Typic Dystrochrept
31	ENTISOL	Udorthent	Líticos, sobre calizas	
32	ROCA INCEPTISOL	Dystrochrept	Umbricos y Típicos. El suelo sólo ocupa grietas en la roca	
33	ROCA ENTISOL INCEPTISOL	Udorthent Haplumbrept	Líticos, afloramientos de roca frecuentes y más o menos extensos	

Cuadro 14. Descripción de las Unidades de los Suelos.

Fuente: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos.

3.8. CULTIVOS Y APROVECHAMIENTOS

La cantidad de suelos destinada a cultivos varía de forma considerable en cada una de las comarcas, variando desde 10 % en la zona alpina hasta el 82 % en la zona de la Ribera.

COMARCA	%
Cantábrica - Baja Montaña.	22
Alpina	10
Tierra Estella	45
Media	57
Ribera	82

Las principales unidades de uso del suelo son:

1.- Huerta.

Ocupa un total de 4.955 Ha que supone el 0,5 % de la superficie total. Se trata de zonas parceladas, próximas a núcleos urbanos, en particular en la comarca de la Ribera.

2.- Regadío.

Afecta a un gran porcentaje de la comarca de la Ribera y el resto de la Media y Tierra Estella. Existen cuatro grandes canales con un total de 18.705 Ha de regadío, además de múltiples derivaciones de ríos que alimentan a zonas generalmente muy parceladas y con graves problemas de infraestructura.

Se han detectado problemas locales de salinidad en el área de Murillo-Las Líneas que llega a impedir el cultivo.

Los cultivos fundamentales en regadío son los herbáceos, en especial el maíz, trigo, cebada, patata, alfalfa, espárrago, pimiento, tomate, alcachofa, tabaco y remolacha; el viñedo y el olivar en regadíos eventuales, así como los cultivos de frutales.

3.- Secano.

Representa un alto porcentaje de ocupación del suelo. Se ha distinguido las siguientes particularidades.

- Labor intensiva en secano, con un total de 296.966 Ha y el 28,5%. Destacan el barbecho en sus variedades de blanco y semillado.
- Espárrago en secano. Ocupa una superficie de 8.037 Ha.
- Almendro en secano. Ocupa 2.632 Ha. Se encuentra en expansión en los últimos años.
- Viñedo en secano. Representa el 2 % con 18.148 Ha ocupadas.
- Olivar en secano. Existen 2.831 Ha situándose en franca regresión debido en gran parte a la concentración parcelaria.

4.- Prados naturales.

Ocupan un total de 36.406 Ha, que representan el 3,5 % de la superficie provincial. Se localizan

en la parte norte, más húmeda, de la provincia.

Se pueden considerar dos tipos de pradera:

- Praderas permanentes.- No se siembra anualmente y las especies más frecuentes son: *Dactylis Glomerata*, *Poa Pratensis*, *Holcus Laratus*, *Lolium Perenne*, *Trifolium Repens*, etc.
- Praderas de siembra.- Son praderas implantadas y las especies más frecuentes son: *Raygrass inglés e italiano* y *Trébol blanco*.

5.- Pastizal.

La superficie total de pastizales, junto con sus asociaciones, ocupan una superficie de 63.979Ha que representan el 6% de la superficie provincial.

Se trata de pastos subalpinos, pastizal de montaña, pastizales salobres, o bien se asienta sobre zonas de cultivos abandonados.

3.9. MARCO BIOLÓGICO. VEGETACION Y FAUNA

Para determinar la distribución de la vegetación en Navarra, fundamentalmente se han seguido criterios climáticos y edafológicos. En la figura 17 se representan varios cortes vegetativos de distintas zonas. Se han definido 5 ambientes bioclimáticos: Zona Pirenaica, Zona Cantábrica, Navarra Media Oriental, Navarra Media Occidental y La Ribera.

3.9.1.- Zona Pirenaica.

Este ambiente puede dividirse en dos subambientes:

- a) Valles Pirenaicos
- b) Cuencas Prepirenaicas

a) Valles Pirenaicos.- Son valles que se extienden desde Francia hasta la Sierra de Leyre y las cuencas del Lumbier y Pamplona y desde el Valle del Arga hasta el valle aragonés del Ansó. De O a E están los valles del Esteribar, Erro, Arce, Aezcoa, Salazar y Roncal. Es un área montañosa de carácter subatlántico submediterráneo.

La altitud de los relieves, la orientación y forma de los valles e interfluvios, explican las matizaciones termo-pluviométricas. Hacia el S predominan los caracteres submediterráneos, hacia el O los suboceánicos y hacia el NE se transforman en subalpinos.

La vegetación potencial corresponde a la gran formación Aestilignosa.

En los valles orientales predomina el pino silvestre (*Pinus Silvestris*) y en los occidentales y zonas umbrías de los valles restantes la haya. También aparecen abetos, bosque de Irati. En el alto pirineo aparece el pino negro (*Pinus Unciata*).

En altas cotas puede presentarse la vegetación típica de la gran formación Frigidideserta.

b) Cuencas Prepirenaicas.- Se trata de una doble cuenca, Pamplona y Lumbier, muy alargada. Está limitada al O por la Sierra de Andía, al S por las del Perdón, Alaiz e Izco, y al E por Illón y Leyre.

Es una zona de transición climática. Cabe destacar que Pamplona se encuentra entre una zona de clima templado oceánico de tipo vasco y el clima mediterráneo continental de la Depresión

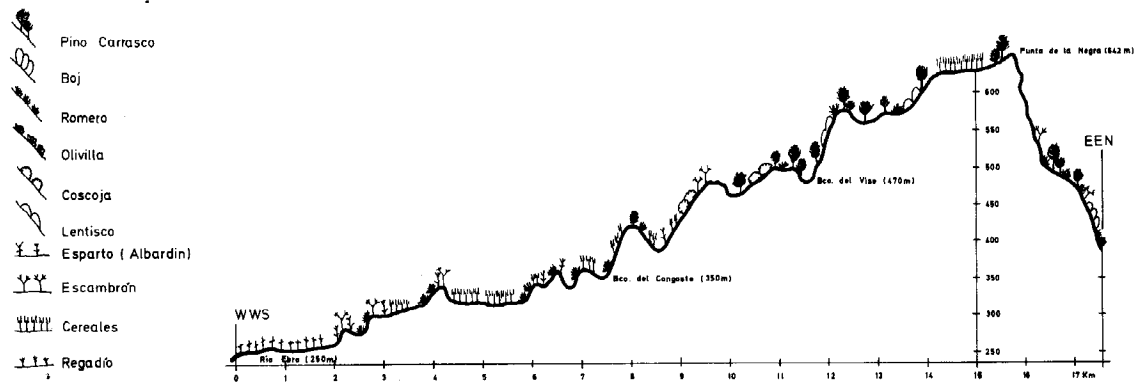


Fig.
PLANA DE LA NEGRA, RIO EBRO (Fustiñana, Bardena)

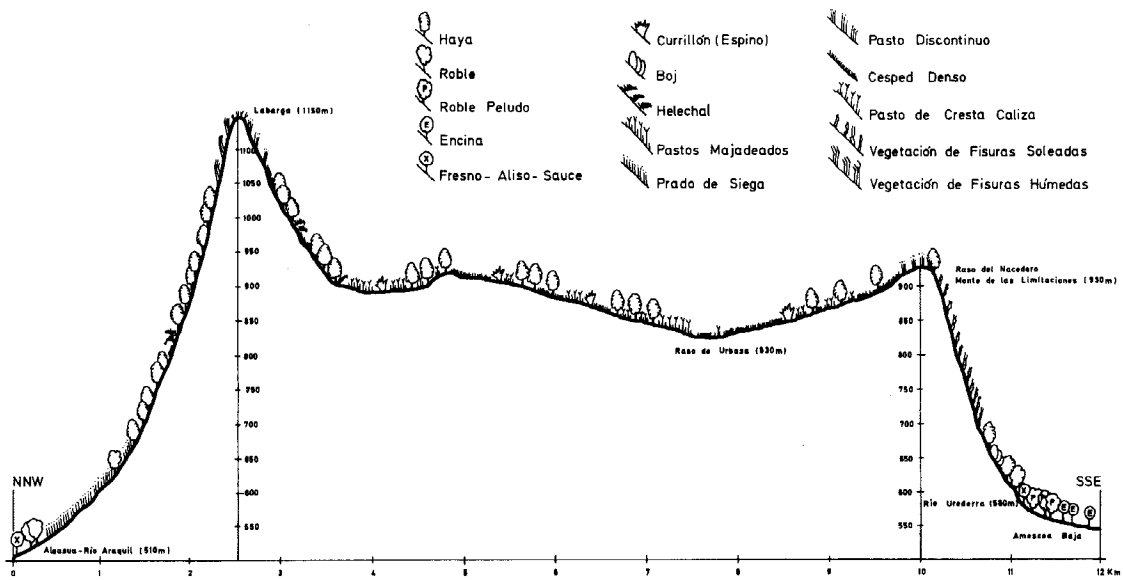


Fig.
ALSASUA, URBASA, AMESCOA BAJA

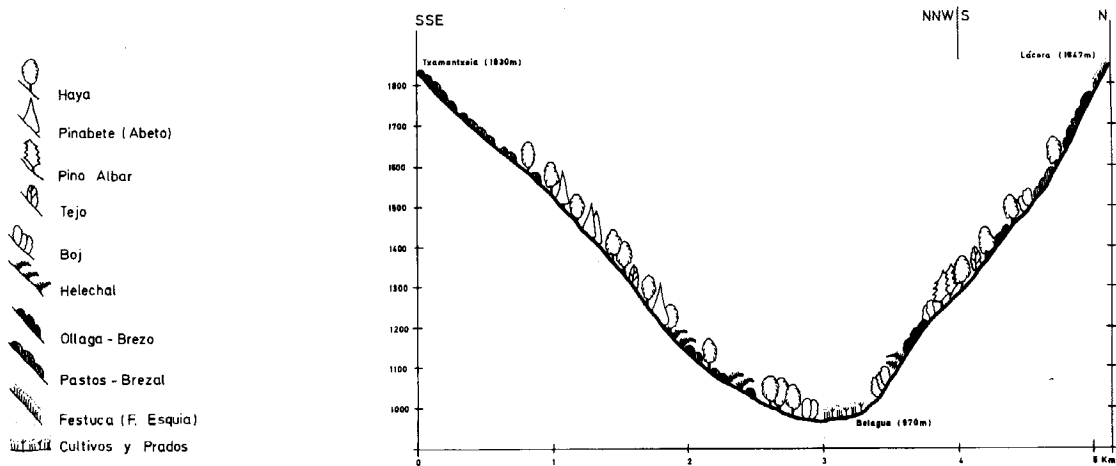


Fig.
BELAGUA (Txamantxoia, Lácora)

Fig. 17. Cortes Vegetativos.
Fuente: Navarra, Guía Ecológica y Paisajística.

- Haya
- Roble Noble
- Quejigo
- Illón
- Pinabete (Abeto)
- Pino Albar
- Baj
- Avellano-Fresno-Tilo
- Helechal
- Pastos - Brezal
- Prado de Siega

- Vegetación de fisuras soleadas
- Escoba (Sarthamnus)
- Patata

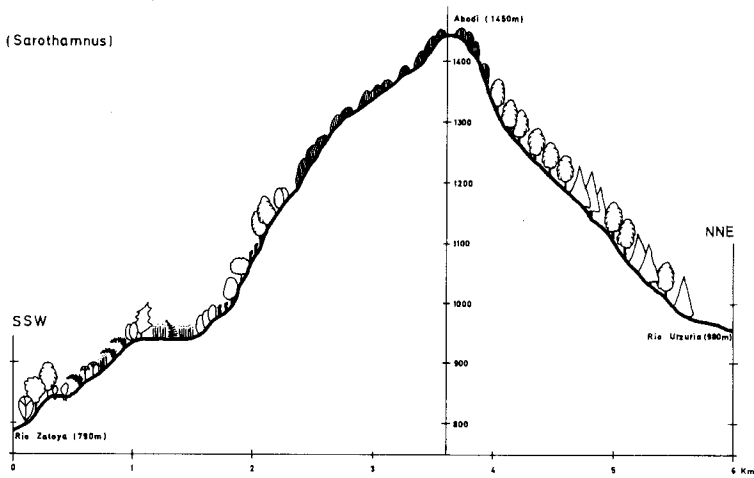


Fig. ABODI (Zatoya, Abodi, Urturia, Irati)

- Haya
- Pinabete (Abeto)
- Pino Albar
- Pino Negro
- Pino Negro (muerto por rayo)
- Tejo
- Azala de Montaña (Rododendro)
- Sabina Rústica
- Ollaga - Brezo
- Pastos Majdeados
- Pastos de Festuca (F. Scoporia)

- Vegetación de Cumbre
- Cervunal con Regalíz de Montaña
- Vegetación de fisuras húmedas

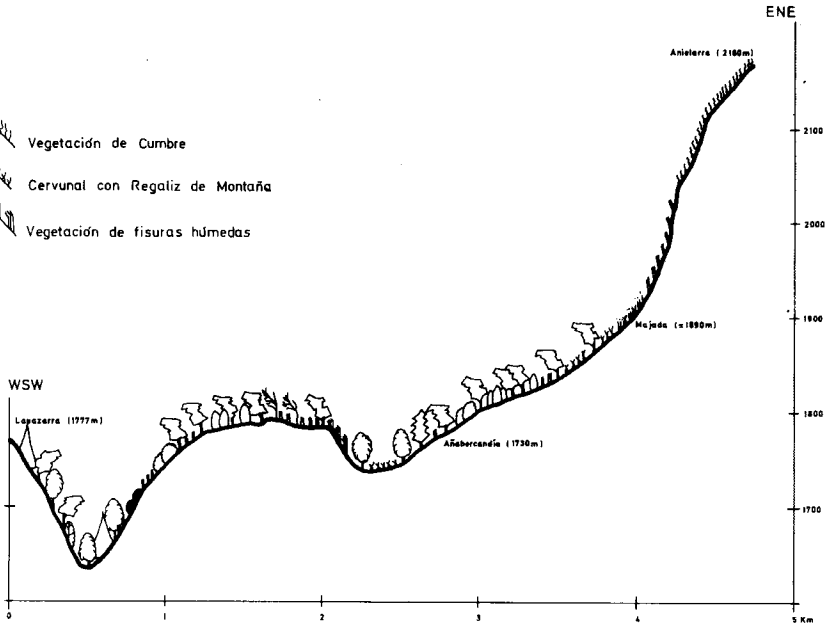


Fig. LARRA (Lapazarra, Añabercandia, Anielarra)

Fig. 17. Cortes Vegetativos. Continuación.

del Ebro. Se da, por tanto, una transición higrométrica y pluviométrica. Esta transición se refleja en el dominio vegetal. La vegetación potencial corresponde a la formación Aestilignosa. En las colinas y montañas que rodean las cuencas aparecen, en las umbrías, representantes arbóreos de la España húmeda (roble y hayas), mientras en las solanas proliferan las frondosas mediterráneas y submediterráneas (encinas y quejigos). Por el E y NE aparecen los bosques de pino silvestre. En las partes bajas de las cuencas aparece vegetación típicamente ripícola. No hay prados naturales ni olivos.

3.9.2.- Zona Cantábrica.

Este ambiente se encuentra situado al O de la zona Pirenaica y al N de las sierras de Urbasa y Andía y la Cuenca de Pamplona. Las precipitaciones son muy abundantes. La vegetación potencial corresponde a la gran formación Aestilignosa, constituida por especies higrófilas y plani-caducifolias. Son característicos los bosques de frondosas atlánticas: robledales en las partes bajas y hayedos en las altas (a más de 600-700 m de altura). Aparecen otros árboles de zonas umbrosas o suelos silíceos como el castaño.

Los matorrales (aliagas, brezos y helechos) proliferan a expensas de los bosques. En zonas más degradadas aparecen los prados naturales.

3.9.3.- Navarra Media Oriental.

Es una zona de transición climática al S de las sierras del Perdón, Alaiz, Izco y Leyre y al E del Arga, hasta la frontera aragonesa. Se caracteriza por un predominio de rocas detríticas en contraste con la abundancia de yesos en la Ribera. Se incluye dentro de la banda marginal y norteña de la provincia de la Depresión del Valle del Ebro, con afinidades continentales. Según Mensua esta zona se caracteriza por el entrecruzamiento de plantas pertenecientes a los dominios atlántico alpino y mediterráneo. El primero está representado por el haya, que se da en las zo-



Foto 3. Vegetación Característica en Suelos yesíferos de la Zona Cantábrica.

nas marginales de Alaiz e Izco, más arriba de 1.000 m. El segundo por el pino silvestre, presente a más de 800 m en la vertiente S de Izco y NE de San Pelayo. Al dominio mediterráneo-continental pertenecen los piedemontes: el romero (*Rosmarinus officinalis*) y el pino carrasco (*Pinus halepensis*).

Aún teniendo en cuenta todo lo dicho, lo más característico es la yuxtaposición en bosquetes de encinas (*Quercus ilex*), quejigos (*Quercus faginea*) y roble pubescense (*Quercus pubescens*), con predominio de unos u otros según la altura.

3.9.4.- Navarra Media Occidental.

Corresponde a la porción de Navarra comprendida entre el Arga por el S, las sierras de Urbasa y Andía por el N y la provincia de Alava por el O.

Esta zona se encuentra en el borde N del área ocupada por el clima mediterráneo-continental y casi en contacto con el clima suboceánico de la Burunda. Los rasgos típicos son la transición y el contraste. La vegetación manifiesta muy bien estos rasgos.

En esta zona aparece la formación Aestidurilignosa con características continentales dando lugar a una vegetación típica de la alianza Queceto-Buxetum y *Quercus lusitánica*-*Acer monspesulanum*.

Las montañas del N y NO conservan bosques de hayas y robles atlánticos, en las zonas altas y bajas respectivamente. Mientras que al S de Montejurra-Codés las masas vegetales arbóreas existentes, indican que en su tiempo el bosque original fue un carrascal o encinar mediterráneo.

En medio de estos dominios se extienden los quejigales formando un bosque mixto, que es la forma más típica de la zona. Es una zona bastante degradada por el pastoreo y la agricultura, por lo que abunda el matorral (boj, helecho, romero, tomillo, espliego).

3.9.5.- La Ribera.

La vegetación típica pertenece a la asociación Durilignosa con carácter más o menos continental, que origina un paisaje formado por bosques de encinas y pinos carrascos, con sabina, coscoja y lentisco en los secanos, y por la típica vegetación ripícola (chopos, olmos, etc.) a lo largo de los ríos.

3.9.6. Unidades vegetales

La vegetación aparece en cada uno de los dominios formando comunidades, cada una de las cuales lleva asociada un tipo de fauna. En Navarra por el paisaje vegetal puede descomponerse en 14 dominios diferentes.

En la Tabla adjunta se condensan sus principales características y las principales especies de su fauna asociada.

El robledal atlántico se distribuye preferentemente por la zona NO de la Provincia. Aunque estos bosques aún son abundantes, han sufrido profundamente la acción del hombre, siendo en muchos casos destruidos completamente o considerablemente reducidos.

La altitud máxima en la que se desarrollan es la de 600 m sobre el nivel del mar.

Su utilización para restauración en las zonas en las que puede prosperar, es muy recomendable pues es un biotopo muy rico, con una fauna asociada en la que se desarrollan especies de gran interés, y por su acción intensa sobre el suelo, del que son capaces de evitar el lavado y al que



Foto 4. Vegetación Característica de la Navarra Media Occidental. Murieta.

retienen, impidiendo los procesos de erosión.

Los marojales o rebollares se distribuyen por las zonas de clima atlántico, coincidentemente con el roble noble, aunque las cotas en las que vive son superiores, pues se sitúan entre los 500 y 700 m. s.n.m. Predominan en las tierras ácidas pardas, lavadas, situadas sobre un sustrato de areniscas, cuarcitas o conglomerados. Componen bosques claros, salpicados por otros árboles como el roble, castaño, haya etc. En su estrato herbáceo es frecuente el helecho y son ricos en especies acifólicas al bergonido especies de brezal.

Es una especie muy beneficiosa por su capacidad para generar suelo, debido a su fuerte estructura radial.

Debe conservarse por su papel mejorador y fijador del suelo en montes y laderas pendientes, por lo que su empleo en restauración en zonas aptas para su desarrollo es muy recomendable.

Los hayedos predominan entre las cotas de 400 y 1.700 m prosperando en suelos fértiles y preferentemente en las tierras pardas, ácidas o neutras. Es una especie de franco retroceso, que debe ser conservada ya que un hayedo cerrado origina un microclima de gran importancia como regulador hídrico y térmico. Además, los bosques instalados en fuertes pendientes o sobre pedrizas, tienen un enorme poder de retención y regeneración de un suelo que sin ellos sería fácilmente erosionable.

Su regeneración es muy difícil ya que su antiguo marco, una vez abandonado es invadido por el helechal-brezal.

Los hayedos tienen también una gran importancia para especies tan importantes como el oso,

visón, corzo, jabalí y gato montés, todas ellas en franco retroceso por la progresiva desaparición de sus hábitats.

Por todo ello, este tipo de árbol es muy recomendable para su utilización en restauración y deberá ser utilizado siempre que las condiciones ambientales en que se encuentra la explotación minera, sean aptas para su desarrollo.

Los abetales viven en laderas medias bajas, a cotas entre los 1.200 y 1.600 m. Prefiere suelos profundos y húmedos de cualquier naturaleza y en menor grado, "rendzinas" de piedemonte. Su importancia estriba en su capacidad para retener el suelo y la escorrentía y sobre todo en que, dada las cotas y latitudes en las que habita es capaz de evitar los aludes de nieve.

El abetal es refugio del oso y biotopo de la marta.

Debido a sus características se recomienda su utilización en la restauración cuando las condiciones en que se emplee sean aptas para su desarrollo.

El robledal de Roble Alba, es propio de clima subcantábrico o submediterráneo y se distribuye por la Navarra Media y la Montaña. Coloniza todo tipo de sustratos, aunque tiene preferencia por las calizas, aunque sean rocosos. Se trata de bosques en franca regresión, que son hábitats de especies tan importantes como la fuina, gineta y paviquesa, por lo que su conservación es muy importante y deberá ser utilizado en restauración siempre que sea posible.

El robledal de Roble Pubescente prefiere los sustratos calizos, de pH neutro o básico, pudiendo desarrollarse aunque los suelos sean poco profundos o francamente rocosos.

Es propio de clima de transición atlántico-mediterráneo, viviendo entre las cotas de 400 y 1.000 m. Por su capacidad para la colonización y por el interés de su fauna asociada, común al resto de los robledales, es muy recomendable su utilización en restauración.

Los quejigales pueden ocupar cualquier tipo de terreno, aunque prefiere los suelos margosos o arcillosos. Es propio de climas submediterráneos, en cotas comprendidas entre los 500 y 1.200 m. Es un buen protector del suelo y tiene gran importancia por su capacidad de regulación de la escorrentía en suelos muy deleznable. Por ello se recomienda su empleo en trabajos de restauración en minas situadas en zonas adecuadas.

Los carrascales y encinares crecen en suelos calcáreos y silíceos. Sin embargo no prosperan en los suelos margosos o arcillosos, donde son sustituidos por los quejigos, soporta una gran variedad climática y prefiere las cotas entre los 400 y 1.000 m. Su sistema radical es muy potente, lo que les permite colonizar canchales y piedemontes, a los que son capaces de estabilizar. Posee la capacidad de conservar la humedad bajo su copa, con lo que tiene una gran influencia sobre la evaporación, y por tanto sobre las condiciones ambientales. Resulta, asimismo, un buen cortavientos natural, tiene un gran poder regulador de la escorrentía superficial. Por todo ello se trata de una especie excelente para su empleo en restauración.

Los pinares de Pino ALbar prefieren el clima continental sobre terrenos calcáreos de pH básico. Tiene una gran capacidad colonizadora, por lo que ocupa fácilmente el lugar dejado por otros bosques en retroceso. Aunque desde el punto de vista ambiental su empleo no reporta grandes beneficios, es una especie interesante para restauración por su fácil implantación, sin demasiados problemas.

Los pinares de Pino Negro requiere climas con precipitaciones superiores a los 1.000 m y cotas entre los 1.500 y 2.000 m. Su sistema radical le permite acomodarse a las irregularidades del terreno, y en particular a los roquedos y las fuertes pendientes. Posee una gran resistencia a las

acciones mecánicas de la nieve, viento y avenidas, y tiene una gran capacidad de sujeción de suelos inestables, y fijación de piedras, por lo que frena deslizamientos y aludes.

Aunque presenta limitaciones climáticas su empleo en restauración, en las condiciones adecuadas, es muy beneficioso para el medio-ambiente.

Los pastos de Montaña Ibero-atlántica proceden de la degradación de los hayedos y pinares de Pino Negro. Interesa su conservación pues al tratarse de especies de transición propias de procesos degradativos, pueden servir para forzar el proceso hacia la vegetación climax, por lo que es recomendable en la restauración.

Los pastos de Montaña Mediterránea colonizan ambientes difíciles de sustratos calcáreos. Tienen un importante papel en la retención del suelo en taludes inestables, depósitos morrénicos o barrancos, por lo que su empleo es recomendable en restauración.

La vegetación de lagunas y charcas son plantas de raíces engrosadas, bulbos y rizomas, siendo frecuente los carnizos, espadañas y juncales. Siempre que sea posible, debe conservarse para la estabilización del medio.

La vegetación de sotos y riberas es capaz de crecer en suelos aluviales, a veces poco consolidados, y con la capa freática muy próxima a la superficie. Las principales masas son los alisedas, choperas y alamedas. Tienen una gran importancia por su capacidad para la retención del suelo y de los materiales arrastrados en avenidas. Junto con los sauces su empleo es muy recomendado en la restauración de graveras.

La vegetación de zonas estepizadas está constituida principalmente por los pinares de Pino Carrasco y coscojares, tomillares, espatales, ontinares, saladares y tamarizales. Tienen una gran capacidad para acomodarse a todo tipo de suelos, incluso a los muy básicos y yesíferos. Se caracterizan por su poder de colonización y capacidad pionera, ocupando espacios muy degradados. Estas funciones vegetales presentan una gran resistencia a los rigores del clima y a la presión antrópica y son las únicas especies capaces de proteger el suelo en este estado de evolución del terreno. Por ello deben ser consideradas y potenciadas para forzar la evolución natural de la vegetación hacia etapas más ricas. Su utilización es interesante cuando las condiciones del medio ambiente no permiten el empleo de otras especies de mayor desarrollo evolutivo.

Cuadro 15 Unidades Vegetales

1- Unidad Vegetal: Robledal Atlántico

Especie: Roble Noble (*Quercus Robur*)

Características:

- Prefiere suelo profundo.
- Se distribuye por la zona húmeda del NO.
- Se encuentra entre el nivel del mar y la cota 600 m.
- Requiere una precipitación anual superior a 600 mm.
- Se regenera por bellota y fácilmente por cepa.
- Coloniza con preferencia los sustratos silíceos y tolera las calizas.
- Los bosques han sido destruidos por el hombre o al menos reducidos.
- Deben conservarse por "su acción mejoradora"

del suelo" pues evitan el proceso de lavado en zonas húmedas.

- Es un biotopo muy rico, con abundante número de especies.

Fauna asociada:

Aves: aguilucho pálido, chocha perdiz, curruca, pinzón, zorzal, etc. Micromamíferos: musaraña colicuadrada y topillo rojo. Macromamíferos: visón, turón, corzo, ciervo, jabalí, liebre pirenaica y el gato montés.

Utilización en restauración: recomendable.

2- Unidad Vegetal: Marojales o Rebollares

Especie: Marojó (*Quercus pirenaica*)

Características:

- Se distribuye por las zonas de clima oceánico, su distribución coincide con la del roble noble.

- Predomina en tierras pardas ácidas lavadas sobre sustratos de arenisca, cuarcita y conglomerados permotriásicos. Excepcionalmente, en terrenos calizos y mal drenados cede su puesto al roble noble.

- Requieren precipitaciones anuales de 500 a 600 mm.

- Se sitúan en laderas soleadas entre 500 y 700 m.

- Componen bosques claros, salpicados por otros árboles como el roble Pedunculado, castaño, hayas, etc.

- En el estrato herbáceo es frecuente el helecho.

- Son bosques ricos en especies acifófilas, albergando especies de brezal.

- Estructura radial fuerte que le hace ser un buen formador de suelos. Se regenera muy bien por semillas.

- Debe conservarse por su papel mejorador y fijador del suelo en monte y laderas pendientes.

Fauna asociada:

Común a la de roble noble.

Utilización en restauración: recomendable.

3- Unidad Vegetal: Hayedo

Especie: Haya (*Fagus Sylvática*)

Características:

- Prefiere suelos fértiles. El suelo óptimo se conoce como tierra parda ácida o neutra; también puede aparecer en suelos rocosos.

- Se regenera bien sexualmente y rebrota muy bien de cepa.

- Exige una precipitación media anual de 600 mm.

- Predomina entre 400-600 y los 1700 metros.

- Un hayedo cerrado origina un microclima de gran importancia como regulador hídrico y térmico.

- La mayoría han sido profundamente alterados.
- Deben conservarse fundamentalmente los que ocupan laderas muy pendientes o colonizan pedrizas, pues sus bosques protectores, y condensadores de humedad.
- La regeneración del árbol es muy difícil, pues su antiguo marco, una vez abandonado, tiende hacia el helechal-brezal.

Fauna asociada:

Enorme importancia para los macromamíferos como el oso, visón, corzo, jabalí, gato montés, etc. También pueblan sus bosques, la culebra de cristal y la lagartija de la turbera así como numerosas especies de aves.

Utilización en restauración: recomendable.

4- Unidad vegetal: Abetos y Hayedos con Abetos

Especie: Abeto (*Abies Alba*)

Características:

- Prefiere suelos profundos y húmedos de cualquier naturaleza y en menor grado "rendzinas" de piedemonte.
- Requiere una precipitación de 1000 mm aunque puede vivir con 700-800 mm. Vive en laderas medias y bajas.
- Se multiplica por semilla.
- Las mejores masas se desarrollan entre los 1.200 y 1.600 m.
- Suele presentarse mezclado con el haya.
- Debe considerarse como monte protector pues evita aludes de nieve y frena la escorrentía.

Fauna asociada:

El abeto y el hayedo-abetal son refugio del oso y biotopo de marta, jabalí, sarrío, armiño y ciervo. Destaca entre las aves la presencia del urogallo.

Utilización en restauración: recomendable.

5- Unidad vegetal: Robledales de Roble Albar

Especie: Roble Albar (*Quercus petraea*)

Características:

- Coloniza todo tipo de sustratos, con preferencia calizos aunque sean rocosos.
- Prospera en clima subcantábrico o submediterráneo.
- Se distribuye por la montaña y Navarra Media.
- Se regenera por bellota aunque es dificultoso.
- Son bosques en clara regresión. Se suele mezclar con roble pubescente.
- Crece bien entre 700 y 1000 metros.
- Se recomienda su conservación por tratarse de los robledales más amplios y en mejor estado de conservación.

Fauna asociada:

Destacan la fuina, gineta y la paviquesa, siendo corrientes el zorro y el gato montés. En biotopos

abiertos se distribuye el lagarto verde y en los bosques mixtos, el circón careto, la ratilla agreste y el topo común entre otras especies.

Utilización en restauración: recomendable.

6- Unidad vegetal: Robledales de roble pubescente

Especie: Roble pubescente (*Quercus pubescens*)

Características:

- Prefiere sustratos calizos de pH neutro o básico, resistiendo suelos poco profundos y hasta rocosos.

- Va asociado a clima de transición oceánico-mediterráneo.

- Requiere una precipitación anual de 600 mm.

- Gran capacidad de colonizar ambientes.

- Se distribuye entre 400 y 1000 metros.

- Sistema radical potente. Buen protector del suelo.

- Se regenera por bellota.

Fauna asociada:

Común al resto de los robledales.

Utilización en restauración: recomendable.

7- Unidad vegetal: Quejigales

Especie: Quejigos (*Quercus faginea*)

Características:

- Puede ocupar cualquier tipo de terreno, pero prefiere los margosos o arcillosos.

- Es propio de climas submediterráneos, con precipitaciones anuales de 500-1000 mm. Se asientan en la banda de transición entre carrascales o encinares mediterráneos y hayedos, robledales o pinares de montaña, entre los 500 mm y 1000-1200 m de altitud.

- Se regenera muy bien por semilla y rebrota estupendamente de cepa

- Posee un sistema radical potente, siendo un buen protector del suelo

- Deben conservarse por su papel protector, regulando la escorrentía de terrenos deleznable.

Utilización en restauración: recomendable

8- Unidad vegetal: Carrascales y encinares.

Especie: Carrascales y encinas (*Quercus Ilex*)

Características:

- Crecen tanto en suelo calizo como silíceo; en suelo margoso o arcilloso son sustituidos por quejigos y no son capaces de crecer en suelos silíceos o yesíferos.

- Se regenera muy bien por bellota y rebrota estupendamente de cepa.

- Sistema radical muy potente.

- Tiene gran capacidad para colonizar y fijar canchales o piedemontes.

- Aguanta una gran variedad climática.
 - Requiere precipitaciones anuales del orden de 600-800 m.
 - Resulta un buen cortavientos natural.
 - Aparece en alturas entre 400 y 1000 metros.
 - Debe conservarse dado que conserva la humedad bajo su copa, disminuye la evaporación y amortigua la escorrentía a través de la carrasca.
- Utilización en restauración:** muy recomendable.

9- Unidad vegetal: Pinares de Pino albar

Especie: Pino Albar (*Pinus sylvestri*)

Características:

- Sistema radial poderoso.
- Se regenera por semillas.
- Predomina sobre terrenos calizos y básicos.
- Prefiere clima continental con precipitaciones de 800 mm.
- Tiene una gran capacidad colonizadora por lo que ocupa el lugar dejado por otros árboles en bosques degradados.
- Debe conservarse por su papel protector del suelo.

Fauna asociada:

La avifauna es la misma que en el abetal; en cuanto a mamíferos, viven en los pinares el ratón de campo, la musaraña, el topillo rojo, la ardilla común y los lirones.

Utilización en restauración: recomendable.

10- Unidad vegetal: Pinares de Pino Negro

Especie: Pino Negro (*Pinus uncinata*)

Características:

- Posee un sistema radical fuerte y acomodado a las irregularidades del terreno (roquedos y fuertes pendientes).
- Muestra una gran vitalidad al resistir ataques mecánicos (nieve, viento, piedras).
- Requiere climas con precipitaciones superiores a los 1000 m.
- Los mejores bosques se encuentran entre 1500 y 2000 m.
- Debe conservarse por su poder protector: fija piedras, sujeta suelos inestables y frena aludes.

Fauna asociada:

Refugia una intensa fauna, es el caso del urogallo, jabalí, corzo, sarrio, pito negro, perdiz nival, etc.

Utilización en restauración: recomendable con limitaciones climáticas.

11- Unidad vegetal: Pastos de Montaña Iberoatlántica.

Características: proceden de la degradación de otras. Así:

. Si derivan de hayedos, están salpicados de bre-cina,

. Si derivan de pinares de pino negro, están salpi-cados de enebro y arándanos.

- Interesa su mantenimiento y conservación.

Utilización en restauración: recomendable.

12- Unidad vegetal: Pastos de Montaña Medite-rránea.

Características:

- Son pastos colonizadores de ambiente difícil y sustrato calizo.

- Importante papel para retener el suelo de talu-des inestables.

Utilización en restauración: recomendable.

13- Unidad vegetal: Vegetación de lagunas y charcas.

Características:

- Plantas de raíces engrosadas (bulbos y rizo-mas).

- En verano los suelos pobres se ven colonizados por plantas anuales (efemesófitas).

- En las balsas son frecuentes los carrizos, espal-dañas y junciales.

- En el fondo de las charcas de agua salobre abunda la pradera sumergida con el algachara foetida junto a *potamogeton pectinatus*.

- Es conveniente su conservación para la estabi-lización del medio

14- Unidad vegetal: Vegetación de sotos y ribe-ras.

Características:

- Son capaces de crecer en suelo aluvial con capa freática alta.

- Destacan la Aliseda y las Choperas y Alame-das.

Especie: Aliso (*Alnus glutinosa*)

Características de la especie:

- Es un árbol de raíces superficiales con rugosi-dades rojizas debidas a hongos que le ayudan a fijar nitrógeno.

- Vive en un suelo ácido y neutro-básico.

- Es conveniente conservarlas pues protegen el suelo en períodos de avenidas y junto a los sau-ces colonizan los acarros fluviales.

Especie: Alamo (*Populus Alba*)

Características de la especie:

Son unidades muy reducidas y destruidas. Pue-den frenar las crecidas fluviales e impedir el arrastre de limos por lo que es interesante su conservación.

Fauna asociada a toda la unidad:

Es frecuente la existenci del "galápago europeo" en estas zonas, así como la culebra de collar y la veperina en las áreas palustres.

Utilidad en restauración: recomendable, especialmente en graveras.

15- Unidad vegetal: Paisaje estepizado

a) Pinares de pino carrasco

Especie: Pino carrasco (*Pinus halepensis*)

Características:

- Semilla de gran capacidad germinativa.
- Prefieren el suelo calizo, tolerando los muy básicos incluso yesíferos.
- Tiene un gran carácter pionero.

Utilidad en restauración: es recomendable dependiendo del carácter del terreno. En función de éste es capaz de formar un bosque maduro con cuatro sustratos.

b) Paisaje estepizado propiamente dicho

Características:

- Está constituido por coscojares, tomillares con asnallo, espartales, ontinares con sisalto, romerales, saladares y tamarizales.
- Son formaciones vegetales capaces de aguantar la presión antrópica y los rigores del clima.
- Son los únicos capaces de proteger el suelo en estas condiciones.

Utilidad de restauración: recomendable pues consigue una evolución natural de la vegetación por lograr el mantenimiento del suelo y porque sus especies son etapas regresivas de otras unidades.

Fauna asociada a toda la unidad:

Entre los mamíferos está el conejo, el zorro y la liebre ibérica. En cuanto a reptiles abundan las lagartijas, lagartos y culebras. La avifauna es reducida restringiéndose a unas pocas especies como la avutarda el sisón o el alcaraván.

3.10. RECURSOS CULTURALES

Los recursos culturales son frágiles, limitados y, por lo tanto, partes no renovables del medio ambiente humano.

En este capítulo se tratan los recursos arqueológicos, históricos y arquitectónicos de la provincia de Navarra, así como los recursos naturales singulares.

3.10.1. Recursos arqueológicos, históricos y arquitectónicos

La presencia del hombre en suelo navarro se remonta al Paleolítico, aunque son pocos los restos descubiertos de este período. Son posteriores, del Neolítico y de la Edad de los Metales, los dólmenes que abundan en las sierras de Urbasa y Aralar, y algunos poblados, como el de Cortes. Después, las sucesivas influencias culturales a que ha estado sometido, desde la invasión romana hasta la integración de Navarra como una provincia más del reino de España han salpicado el territorio con numerosos edificios y construcciones de carácter cultural ruinas históricas.

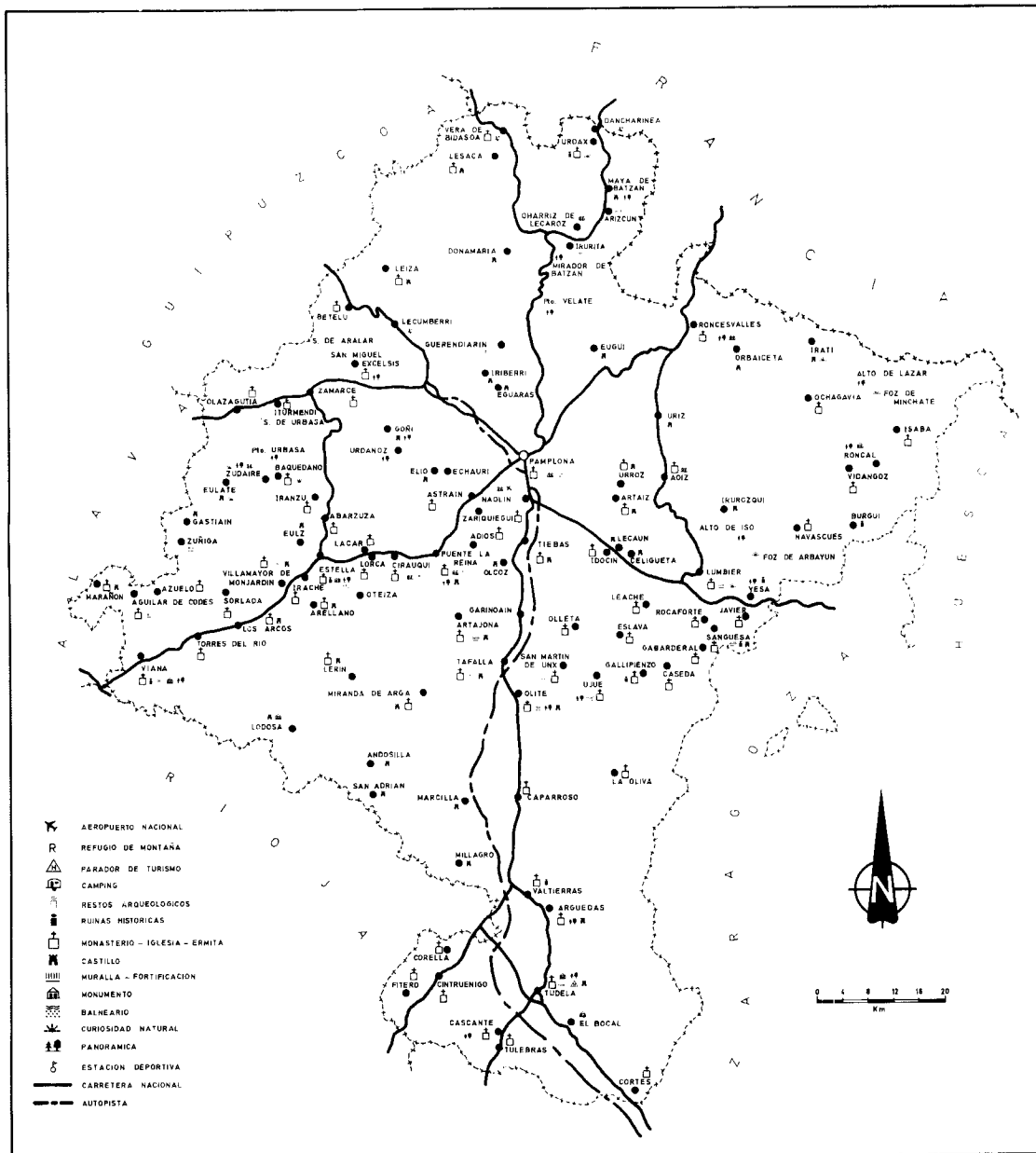


Fig. 18. Mapa de Situación de los Recursos Culturales.
Fuente: Geografía y Guía de España. Salvat.

cas, monasterios, iglesias, ermitas, castillos, fortificaciones, murallas, monumentos, edificios civiles singulares, etc). En el mapa de la figura 18 se sintetizan estos recursos.

3.10.2. Recursos naturales singulares

3.10.2.1. Areas naturales y grados de protección

Este apartado se centra, lógicamente, en los espacios naturales de interés, por su gran importancia dentro del medio físico navarro y su necesaria protección frente a actividades extractivas de todo tipo.

El artículo 12 de la Ley foral 6/1987 de 10 de Abril establece que los proyectos de actividades y usos sobre el suelo o el subsuelo, que impliquen movimiento de tierras, deberán considerar sus efectos negativos sobre la integridad de la naturaleza y el paisaje, y adoptar, en su caso, medidas adecuadas para minimizarlos mediante la restauración o el acondicionamiento de los espacios alterados.

El régimen de protección de los espacios naturales de interés es el siguiente:

1. Reserva integral. Son reservas integrales los espacios naturales de extensión reducida y de excepcional interés ecológico, que se declaran como tales para conseguir la preservación íntegra del conjunto de los ecosistemas que contienen, evitándose cualquier acción que pueda entrañar destrucción, deterioro, transformación, perturbación o desfiguración de los mismos.

En su perímetro están prohibidas todas las actividades con excepción de las científicas y divulgativas, que podrán autorizarse.

2. Reserva natural. Son reservas naturales los espacios con valores ecológicos elevados, que se declaran como tales para conseguir la preservación y mejora de determinadas formaciones o fenómenos geológicos, especies, biotopos, comunidades o ecosistemas, permitiéndose la evolución de éstas según su propia dinámica.

En ella quedan prohibidas las acciones que impliquen movimientos de tierra, salvo las que sean necesarias para proteger la integridad del propio espacio.

3. Enclaves naturales. Son enclaves naturales los espacios con ciertos valores ecológicos o paisajísticos que se declaren como tales para conseguir su preservación o mejora, sin perjuicio de que en el ámbito de los mismos tengan lugar actividades debidamente ordenadas, de manera que no deterioren dichos valores.

Se prohíbe en ellos la extracción de gravas y arenas, las canteras y la apertura de nuevas pistas.

4. Areas naturales recreativas. Son áreas naturales recreativas los espacios con ciertos valores naturales o paisajísticos que se declaran como tales para construir lugares de recreo, descanso o esparcimiento al aire libre de modo compatible con la conservación de la naturaleza y la educación ambiental.

Dentro de su perímetro se prohíbe la extracción de gravas, arenas y las canteras.

Las reservas integrales y naturales definidas en Navarra, quedan perfectamente delimitadas en los anexos I y II de la Ley Foral de normas urbanísticas regionales para protección y uso del territorio. Su situación puede verse en el mapa de la figura 19.

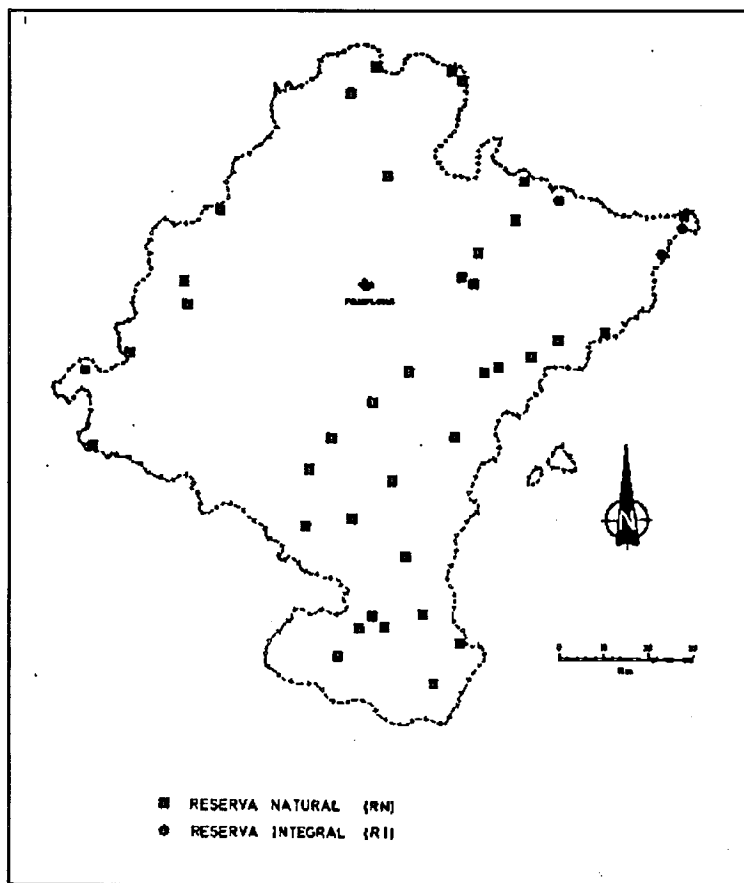


Fig. 19 Mapa de Situación de las Reservas Integrales y Naturales.
Fuente: Inventario Abierto de Espacios Naturales de Protección Especial.

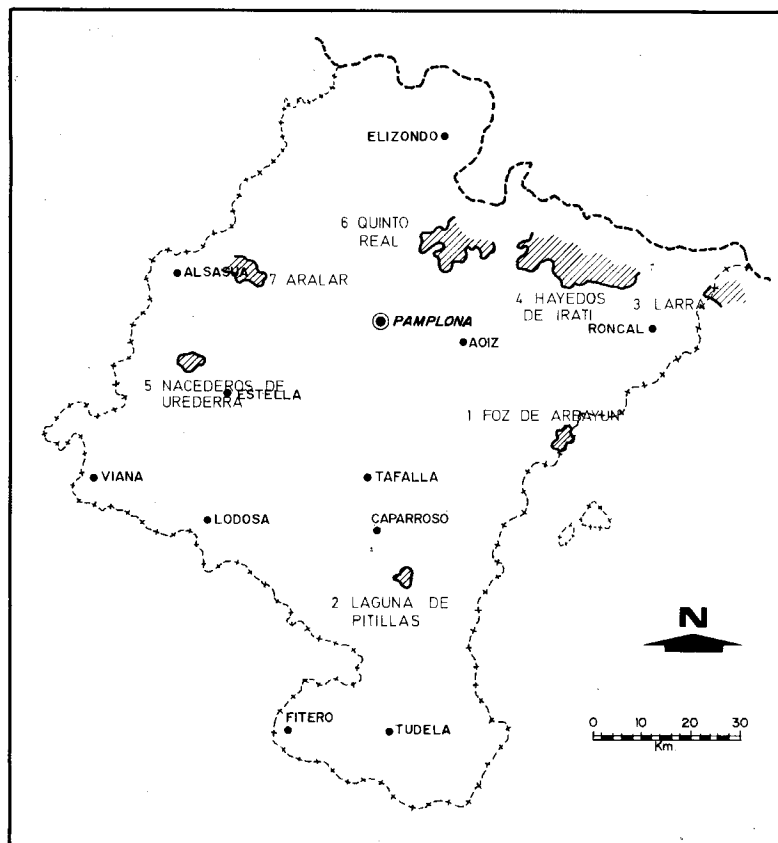


Fig. 20. Espacios Naturales de Protección Especial.
Fuente: Inventario Abierto de Espacios Naturales de Protección Especial.

3.10.2.2. Inventario Abierto de Espacios Naturales de Protección Especial

Este inventario, realizado por el ICONA a nivel nacional, define en Navarra siete espacios naturales, en los que están incluidos muchas de las reservas que establece la Ley Foral 6/1987 de 10 de abril, descrita en el apartado anterior. Son los siguientes:

- 1.- Foz de Arbayún
- 2.- Laguna de Pitillas
- 3.- Larra
- 4.- Hayedos de Irati
- 5.- Nacederos del Urederra
- 6.- Quinto Real
- 7.- Aralar

En el cuadro 16 se presentan de forma esquemática sus principales características, mientras que su localización puede verse en el mapa de la figura 20.

ESPACIO	ASPECTOS FISIOGRAFICOS							CRITERIOS DE SELECCION									
	Alta montaña	Media montaña	Llanura	Zona húmeda natural	Río	Laguna	Embalse	Factores más singulares					Parques de Protección				
Denominación							Vegetación	Fauna	Geomorfología	Paisaje	Arqueología	Ecosistema amenazado	Recursos naturales escasos	Defensa de valores intrínsecos	Defensa de valores extrínsecos	Zona verde con gran presión humana	Motivos Culturales
FOZ DE ARBAYUN		●					●	●	●	●				●			
LAGUNA DE PITILLAS			●	●		●	●	●				●		●			
LARRA	●	●					●	●	●	●	●	●		●	●		●
HAYEDOS DE IRATI	●	●				●	●	●	●	●				●		●	●
NACEDEROS DEL UREDERRA		●			●		●	●	●	●	●		●	●			●
QUINTO REAL		●			●		●	●	●	●				●		●	●
ARALAR		●					●				●			●		●	●

Cuadro 16. Principales Características de los Espacios Naturales de Protección Especial.
Fuente: Inventario Abierto de Espacios Naturales de Protección Especial.

4. UNIDADES GEOAMBIENTALES

4.1. INTRODUCCION

Las unidades geoambientales son áreas geográficas con características ambientales homogéneas: climáticas, geomorfológicas, estructurales, litológicas, edafológicas y de vegetación.

El estudio realizado ha permitido definir cinco ambientes en la Comunidad Navarra, en los que los principales rasgos diferenciales son los de orden climático y morfoestructurales:

- Montes de la Vertiente Cantábrica
- Zona Pirenáica
- Sistema Vasco-Cántabro de Montañas
- Navarra Media Oriental
- La Ribera

Su distribución en la Provincia se muestra en el Mapa de la Figura 21.

En los apartados siguientes se exponen brevemente sus principales características ambientales, de litología, morfología, clima, vegetación actual y potencial.

4.2. MONTES DE LA VERTIENTE CANTABRICA

Está constituida por los macizos paleozóicos de Cinco Villas y por el borde occidental de Quinto Real, que están separados por las depresiones excavadas en terrenos blandos triásicos y cretácicos del Corredor de Vera-Ainhoa, el Corredor de Ezcurra y la Depresión del Baztán. Al sur de Ezcurra se alza la serie de montañas que forma la divisoria de aguas Cantábrico-Mediterráneas.

Litología: La litología de esta zona está constituida por materiales paleozóicos y mesozóicos con algunos asomos graníticos; Materiales paleozoicos: calizas, dolomías, pizarras y areniscas en el Devónico. El Carbonífero está constituido por una alternancia flyschoides de pizarras y grauwacas, localmente niveles de calizas marmóreas, y por encima pizarras carbonosas.

Materiales mesozoicos: El Permotriás está formado por conglomerados alternando con niveles de arcillas y areniscas y, en ocasiones, bancos potentes de caliza. El Cretácico lo constituye una serie de tipo flysch.

Al oeste del macizo de Cinco Villas afloran los materia-

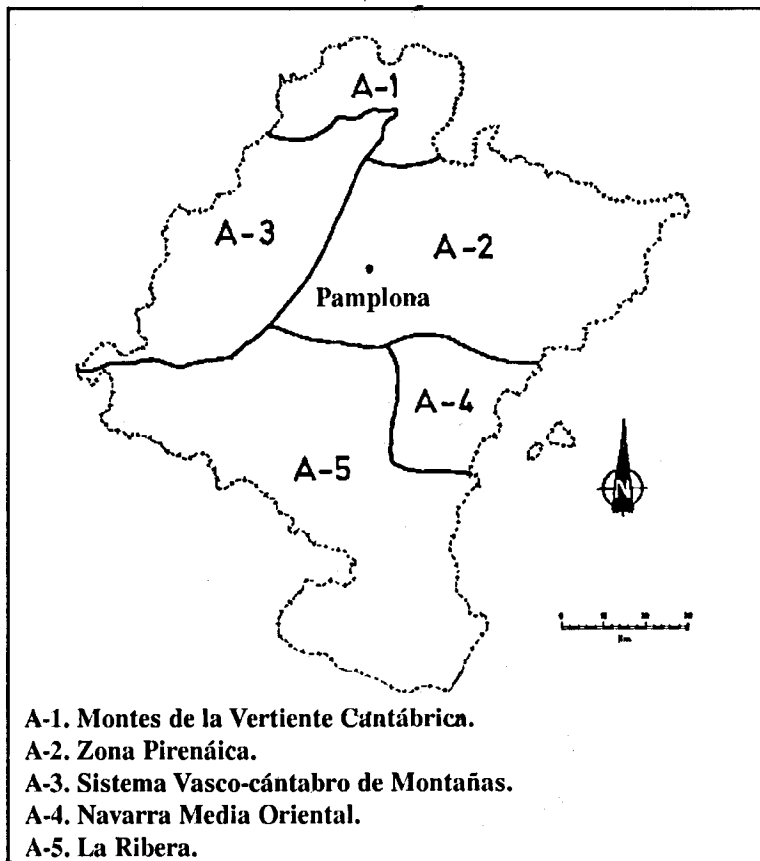


Fig. 21. Unidades Geoambientales.

les graníticos de las Peñas de Aia.

Morfología: Los macizos paleozóicos son zonas montañosas con pendientes relativamente fuertes, normalmente superiores al 20 %, pero sin grandes elevaciones. Los materiales triásicos, conglomerados y areniscas, dan algunos escarpes fuertes, como crestas y cuestas. La red fluvial se presenta encajada, destacando el Valle del Baztán que es una zona deprimida que separa los macizos de Cinco Villas y Quinto Real.

Clima: Es típicamente oceánico con gran abundancia de precipitaciones asociadas a borrascas atlánticas. Las precipitaciones varían entre los 1.200 y los 2.500 mm de la estación de Articuza. La temperatura media anual está entre 6 y 8 ° C. La insolación es de 1.200 horas, con más de 120 días cubiertos al año.

Vegetación Actual: Es la característica de los bosques de frondosas atlánticas: Robledales (*Quercus robur*) en las partes bajas y hayedos (*Fagus sylvatica*) en las partes altas a más de 600-700 m. Aparecen otros árboles de zonas umbrías o suelos silíceos como el castaño (*Castanea sativa*).

Aparecen matorrales dominados por el brezo (*Galluna vulgaris*). Son posibles los cultivos de pratenses y forrajeras, patata, maíz, etc.

Vegetación Potencial: Es la vegetación típica de la formación Aestilignosa con características oceánicas.

4.3. ZONA PIRENAICA

Es el área formada por el extremo occidental del Pirineo, los valles pirenaicos, cuencas prepirenaicas (Lumbier y Pamplona) y sistema de sierras asociadas (el Perdón, Alaiz, Izco, Peña y Leyre).

Litología: En esta zona afloran materiales de las tres edades, paleozóicos, mesozóicos y cenozoicos y los materiales más abundantes son calizas y dolomías con diversos grados de recristalización. Es muy frecuente el fenómeno del diapirismo por intrusión de materiales triásicos.

Materiales paleozóicos: calizas, dolomías, pizarras y areniscas del Devónico.

Materiales mesozoicos: al Triásico corresponden conglomerados, areniscas, limos y arcillas, aflorando margas y yesos en los diapiros. Facies de tipo flysch, calizas, dolomías y margas del Cretácico.

Materiales cenozoicos: dolomías, calizas y margas del Paleoceno. El Eoceno está representado por facies flysch (alternancia de areniscas calcáreas y margas), calizas, calcarenitas y margas. del Oligoceno afloran areniscas, yesos, arcillas, conglomerados y margas.

Morfología: Extremo occidental del Pirineo, con elevaciones entre 1.400 y 2.500 m. Predominio de calizas en algunos puntos, desarrollándose importantes sistemas kársticos. Perpendiculares al eje del Pirineo se extienden una serie de valles, anchos en los terrenos blandos y encajados en los duros. Aparecen resaltes topográficos originados por las barras calcáreas intercaladas en el flysch. Las cuencas prepirenaicas presentan terrazas fluviales, glaciares de erosión y "bandlands", y están dominadas por relieves estructurales (crestas y cuestas) que ocupan su periferia.

Clima: Subalpino, aunque se da influencia oceánica incluso en las altas montañas. Las precipitaciones van desde los 1.400 mm en la zona norte a 800 mm en la zona sur, apareciendo carac-

teres submediterráneos. En las cuencas prepirenaicas el clima es de transición entre el oceánico y el submediterráneo continental.

Vegetación actual: Dentro de los cultivos, se dan las leguminosas de invierno (trigo, cebada, habas, guisantes, etc.), siendo posible el cultivo del maíz, patata, remolacha. En los bosques orientales, predomina el pino silvestre, en los occidentales y umbrías de los restantes las hayas. También aparecen abetos en la zona nororiental (Bosque de Irati).

Vegetación potencial: Es una vegetación típica de la gran formación Aestilignosa con tendencia a la Aciculilignosa en alta montaña y Durilignosa hacia el sur. En altas cotas puede darse la vegetación típica de la formación Frigidideserta.

4.4. SISTEMA VASCO-CANTABRO DE MONTAÑAS

Es el extremo oriental del Sistema Vasco-Cántabro de Montañas, formado por diversas sierras de dirección E-O (Aralar, Andía, Urbasa, Lóquiz, Codés), separadas por corredores de erosión (Araquil, Améscoas).

Litología: Los materiales presentes pertenecen al Mesozóico y Cenozóico con presencia de calizas karstificadas yesos y sales triásicas.

Materiales mesozóicos: calizas dolomíticas, margas yesíferas y sales de Triásico. Dolomías, calizas y margas del Jurásico. Estas litologías se repiten en el Cretácico.

Materiales cenozoicos: el Paleoceno está formado por calcarenitas, calizas y margas. En el Eoceno siguen las mismas facies, con niveles de arenas y conglomerados. Al Oligoceno corresponden arcillas con niveles de areniscas y limos.

Morfología: Se trata de sierras de moderada altitud, que en ocasiones forman auténticas altiplanicies, separadas por corredores donde se ha instalado la red fluvial. Todas estas sierras presentan un relieve kárstico modelado sobre las calizas.

Clima: Es una zona de transición entre el clima mediterráneo continental y el suboceánico.

Se encuentra entre las isoyetas de 500 y 800 m. Temperatura media anual entre 9 y 11° C.

Vegetaciones actuales: Las montañas del N y NO conservan bosques de hayas y robles atlánticos, en las zonas altas y bajas respectivamente. Al sur de Montejurra y Codés aparecen masas de quejigo y encina o carrasca. Abunda el matorral de boj, romero, tomillo, etc. En esta zona son posibles los cultivos de cereales para grano y forraje, cultivos industriales, forrajeros, hortalizas, frutales no cítricos y vid.

Vegetaciones potenciales: Aparece la formación Aestidurilignosa con características continentales dando lugar a una vegetación típica de la Alianza Querceto-Buxetum y Quercus lusitanica-Acer monspesulanum.

4.5. NAVARRA MEDIA ORIENTAL

Este área está constituida por las pequeñas llanuras con colinas y serrezuelas modeladas por la erosión a expensas de los materiales detríticos oligo-miocénicos de la Depresión del Ebro.

Litología: Los materiales predominantes son conglomerados de tipo pudinga, con areniscas y margas alternantes. Los yesos son escasos.

Morfología: Se trata de una zona de transición topográfica, formada por un conjunto de llanuras somontanas, generalmente pequeñas, adosadas o rodeadas de montañas.

Clima: Es una zona de transición; se encuentra entre los isoyetas de 500 y 800 mm. y su temperatura media anual es de 9 a 11° C.

Vegetación actual: Aparecen yuxtapuestos bosques de encinas (*Quercus ilex*), quejigos (*Quercus faginea*) y roble pubescente (*Quercus pubescens*). Se encuentran presentes además el pino carrasco (*Pinus halepensis*).

En esta zona son posibles los cultivos de cereales para grano y forraje, cultivos industriales, forrajeras, hortalizas, frutales no cítricos, vid, etc.

Vegetación potencial: En esta zona aparece la formación Aestidurilignosa con características continentales, dando lugar a la vegetación típica de la alianza *Querceto-Buxetum* y *Quercus lusitanica-Acer monspesulanum*.

4.6. LA RIBERA

Esta zona se caracteriza por amplias y dilatadas llanuras que se ven accidentadas al N por alineaciones de colinas desde el NO al SE.

Litología: Es un área en la que no existen afloramientos de materiales antiguos, que han sido cubiertos por materiales sedimentarios terciarios.

Materiales terciarios: conglomerados, areniscas, arcillas, calizas y yesos.

Depósitos cuaternarios: gravas, arenas, limos y arcillas.

Morfología: En la Ribera pueden diferenciarse claramente dos zonas: al N, alineaciones de colinas alargadas a modo de serrezuelas, con predominio de yesos y plegada; al S, llanuras escalonadas con predominio de margas, calizas y areniscas, de forma tabular. Esta última presenta cerros testigos, "bad-lands" y varios niveles de terrazas cerca de los cursos fluviales.

Clima: Mediterráneo continental. Muy seco, con precipitaciones de unos 400 mm. Temperatura media anual entre 13 y 14° C.

Vegetación actual: Aparecen bosques de encina y pino carrasco, con sabina, coscoja y lentisco en los secanos y la vegetación ripícola (chopo, olmo, etc.) en los bordes de los ríos.

Son posibles los cultivos de cereales de invierno y primavera, leguminosas, cultivos industriales, forrajeros, vid, olivo. Es un clima excelente para el peral, manzano, melocotonero y otros frutales caducifolios, que precisan riego.

Vegetación potencial: Es la vegetación típica de la formación Durilignosa con carácter más o menos continental. Da lugar a la vegetación de la alianza *Quercion ilicis*, con *Quercus ilex* como principal representante, unido a *Quercus lusitanica* de zonas de mayor humedad.

5. INVENTARIO DE EXPLOTACIONES MINERAS

5.1. INTRODUCCION

El inventario de explotaciones mineras se ha realizado agrupándolas en energéticas, metálicas, no metálicas y canteras y graveras.

Los objetivos que se persiguen con su realización son los siguientes:

- describir de forma general las características de la minería en la zona estudiada.
- definir las principales alteraciones que ésta produce en el medio ambiente que la rodea.
- ubicar las diferentes explotaciones para situarlas dentro de los ámbitos geoambientales definidos anteriormente.
- definir un modelo de explotación tipo representativo para cada sustancia mineral y para cada ámbito del medio físico, sobre los que se harán la caracterización de los impactos potenciales y la consiguiente serie de recomendaciones generales de restauración y rehabilitación.
- realizar análisis edafológicos de los materiales, tanto de las escombreras como de las propias explotaciones que se hayan considerado como modelo o tipo, y que por lo tanto, sean representativas.
- evaluar la productividad edáfica de los suelos y materiales estériles, basándose en los análisis anteriores.
- estudiar la vegetación en las mismas explotaciones anteriores y las comunidades pioneras que han colonizado naturalmente las escombreras, para complementar así la caracterización de los suelos y determinar la selección previa de las especies vegetales a considerar en la restauración.
- analizar los Planes de Restauración que se están llevando a cabo, de forma que ayuden, según sus resultados, a definir los criterios y recomendaciones generales a los que se va a llegar en este estudio.

Para la realización del inventario se han cumplimentado, una ficha-resumen de inventario de explotaciones mineras y la ficha de escombreras, con los datos obtenidos en las propias minas.

En la provincia de Navarra, todas las explotaciones se encuadran dentro del grupo de canteras y graveras, con excepción de la mina de potasas de Subiza y la explotación de sal de Obanos, que se engloban en el grupo de minería no metálica. Explotaciones de minería metálica o energética no existen en la actualidad.

Dadas las características de explotación que siguen las canteras y la naturaleza de su producción (la gran mayoría obtiene áridos), el vertido de estériles y formación de escombreras es prácticamente nulo o muy escaso. Únicamente se ha detectado un volumen apreciable de estériles en una cantera de magnesita.

5.2. CANTERAS Y GRAVERAS

5.2.1. Inventario de explotaciones

Como ya se ha indicado, para la realización del inventario se han cumplimentado las fichas-resumen de explotaciones mineras en todas las canteras y minas de la Provincia.

De las 48 explotaciones activas que hay actualmente en la provincia de Navarra, 46 son canteras o graveras.

De éstas se han inventariado 32, desglosadas por sustancias de la manera siguiente:

- caliza Qc	16
- mármol Mc	6
- yeso Ey	2
- magnesita Mg	1
- ofita Vo	2
- marga Qm	1
- grava-arena Dg-Dr	3
- arcilla Cr	1

Existen además 5 explotaciones de arcillas, 5 graveras, situadas fundamentalmente en los valles del Ebro y del aragón y 4 explotaciones de losas de arenisca localizadas en la zona norte, Lecaroz e Icuren. Estas últimas son muy pequeñas, de carácter artesanal y de difícil acceso, y que no han podido ser visitadas.

Como puede observarse, el número de explotaciones en caliza supera con mucho a las restantes, ya que más de la mitad de las canteras inventariadas explotan esta sustancia.

5.2.2. Situación de las explotaciones dentro de las unidades ambientales

La ubicación de las explotaciones, situadas dentro de los ámbitos geoambientales definidos, puede verse en la figura 22. En el cuadro 17 se agrupan las canteras inventariadas correspondientes a cada unidad ambiental.

Como puede verse, el ambiente 1 (Montes de la Vertiente Cantábrica), presenta 6 explotaciones, el ambiente 2 (zona Pirenaica) tiene 18 explotaciones, el ambiente 3 (sistema Vasco-Cántabro de Montañas) 17 explotaciones, el ambiente 4 (Navarra Media Oriental) no presenta ninguna explotación, y, finalmente, sobre el ámbito del ambiente 5 (La Ribera) se localizan 4 explotaciones.

5.2.3. Características generales de las explotaciones

Se describen someramente las características de los distintos tipos de explotaciones, agrupándolos por sustancias y escogiendo los modelos de explotación tipo sobre los que se ha particularizado el estudio.

5.2.3.1. Caliza

Son las explotaciones más numerosas, extendiéndose fundamentalmente por la mitad occidental de la provincia. Las dos zonas más afectadas, en lo que se refiere al número de canteras y volumen de explotación, son la Sierra de Alaiz, situada inmediatamente al S de Pamplona, y la zona de Alsasua Olazagutia, en el sector noroccidental de Navarra.

La mayoría se dedica a la obtención de áridos de trituración y, en menor grado, se explotan para obtener fundamentalmente aglomerantes, cemento y cal.

En general son canteras grandes, con frentes de gran altura y poseen un grado de mecanización bastante elevado.

Las explotaciones son siempre a cielo abierto. El arranque se realiza por medio de explosivos, previa realización de taladros con compresor y martillos neumáticos. Tras el arranque y para el transporte del material, poseen palas mecánicas y camiones de diverso tonelaje, cintas transportadoras, plantas de trituración, sistemas de calibrado y clasificación (obtienen 4 ó 5 granulometrías) y tolvas de almacenamiento (figura 23).

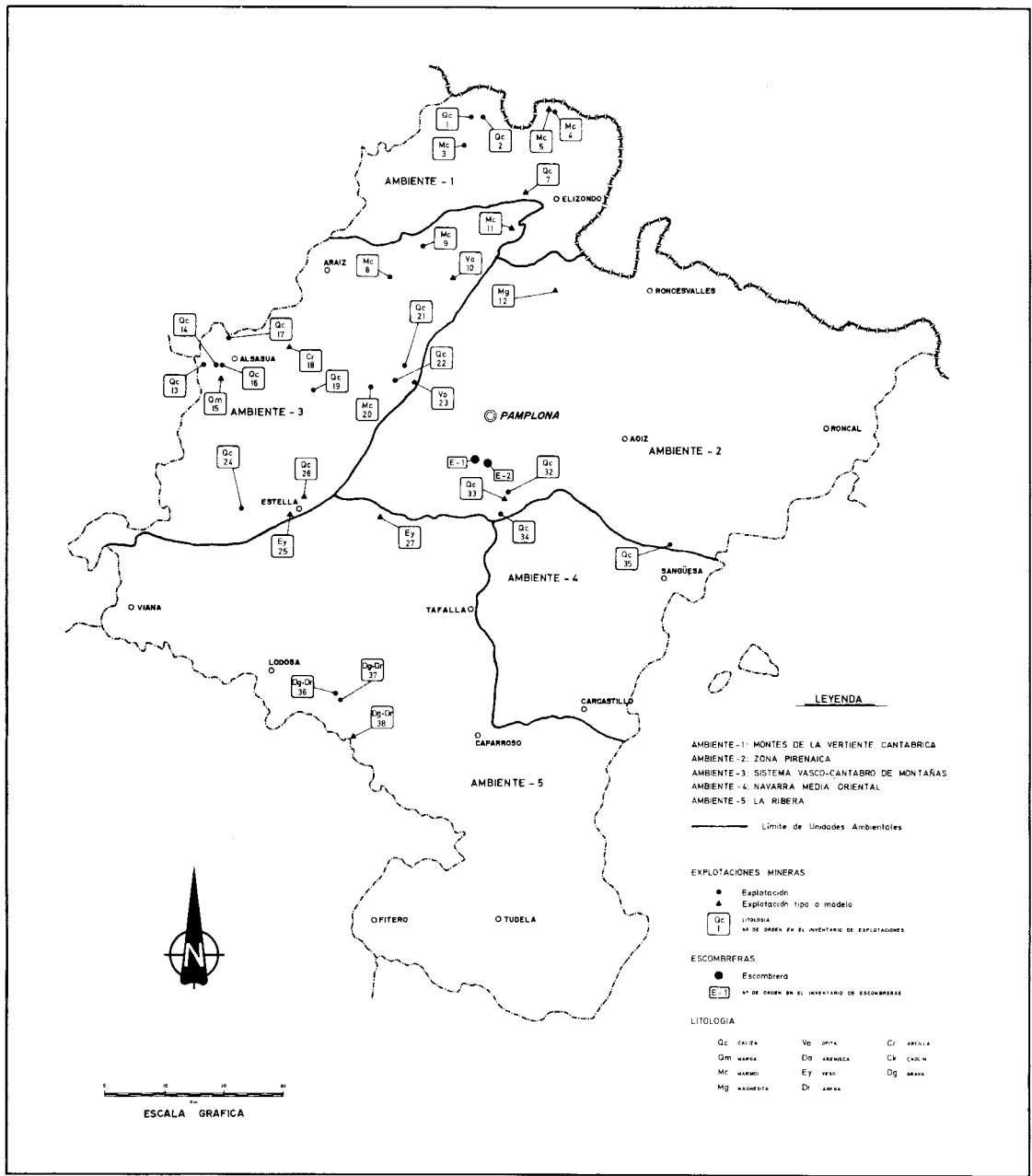


Fig. 22 Situación de las Explotaciones en los distintos Ambientes.

AMBIENTE	SUSTANCIA	INVENTARIO
1. Montes de la vertiente Cantábrica	Calizas Mármol	Qc-1, Qc-2, Qc-7 Mc-3, Mc-4, Mc-5
2. Zona Pirenaica	Calizas Magnesitas	Qc-32, Qc-33, Qc-34, Qc-35 Mg-12
3. Sistema Vasco-Cántabro de Montaña.	Calizas Mármol Ofita Yeso Marga Arcilla	Qc-13, Qc-14, Qc-16, Qc-17 Qc-19, Qc-20, Qc-21, Qc-24 Qc-26, Mc-8, Mc-9 Vo-10, Vo-23 Ey-25 Qm-15 Cr-18
4. Navarra Media Oriental	-----	-----
5. La Ribera	Grava-arena Yeso	Dg-Dr-36,37,38 Ey-27

Cuadro 17. Distribución de las Explotaciones en las Unidades Ambientales.

Parte de la producción de áridos se destina a la fabricación de hormigones, para lo cual existen varias plantas de hormigón en diversas canteras. La producción de caliza dedicada a cemento, es consumida por la fábrica de cementos Portland, situada en Olazagutía. En la Sierra de Alaiz existe un horno de cal.

Por regla general las plantas de tratamiento del material están localizadas a pie de cantera o muy cerca de las mismas y normalmente, próximas a los centros de consumo.

Se han inventariado 16 canteras de calizas de las que se han elegido como modelo las denominadas Qc-7, Qc-26 y Qc-33.

5.2.3.2. Mármol

Se han inventariado seis explotaciones de mármol en la provincia de Navarra. De ellas, tres se dedican a la obtención de mármol ornamental, la cuarta obtiene áridos de trituración, la quinta mármol para terrazo, y la sexta y última tiene una actividad mixta, extrayendo bloques grandes

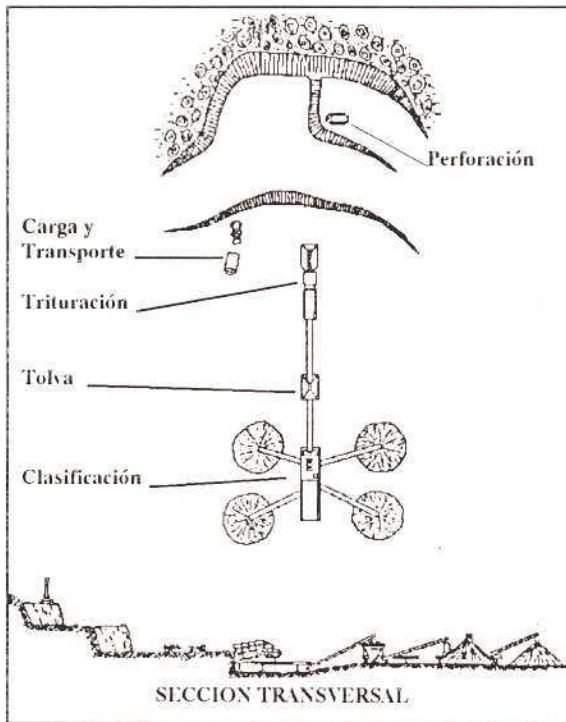


Fig. 23. Esquema General de una Cantera de Áridos

para serrar y trozos más pequeños para fabricar terrazo.

En los casos en que el mármol se corta en bloques grandes el método de arranque que se utiliza es el hilo helicoidal y, en ocasiones, explosivos en trinchera, martillo y mazas. Estas canteras son de tamaño medio, y la explotación se lleva en varios bancos. Los bloques se cargan en camiones, para su transporte hasta los talleres donde se cortan, en caso de que estos no estén a pie de cantera (figura 24).

El arranque del mármol destinado a la obtención de áridos de trituración y la fabricación de terrazo se realiza siempre con explosivos. El material se carga mediante palas mecánicas en camiones que lo transportan hasta las plantas de trituración-distribución, pasando luego a las tolvas de almacenamiento. Estas canteras son grandes y se trabaja en frentes de considerable altura.

Las explotaciones de mármol escogidas como modelo son la Mc-5 y Mc-11.



Foto 5. Frente de una Cantera de Caliza para Áridos. Bearín

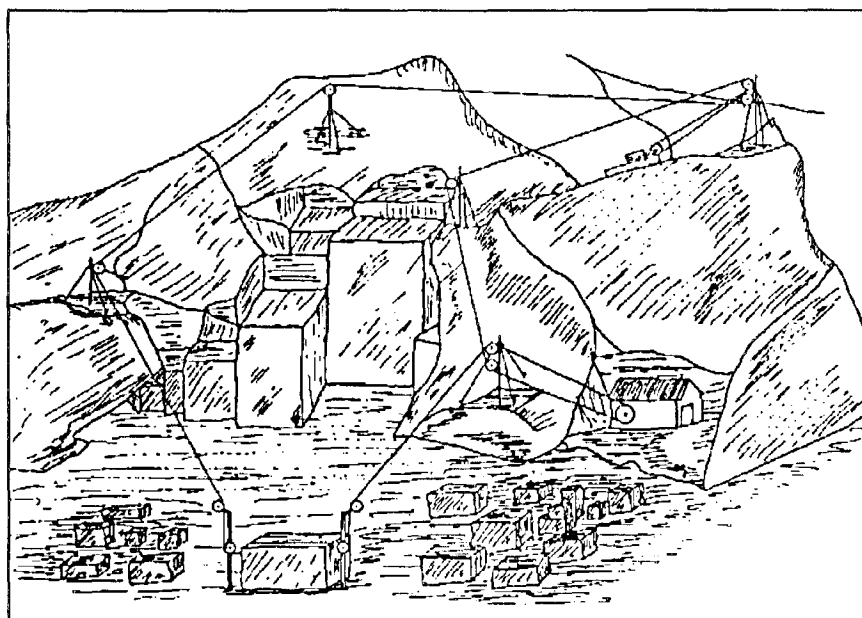


Fig. 24. Esquema de un Cantera de Mármol.

5.2.3.3. Yeso

En la provincia de Navarra existen dos explotaciones de yesos.

La primera de ellas, la Ey-25, está situada en las proximidades de Ayegui, dentro de la unidad ambiental definida como Ambiente 3, Sistema Vasco-Cántabro de Montañas. Se ha escogido como cantera modelo.

La segunda es la Ey-27, localizada junto a Mañeru, en la unidad definida como ambiente 5, La Ribera. También se ha tomado como explotación tipo.

En las dos canteras el arranque del material se efectúa con explosivos. La Ey-25 es de pequeño tamaño y su producción se destina a la fábrica de cementos Portland, en Olazagutía. La Ey-27 es mucho más grande y la mayor parte de su producción se destina a la fabricación de yeso elaborado, en la planta de tratamiento situada junto a la explotación. Se usa como aglomerante.

Las dos canteras son a cielo abierto, con frentes que oscilan entre los 30 y 40 m de altura. Su mecanización se reduce a los martillos neumáticos y compresores para la realización de taladros, así como palas mecánicas y camiones para el transporte a las plantas de trituración y elaboración.

5.2.3.4. Magnesita

Únicamente existe una explotación activa de magnesita en la provincia de Navarra, la Mg-12. Por otra parte es la más importante de todo el territorio español. Corresponde a la unidad ambiental definida como ambiente 2, Zona Pirenaica y se localiza en las proximidades de Eugui. Lógicamente se ha escogido como explotación tipo.

Aproximadamente un 25 % de la producción, formada por dolomías y silicatos, se considera estéril y se vierte a pie de cantera.



Foto 6. Frente de Explotación de una Cantera de Mármol.



Foto 7. Cantera de Yeso. Mañeru.

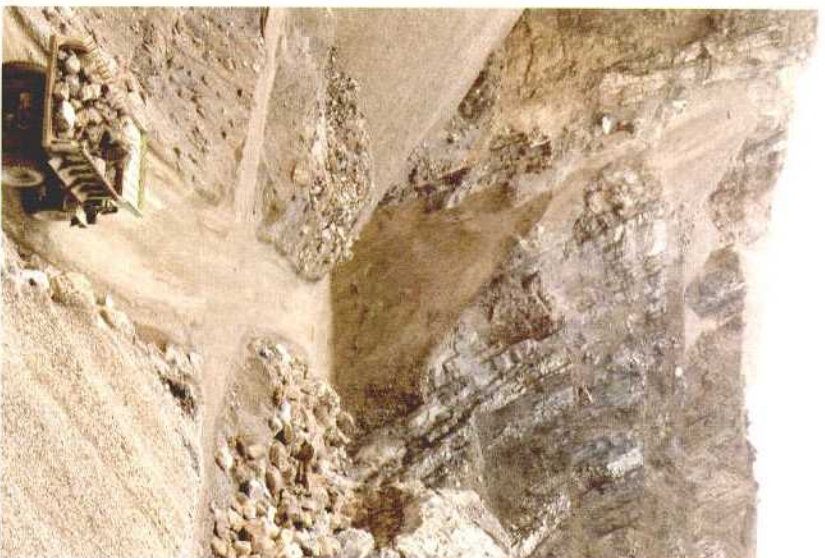


Foto 8. Explotación de Magnesitas en Eugui.



Foto 9. Frente de Canteras y Escombrera de Magnesitas de Navarra.

5.2.3.5. Ofita

Las dos canteras de ofitas inventariadas, Vo-10 y Vo-23, corresponden al ambiente 3, Sistema Vasco-Cántabro de Montañas. De ellas se ha escogido como modelo la Vo-10.

En ambos casos el arranque se efectúa con explosivos, previa realización de taladros. Las palas mecánicas cargan el material en camiones que lo transportan hasta la planta de trituración.

La explotación Vo-23, situada en las proximidades de Lete, no dispone de planta de trituración a pie de cantera, y el material se transporta por carretera hasta la explotación Qc-21, en Erroz, muy cerca de Lete.

Por el contrario, la cantera Vo-10, localizada inmediatamente al N de Elzaburu, sí dispone de planta de trituración y distribución a pie de cantera.



Foto 10. Aspecto de una Explotación de Ofitas en Erroz, en las cercanías de Lete.



Foto 11. Bancos de Explotación en una Cantera de Margas en Olazagutía.

5.2.3.6. Marga

Sólo se ha inventariado una explotación de este material situada en las proximidades de Olazagutía. Figura en el inventario con la clave Qm-15, y corresponde al ambiente 3, Sistema Vasco-Cántabro de Montañas. Se ha elegido como explotación tipo.

La cantera es de gran tamaño y está muy mecanizada. Toda la producción se destina a la fábrica de cementos Portland, situada en Olazagutía.

5.2.3.7. Arcilla

Como en el caso del material anterior, también se ha inventariado solamente una explotación de arcilla, la Cr-18. Está situada en Echarri-Aranaz y corresponde al ambiente 3, Sistema Vasco-Cántabro de Montañas. Se ha elegido como cantera tipo o modelo.

Es de pequeño tamaño, destinándose la producción a la fabricación de ladrillos. La factoría se encuentra junto a la cantera.

Existen otras cinco explotaciones de arcilla en la provincia de Navarra, pero de escasa im-

portancia, según los datos facilitados por la Jefatura Provincial de Minas.

5.2.3.8. Grava y Arena

Las ocho explotaciones de grava y arena, que actualmente operan en Navarra, pertenecen a la unidad ambiental definida como ambiente 5, La Ribera. De ellas se han inventariado tres situadas en dos zonas diferentes.

La primera zona corresponde a los alrededores de Andosilla, e incluye las canteras Dg-Dr-36 y Dg-Dr-37. La segunda zona comprende el área de San Adrián y contiene una sola explotación, la Dg-Dr-38. Esta última se ha escogido como tipo o modelo.

En general explotan terrazas, como en estos tres casos, o bien los mismos aluviales. Son explotaciones de tamaño medio, y normalmente su mecanización se reduce a palas mecánicas para arrancar material, camiones para el transporte y planta de trituración. La producción se destina a la obtención de áridos naturales.



Foto 12. Explotación de Grava y Arena en Andosilla.

5.2.4. Definición de modelos de explotaciones tipo.

Las explotaciones tipo representativas para cada sustancia mineral y para cada ámbito del medio físico, escogidas en el epígrafe anterior quedan resumidas en el cuadro 18.

La elección de modelos se ha hecho tras una minuciosa visita a todas las explotaciones y teniendo en cuenta diversos factores, tales como: localización de la explotación, tamaño, volumen de producción, grado de mecanización, representatividad frente a otras explotaciones de la misma sustancia, etc. En algunos casos, la elección ha venido impuesta por existir solamente una cantera de un determinado tipo de sustancia en la unidad ambiental de que se trate.

Sobre los modelos elegidos se ha realizado la caracterización de los impactos potenciales y la consiguiente serie de recomendaciones generales de restauración y rehabilitación.

A continuación se describen las distintas explotaciones tipo, agrupándolas por unidades ambientales.

AMBIENTES	CALIZAS	MARMOL	YESO	OFITA	MARGA	MAGSTA	ARCILLA	GRAVA
Ambiente 1	Qc-7	Mc-5	---	---	---	---	---	---
Ambiente 2	Qc-33	---	---	---	---	Mg-12	---	---
Ambiente 3	Qc-26	Mc-11	Ey-25	Vo-10	Qm-15	---	Cr-18	---
Ambiente 4	---	---	---	---	---	---	---	---
Ambiente 5	---	---	Ey-27	---	---	---	---	Dg-Dr-38

Cuadro 18. Explotaciones Modelo.

5.2.4.1. Montes de la Vertiente Cantábrica.

Se han elegido dos modelos de explotación: en caliza la Qc-7 y en mármol la Mc-5. Se caracterizan por:

- Fácil acceso.
- Mecanización sencilla.
- Arranque efectuado por explosivos en caliza y por hilo helicoidal en mármol.
- Uno o varios frentes de arranque de dimensiones medias. La altura de dichos frentes son del orden o inferior a los 60 m.
- Transporte del material a la zona de tratamiento.
- Usos como áridos de trituración y roca ornamental, respectivamente.

5.2.4.2. Zona Pirenaica.

Se han escogido como modelo la Qc-33 en caliza y la Mg-12 de magnesita, caracterizadas por:

- Muy fácil acceso.
- Bien mecanizadas.
- Arranque mediante uso de explosivos.
- Varios frentes de arranque de grandes dimensiones, entre 100 y 300 m de altura.
- Se utilizan para la fabricación de cal y obtención de magnesita, respectivamente.
- Tratamiento del material en la inmediaciones de la cantera.

5.2.4.3. Sistema Vasco-Cántabro de Montaña.

Se han seleccionado seis estaciones modelo. Se trata de la Qc-26 en calizas, Vo-10 en ofitas, Qm-15 en margas, Mc-11 en mármol, Ey-25 en yesos y Cr-18 en arcilla. Reúnen las siguientes características:

- Buen acceso.
- Mecanización media a buena.
- El arranque en rocas duras se realiza por voladura y en rocas blandas por medios mecánicos.
- Uno o varios frentes de arranque, en general de tamaño pequeño a medio, del orden o inferior a los 50 m de altura.
- El material obtenido se traslada para su tratamiento o se elabora en la misma planta.
- Se utiliza como áridos de trituración, elaboración de cementos y en ladrillería.

5.2.4.4. Navarra Media Oriental

En este ambiente no se ha inventariado ninguna explotación, aunque en el valle de Aragón existen algunas graveras de escasa importancia.

5.2.4.5. La Ribera

Dos explotaciones se han seleccionado: la Ey-27 en yesos y la Dg-Dr-38 en gravas. Se caracterizan por:

- Muy buen acceso.
- Buena mecanización.
- El arranque se efectúa por explosivos en roca y medios mecánicos en el aluvial.
- El tratamiento del material se efectúa en las inmediaciones de las plantas.
- Los frentes de arranque son de altura moderada, inferior a los 40 m.

5.2.5. Caracterización de los estériles

La única cantera navarra que produce un volumen apreciable de estériles es la de magnesita, denominada en el inventario Mg-12. Como ya se ha dicho, es la más importante de España por su producción y reservas.

Está situada a unos 3 Km al N de Eugui, junto a la N-648, en el valle del Río Arga.

El vertido de estériles se hace a pie de cantera con volquetes, desde los frentes actuales de explotación.

Las zonas de arranque, una vez agotadas, se rellenan con estériles. Estos y la cantera constituyen un único conjunto, lo que es un factor importante a tener en cuenta a la hora de caracterizar el impacto ambiental.

El grado de cobertura vegetal es muy escaso. Esto es debido a su difícil implantación por la pendiente del talud y el vertido constante de material en las zonas superiores.

El problema de erosión, por el momento, no es grave. El agua de escorrentía drena hacia el río próximo.



Foto 13. Escombrera de Potasas vista desde Esparza.

Se ha analizado una muestra representativa del suelo con vistas a la revegetación de la zona.

También es de destacar la acumulación de estériles producida en las explotaciones de potasas, pero estas en su mayor parte están inactivas en la actualidad.

5.2.6. Principales alteraciones ambientales

Por impacto ambiental debe entenderse el cambio de valor del medio o de alguno de sus elementos. Es consecuencia de una acción o actividad que produce una alteración o un conjunto de alteraciones en dicho medio o en algunos de sus componentes.

En base a esto, se define el impacto de una acción o proyecto como la diferencia entre el valor final del medio modificado por la acción (proyecto) y el valor inicial del mismo, tal como habría evolucionado sin la aplicación de la acción en cuestión ("El impacto ambiental y la restauración de terrenos en minería a cielo abierto. Tomo I, 1.984").

La caracterización del impacto ambiental se ha hecho teniendo en cuenta las principales operaciones que se desarrollan en los trabajos de explotación y las posibles alteraciones a que pueden dar lugar en los elementos, características y procesos ambientales (figura 25).

Para la identificación del impacto se ha cumplimentado una ficha para cada una de las sustancias, en la que se recogen las alteraciones producidas por cada uno de los parámetros considerados.

Se han catalogado como genéricamente importantes, o poco importantes.

Del su análisis se deduce que las principales alteraciones ambientales producidas por las canteras y graveras en la provincia de Navarra son dos:

- alteración de la morfología y el paisaje
- impactos sobre el suelo.

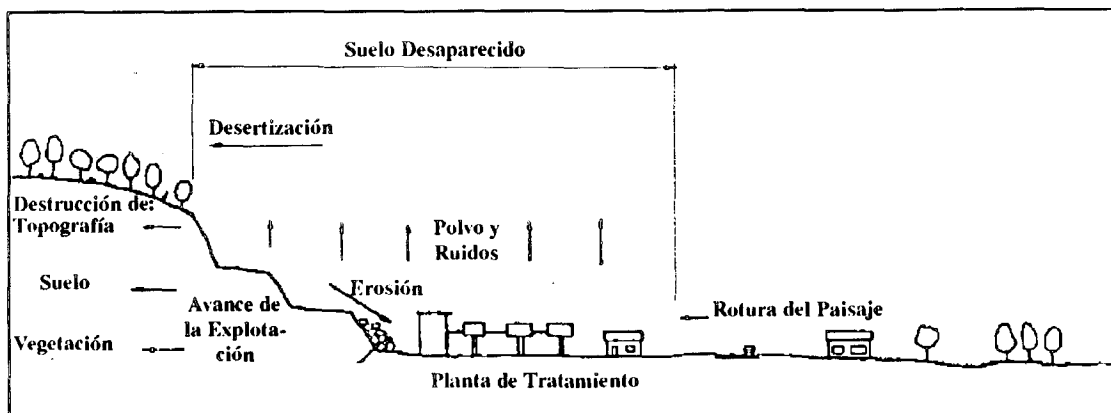


Fig. 25 Principales Alteraciones producidas por las Explotaciones a Cielo Abierto.

5.2.6.1. Alteración de la morfología y el paisaje

Los impactos principales sobre la morfología y el paisaje provienen de los cambios en la superficie del terreno originados por la creación de los huecos de explotación y, en mucho menor grado, salvo en el caso de la cantera de magnetitas, por el vertido de estériles.

Las principales alteraciones son:

- alteración del drenaje natural, con la modificación del perfil de equilibrio del sistema de drenaje.
- aumento de la erosión.
- aumento del riesgo de deslizamientos, desprendimientos e inundación.

El impacto sobre el paisaje es alto. Se ha valorado teniendo en cuenta los siguientes factores: visibilidad o susceptibilidad visual, calidad del paisaje, componentes del paisaje, y elementos visuales. Por regla general, las alteraciones más importantes producidas son la pérdida de equilibrio o armonía de formas, y de colorido o vistosidad, destacando notablemente en zonas donde la densidad de explotaciones es elevada.

Por otra parte, estas alteraciones son visibles, en muchos casos desde núcleos urbanos.

Hay que tener en cuenta la introducción en el paisaje de elementos y formas extrañas, ya que en la mayoría de las canteras se han instalado plantas de tratamiento, se construyen caminos, se almacenan montones de material, etc.

5.2.6.2. Impactos sobre el suelo

La alteración del suelo se produce por la ocupación de éste, al crearse huecos, construirse caminos, edificios y plantas de tratamiento y almacenar material sobre el mismo.

En la provincia de Navarra esta alteración es importante debido, no a la extensión que ocupan las explotaciones que es variable pero nunca extremadamente grande, sino a que en ningún caso se está procediendo a la conservación de los horizontes superiores del suelo que constituyen el soporte de la vida vegetal y animal.

El horizonte A del suelo, o tierra vegetal, tiene gran riqueza en materia orgánica. La conservación de dicho horizonte, con todas sus propiedades intactas, es primordial para una buena res-



Foto 14. Impacto Visual de canteras de Caliza en la Sierra de Alaiz. Alteración de la Red de Drenaje y pérdida del Suelo.



Foto 15. Impacto Visual desde Olazagutía de una cantera de Caliza.

titución del terreno. En el caso de las canteras navarras este suelo se está perdiendo irreversiblemente.

Otro impacto que se produce sobre el suelo, aunque con una repercusión mucho menor, es la introducción de efectos edáficos negativos en los alrededores de la explotación. Esto se debe a las operaciones que en esta se llevan a cabo, tales como acumulación de residuos, elementos finos, polvo, etc.

5.2.6.3. Otras alteraciones

Alteraciones en la atmósfera

El impacto principal que se produce sobre la atmósfera durante las distintas operaciones del proceso de explotación es la contaminación del aire originada por:

- emisión de partículas sólidas en suspensión.
- emisión de gases.
- ruidos y ondas aéreas.

Las partículas contaminantes forman un polvo de partículas de diámetro comprendido entre 1 y 1.000 μm ;



Foto 16. Alteraciones en la Atmósfera. Emisión de Polvo en una Cantera de Olita.

La importancia del polvo está directamente relacionada con la climatología local, la velocidad y la constancia de los vientos, la estación del año, la humedad y las precipitaciones.

Los efectos del polvo son variados ya que causa molestias a las personas, disminuye la calidad del aire, da lugar a desgastes prematuros de diversos elementos de la maquinaria, produce una alteración en el entorno de la cantera con la oclusión de los poros de las plantas y reducción de la penetración de la luz afectando a la fotosíntesis. En cualquier caso el impacto producido por la emisión de polvo en las explotaciones navarras es pequeño, pues hay que tener en cuenta que, salvo en zonas muy localizadas, las precipitaciones son abundantes y la humedad del terreno es alta. Por otra parte, en casi todas las canteras emplean medidas correctoras consis-

tentes en el riego de los terrenos, sobre todo en los meses más secos, cerramiento de las plantas de tratamiento, etc. En el epígrafe correspondiente se describen otras posibles correcciones a llevar a cabo.

La producción de gases en las explotaciones se debe a las reacciones químicas sufridas por los explosivos en las voladuras, y a la emisión de los motores de los camiones y maquinaria en general utilizada. Cuantitativamente su efecto es mínimo, sobre todo en comparación con la emisión de polvo.

Los ruidos generados en las explotaciones provienen de la maquinaria, plantas de tratamiento y voladuras. Producen efectos sobre las personas que habitan junto a las explotaciones y por lo tanto, los mayores impactos se producen en las explotaciones localizadas cerca de los núcleos urbanos.

Alteraciones en las aguas

La alteración que las canteras y graveras de la provincia de Navarra producen sobre las aguas, tanto superficiales como subterráneas, puede considerarse, en líneas generales, como moderada. Puede sintetizarse en dos puntos:

- alteración del drenaje superficial.
- contaminación de las aguas.

El primero es el que tiene mayor incidencia en el ámbito navarro, como ya se ha visto en un capítulo anterior. Se produce por dos factores:

- . desviación o interrupción de los cursos de agua, como consecuencia del hueco creado por la explotación y la construcción de la infraestructura necesaria para el funcionamiento de la cantera (camino, pistas, plantas de tratamiento, etc.). Un caso espectacular se da en la cantera de mármol Mc-3, situada junto a Yanci, donde el hueco de la explotación corta el curso de un arroyo, formándose cascadas. Este agua se canaliza y es aprovechada para las labores de la explotación. Otro ejemplo se encuentra en la Sierra de Alaiz, donde el avance de los frentes de explotación de las canteras Qc-32, Qc-33 y Qc-34 está próximo a cortar la divisoria de aguas en el sector SO de la sierra, con el cambio que eso supone en el drenaje natural de la zona.



Foto 17. Alteración en la Red de Drenaje por la Apertura de una Cantera.

. captación de cursos de agua y manantiales, que luego es utilizada en labores propias de la explotación. Un ejemplo es la balsa de captación de la cantera de caliza Qc-13, localizada en las proximidades de Ciordia, o el manantial que aprovecha la Qm-15, en Olazagutia.

En lo que se refiere a calidad química, antes de hacer ninguna consideración, es fundamental analizar para que se usa el agua de las canteras.

Como ya se ha visto en el inventario, la mayor parte de las canteras dedica su producción a la obtención de áridos de trituración. En este proceso no es necesario utilizar agua, para evitar el polvo y facilitar la trituración de la piedra en los molinos.

También es frecuente regar las pistas y lavar sistemáticamente los camiones que transportan el material por carretera, para evitar en lo posible manchar las mismas.

El agua es necesaria cuando se fabrica hormigón. Algunas canteras navarras con plantas de hormigón son la Qc-35 (Liédena), la Qc-26 (Bearin) o la Qc-21 (Erroz).

Finalmente otro uso que se hace del agua es, en las canteras de mármol, para la refrigeración y buen funcionamiento del hilo helicoidal con que cortan la piedra (por ejemplo, cantera Mc-8, en Aldaz).

Para caracterizar correctamente la alteración producida por las explotaciones sobre las aguas superficiales, se han analizado seis muestras de aguas, cuyos resultados se reflejan en el cuadro 19.

DENOMINACION		SITUACION
. NA-BEARIN-1	CANTERA	Qc-26 Arroyo
. NA-BEARIN-2	"	"
. NA-BEARIN-3	"	"
. NA-ERROZ-4	"	Qc-21 Regato Iergina
. NA-OFI-5	"	Vo-10 Río Learraga
. NA-MAG-6	"	Mg-12 Río Arga

El efecto más notable que producen las canteras sobre las aguas superficiales es el aumento de sólidos en suspensión, motivado por el tipo de sustancias que se extraen y el método de explotación.

La alteración que esto provoca es el aumento de turbidez, que afecta al medio biótico existente en las corrientes fluviales, pues dificulta la penetración de la luz y reduce la función de fotosíntesis, dando lugar a un empobrecimiento de la flora y de la fauna.

Por otra parte, se produce la contaminación física de las márgenes fluviales al decantarse los sólidos en suspensión.

En cualquier caso, todos estos defectos son moderados pues los tramos fluviales afectados son escasos y, en general, de pequeña longitud (como máximo 50 m). El impacto sobre la composición química del agua se puede considerar nulo.

En lo que se refiere a las aguas subterráneas, las alteraciones que pueden producir sobre ellas

CATIONES (mg/litro)	MAG-6	OFI-5	ERROZ-4	BEARIN-3	BEARIN-2	BEARIN-1
Li ⁺	0.00	0.00	0.10	0.10	0.20	0.10
Na ⁺	5.00	8.00	19.00	63.00	65.00	64.00
K ⁺	1.00	1.00	33.00	13.00	38.00	8.00
Ca ⁺⁺	16.00	21.00	30.00	210.00	228.00	206.00
Mg ⁺⁺	9.00	7.00	0.00	16.00	4.00	20.00
NH ₄ ⁺	0.52	0.98	0.99	0.94	3.10	8.00
ANIONES (mg/litro)						
CO ₃ ⁼	0.00	0.00	33.00	0.00	84.00	0.00
CO ₃ H ⁻	85.00	101.00	0.00	317.00	0.00	342.00
SO ₄ ⁼	0.00	16.00	104.00	302.00	377.00	280.00
Cl ⁻	11.00	14.00	31.00	92.00	141.00	85.00
NO ₃ ⁻	0.00	0.00	7.00	68.00	52.00	64.00
NO ₂ ⁻	0.00	0.00	0.19	9.80	2.10	8.00
RELACIONES IONICAS						
Cl/Na	1.43	1.13	0.72	0.95	1.41	0.86
Cl/(Na+K)	1.28	1.06	0.42	0.84	1.05	0.80
Mg/Ca	0.93	0.37	-	0.13	0.03	0.10
Na/Ca	0.27	0.22	0.21	0.26	0.25	0.27
Na/K	8.50	13.61	1.41	8.24	2.91	13.61
SO ₄ /Ca	0.00	0.22	0.54	0.60	0.69	0.57
SO ₄ /(Ca+Mg)	0.00	0.16	0.54	0.53	0.67	0.49
ANALISIS FISICOS						
.Conductividad	161.00	232.00	725.00	1324.00	1602.60	1308.0
.Dureza (°F)	7.70	10.65	20.05	59.20	58.80	59.80
.pH 7.00	7.10	11.10	7.70	10.80	7.70	
.Sólidos Dis. (mg/litro)	132.40	186.60	324.40	1109.10	1029.60	1090.80
.Sólidos Susp.	0.05	1442.00	0.15	0.08	0.24	0.05
.Fe Total ppm	0.10	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10
Sílice (mg/litro)	4.90	7.70	36.10	17.30	35.20	11.70

Cuadro 19. Resultado de los Análisis de las Muestras de Agua.

las explotaciones son, fundamentalmente, de dos tipos:

- afección de los niveles freáticos.
- contaminación de los acuíferos.

En la provincia de Navarra, las canteras no producen ningún tipo de impacto sobre estas aguas. De todas las que se han inventariado, las de mayor riesgo por su situación sobre acuíferos son:

- Cr-18, cantera de arcillas de escasa entidad y mínima mecanización, situada sobre el acuífero constituido por el aluvial del río Araquil, de alta permeabilidad. Por ahora la explotación se sitúa sobre el nivel del río y no afecta al nivel piezométrico.
- Qc-19 y Qc-20, canteras de calizas también de poca entidad, en especial la Qc-20. La primera está localizada sobre el acuífero que constituye la Sierra de Urbasa, mientras que la segunda se sitúa en la Sierra de Andía. Los dos acuíferos están formados por calcarenitas, calizas y dolomías, siendo su permeabilidad media.
- Qc-32, Qc-33 y Qc-34, canteras de caliza situadas en la Sierra de Alaiz. El acuífero es de permeabilidad media estando formado por calcarenitas, calizas y dolomías.

- Qc-35, cantera de caliza en la Sierra de Leyre, acuífero constituido por calcarenitas, calizas y dolomías, y de permeabilidad media.

Alteraciones de la flora y la fauna

El impacto de las explotaciones mineras sobre la flora y la fauna navarras se puede considerar, en líneas generales, como moderado y temporal.

La principal alteración que se produce es la eliminación o alteración de habitats, motivada por la creación de huecos, construcción de viales e infraestructura, y, en general, por el funcionamiento de la explotación. Esto da lugar a:

a) *alteración de la vegetación*. Esto supone la eliminación de elementos puntuales, pero sin llegar a poner en peligro las distintas especies vegetales. Más importante, y lo realmente grave, es la pérdida de suelo asociada a esa pérdida de vegetación. Este hecho supone una irreversibilidad de los fenómenos degradativos, poniendo de manifiesto la fragilidad del equilibrio de un ecosistema.

Sin embargo, el impacto queda minimizado por la elevada capacidad de "cicatrización" de las zonas afectadas.

Esta capacidad es debida a las características climáticas imperantes -precipitaciones abundantes y temperaturas adecuadas- en la mayor parte del territorio navarro y en concreto en las áreas donde se concentra el mayor número de explotaciones.

No obstante, se hace necesaria y urgente una revegetación racional y planificada que suponga:

- 1.- restauración de la vegetación preexistente, ya que existen especies, como por ejemplo el haya (*Fagus sylvatica*), que son de muy difícil reimplantación natural. De esta forma, el hayedo degradado evoluciona de forma natural hacia el helechal-brezal, en lugar de evolucionar hacia el hayedo.
- 2.- creación y conservación del suelo. Esto se logrará con la implantación de la vegetación potencial de la zona, que formará nuevo suelo y evitará su pérdida al frenar la escorrentía superficial.

b) *alteración de la fauna*. La actividad minera en Navarra afecta a la fauna de forma transitoria, produciendo desplazamientos de las poblaciones existentes en las zonas de apertura de huecos y sus alrededores.

Este efecto es moderado en las poblaciones con una gran facilidad de desplazamiento, como es el caso de los micromamíferos.

Es más grave en las zonas donde la fauna tiene problemas de desplazamiento, o una gran especificidad por el habitat, como ocurre con los macromamíferos o con las aves rapaces.

Será extremadamente grave en la zona donde se han descrito especies en peligro de extinción, como el urogallo (área de Antielarra) y el oso (Alto Roncal).

Además de desplazamientos en la fauna, se producen cambios en sus pautas de comportamiento por perturbaciones acusadas por el tráfico de camiones y maquinaria pesada, construcción de caminos e infraestructura, y en general, actividades generadas por la explotación de las canteras.

Alteraciones producidas por las voladuras

En general, las alteraciones que originan las voladuras son:

- vibraciones
- onda aérea
- proyecciones de roca

Los efectos de las vibraciones son, fundamentalmente, tres: molestias a las personas que están próximas a las voladuras, daños estructurales en las edificaciones, e inestabilidad en el macizo rocoso. Este último efecto es el que mayor riesgo tiene de producirse en Navarra, por el tipo de frente con que se trabaja en muchas explotaciones, como por ejemplo las canteras de la Sierra de Alaiz.

En cuanto a la onda aérea, las molestias que producen las canteras navarras vienen ocasionadas por el ruido, sobre todo aquellas que están cercanas a núcleos urbanos o zonas densamente pobladas (p. ej. canteras del área Alsasua-Olazagutia, Vera de Bidasoa, Sierra de Alaiz) y, en mucho menor grado, por las vibraciones que ocasiona.

Las proyecciones de roca son las que producen el mayor riesgo de ocasionar daños materiales, pudiendo afectar a núcleos urbanos o a vías de comunicación (la cantera Qc-17 en Alsasua).

Alteraciones socio-económicas

Además de las alteraciones producidas por las actividades de las explotaciones que han sido descritas, hay que considerar las relativas al aumento de la densidad de tráfico sobre las vías públicas, sobre todo tráfico pesado, con el consiguiente peligro de accidentes y deterioro de los firmes, así como el embarrado de las carreteras.

En ocasiones se llega a producir el paso de camiones por el interior de núcleos urbanos. Son buenos ejemplos de esto el área comprendida entre la sierra de Alaiz y Pamplona, la zona de Alsasua-Olazagutia o el tramo de carreteras comprendido entre la cantera de magnesita (Mg-12) y la fábrica de Zubiri.

Por otra parte, muchas de las explotaciones llevan implícitos un riesgo de accidente para personas y animales ajenas a ellas, riesgo que se evita mediante el cerramiento, alambrada u otros cercados, de los huecos e instalaciones. La práctica totalidad de las canteras navarras no han tenido en cuenta esta medida de precaución, por lo que están expuestas a este peligro.

5.2.7. Planes de Restauración

Según la información facilitada por el Departamento de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno de Navarra, eran únicamente doce las explotaciones que en Diciembre de 1.986 habían presentado estudio de impacto ambiental, en cumplimiento del Real Decreto 2994/82 sobre restauración de espacios naturales afectados por actividades extractivas.

De cualquier forma, en las visitas que se han efectuado a las explotaciones inventariadas, no se ha observado ninguna medida tendente a la posterior restauración. Únicamente la cantera Qm-15, en Olazagutia, propiedad de Cementos Portland, ha tenido en cuenta este factor y la explotación se está llevando a cabo en varios bancos (hasta cuatro), construidos con este fin.

Por lo tanto, no es posible obtener ninguna conclusión de estos planes que ayude a definir los criterios y recomendaciones generales que se hacen al final de este estudio.

5.3. MINERIA NO METALICA

Destaca por su importancia la explotación del yacimiento de potasas de Nuestra Señora del Perdón. Esta explotación, de gran auge en el pasado, está actualmente en franca regresión y con pocas expectativas de cara al futuro.

En estos momentos, únicamente existe un pozo activo, localizado en Subiza. El resto ha sido abandonado junto con toda su infraestructura (instalaciones a pie de pozo, tuberías y cintas transportadoras, etc).

La explotación se centra en niveles de silvinita y carnalita, que son los que tienen el mayor contenido en potasio.

El material una vez extraído, se transporta hasta la fábrica, situada junto a la N-121, donde se procede a su tratamiento. El estéril se vierte mediante cintas transportadoras en dos grandes escombreras, situadas, una junto a la fábrica (E-POTASA-1), y la otra entre Esparza y Arlegui, (E-POTASA-2), a 2,5 Km de la fábrica.

Son las escombreras las que ocasionan el mayor impacto ambiental de estas explotaciones, fundamentalmente por dos causas:

- tamaño notable y formas geométricas muy visibles
- localización

Otra alteración ocasionada por estas escombreras es debida a su drenaje, que ha dado lugar a la formación de una laguna endorréica salobre bastante grande junto a la fábrica.

En cuanto a la erosión, ambas presentan pequeños y abundantes roqueros.

Los dos impactos principales que producen estas escombreras son, por tanto, el paisajístico y la alteración del suelo.

Su recuperación pasa por la modificación de formas y tamaños y posterior revegetación, ya que buscar otra localización para las escombreras resulta una carga económica mu y alta. Este tema se trata con más detalle en el epígrafe correspondiente a restitución del terreno.

El principal problema para la revegetación de las escombreras es su naturaleza salina, por lo que las especies vegetales a utilizar tienen que ser muy especializadas.

Por lo tanto, parece lógico utilizar las mismas especies que han colonizado espontáneamente las escombreras, y que en el caso de las más antiguas han ocupado prácticamente toda su superficie.

Las más comunes son arbustillos, como la sosa (*Suaeda fruticosa*) o el *Arthroeneum glaucum*, que además, presentan la ventaja de sujetar el suelo con sus raíces.

En los pequeños regueros por donde se drena la escombrera crecen especies como las del género *Limonium* o *Frankenia*.

El otro caso de minería no metálica en la provincia, es la explotación de sal situada en Obanos. De escasa importancia, no produce ningún tipo de alteración ambiental.

POSIBLES ALTERACIONES EN LA MINERIA DE CALIZAS, YESOS, OFITAS Y MARGAS

SIMBOLOGIA

- ALTERACIONES GENERICAMENTE IMPORTANTES
- ALTERACIONES GENERICAMENTE POCO IMPORTANTES

		ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA															
		ATMOSFERA		AGUA		SUELOS		VEGETACION	FAUNA	PROCESOS ECOLOGICOS	PROCESOS GEOFISICOS					MORFOLOGIA Y PAISAJE	
ACCIONES PRODUCTORAS DE IMPACTOS O ALTERACIONES	PRINCIPALES OPERACIONES, INFRAESTRUCTURAS Y MODELADOS DE LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA	• NIVEL DE RUIDOS	• AGUA SUPERFICIAL	• AGUA SUBTERRANEA	• CARACTERISTICAS EDAFICAS	• USOS DEL SUELO	• ESPECIES Y COMUNID VEGETALES	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	• CADENAS Y REDES TROPICAS	• INUNDACION	• EROSION	• SEDIMENTACION	• INESTABILIDAD	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)	• SUBSIDENCIA	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE
		1. EXPLORACION E INVESTIGACION			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2. INFRAESTRUCTURA	2.1. CONSTRUCCION DE EDIFICIOS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO		<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
	2.2. NUEVOS VIALES Y CONDUCCIONES		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
	2.3. DESAGUES Y DRENAJES			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
3. OPERACION	3.1. PERFORACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														
	3.2. VOLADURA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	3.3. ARRANQUE Y CARGA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>				
	3.4. TRANSPORTE DE MATERIALES Y TRAFICO DE MAQUINARIA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
	3.5. MANTENIMIENTO			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>												
	3.6. TRATAMIENTO DE MINERALES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
4. MODIFICACIONES FISIOGRAFICAS	4.1. CREACION DE HUECOS			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
	4.2. VERTIDO DE ESTERILES, ESCOMBRERAS Y BALSAS			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>

POSIBLES ALTERACIONES EN LA MINERIA DE MARMOL

SIMBOLOGIA

- ALTERACIONES GENERICAMENTE IMPORTANTES
- ALTERACIONES GENERICAMENTE POCO IMPORTANTES

ACCIONES PRODUCTORAS DE IMPACTOS O ALTERACIONES		ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA														
		ATMOSFERA		AGUA		SUELOS		VEGETACION	FAUNA	PROCESOS ECOLOGICOS	PROCESOS GEOFISICOS					MORFOLOGIA Y PAISAJE
		● COMPOSICION DE LA ATMOSFERA	● NIVEL DE RUIDOS	● AGUA SUPERFICIAL	● AGUA SUBTERRANEA	● CARACTERISTICAS EDAFICAS	● USOS DEL SUELO	● ESPECIES Y COMUNID VEGETALES	● ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	● CADENAS Y REDES TROFICAS	● INUNDACION	● EROSION	● SEDIMENTACION	● INESTABILIDAD	● SISMICIDAD (VIBRACIONES)	● SUBSIDIENCIA
1. EXPLORACION E INVESTIGACION	PRINCIPALES OPERACIONES, INFRAESTRUCTURAS Y MODELADOS DE LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		□	□												
2. INFRAESTRUCTURA	2.1. CONSTRUCCION DE EDIFICIOS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO		□				□	□	□							□
	2.2. NUEVOS VIALES Y CONDUCCIONES		□	□			□	□	□			□	□			□
	2.3. DESAGUES Y DRENAJES			●			□		□			□	□	□		
3. OPERACION	3.1. PERFORACION	□	□													
	3.2. VOLADURA	□	□						□				□	□		
	3.3. ARRANQUE Y CARGA	●	□									□				
	3.4. TRANSPORTE DE MATERIALES Y TRAFICO DE MAQUINARIA	●	□	□				□	□			□	□			□
	3.5. MANTENIMIENTO			□												
	3.6. TRATAMIENTO DE MINERALES			□												
4. MODIFICACIONES FISIOGRAFICAS	4.1. CREACION DE HUECOS			●		●	●	●	□	□		□	□	□		●
	4.2. VERTIDO DE ESTERILES, ESCOMBRERAS Y BALSAS	□		●		●	●	●	□	□	□	●	●	□		●

POSIBLES ALTERACIONES EN LA MINERIA DE MAGNESITA

SIMBOLOGIA

- ALTERACIONES GENERICAMENTE IMPORTANTES
- ALTERACIONES GENERICAMENTE POCO IMPORTANTES

ACCIONES PRODUCTORAS DE IMPACTOS O ALTERACIONES		ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA														
		ATMOSFERA		AGUA		SUELOS		VEGETACION	FAUNA	PROCESOS ECOLOGICOS	PROCESOS GEOFISICOS					MORFOLOGIA Y PAISAJE
		• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA	• NIVEL DE RUIDOS	• AGUA SUPERFICIAL	• AGUA SUBTERRANEA	• CARACTERISTICAS EDAFICAS	• USOS DEL SUELO	• ESPECIES Y COMUNID VEGETALES	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	• CADENAS Y REDES TROPICAS	• INUNDACION	• EROSION	• SEDIMENTACION	• INESTABILIDAD	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)	• SUBSIDENCIA
1. EXPLORACION E INVESTIGACION			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>												
2. INFRAESTRUCTURA	2.1. CONSTRUCCION DE EDIFICIOS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO		<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
	2.2. NUEVOS VIALES Y CONDUCCIONES		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
	2.3. DESAGUES Y DRENAJES			<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
3. OPERACION	3.1. PERFORACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
	3.2. VOLADURA	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	3.3. ARRANQUE Y CARGA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									<input type="checkbox"/>				
	3.4. TRANSPORTE DE MATERIALES Y TRAFICO DE MAQUINARIA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
	3.5. MANTENIMIENTO			<input type="checkbox"/>												
	3.6. TRATAMIENTO DE MINERALES			<input type="checkbox"/>												
4. MODIFICACIONES FISIOGRAFICAS	4.1. CREACION DE HUECOS			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>
	4.2. VERTIDO DE ESTERILES, ESCOMBRENAS Y BALSAS	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>

POSIBLES ALTERACIONES EN LA MINERIA DE ARCILLAS Y ARENAS

SIMBOLOGIA

- ALTERACIONES GENERICAMENTE IMPORTANTES
- ALTERACIONES GENERICAMENTE POCO IMPORTANTES

ACCIONES PRODUCTORAS DE IMPACTOS O ALTERACIONES		ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA															
		ATMOSFERA		AGUA		SUELOS		VEGETACION	FAUNA	PROCESOS ECOLOGICOS	PROCESOS GEOFISICOS				MORFOLOGIA Y PAISAJE		
PRINCIPALES OPERACIONES, INFRA-ESTRUCTURAS Y MODELADOS DE LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA	• NIVEL DE RUIDOS	• AGUA SUPERFICIAL	• AGUA SUBTERRANEA	• CARACTERISTICAS EDAFICAS	• USOS DEL SUELO	• ESPECIES Y COMUNID VEGETALES	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	• CADENAS Y REDES TROPICAS	• INUNDACION	• EROSION	• SEDIMENTACION	• INESTABILIDAD	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)	• SUBSIDENCIA	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE
1. EXPLORACION E INVESTIGACION																	
2. INFRAESTRUCTURA	2.1. CONSTRUCCION DE EDIFICIOS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO		<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
	2.2. NUEVOS VIALES Y CONDUCCIONES		<input type="checkbox"/>														
	2.3. DESAGUES Y DRENAJES			<input type="checkbox"/>								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
3. OPERACION	3.1. PERFORACION																
	3.2. VOLADURA																
	3.3. ARRANQUE Y CARGA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>				
	3.4. TRANSPORTE DE MATERIALES Y TRAFICO DE MAQUINARIA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>				
	3.5. MANTENIMIENTO																
	3.6. TRATAMIENTO DE MINERALES		<input type="checkbox"/>														
4. MODIFICACIONES FISIOGRAFICAS	4.1. CREACION DE HUECOS			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
	4.2. VERTIDO DE ESTERILES, ESCOMBRERAS Y BALSAS																<input type="checkbox"/>

6. CARACTERIZACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

6.1. DICTAMEN DEL IMPACTO. MATRICES DEL IMPACTO

La caracterización del impacto ambiental que se ha realizado tiene como objetivo principal señalar los elementos y características ambientales susceptibles de ser afectados por las explotaciones, sobre los que se establecerán, las recomendaciones de acciones correctoras, tanto temporales como permanentes, y la definición de criterios generales de restauración y recuperación de terrenos, o de otros usos alternativos de rehabilitación.

La caracterización se ha llevado a cabo sobre las explotaciones tipo o modelo, escogidas en el capítulo anterior, para cada una de las unidades geoambientales definidas. En total son 12, distribuidas de la siguiente manera:

Ambiente 1: Montes de la Vertiente Cantábrica

Qc-7, en caliza
Mc-5, en mármol

Ambiente 2: Zona Pirenáica

Qc-33, en caliza
Qc-12, de magnesita

Ambiente 3: Sistema Vasco-Cántabro de Montañas

Qc-26, en caliza
Vo-10, en ofita
Qm-15, en marga
Mc-11, en mármol
Ey-25, en yeso
Cr-18, en arcilla

Ambiente 5: La Ribera

Ey-27, en yeso
Dr-Dg-38, de arenas y gravas.

Para dictaminar el impacto ambiental se han utilizado una serie de matrices por cada explotación tipo, que analizan las distintas acciones productoras de impactos aplicadas en las explotaciones.

La matriz lleva en ordenadas los elementos, características y procesos ambientales susceptibles de ser afectados por las canteras. En abscisas figuran las características de los impactos potenciales o alteraciones, cuya descripción se hace a continuación para facilitar la utilización de la matriz:

- 1. Carácter genérico del impacto.** Hace referencia a su consideración positiva, **beneficioso**, o negativa, **adverso**, respecto al estado previo a la acción.
- 2. Tipo de acción del impacto.** Indica el modo de producirse el efecto de la acción sobre los elementos o características ambientales. Puede ser **directo**, por ejemplo el impacto sobre la vegetación causado por la tala de un bosque, o **indirecto**, por ejemplo, el aumento de la erosión producido por la citada tala de arbolado.

3. **Sinergia del impacto.** ¿Existe sí o no?. En algunos casos, efectos poco importantes individualmente considerados, pueden y dan lugar a otros de más entidad, como por ejemplo un cambio climático más la emisión de contaminantes (esta nota puede atribuirse también a la posible inducción de impactos acumulados, como por ejemplo la inducción de industrias por la apertura de viales).
4. **Características del impacto en el tiempo:** Si es limitado en el tiempo, aparece y luego cesa, se dice que es **temporal**; si persiste de forma continua, o tiene un efecto intermitente pero sin final se denomina **permanente**.
5. **Localización espacial del Impacto:** **Localizado:** Se llama localizado cuando el efecto es puntual, afecta a poca superficie; **extensivo:** el efecto es extensivo si se hace notar en una superficie extensa.
6. **Características espaciales del impacto:** **Próximo** a la fuente, el efecto tiene lugar en el entorno inmediato de la acción; **alejado** de la fuente, el efecto se manifiesta a distancias apreciables de la acción.
7. **Previsibilidad del impacto.** Tiene en cuenta la posibilidad, dificultad o imposibilidad de retornar a la situación anterior a la actuación, por la sola acción de los mecanismos naturales; el impacto es **reversible** si las condiciones originales reaparecen al cabo de cierto tiempo; **irreversible;** si la sola acción de los procesos naturales es incapaz de recuperar aquellas condiciones originales.
8. **Impacto Recuperable.** El impacto se considera **recuperable** cuando las prácticas o medidas correctoras que pueda ejecutar el operador minero, dentro de su costo operativo, aminoran o anulan el efecto del impacto, se consiga o no alcanzar o mejorar las condiciones originales; el efecto es **irrecuperable** cuando no son posibles medidas correctoras que puedan anular o aminorar tal impacto.
9. **Probabilidad de ocurrencia.** Expresa el riesgo de aparición del efecto, sobre todo de aquellas circunstancias no periódicas pero sí de gravedad; **alto (A), medio (M), o bajo (B).**
10. **Necesidad de medidas correctoras.** ¿Se precisan, sí o no, medidas correctoras para aminorar o evitar la alteración causada por la acción?
11. **Recursos protegidos.** ¿Afecta la alteración, sí o no, a recursos protegidos?. Se entiende por recursos protegidos tanto monumentos del patrimonio histórico-artístico, arqueológico y cultural, parques nacionales o espacios protegidos, endemismos y especies animales y vegetales protegidas, como elementos relacionados con la salud e higiene humanas, infraestructuras de utilidad pública, aguas de abastecimiento, etc.
12. **Magnitud o significado del impacto.** En el epígrafe magnitud y significado del impacto se resume la valoración del efecto de la acción, según la siguiente escala de niveles de impacto:
 - Compatible:** Impacto de poca entidad, con recuperación inmediata de las condiciones originales tras el cese de la acción.
 - Moderado:** La recuperación de las condiciones originales requiere cierto tiempo.
 - Severo:** La magnitud del impacto exige la adecuación de prácticas correctoras para la recuperación de las condiciones iniciales del medio. Aún con estas medidas, la recuperación exige un período de tiempo dilatado.

Crítico: La magnitud del impacto es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de prácticas o medidas correctoras.

13. Impactos significativos. Se indicará si existe ausencia de impactos significativos por causa de la acción analizada, en cuyo caso no es necesaria la descripción objeto de las columnas anteriores.

Dependiendo fundamentalmente de la entidad de la explotación, se utiliza distinto número de matrices. Para las canteras Qc-7, Mc-5, Mc-11, Vo-10, Ey-27, Cr-18 y Dg-D-38, se usan tres matrices, en las que se agrupan las acciones productoras de alteraciones de la siguiente forma:

matriz 1.- alteración producida por la infraestructura.

matriz 2.- alteración producida por los procesos de operación en la cantera, desde el arranque hasta la salida del producto vendible.

matriz 3.- alteración producida por las modificaciones fisiográficas.

Para las canteras Qc-33, Qc-26, Qm-15 y Mg-12 se usan cinco matrices, en las que se analizan los impactos producidos por:

matriz 1.- infraestructuras.

matriz 2.- perforación, voladura, arranque y carga.

matriz 3.- transporte de materiales y tráfico de maquinaria.

matriz 4.- tratamiento de material.

matriz 5.- modificaciones fisiográficas.

Para determinar el impacto ambiental hay que tener en cuenta las características de cada explotación: tamaño, localización, operaciones que realiza, maquinaria disponible, etc.

Dichas características se han descrito en el capítulo anterior, en el que también se han analizado, en función de los datos de las fichas de las alteraciones producidas.

A continuación se presentan las matrices de caracterización de impacto realizadas para las explotaciones tipo, en las que se recoge una estimación cualitativa de los impactos, con el objetivo primordial de poner de relieve su existencia e importancia relativa, y así servir de base para la realización de estudios posteriores de detalle.

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: OPERACION

V0-10

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS											DICTAMEN					VALORACION									
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10			11		12		13
																				MAGNITUD		A	M	D	S	E	
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SI	NO	TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	S	E	A	M						D
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA	^	^			^	^		^		^		^		^		●	△	^			^		□			
	• NIVEL DE RUIDOS	^	^			^	^		^		^		^		^		●		^			^		□			
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL	^	^			^	^		^		^		^		^			△	^			^		□			
	• AGUA SUBTERRANEA																										^
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDAFICAS	^	^			^	^		^	^		^		^		●			^			^		□			^
	• USOS DEL SUELO																										^
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES	^	^			^	^		^	^		^		^		●			^			^		□			
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	^	^			^	^		^	^		^		^			△		^			^		△			
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROFICAS																										
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION																										^
	• EROSION	^	^			^	^		^	^		^		^			△		^			^		△			
	• SEDIMENTACION	^	^			^	^		^	^		^		^		●			^			^		□			
	• INESTABILIDAD	^	^			^	^		^	^		^		^		●			^			^		□			
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)	^	^			^	^		^	^		^		^		●			^			^		□			
	• SUBSIDIENCIA																										^
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE	^	^			^	^		^	^		^		^			△		^			^		□			

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: MODIFICACIONES FISIOGRAFICAS

Vo-10 ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORACION																		
		BENEFICIOSO		ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRRECUPERABLE	9 MEDIDAS CORRECTIVAS	10 PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			11 AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS ?	12 MAGMTUD				13 AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS			
							SI	NO												S	N	A		M	D	SI	NO		COMPATIBLE	MODERADO	SEVERO
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA • NIVEL DE RUIDOS																													>	>
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL • AGUA SUBTERRANEA		^	^		^		^		^	^		^	^			●		^					◻						>	
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDAFICAS • USOS DEL SUELO		^	^		^		^		^	^		^	^			●		^							●			>		
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES		^	^		^		^		^	^		^	^			●		^							●			>		
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES		^	^		^		^		^	^		^	^			●		^				○						>		
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROFICAS																														
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION		^	^		^		^	^	^			^	^			●						◻								
	• EROSION		^	^		^		^		^	^		^	^			●		^				◻								
	• SEDIMENTACION		^	^		^		^		^	^		^	^			●		^				◻								
	• INESTABILIDAD		^	^		^		^	^	^			^	^			●			^				○							
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)																													>	
	• SUBSIDENCIA																													>	
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE		^	^		^		^		^	^		^	^			●		^					●				>			

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: **INFRAESTRUCTURAS**

Ey-27

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS											DICTAMEN			VALORACION												
		1		2		3		4		5		6		7		8		9			10			11		12		13
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIAS O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RESUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTORAS		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS ?		MAGNITUD			
						SI	NO											A	M	D	SI	NO	COMPATIBLE	MODERADO	SEVERO	CRITICO	AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS	
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA																●											▲
	• NIVEL DE RUIDOS		▲	▲			▲	▲			▲		▲				▲		▲						▲			
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL		▲	▲			▲	▲			▲						▲		▲									
	• AGUA SUBTERRANEA																											▲
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDAFICAS																											▲
	• USOS DEL SUELO		▲	▲			▲	▲	▲		▲		▲		▲		●		▲						●			▲
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES		▲	▲			▲	▲	▲		▲		▲		▲		●		▲						●			▲
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES		▲	▲			▲	▲	▲		▲		▲		▲		▲		▲									▲
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROFICAS																											
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION																											
	• EROSION		▲	▲			▲	▲	▲		▲		▲		▲		●		▲							□		
	• SEDIMENTACION		▲	▲			▲	▲	▲		▲		▲		▲		●		▲							□		
	• INESTABILIDAD																											▲
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)																											▲
	• SUBSIDIENCIA																											▲
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE		▲	▲			▲	▲	▲		▲		▲		▲		●		▲						□			

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: **MODIFICACIONES FISIGRAFICAS**

Ey-27

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO	CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS												DICTAMEN			VALORACION												
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10			11		12		13		
	BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	SI	NO	A	M	D	SI	NO	COMPATIBLE △	MAGNITUD			AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS
					MODERADO □	SEVERO ○																			CRITICO ●			
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA																									>		
	• NIVEL DE RUIDOS																										>	
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL	>	>		>	>	>	>	>					>	>			●	>						□		>	
	• AGUA SUBTERRANEA																									>		
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDAFICAS																									>		
	• USOS DEL SUELO	>	>		>	>	>	>	>				>	>				●	>						●	>		
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES	>	>		>	>	>	>	>				>	>				●	>						●	>		
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	>	>		>	>	>	>	>				>	>				●	>					□		>		
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROFICAS																									>		
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION	>	>		>	>	>	>	>				>	>					△			>	>	△		>		
	• EROSION	>	>		>	>	>	>	>				>	>				●	>						□	>		
	• SEDIMENTACION	>	>		>	>	>	>	>				>	>				●	>						□	>		
	• INESTABILIDAD	>	>		>	>	>	>	>				>	>					△			>	>	△		>		
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)																									>		
	• SUBSIDIENCIA																									>		
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE	>	>		>	>	>	>	>				>	>				●	>					○		>		

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: **INFRAESTRUCTURAS**

Ey-25 ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS												DICTAMEN			VALORACION											
		1		2		3		4		5		6		7		8		9			10			11		12		13
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	S	N	A	M	D	S	N	MAGMTUD			
△	□																								○	●		
ATMOSFERA	● COMPOSICION DE LA ATMOSFERA																											
	● NIVEL DE RUIDOS		△	△			△	△		△			△		△										△			△
AGUA	● AGUA SUPERFICIAL		△	△			△	△		△			△		△									△			△	
	● AGUA SUBTERRANEA																											△
SUELOS	● CARACTERISTICAS EDAFICAS																											△
	● USOS DEL SUELO		△	△			△	△	△	△			△	△	△										●		□	
VEGETACION	● ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES		△	△			△	△	△	△			△	△	△									●		□		
FAUNA	● ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES		△	△			△	△	△	△		△		△										△				
PROCESOS ECOLOGICOS	● CADENAS Y REDES TROFICAS																											
PROCESOS GEOFISICOS	● INUNDACION																											△
	● EROSION		△	△			△	△	△	△			△	△	△									●		□		
	● SEDIMENTACION		△	△			△	△	△	△			△	△	△									●		□		
	● INESTABILIDAD																											△
	● SISMICIDAD (VIBRACIONES)																											△
	● SUBSIDENCIA																											△
MORFOLOGIA Y PAISAJE	● MODIFICACIONES EN EL PAISAJE		△	△			△	△	△	△		△	△	△										●		□		

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: **OPERACION**

Mc-5

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORACION															
		1		2		3		4		5		6		7		8		9			10		11		12		13	
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE		REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTIVAS	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS ?	MAGNITUD				AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS
						SI	NO						A	M						D	SI	NO		COMPATIBLE	MODERADO	SEVERO	CRITICO	
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^		Δ			^							
	• NIVEL DE RUIDOS	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^		Δ	^		^							
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL																										^	
	• AGUA SUBTERRANEA																										^	
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDIFICAS	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^		Δ	^		^						^	
	• USOS DEL SUELO																										^	
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^		Δ	^		^						^	
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^		Δ	^		^						^	
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROFICAS																											
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION																										^	
	• EROSION																										^	
	• SEDIMENTACION	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^		Δ	^		^						^	
	• INESTABILIDAD																										^	
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)																										^	
	• SUBSIDENCIA																										^	
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^		Δ	^		^						^	

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: **INFRAESTRUCTURAS**

Mc-5

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS												DICTAMEN						VALORACION									
		1		2		3		4		5		6		7		8		9			10			11		12		13	
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTIVAS	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS ?		COMPATIBLE	MAGNITUD		AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS		
						SI	NO												A	M	D	SI	NO		MODERADO	SEVERO		CRITICO	
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA																											>	
	• NIVEL DE RUIDOS																												>
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL	>	>			>		>	>		>			>	>			Δ		>					Δ				>
	• AGUA SUBTERRANEA																												>
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDAFICAS																												>
	• USOS DEL SUELO	>	>			>		>	>		>			>	>			●		>						○			>
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES	>	>			>		>	>		>			>	>			●		>						○			>
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	>	>			>		>	>		>			>	>			Δ		>					□				>
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROFICAS																												>
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION																												>
	• EROSION																												>
	• SEDIMENTACION	>	>			>		>	>		>			>	>			Δ		>					Δ				>
	• INESTABILIDAD																												>
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)																												>
	• SUBSIDIENCIA																												>
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE	>	>			>		>	>		>			>	>			●		>					□				>

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: **MODIFICACIONES FISIOGRAFICAS**

Mc-5

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORACION								
		1		2		3		4	5	6		7	8	9	10	11	12		13		
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MAGNITUD			
						SI	NO											SI	NO	SI	NO
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA																		^		
	• NIVEL DE RUIDOS																			^	
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL		^	^		^		^	^		^		^	^					□		
	• AGUA SUBTERRANEA																				^
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDAFICAS																			^	
	• USOS DEL SUELO		^	^		^		^	^		^		^	^					□		
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES		^	^		^		^	^		^		^	^					□		
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES		^	^		^		^	^		^		^	^					□		
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROFICAS																				
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION		^	^		^		^	^		^		^	^					△		
	• EROSION		^	^		^		^	^		^		^	^					△		
	• SEDIMENTACION		^	^		^		^	^		^		^	^					△		
	• INESTABILIDAD		^	^		^		^	^		^		^	^					△		
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)																				^
	• SUBSIDENCIA																				^
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE		^	^		^		^	^		^		^	^					○		

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: **OPERACION**

Mc-11

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORACION															
		1		2		3		4		5		6		7		8		9			10		11		12		13	
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIAS O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTIVAS		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA		AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS 7		COMPATIBLE	MODERADO	SEVERO	CRITICO	AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS
						SI	NO											A	B	M	D	S	E					
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	●		^			^						
	• NIVEL DE RUIDOS	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	●		^			^						
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL																											^
	• AGUA SUBTERRANEA																											^
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDAFICAS	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	●		^			^		□				^
	• USOS DEL SUELO																											^
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	●		^			^		□				
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^		Δ		^		^		Δ				
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROFICAS																											
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION																											^
	• EROSION	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^		Δ		^		^		Δ				
	• SEDIMENTACION	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^		Δ	^			^		Δ				
	• INESTABILIDAD	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^		Δ		^		^		Δ				
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^		●		^		^		□				
	• SUBSIDIENCIA																											^
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^		Δ		^		^		Δ				

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: **MODIFICACIONES FISIOGRAFICAS**

Mc-II

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORACION																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9			10			11		12				13
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTORAS	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS ?		COMPATIBLE	MAGNITUD			AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS		
						SI	NO												A	M	D	SI	NO		Δ	□	○		●	
ATMOSFERA	● COMPOSICION DE LA ATMOSFERA																											>		
	● NIVEL DE RUIDOS																											>		
AGUA	● AGUA SUPERFICIAL	^	^			^	^		^	^				^	^	●	^						□				>			
	● AGUA SUBTERRANEA																											>		
SUELOS	● CARACTERISTICAS EDAFICAS																											>		
	● USOS DEL SUELO	^	^			^	^		^	^			^	^	●	^									●		>			
VEGETACION	● ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES	^	^			^	^		^	^			^	^	●	^								○			>			
FAUNA	● ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	^	^			^	^		^	^			^	^	Δ	^							□				>			
PROCESOS ECOLOGICOS	● CADENAS Y REDES TROFICAS																											>		
PROCESOS GEOFISICOS	● INUNDACION	^	^			^	^	^	^				^	^	Δ	^							□				>			
	● EROSION	^	^			^	^		^	^			^	^	Δ	^							□				>			
	● SEDIMENTACION	^	^			^	^		^	^			^	^	Δ	^							□				>			
	● INESTABILIDAD	^	^			^	^	^	^				^	^	Δ	^							□				>			
	● SISMICIDAD (VIBRACIONES)																											>		
	● SUBSIDENCIA																											>		
MORFOLOGIA Y PAISAJE	● MODIFICACIONES EN EL PAISAJE	^	^			^	^		^	^	^	^	^	^	●	^							○			>				

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: INFRAESTRUCTURAS.....

Qc-33

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS											DICTAMEN			VALORACION													
		1		2		3		4		5		6		7		8		9			10			11			12		13
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIAS O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTORAS	PROBABILIDAD DE OCURENCIA			AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS ?		COMPATIBLE	MAGNITUD			AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS	
						SI	NO												A	M	D	SI	NO		MODERADO	SEVERO	CRITICO		
ATMOSFERA	● COMPOSICION DE LA ATMOSFERA																										∧		
	● NIVEL DE RUIDOS		∧	∧			∧	∧		∧		∧		∧		∧			Δ	∧			∧						
AGUA	● AGUA SUPERFICIAL		∧	∧			∧		∧		∧							●		∧			∧						
	● AGUA SUBTERRANEA																											∧	
SUELOS	● CARACTERISTICAS EDAFICAS																											∧	
	● USOS DEL SUELO		∧	∧			∧		∧	∧		∧				∧		∧		∧			∧			●			
VEGETACION	● ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES		∧	∧			∧		∧	∧		∧			∧		∧		∧			∧							
FAUNA	● ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES		∧	∧			∧		∧	∧		∧			∧		∧		Δ	∧			∧						
PROCESOS ECOLOGICOS	● CADENAS Y REDES TROFICAS																												
PROCESOS GEOFISICOS	● INUNDACION		∧	∧			∧		∧		∧				∧		∧				∧		∧						
	● EROSION		∧	∧			∧		∧		∧				∧		∧		∧			∧		∧					
	● SEDIMENTACION		∧	∧			∧		∧		∧				∧		∧		∧			∧		∧					
	● INESTABILIDAD																												∧
	● SISMICIDAD (VIBRACIONES)																												∧
	● SUBSIDIENCIA																												∧
MORFOLOGIA Y PAISAJE	● MODIFICACIONES EN EL PAISAJE		∧	∧			∧		∧		∧			∧		∧		∧			∧		∧						

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: TRAFICO Y TRANSPORTE DE MATERIALES

Qc-33

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO	CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORACION															
	1		2		3		4		5		6		7		8		9			10		11		12		13	
	BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTORAS	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS ?	COMPATIBLE	MAGNITUD			AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS	
					SI	NO												A	M	D			SI	SE	MODERADO		SEVERO
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA	^	^		^	^			^	^		^		^		●		^			^						
	• NIVEL DE RUIDOS	^	^		^	^			^	^		^		^		Δ	^				^						
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL	^	^			^	^		^	^		^		^		Δ		^		^		Δ					
	• AGUA SUBTERRANEA																									^	
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDAFICAS	^	^			^			^	^		^		^		●		^		^		Δ					^
	• USOS DEL SUELO																										^
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES	^	^			^	^		^	^		^		^		●		^		^		Δ					
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	^	^			^	^		^	^		^		^		Δ		^		^		□					
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROFICAS																										
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION																										^
	• EROSION	^	^			^	^		^	^		^	^	^		Δ	^			^		Δ					
	• SEDIMENTACION	^	^			^	^		^	^		^		^		Δ	^			^		Δ					
	• INESTABILIDAD																										^
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)																										^
	• SUBSIDIENCIA																										^
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE	^	^	^		^			^	^		^		^		Δ		^		^		Δ					

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: MODIFICACIONES FISIOGRAFICAS

Mg-12

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS										DICTAMEN			VALORACION													
		1		2		3		4		5		6		7		8		9			10		11		12		13	
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTIVAS	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA		AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS ?	COMPATIBLE △	MODERADO □	SEVERO ○	CRITICO ●	AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS		
						SI	NO												A	M							D	S
ATMOSFERA		● COMPOSICION DE LA ATMOSFERA																									△	
● NIVEL DE RUIDOS																												△
AGUA		● AGUA SUPERFICIAL		△	△		△	△	△	△				△	△				△				□				△	
● AGUA SUBTERRANEA																											△	
SUELOS		● CARACTERISTICAS EDAFICAS																									△	
● USOS DEL SUELO		△	△		△	△	△	△	△	△				△	△				△						●		△	
VEGETACION		● ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES		△	△		△	△	△	△				△	△				△						●		△	
FAUNA		● ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES																									△	
PROCESOS ECOLOGICOS		● CADENAS Y REDES TROFICAS		△	△		△	△	△	△				△	△				△						●		△	
PROCESOS GEOFISICOS		● INUNDACION		△	△		△	△	△	△				△	△				△				□				△	
		● EROSION		△	△		△	△	△	△	△				△	△				△				□				△
		● SEDIMENTACION		△	△		△	△	△	△	△				△	△				△				□				△
		● INESTABILIDAD		△	△		△	△	△	△	△				△	△				△					○			△
		● SISMICIDAD (VIBRACIONES)																										△
		● SUBSIDIENCIA																										△
MORFOLOGIA Y PAISAJE		● MODIFICACIONES EN EL PAISAJE		△	△		△	△	△	△				△	△				△					●		△		

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: TRAFICO Y TRANSPORTE DE MATERIALES

Mg-12

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORACION															
		1		2		3		4		5		6		7		8		9			10		11		12		13	
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIAS O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTORAS	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS ?	COMPATIBLE	MODERADO	SEVERO	CRITICO	AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS	
						SI	NO												A	M	D							SI
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA	^	^		^		^		^	^		^		^		•	Δ		^		^							
	• NIVEL DE RUIDOS	^	^		^		^		^	^		^		^		Δ	Δ		^		^							
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL	^	^		^	^		^	^		^		^		^		Δ	Δ		^	^					Δ		
	• AGUA SUBTERRANEA																											^
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDAFICAS	^	^		^	^		^	^		^		^		^		•			^	^					□		
	• USOS DEL SUELO																											^
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES	^	^		^	^		^	^		^		^		^		•			^	^					□		
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	^	^		^	^		^	^		^		^		^		•			^	^					□		
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROPICAS																											
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION																											^
	• EROSION	^	^		^	^		^	^		^		^		^		•			^	^					□		
	• SEDIMENTACION	^	^		^	^		^	^		^		^		^		•			^	^					□		
	• INESTABILIDAD																											^
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)																											^
	• SUBSIDIENCIA																											^
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE	^	^	^	^	^		^	^	^	^	^	^	^	^		Δ		^	^					Δ			

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: INFRAESTRUCTURAS

Qm-15

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS											DICTAMEN			VALORACION										
		1		2		3		4		5		6		7		8		9	10			11	12		13	
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTIVAS	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS ?	COMPATIBLE	MAGNITUD		AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS
SI	NO					A	M												D	S	N			MODERADO	SEVERO	
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA																								∧	
	• NIVEL DE RUIDOS	∧	∧			∧	∧			∧	∧		∧		∧		∆	∧				∧		∆		
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL	∧	∧			∧		∧		∧	∧			∧	∧		•	∧				∧		□		
	• AGUA SUBTERRANEA																								∧	
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDAFICAS																								∧	
	• USOS DEL SUELO	∧	∧			∧	∧			∧	∧			∧	∧		•	∧				∧		•		
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES	∧	∧			∧	∧			∧	∧			∧	∧		•	∧				∧		•		
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	∧	∧			∧	∧			∧	∧			∧	∧		•		∧			∧		□		
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROFICAS																									
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION																								∧	
	• EROSION	∧	∧			∧	∧			∧	∧			∧	∧		•	∧						□		
	• SEDIMENTACION	∧	∧			∧	∧			∧	∧			∧	∧		•	∧						□		
	• INESTABILIDAD																								∧	
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)																								∧	
	• SUBSIDENCIA																								∧	
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE	∧	∧			∧	∧			∧	∧			∧	∧		•	∧				∧		•		

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: MANTENIMIENTO Y TRATAMIENTO

Qm-15

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORACION														
		1		2		3		4		5		6		7		8		9			10		11		12		13
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIAS O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTIVAS	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS ?	MAGNITUD				AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS
						SI	NO												A	M	D		SI	SE	COMPATIBLE	MODERADO	
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA	^	^			^	^			^		^			^		●	▲									
	• NIVEL DE RUIDOS	^	^			^	^			^		^			^		●	▲									
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL																										^
	• AGUA SUBTERRANEA																										^
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDAFICAS	^	^			^	^			^		^			^		▲	▲					▲				^
	• USOS DEL SUELO																										^
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES	^	^			^	^			^		^			^		▲	▲					▲				^
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES																										^
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROFICAS																										^
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION																										^
	• EROSION																										^
	• SEDIMENTACION																										^
	• INESTABILIDAD																										^
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)																										^
	• SUBSIDIENCIA																										^
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE	^	^			^	^			^		^	^	^		●	▲						□				^

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: MODIFICACIONES FISIOGRAFICAS

Qc-26

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS												DICTAMEN						VALORACION										
		1		2		3		4		5		6		7		8		9			10			11						
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTORAS		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS 7							
						SI	NO											A	M	D	SI	NO								
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA																●	△				●	●	●				△		>
	• NIVEL DE RUIDOS																													>
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL		>	>													●		>									□		
	• AGUA SUBTERRANEA																													>
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDAFICAS																													>
	• USOS DEL SUELO		>	>													●		>									●		
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES		>	>													●		>									●		
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES		>	>													●		>									□		
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROFICAS																													
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION		>	>													●				>							□		
	• EROSION		>	>													●		>									□		
PROCESOS GEOFISICOS	• SEDIMENTACION		>	>													●		>									□		
	• INESTABILIDAD		>	>													●				>							□		
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)																													>
	• SUBSIDIENCIA																													>
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE		>	>													●		>									●		

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: TRAFICO Y TRANSPORTE DE MATERIALES

Qc-26

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORACION																
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MAGNITUD			AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS								
						SI	NO											MEDIDAS CORRECTIVAS				PROBABILIDAD DE OCURRENCIA		AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS 7		COMPATIBLE	MODERADO	SEVERO	CRITICO
																		SI	NO	A		M	D	SI	NO				
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA	^	^		^		^			^	^		^		^														
	• NIVEL DE RUIDOS	^	^		^		^			^	^		^		^														
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL	^	^			^	^			^	^		^		^														
	• AGUA SUBTERRANEA																					^							
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDAFICAS	^	^			^	^			^	^		^		^														
	• USOS DEL SUELO																					^							
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES	^	^			^	^			^	^		^		^														
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	^	^		^		^			^	^		^		^														
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROFICAS																												
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION																					^							
	• EROSION	^	^			^	^			^	^		^		^														
	• SEDIMENTACION	^	^			^	^			^	^		^		^														
	• INESTABILIDAD																					^							
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)																					^							
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• SUBSIDIENCIA																					^							
	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE	^	^	^		^				^	^		^		^														

CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCION PRODUCTORA DE IMPACTOS ANALIZADA: MANUTENIMIENTO Y TRATAMIENTO

Qc-26

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA A CIELO ABIERTO		CARACTERISTICAS DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORACION															
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		
		BENEFICIOSO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIAS O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	PROXIMO A LA FUENTE	ALEJADO DE LA FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTORAS	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA A RECURSOS PROTEGIDOS 7	COMPATIBLE	MAGNITUD			AUSENCIA DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS	
						SI	NO												A	M	D			SI	NO	MODERADO		SEVERO
ATMOSFERA	• COMPOSICION DE LA ATMOSFERA	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	●		^	^	^	^	□						
	• NIVEL DE RUIDOS	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	●		^	^	^	^	□					
AGUA	• AGUA SUPERFICIAL	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	●		^	^	^	^	□					
	• AGUA SUBTERRANEA																									^		
SUELOS	• CARACTERISTICAS EDAFICAS	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	●		^	^	^	^	□				^	
	• USOS DEL SUELO																										^	
VEGETACION	• ESPECIES Y COMUNID. VEGETALES	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	●		^	^	^	^	□					
FAUNA	• ESPECIES Y POBLAC. ANIMALES	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^		▲	^	^	^	^	□					
PROCESOS ECOLOGICOS	• CADENAS Y REDES TROFICAS																											
PROCESOS GEOFISICOS	• INUNDACION																										^	
	• EROSION																											^
	• SEDIMENTACION	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	●		^	^	^	^	□					
	• INESTABILIDAD																										^	
	• SISMICIDAD (VIBRACIONES)																											^
	• SUBSIDENCIA																											^
MORFOLOGIA Y PAISAJE	• MODIFICACIONES EN EL PAISAJE	^	^			^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	●		^	^	^	^	□					

6.2. DISTRIBUCIÓN ZONAL DEL IMPACTO

Una vez caracterizado el medio físico y analizadas las alteraciones que sobre él produce la minería de la región y aunque se escapa del ámbito de actuación del estudio, se ha elaborado un plano (fig 26) que se ha realizado una distribución por zonas de los distintos grados que ha alcanzado el impacto ambiental, habiéndose acotado diversas áreas en función de la intensidad. Los grados adoptados son:

- Zonas de alteración alta

La alteración ambiental es muy intensa debido al elevado número de explotaciones y a su tamaño. Por otro lado se debe tener en cuenta que hasta el momento no se han adoptado medidas correctoras.

Destacan en este aspecto las explotaciones de calizas, por su enorme tamaño, y las explotaciones de magnesitas y potasas.

- Zonas de alteración media

La alteración ambiental es importante en áreas puntuales, en las que es escaso el número de explotaciones y las medidas de restauración escasas o nulas.

Se pueden incluir en este apartado las explotaciones de mármol y arcillas.

- Zonas de alteración baja.

La alteración ambiental se produce en explotaciones puntuales de escasa entidad, como es el caso de las graveras.

Las zonas de mayor alteración ambiental corresponden, fundamentalmente, a las explotaciones de calizas, magnesitas, potasas, arcillas y mármoles.

7. CRITERIOS Y RECOMENDACIONES PARA LA RESTAURACION

7.1. MEDIDAS CORRECTORAS DE LAS PRINCIPALES ALTERACIONES AMBIENTALES DE CARACTER TRANSITORIO

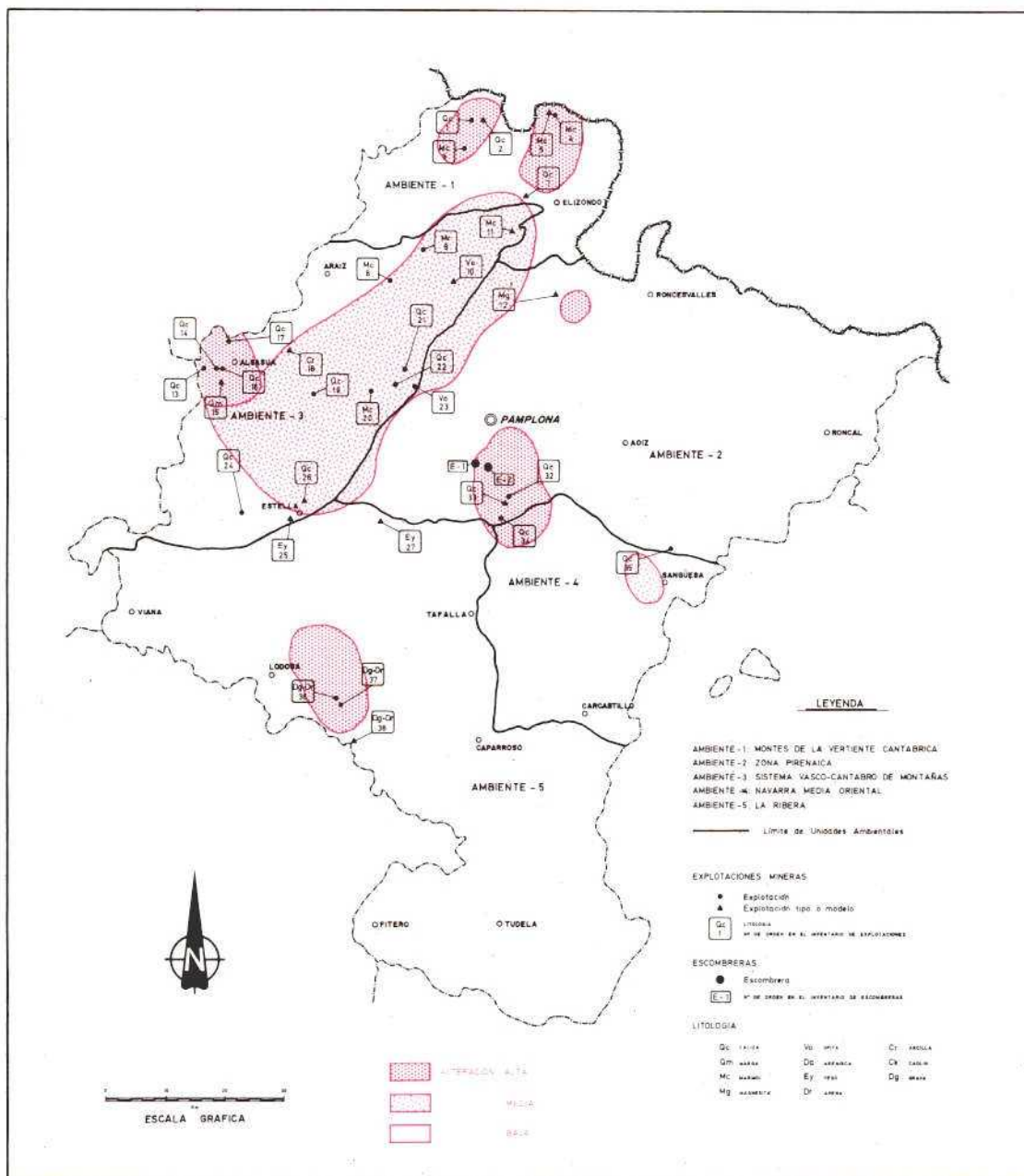
7.1.1. Polvo y gases

Los principales productores de polvo son el transporte y el tratamiento del material.

Como primera medida para prevenir el impacto que produce la formación de polvo debe estudiarse, durante la etapa de planificación, cual es el lugar más adecuado para la ubicación de las plantas de tratamiento, y almacenamiento del material. Para ello, hay que tener en cuenta las direcciones dominantes y la velocidad del viento.

Otras acciones correctoras o de recuperación son:

- . riego periódico de las pistas con agua o disoluciones salinas.
- . estabilización química de las pistas.
- . pavimentación de los accesos permanentes a la explotación



- . retirada de las pistas del material formado por acumulación de polvo
- . reducción de la velocidad de circulación y limitación de los cruces de pistas.
- . revegetación rápida de los terrenos restituidos (superficies finales de los taludes excavados y vertederos, si los hay).
- . control de polvo durante la perforación por medio de captadores, y reducción del número de tajos con voladura.

Los gases contaminantes que se generan son los emitidos por los equipos y maquinaria utilizada, así como los que se forman en las voladuras. La corrección del impacto que producen pasa por el control directo de las emisiones.

7.1.2. Ruido

Las fuentes principales de ruidos son las plantas de tratamiento (trituradoras, cribas, cintas, tolvas, etc), y los equipos móviles (carros perforadores, palas mecánicas, camiones, etc).

Las acciones correctoras que se pueden aplicar son:

- . Situar las plantas lo más alejadas posible de las zonas habitadas.
- . Aprovechar, en lo posible, los obstáculos naturales para evitar la propagación de ruidos, o bien construir barreras sónicas perimetrales entre las fuentes y los receptores.
- . Utilizar, en lo posible, cintas transportadoras.
- . Instalar silenciadores en los equipos móviles.
- . Estudiar rutas de transporte alternativas en zonas próximas a áreas habitadas.
- . Realizar el mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- . Recubrir de goma los elementos metálicos que sufren los impactos de las rocas.
- . Utilizar equipos accionados eléctricamente.

En lo que se refiere al ruido y onda aérea que se genera en las voladuras, las medidas a adoptar son:

- . disminuir las cargas operantes de explosivo, y emplear detonadores y accesorios de micro-retardo.
- . cubrir el cordón detonante expuesto al aire libre
- . aumentar la profundidad de la carga de explosivo.

7.1.3. Voladura

Las principales alteraciones que originan las voladuras son:

- vibraciones.
- onda aérea.
- proyecciones de roca.

Para controlar en lo posible estas perturbaciones, se deben intentar cumplir las siguientes recomendaciones:

- . realización de voladuras de gran tamaño, poco frecuentes y bien diseñadas.
- . estudio detallado y ponderación de todos los factores que afectan tanto a la fragmentación de las rocas como a las vibraciones y onda aérea.
- . realización de un registro completo de los datos de la voladura, con el fin de estudiarla y analizarla si da lugar a reclamaciones y quejas.
- . aprovechamiento de las condiciones atmosféricas para los disparos.
- . disponibilidad de un sistema de aviso sonoro de buena nitidez, en la zona próxima a la explotación.
- . realización de voladuras en horas fijas y coincidentes con los períodos de mayor actividad laboral en la zona.
- . control de la onda aérea.

7.1.4. Agua superficial

En lo que se refiere al drenaje, las medidas correctoras o de recuperación a tomar son:

- creación de sistemas de drenaje, que deben ser generales para la recogida de las aguas externas a la zona, y particulares para cada talud importante.
- reducción de los taludes de las explotaciones y de los vertederos (si los hay), para disminuir la velocidad del agua y su capacidad erosiva, a la vez que se facilita la implantación de la cubierta vegetal para sujetar el terreno.
- construcción de obras auxiliares de canalización para la protección de zonas concretas.

Con respecto a la turbidez, las medidas a adoptar son:

- Canalización de las aguas hacia balsas de decantación.
- Revegetación de áreas explotadas reduciendo la erosión.
- Aislamiento de materiales fácilmente disgregables.
- Realizar análisis periódicos de la calidad del agua.

7.1.5. Aguas subterráneas

En principio, ninguna cantera de la provincia de Navarra está produciendo alteraciones sobre las aguas subterráneas.

Existe siempre el peligro de la contaminación por vertido de aceites e hidrocarburos procedentes de la maquinaria, por lo que es aconsejable recoger los aceites usados tras el mantenimiento y, por supuesto, cuando sea posible, realizar éste fuera de la zona de explotación. También es conveniente almacenar los lubricantes en zonas seguras y usar, siempre que se pueda, material eléctrico.

Otro problema más grave se plantea en el caso de que la cantera, una vez abandonada, se convierta en vertedero incontrolado de residuos sólidos, sobre todo en aquellas explotaciones localizadas sobre acuíferos. Es pues conveniente cerrar todos los accesos y vallarla. Cuando sea necesario, se puede estudiar la posibilidad de impermeabilizar el fondo de la explotación con arcilla u otros elementos.

7.1.6. Flora y Fauna

La alteración se debe, fundamentalmente, a la degradación de los hábitats, cubierta vegetal y cambios en las pautas de comportamiento de la fauna.

La corrección de este impacto pasa por la revegetación de las zonas afectadas.

7.2. MEDIDAS PARA LA RECUPERACION DE LOS TERRENOS

La corrección o recuperación de estas alteraciones pasa por tres fases fundamentales:

- diseño geométrico y modelado adecuado de las explotaciones y, en su caso, vertederos.
- conservación del suelo con sus propiedades.
- revegetación y selección de especies vegetales.

La consideración conjunta de estas tres facetas será fundamental para la restitución del medio natural afectado.

7.2.1. Criterios para el diseño geométrico de las explotaciones

La explotación en canteras de gran tamaño dan lugar, generalmente, a zonas denudadas con fuerte ruptura de pendiente, originando impactos morfológicos y paisajísticos.

La restauración de canteras, al no ser posible el autorrelleno por falta de estériles, queda limitada a dos etapas:

- creación de pantallas visuales al inicio de la explotación.
- restitución topográfica y revegetación.

La ruptura de pendiente tiene, como solución más aceptable, la construcción de bancales y su revegetación, posibilitando con ello su estabilización. El banqueo se ha de realizar al mismo tiempo que las labores para ser viable económicamente. Este método se utiliza en la provincia únicamente en la cantera Qm-15, situada en Olazagutia. No es así, por ejemplo, en las canteras de caliza Qc-32 y Qc-33, en la Sierra de Alaiz, cuyos frentes verticales tienen más de 100 m de altura.

La disposición, tamaño y número de estos bancos depende de la naturaleza del frente, de sus características litológicas, de la posibilidad de adquirir parte de los terrenos colindantes a la concesión, etc.

En las canteras con frentes pequeños, la solución puede estar en la modificación final de los taludes del frente con pendientes máximas de 18°, favoreciendo la revegetación y la estabilidad. Es aplicable, por ejemplo, en las graveras Dg-Dr-36, Dg-Dr-37 y Dg-Dr-38, que explotan terrazas aluviales.

En el caso de la cantera de magnesita el problema está en que el frente de explotación incide verticalmente sobre un relieve de fuerte pendiente. Por ello el relleno debería realizarse progre-

sivamente de forma que, mediante la creación de bancales, se tendiera a la restitución del relieve anterior. Todo ello, naturalmente, bajo un plan concreto de actuación.

La corrección del impacto visual no tiene unos criterios fijos, sino que estos deben salir del estudio detallado de los diferentes factores determinantes del paisaje en cada zona. Estos fundamentalmente son calidad, fragilidad, visibilidad e impacto visual. Este estudio debe hacerse al elaborar el Plan de Restauración de cada explotación.

Algunas posibilidades, emanadas del análisis de las canteras elegidas como modelo son:

a) Localización adecuada del elemento impactante:

- ocultación:

- . Naturalmente, a partir de la topografía.
- . Artificialmente, con barreras visuales forestales.

- alejamiento de las zonas frecuentadas.

b) Disminución de la magnitud del efecto impactante durante la excavación o al finalizar los trabajos.

7.2.2. Criterios para el diseño geométrico de las escombreras

Las recomendaciones que se hacen en este apartado se basan en el análisis de las escombreras de los pozos de potasas. El impacto fundamental que producen estas escombreras es el paisajístico. Las variables sobre las que se puede actuar para corregir este impacto son pocas: el tamaño y la forma de las escombreras.

El modelado de las formas puede complementarse con su adecuación para uso futuro de las escombreras. En principio, el uso más oportuno es la agricultura extensiva, adaptando así las formas a su entorno. Esto tiene el inconveniente de que este tipo de material, con una alta salinidad, necesita una vegetación muy especializada.

Para integrar lo más posible las formas de las escombreras en el paisaje, deben remodelarse los diseños actuales, suavizando perfiles y ángulos. Pensando en un uso futuro con cultivos agrícolas extensivos, como norma general, la pendiente media debe estar entre un 5 y un 12 %, con bermas no superiores 10-12 metros de anchura y separación vertical entre ellas inferior a 15 m y ligera pendiente hacia el interior.

El problema fundamental radica en que la aplicación de estas soluciones ha de realizarse "a priori". El tratamiento de las actuales formas impactantes tienen una difícil y costosa aplicación debido a la magnitud de los volúmenes y las extensas superficies afectadas.

7.2.3. Suelos y vegetación

Uno de los principales objetivos de la restauración es la recuperación del suelo vegetal original y su reinstalación, así como proceder a la revegetación del área afectada. Esta es, además, la fase final para corregir la mayoría de los impactos analizados en el presente trabajo.

El primer paso a dar es la recuperación del suelo vegetal. Para ello, durante las fases de explotación se procederá a rebanar y almacenar la tierra vegetal de la zona para su posterior extendido en plataforma y taludes resultantes.

Si el apilamiento de los suelos es superior a seis meses es conveniente su abono y siembra protegiendo su riqueza mineral y su naturaleza vegetal. La revegetación del suelo debe ser inmediata una vez extendido sobre el relieve final, para evitar que continúen los procesos degradativos (erosión y pérdida del mismo).

Se deben utilizar aquellas especies que mejor se adapten a las condiciones ambientales (climáticas y edafológicas) de la zona afectada, en especial las autóctonas, debiendo atenderse a la evolución natural de la vegetación.

En el caso de las explotaciones mineras, el proceso degradativo aumenta, llegando incluso a un estado constituido por un sustrato inorgánico.

Las especies seleccionadas deben ajustarse a los siguientes criterios:

- que el sistema radical desarrollado forme una red que sujete las tierras y sea de crecimiento rápido.
- que sea frugal, es decir, que se alimente con nutrientes comunes, y necesite poca cantidad.
- que se adapte fácilmente al suelo y condiciones del medio ambiente.
- que sean accesibles y económicas.

El proceso se ha de repetir anualmente, ampliando las zonas de revegetación.

Finalmente, se llega a la implantación del estrato arbóreo. La repoblación con arbolado debe realizarse con frondosas, ya que cumplen las siguientes propiedades:

- mejoran el suelo vegetal, principalmente al caer las hojas y semillas, ya que enriquecen el suelo en materia orgánica.
- disminuyen la posible aridez del suelo, aumentando el contenido en nitrógeno y materia orgánica.
- crea una cubierta vegetal, el mantillo, rico en microorganismos, que aumenta la productividad del suelo y facilita la infiltración del agua, disminuyendo y evitando la erosión.
- tiene índices de igniscibilidad bajos.

7.2.3.1. Selección de especies vegetales

A partir de los criterios establecidos en los apartados anteriores se hace una selección de especies para las explotaciones tipo o modelo.

Así, en las canteras Vo-10 (Elzaburu), Mg-12 (Eugui), Mc-11 (Almandoz) y Qm-15 (Olazagutia), dadas las características ambientales (suelos fértiles, pluviometría superior a 600 mm anuales, cotas por encima de los 400 m) de la zona donde se sitúan, se debe hacer una revegetación encaminada a la implantación del hayedo y su cortejo florístico, que deberá ser serfada: primero el estrato herbáceo, a continuación el arbustivo y en la fase final el arbóreo.

El hayedo es un buen regulador hídrico y térmico, albergando una fauna de gran interés. Las características ambientales de la zona (suelos profundos de sustrato calizo, precipitación superior a los 600 mm anuales) donde se localizan las explotaciones Qc-7 (Mugaire) y Mc-5 (Urdax), aconsejan y posibilitan la revegetación encaminada a la implantación del robledal atlántico

(*Q. robur*) en las tres fases ya mencionadas y con las especies del cortejo florístico citado en el capítulo de vegetación.

Las propiedades ambientales (suelos calizos, precipitación superior a 600 mm anuales, alturas por encima de los 400 m) de la Sierra de Alaiz, donde se localiza la cantera Qc-33, posibilitan la revegetación encaminada a la implantación de carrascales y encinares, que en esta zona constituirían la vegetación óptima. Evidentemente, al igual que los casos anteriores, debe seguirse la restauración seriada según la metodología expuesta. Es interesante su utilización para este fin por su fuerte sistema radical, siendo un gran estabilizador del suelo (incluso los más sueltos).

Las canteras de yesos Ey-27 (Mañeru) y Ey-25 (Ayegui) pueden permitir la implantación del Pino Albar y su cortejo florístico dada su gran capacidad colonizadora y protectora del suelo.

Finalmente, las zonas afectadas por las explotaciones Cr-18 (Echarri-Aranaz) y Dg-Dr-38 (San Adrian) pueden ser transformadas en zonas de regadío, de acuerdo con su entorno natural. Para ello, lo único que hay que hacer es preparar la capa del suelo manteniendo su fertilidad, lo que posibilita posteriores cultivos.

Como complemento a la información recogida en el capítulo de vegetación, se presentan a continuación algunas especies herbáceas recomendadas en la fase de revegetación:

- *Festuca rubra*
- *Lolium perenne*
- *Phelum alpinu*
- *Trifolium pratense*
- *Lotus corniculatus*
- *Phalaris tuberosa*

En el caso de que no sea posible el taluzado de los bancos y su posterior revegetación, para cubrir cualquier frente intentando minimizar el impacto visual, se recomienda el uso de trepadoras. Dan buen resultado las siguientes (sus características se recogen en el cuadro 20).

- *Hedera helix*
- *Lonicera implexa*
- *Smilax aspera*

Con carácter general, en los cuadros 21, 22 y 23 se recogen las características y cualidades de algunas especies leñosas, susceptibles de ser empleadas en restauración. Los datos están tomados del "Estudio Geoambiental de Cuencas Carboníferas Andaluzas, con Vistas a la Restauración del Medio Natural afectado por las Explotaciones Mineras", y reflejan la respuesta de las plantas a unas características ambientales de tipo medio.

A continuación se pasa a explicar el significado de algunos encabezamientos de las columnas de dichos cuadros, para su mejor comprensión.

El "**grado de protección**" expresa la capacidad de cada especie para inmovilizar el suelo con sus raíces y protegerlo de la erosión.

La "**velocidad de crecimiento**" quiere indicar el tiempo que tarda la especie en alcanzar la altura que indica en el cuadro.

La "**fenología**" se refiere a la época de floración y fructificación de las especies, así como al color de las flores.

La "**longevidad**" recoge, en el caso de los árboles, el tiempo que por término medio llega a vivir una especie.

CARACTERISTICAS	Hedera Helis	Lonicera Implexa	Smilax Aspera
Tamaño (m.)	10	5	5
Hojas	Perenne	Perenne	Perenne
Sol		X	
Sombra	X	X	X
Sensibilidad a las Heladas	X		
Floración	Primavera Blanca	Primavera Blanco-amarillo -rosado	Agosto-Sep. Crema
Fructificación	Sept.-Oct. Negruzco	A continuación Rojo	Otoño Rojo y Negro
Sujección	Raices	Tallos Volubles	Zaacillos
Observaciones	Encespedar en lugares umbrosos y húmedos.		

Cuadro 20. Características de las Plantas Trepadoras
Fuente: Estudio Geoambiental de Cuencas Carbonífera Andaluzas. ITGE.

La "altura" que alcanza cada especie se supone en condiciones de vida normales.

En el caso de los subarbustos, se presenta en la columna de "cubierta" y para cada especie, la proyección vertical media por individuo.

Con el "arraigo en el trasplante" se indica la posibilidad de que una especie vegetal sobreviva al proceso de trasplante cuando tenga 2 ó 3 savias de edad.

Finalmente, se expresa la posibilidad de encontrar la planta en vivero.

7.2.3.2. Análisis edafológico

Permiten conocer las características del suelo, soporte de la revegetación, realizando una estimación objetiva de la productividad edáfica. Las características que se han estudiado son:

- propiedades físicas: textura y su capacidad de almacenamiento de agua.
- propiedades químicas: contenido de materia orgánica y el pH.

Se ha de prestar especial atención, como procesos físico-químicos, al intercambio iónico, contenido en bases y disponibilidad de los nutrientes, ya que influyen directamente en el desarrollo de la vegetación.

En la provincia de Navarra se han realizado un total de ocho análisis: seis de suelo original y dos en escombreras.

Para ello se han seleccionado entre las explotaciones modelo, seis canteras, cada una de ellas representativa de una sustancia mineral. Son las siguientes: Ey-25 en yeso, Qc-33 en caliza, Qm-15 en marga, Vo-10 en ofita, Mg-12 de magnesita y Mc-5 en mármol.

Cuadro 21. Características Principales de los Árboles.
Fuente: Estudio Geambiental de las Cuenca Carboníferas Andaluzas. ITGE.

	GRADO DE PROTECCION	VELOCIDAD DE CRECIMIENTO	FRUGALIDAD	FENOLOGIA			LONGEVIDAD (AÑOS)	ALTURA (m)	ARRAICO EN EL TRANSPLANTE	FACILIDAD DE EN CONTRARIO EN VI VERO.	OTROS DATOS
				FLORACION		FRUCTIFICACION					
				EPOCA	COLOR	EPOCA					
Alnus glutinosa	Alto	Alta	Baja	Feb-Marz.	Blanco	Sept-Oct.	80-100	10-15	Difícil-lento	NO	Hoja caduca
Arbutus Unedo	Alto	Media	Otoño	Otoño-siguiente		4-7	Difícil-lento	SI	Hoja perenne Hoja floración y fruto vistoso		
Celtia nustralis	Alto	Media	Alta	Marz-Mayo	Blanco-verdosas	Agos-Sept.	400-600	10-20	Fácil	SI	Hoja caduca. Ornamental
Cupressus arizonica	Medio	Alta	Media	Primavera	--	Primavera siguiente	250-300	18-20	Fácil	SI	Hoja perenne
Cupressus macrocarpa	Bajo	Alta	Media	Feb-Marzo	--	Primavera siguiente	200-300	20-25	Fácil	SI	Hoja perenne
Eleagnus angustifolia	Medio	--	Alta	May-Julio	Blanco amarillo	Agos-Sept.		8-10	Fácil	SI	Hoja caduca; plateada.Flor colorosa.
Ficus carica	Bajo	Alta	Alta	Irregular	--	Septiemb.		3-6	Difícil-lento	SI	Hoja caduca
Fraxinus angustifolia	Medio	Alta	Media	Feb-Marzo	--	Agos-Sept.	100-150	10-15	Fácil	SI	Hoja caduca
Juniperus oxycedrus	Alto	Baja	Baja	Invierno	--	Invierno (2º año)	500-600	6-8	Difícil-lento	NO	Hoja perenne
Melia	Bajo	Alta	Media	Abr-Mayo	Azul violeta	Oct-Enero	--	10-15	Fácil	SI	Hoja caduca Ornamental
Morus alba	Medio	Media	Media	Prim-Ver.	Blanco-verdoso	Otoño	100-200	6-8	Difícil	SI	Hoja caduca Fluctificación vistosa
Olea europaea	Bajo	Baja	Alta	May-Junio	Blanquecina	Nov-Enero	Milenario	6-10	Fácil	SI	Hoja perenne
Pinus pinaster	Bajo	Alta	Media	Marz-Mayo	--	Prim-Ver.	200-300	15-20	Difícil-lento	SI	Hoja perenne Muy comestible
Pinus pinea	Alto	Alta	Media	Marz-Mayo	--	Otoño-Prim	300-400	25-30	Difícil-lento	SI	Hoja perenne
Populus alba	Alto	Alta	Baja	Feb-Abril	Amentos verdosos	Marz-Mayo	70-80	20-30	Fácil	SI	Hoja caduca Reproducción por estaquilla fácil
Populus deltoides	Medio	Alta	Baja	Feb-Marzo	Amentos verdosos	Abril-Mayo	70-80	25-30	Fácil	SI	Hoja caduca. Reproducción por estaquilla fácil
Populus nigra	Medio	Alta	Baja	Feb-Marzo	Amentos verdosos	Abril-Mayo	80-90	20-30	Fácil	SI	Hoja caduca. Reproducción por estaquilla fácil
Pyrus bourgeana	Medio	Baja	Media	Primavera	Blanca	Agos-Sept.	200-300	4-10	Difícil	NO	Hoja caduca
Quercus faginea	Alto	Baja	Alta	Marz-Abril	--	Septiemb.	200-250	10-20	Difícil-lento	NO	Hoja marcescente
Quercus rotundifolia	Alto	Baja	Alta	Abril-Mayo	Amarillo	Oct-Nov.	500-700	10-20	Difícil-lento	SI	Hoja perenne
Quercus suber	Alto	Baja	Media	Difusa	--	Sept-Enero	400-500	10-20	Difícil-lento	SI	Hoja perenne
Rhamnus alaternus	Medio	Alta	Alta	Invierno	Blanco-Amarill.	Ver-Otoño	--	6-8	Medio	SI	Hoja perenne
Salix alba	Alto	Alta	Baja	Primavera	Amentos Amarill.	Marz-Mayo	50-60	10-15	Fácil	SI	Hoja caduca. Reproducción por estaquilla fácil

Cuadro 22. Características Principales de los Arbustos.
Fuente: Estudio Geoambiental de las Cuenca Carboníferas Andaluzas. ITGE

	GRADO DE PROTECCION	VELOCIDAD DE CRECIMIENTO	FRUGALIDAD (EXIGENCIAS)	FENOLOGIA			ALTURA (m)	CUBIERTA (m ²)
				FLORACION		FRUCTIFICACION		
				EPOCA	COLOR	EPOCA		
. Adenocarpus grandiflorus	Alto	Alta	Media	Primavera	Amarillo-anaranjada	Verano-otoño	0.3-1	0.5
. Asparagus acutifolius	Bajo	Alta	Media	Primavera	Amarillo-verdosa	Verano	1.5-2	0.01
. Cistus albidus	Bajo	Alta	Alta	Abril-Jun	Rosa-Morada	Verano-otoño	0.5-1	0.15
. Cistus clusii	Bajo	Alta	Alta	Abril-Jun	Blanca	Verano-otoño	0.2-1.2	0.15
. Cistus ladanifer	Bajo	Alta	Alta	Abril-Jun	Blanca	Verano-otoño	1-2.5	0.25
. Cistus monspeliensis	Bajo	Alta	Alta	Abril-Jun	Blanca	Verano-otoño	0.8-1	0.2
. Cistus populifolius	Medio	Alta	Media	Abril-Jun	Blanca	Verano-otoño	1-1.5	0.25
. Daphne gnidium	Bajo	Media	Alta	Primavera	Blanca	Otoño-invier	1	
. Erica arborea	Alto	Media	Media	Enero-May	Blanca	Primavera-verano	1-1.7	1-2
. Genista florida	Alto	Alta	Media	Verano	Amarilla	Agosto-Octu.	1-2.5	1-4
. Genista hirsuta	Alto	Media	Media	Marzo-Jun	Amarilla	Agosto-Octu.	0.6-1.1	0.7-1
. Halimium ocymoides	Bajo	Media	Alta	Abril-Jun	Amarilla	Verano	0.3-1	0.05
. Helichrysum stoechas	Medio	Alta	Alta	Abril-Jun	Amarilla	Verano	0.2-0.5	0.1
. Jasminum fruticans	Bajo	Media	Media	Primavera	Amarilla	Sept-Octubr.	1-2	0.3-0.8
. Lavandula stochas	Bajo	Alta	Alta	Junio-Jul	Azul-violeta	Verano	0.5	0.3-0.8
. Osyris alba	Bajo	Alta	Baja	Mayo-Jul.	Blanca-amarilla	Verano	0.5-1.5	0.3-0.8
. Pyracantha coccinea	Alto	Alta	Alta	Primavera	Blanca	Otoño-invier	1-3	1-3
. Pyracantha crenata	Alto	Alta	Alta	Primavera	Blanca	Otoño-invier	1-3	1-3
. Retama sphaerocarpa	Bajo	Media	Alta	Mayo-Jun.	Amarillo	Sept-Octubr.	1-2	1-2
. Rosmarinus officinalis	Alto	Alta	Alta	Casi todo el año	Azul pálido	Verano-Otoño	0.5-1	0.1
. Sarothamnus vulgaris	Alto	Alta	Media	Abril-Jun	Amarilla	Agosto-Octu.	1-2	1-2
. Securinega tinctoria	Alto	Alta	Media	Mayo-Jul.	Blanca	Verano	1-1.5	0.8-1.5
. Spartium junceum	Alto	Alta	Alta	Mayo-Jul.	Amarilla	Sept-Octubr.	1-2	0.8-1.5
. Teucrium fruticans	Medio	Alta	Alta	Primavera	Azul pálido	Verano	0.2-0.5	0.05
. Thymus mastichina	Medio	Media	Alta	Primavera	Blanquecina	Verano	0.2-0.3	0.05

Cuadro 23 Características Principales de los Subarbustos.
Fuente: Estudio Geoambiental de las Cuencas Carboníferas Andaluzas. ITGE.

	GRADO DE PROTECCION	VELOCIDAD DE CRECIMIENTO	FRUGALIDAD	FENOLOGIA			ALTURA (m)	ARRAIGO EN EL TRANSPLANTE	FACILIDAD DE ENCONTRAR EN VIVO.
				FLORACION		FRUCTIFICACION			
				EPOCA	COLOR	EPOCA			
. Crataegus monogyna	Medio	Media	Alta	Abril-Mayo	Blanco	Sep-Oct.	2-4	Fácil	SI
. Myrtus communis	Medio	Media	Media	Julio	Blanco	Sep-Oct.	1-3	Medio	SI
. Nerium oleander	Alto	Alta	Media	Junio a Sep.	Roja-Bca	Otoño	1-4	--	SI
. Olea europea var. sylvestris	Bajo	Baja	Alta	Mayo-Junio	Blanquecino	Nov-Enero	2-3	Fácil	SI
. Phillyrea angustifolia	Medio	Alta	Alta	Primavera	Blanquecino	Verano	1-3	Fácil	SI
. Phyllirea media	Medio	Alta	Alta	Primavera	Blanquecino	Verano	2-4	Fácil	SI
. Pistacia terebinthus	Medio	Baja	Media	Primavera	Rojiza	Final verano-1º otoño	3-5	Difícil	SI
. Pistacia lentiscus	Alto	Media	Media	Abril-Mayo	Amarillo purpúrea	Otoño--invierno	1-3	Difícil	SI
. Quercus coccifera	Alto	Baja	Alta	Abril-Mayo	--	Agost-Oct	1-2	Difícil-lento	NO
. Rosa spp.	Medio	Media	Alta	Abril-Dic.	Vario	Agost-Oct	1-2	Fácil	SI
. Salix salvifolia	Alto	Alta	Baja	Marz-Mayo.	--	Junio-Jul	1-2	Difícil-lento	NO
. Viburnum tinus	Alto	Media	Media	Dic-Abril	Blanco-rosado	Verano-Otoño	2-3	Fácil	SI

Las escombreras donde se han analizado los estériles son la de explotación de magnesitas y una de las potasas.

Los resultados de estos análisis se recogen en el cuadro 24.

Muestra NA-S-MAÑ-1 (Ey-25)

Esta muestra presenta un bajo contenido en elementos nutrientes, destacando negativamente la deficiente cantidad de magnesio.

La materia orgánica es de buena calidad, según el índice C/N. Su bajo contenido y la textura franca que presenta este suelo hacen pensar en una capacidad de retención de agua, por parte de éste, muy elevada. Además, se trata probablemente de agua capilar, muy disponible para las plantas.

El pH, considerando el valor determinado mediante el uso de una solución salina (CIK) en vez de agua, es moderadamente básico, según la clasificación del Departamento de Agricultura de Estados Unidos U.S.D.A.

En lo que se refiere a contenido de CO_3Ca , se trata de un suelo calizo, según la clasificación del U.S.D.A.

El contenido en sales es bajo, de manera que no resulta perjudicial.

De acuerdo con estos datos, la mejora que se propone para este tipo de suelo es un enriquecimiento de nutrientes, mediante el empleo de fertilizantes.

Muestra NA-S-ALA-2 (Qc-33)

Esta muestra presenta un contenido medio-bajo en nutrientes, exceptuando el nitrógeno que es alto, y la materia orgánica.

Según el índice C/N, la materia orgánica es de buena calidad, mientras que la textura del suelo es franca. La capacidad de retención de agua es, por tanto, elevada, aunque se trata de agua gravitacional que no es disponible para las plantas.

El pH es neutro, mientras que según el CO_3Ca presente, se trata de suelo calizo. No tiene salinidad.

Como mejora se propone la aplicación de fertilizantes, encaminados a enriquecer el suelo en determinados nutrientes, como son el fósforo, el potasio y el magnesio.

Muestra NA-S-OLAZ-3 (Qm-15)

Según el análisis realizado, se trata de un suelo pobre en nutrientes, excepto en potasio, cuyo contenido es medio-alto.

La proporción de materia orgánica es media-baja, siendo según el índice C/N de buena calidad.

La textura es arcillosa, de manera que la capacidad de retención de agua es casi nula. Se trata de agua higroscópica, no disponible para las plantas.

En relación con el contenido de CO_3Ca , se trata de un suelo calizo, mientras que el pH es neutro. No presenta salinidad.

Se proponen dos mejoras para superar los factores limitantes:

I.-ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS	Na-Ala-2	Na-Olaz-3	Na-Ofi-4	Na-Mag-5	Ma-Mag-6	Na-Urdx-6	Na-Mañ-1	Na-Pot-7
Arena muy fina (2-1 mm)	0,9	0,7	6,5	6,1	3,1	4,4	----	-----
Arena gruesa (1-0,5)	0,6	0,7	6,3	5,8	3,4	4,8	----	-----
Arena media (0,5-0,2)	1,5	1,0	3,5	5,9	4,0	8,6	----	-----
Arena fina (0,2-0,05)	12,8	4,7	11,7	13,0	6,4	16,2	----	-----
Arena total (2-0,05)	15,8	7,1	28,0	30,8	16,9	34,0	----	-----
Arena muy fina (0,05-0,02)	23,3	13,7	19,4	14,0	12,1	15,0	----	-----
Arena total (2-0,02)	39,1	20,8	47,4	44,8	29,0	49,0	----	-----
Limo (0,02-0,002)	32,2	33,5	28,0	25,9	33,7	26,4	----	-----
Arcilla (<0,002)	28,7	45,7	24,6	29,3	37,3	24,6	----	-----
CLASE TEXTURAL	Franco-limoso	Franco-limosa	Franca	Franco-arcillosa	Franco-arcillosa	Franca	----	----
2.-PROPIEDADES QUÍMICAS								
pH (H ₂ O)	7,90	7,90	5,65	5,30	7,10	5,00	7,80	7,40
pH (ClK)	7,10	7,05	4,50	4,10	6,50	4,00	7,40	6,95
Materia orgánica (%)	5,30	1,77	5,88	3,88	9,56	1,26	2,14	0,41
Carbono(%)	3,08	1,03	3,42	2,26	5,56	0,73	1,24	0,24
Nitrógeno (%)	0,307	0,114	0,229	0,183	0,619	0,089	0,127	0,040
C/N	10,00	9,4	14,9	12,3	9,0	8,2	9,8	6,0
CO ₃ Ca (%)	8,5	7,6	---	---	<1,0	---	9,6	<1,0
3.-PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS								
Capacidad total de cambio (mc/100g)	44,0	39,00	30,00	25,00	40,00	16,00	---	---
Cationes de cambio: Ca++ (mc/100g)	51,00	43,00	3,00	---	22,00	1,00	220,00	89,00
Mg++ (mc/100g)	1,12	1,13	0,92	0,51	7,61	0,10	0,30	0,51
Na+	0,24	0,16	0,10	0,04	0,08	0,10	----	24,50
K+	0,26	0,40	0,04	0,04	0,22	0,04	----	0,08
Grado de saturación	52,63	44,69	4,06	0,59	20,91	1,24	220,31	114,19
4.-DETERMINACIONES ESPECIALES								
Sales totales (x 0,001)mhos	---	---	---	---	---	---	2,61	100,02
Yeso (x 0,001)mhos	---	---	---	---	---	---	1,38	5,11
Cloruros	---	---	---	---	---	---	Indicios	4.200,00

Cuadro 24. Muestras de Suelos.

Por un lado, suministrar fertilizantes para favorecer un enriquecimiento en nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo y magnesio. Por otro, aumentar la humedad del suelo mediante riego.

Muestra NA-S-OFI-4 (Vol-10)

Esta muestra presenta un contenido variable entre los distintos elementos nutrientes: alto en materia orgánica y nitrógeno, muy bajo en fósforo y bajo en potasio y calcio.

La textura es franca, mientras que la materia orgánica es de mediana calidad. Es por ello que la capacidad de retención de agua del suelo es elevada, aunque probablemente se trate de agua gravitacional. Como se explicó antes este agua no es disponible para las plantas.

No presenta CO₃Ca ni salinidad mientras que el pH es muy fuertemente ácido, según la clasificación del U.S.D.A.

Como mejoras se podría pensar en el aumento del pH mediante el empleo de cal, para así disminuir la acidez. Sin embargo, es un proceso muy costoso. Por ello es aconsejable suplir esta limitación con otras mejoras, en este caso, aplicación de fertilizantes para favorecer un aumento de nutrientes y el riego para proporcionar agua asimilable por las plantas.

Muestra NA-S-MAG-5 (Mg-12)

Esta muestra de suelo presenta un contenido bajo en nutrientes, especialmente en fósforo y calcio, exceptuando la materia orgánica cuya proporción es alta.

Su textura es franca con una calidad mediana de materia orgánica, según indica la relación C/N. Según esto, la capacidad de retención de agua será elevada, aunque probablemente agua gravitacional, no disponible para las plantas.

No presenta CO_3Ca ni salinidad, siendo el pH extremadamente ácido.

Al igual que en la muestra anterior, se recomienda si no es posible la basificación del suelo, cubrir esta limitación con otras mejoras, fundamentalmente, enriqueciendo el suelo en fertilizantes y regándolo.

Muestra NA-S-URDAX-6 (Mc 5)

Esta muestra presenta un contenido en nutrientes muy bajo, destacando la deficiente cantidad de magnesio.

La materia orgánica, también con un contenido bajo, es de buena calidad, tratándose de un suelo con textura franca, por lo que se le supone una capacidad de retención de agua muy elevada. Se trata, además, de agua capilar, disponible para las plantas.

El pH es extremadamente ácido, mientras que no se detectan ni CO_3Ca ni salinidad.

La limitación más destacable de este suelo es su bajo contenido en nutrientes. Por esto se propone, mediante el empleo de fertilizantes, subsanar esta carencia.

Muestra NA-E-POT-7

Esta muestra, tomada en una de las escombreras de la explotación de potasas, tiene un contenido muy bajo en nutrientes.

La proporción de materia orgánica es muy baja, prácticamente despreciable, mientras que la textura es arenosa. Esto supone una capacidad de retención de agua muy escasa, al ser los poros grandes.

El pH es neutro, según la clasificación del U.S.D.A., mientras que el contenido en CO_3Ca es muy escaso, por lo que se trata de un suelo no calizo.

Lógicamente, el contenido en sales y cloruros es elevadísimo, de manera que este material es totalmente inadecuado para cultivos y solamente admite una vegetación muy especializada.

Se proponen, por lo tanto, prácticas de desalinización (puesta en riego y drenaje, aplicación de yeso, etc), abonado orgánico, riego para aumentar la humedad y aplicación de fertilizantes para aumentar la proporción en nutrientes.

Muestra NA-E-MAG-8

El contenido en elementos nutrientes de esta muestra es muy alto en materia orgánica y nitrógeno, muy bajo en fósforo y bajo en potasio.

La calidad de la materia orgánica, de acuerdo con el índice C/N, es buena. Esto, junto con la textura franca que presenta, supone una capacidad de retención de agua muy elevada aunque, como se ha visto en muestras anteriores, se trata con toda probabilidad de agua gravitacional, no disponible para las plantas.

El pH es ligeramente ácido, mientras que el contenido en CO_3Ca es insignificante, por lo que se trata de un suelo no calizo. Por otra parte, no presenta salinidad.

Se propone el empleo de fertilizantes para el aumento del contenido en algunos elementos nutrientes, como fósforo y potasio. También es aconsejable el riego.

8. ESTUDIO ECONOMICO

8.1. PRODUCCION Y RECURSOS MINEROS

La producción minera total de Navarra representa, según la Estadística Minera de 1.985, el 1,91 % en valor del total nacional, ocupando en este aspecto la 12ª posición.

Los datos de las sustancias que se extraen en la provincia se recoge en el cuadro 25.

Los materiales extraídos en la provincia de Navarra se agrupan en los sectores de la minería no metálica y en productos de cantera, no existiendo explotaciones de productos energéticos ni de minería metálica.

Teniendo ésto en cuenta, la evolución de la producción minera en valor, según la estadística minera de los años 1.981 y 1.985, comparada con el total nacional se presenta en las figuras 27 y 28.

8.1.1. Minerales no metálicos

De las sustancias que se agrupan bajo la denominación de minerales no metálicos, solamente tres se extraen en Navarra: sales potásicas, sal manantial y magnesitas.

En el cuadro 25 se observa el retroceso que ha tenido año tras año, durante los cinco años presentados, esta minería. Influyó sobre este hecho el cierre, a finales de 1.985 de la explotación de potasas de Navarra.

En el cuadro 26 se recogen las estadísticas de estas sustancias, comparándolas con las nacionales.

En el conjunto nacional de los minerales no metálicos, la producción en valor de Navarra representa el 14,39 % aunque es previsible un descenso importante debido al cierre de potasas.

SALES POTASICAS

La producción de potasas de Navarra durante 1.985, representa el 24,24 % en valor del total nacional. Por otro lado, representa en el conjunto de la minería de la comunidad el 45,88 %.

En el cuadro 26 se extrae una conclusión un poco pesimista del panorama de las potasas en

esta provincia, y es la disminución de la producción en los últimos años, incidiendo de forma notoria sobre la producción nacional.

El destino de esta producción según la estadística minera de 1.985 es:

Fertilizantes	54,3 %
Exportación.....	44,5 %
Otros destinos	1,2 %

A pesar del cierre de las explotaciones, los estudios de viabilidad de nuevos yacimientos parecen interesantes, evaluándose las reservas provinciales según el ITGE en toneladas de K₂O en:

Seguras	2.000.000
Probables	8.000.000
Posibles.....	12.000.000

MAGNESITAS

La producción de magnesita en la Comunidad Navarra durante el año 1.985 representa el 74,2 % en valor del total nacional. Respecto a la minería total provincial representa el 35,9 % en valor.

En el cuadro 26 se puede observar la repercusión que tienen las explotaciones navarras en la producción nacional de magnesitas, en la cual representan más del 80 %. El destino de la magnesita en 1.985, según la estadística minera de España en toneladas, fue:

	<u>Magnesita cruda</u>	<u>Magnesita calcinada</u>
Tratamiento en otras explot.	100 %	
Exportación		69,9 %
Siderurgia		18,9 %
Fabricación de Refractarios		4,0%
Fertilizantes		3,5%
Industria del Vidrio		2,2%
Industria Alimentaria		0,8%
Cargas		0,2%
Ind. Química Básica		0,2%
Otros Destinos		0,3%

Las reservas estimadas por el ITGE para el yacimiento de Navarra de magnesitas se cifran en 20.000 Tm seguras y 50.000 Tm posibles.

SAL MANANTIAL

La producción de sal manantial en la comunidad Navarra representó, durante el año 1.985, el 2,79 % del total nacional, siendo solamente el 0,05 % del valor del total de la minería provincial.

También en esta sustancia como en las sales potásicas, se ha producido un retroceso en la producción de los últimos años, pero sin embargo la producción nacional no ha sido influida. Esto ha sido debido a que su producción relativa es pequeña. Ver cuadro 26.

		1.981	1.982	1.983	1.984	1.985
Minerales no metálicos.	N. explotaciones	4	4	4	4	3
	Tonelaje	2.593.444	2.590.712	2.365.379	2.199.993	1.714.418
	Valor (x1000) Pts.	6.942.352	6.120.737	6.124.277	6.776.523	6.310.593
Productos de cantera	N. explotaciones	57	58	60	48	46
	Tonelaje	4.556.032	4.764.030	4.629.084	4.352.565	4.706.998
	Valor (x1000) Pts.	774.401	936.493	1.066.254	1.100.393	1.401.441
TOTAL	N. explotaciones	61	62	64	52	49
	Tonelaje	7.149.476	7.354.742	6.994.463	6.552.558	6.421.416
	Valor (x1000) Pts.	7.716.753	7.057.230	7.190.531	7.876.916	7.712.039

Cuadro 25: La Minería de Navarra en Cifras.

Fuente: Estadística Minera de España.

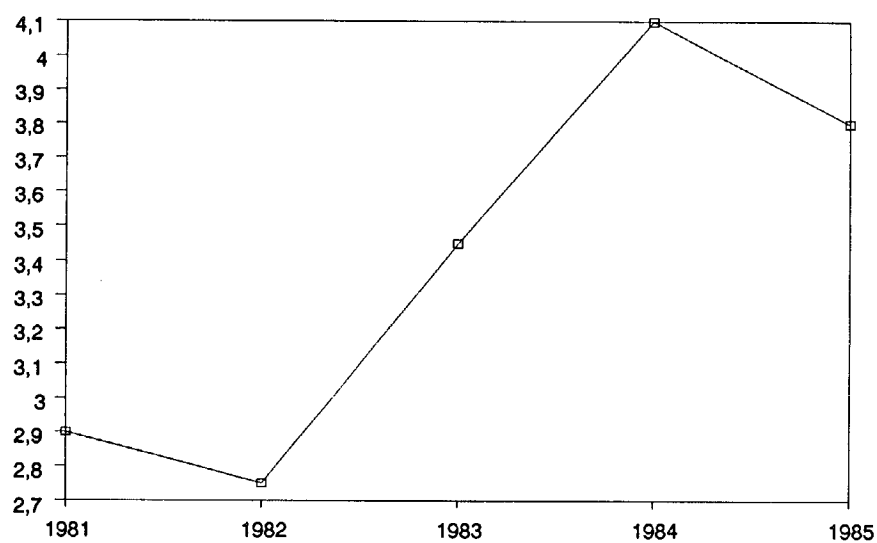


Fig. 27. Evolución económica Provincial.
Según Datos de la Estadística Minera de España.

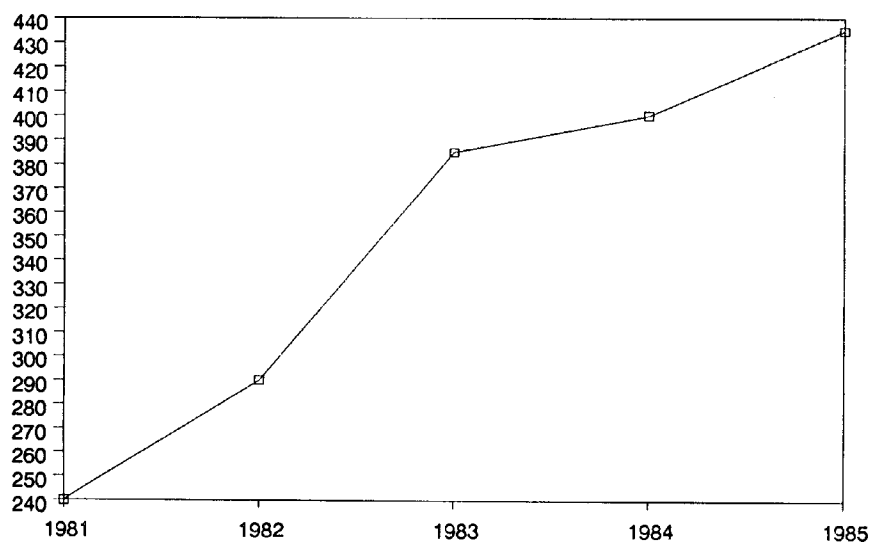


Fig. 28. Evolución económica Nacional.
Según Datos de la Estadística Minera de España.

SALES POTASICAS		1.981	1.982	1.983	1.984	1.985
NAVARRA	N.explotaciones	1	1	1	1	1
	Tonelaje	2.502.307	2.158.215	1.910.632	1.632.077	1.144.624
	Valor (x1000) Pts	5.163.126	4.009.245	3.830.133	4.199.706	3.538.073
ESPAÑA	N.explotaciones	4	4	4	4	4
	Tonelaje	6.563.363	6.285.187	6.103.703	5.881.668	5.584.022
	Valor (x1000) Pts	13.246.067	11.613.765	12.354.976	13.917.075	14.597.477
SAL MANANTIAL						
NAVARRA	N.explotaciones	2	2	2	2	1
	Tonelaje	1.165	1.200	1.010	1.010	800
	Valor (x1000) Pts	3.495	4.800	4.040	5.050	4.000
ESPAÑA	N.explotaciones	59	48	44	46	46
	Tonelaje	27.972	25.988	27.780	34.867	52.010
	Valor (x1000) Pts	77.319	77.479	86.466	106.946	143.323
MAGNESITAS						
NAVARRA	N.explotaciones	1	1	1	1	1
	Tonelaje	89.792	431.297	453.737	566.906	568.994
	Valor (x1000) Pts	1.775.731	2.106.692	2.290.104	2.571.767	2.768.520
ESPAÑA	N.explotaciones	3	3	3	4	4
	Tonelaje	135.023	533.595	597.137	691.542	692.196
	Valor (x1000) Pts	2.256.298	2.657.414	3.155.414	3.436.716	3.729.081

Cuadro 26. La Minería no Metálica de Navarra en Cifras.

Fuente: Estadística Minera de España.

El destino de este producto fue en 1.985:

Industria alimentaria.....	72,6 %
Fertilizantes	6,1 %
Industria química básica	3,3 %
Otros destinos	18,0 %

8.1.2. Productos de cantera

El valor de la producción, en el año 1 985, de las sustancias agrupadas como productos de cantera, representa el 2,92 % del total extraído a nivel nacional en esta minería.

A nivel provincial estos materiales representan en valor el 17,98 % del total de la minería. No hay ningún material en especial destacable a nivel nacional, a excepción de margas y ofitas. En cualquier caso y para cada uno de ellos la producción navarra sólo representa poco más del 10 % de la producción nacional.

Las sustancias extraídas, junto al porcentaje que cada una de ellas representa a nivel nacional se presenta en la figura 29.

Así mismo, la importancia de cada sustancia en el total nacional se recoge en la figura 30.

De entre estos materiales destaca la caliza que representa más de las 3/4 partes en valor de los productos de cantera.

El destino de este material es fundamentalmente como árido de trituración, además de usarse en la fabricación de cal y cemento.

Las perspectivas de este material son excelentes, ya que las reservas son importantes.

Del resto de las sustancias se pueden mencionar el mármol y las calizas marmóreas cuya producción puede mantenerse al mismo nivel por el volumen de reservas existentes.

El caso de la Ofita es muy similar al del mármol, pudiéndose predecir que al igual que éste mantendrá los niveles de producción, debido a sus reservas conocidas. Las estadísticas generales de estos productos se recogen en el Cuadro 27.

9. RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las zonas afectadas por la minería requieren para su restauración, como paso previo imprescindible, el estudio del medio físico en todo el ámbito de la explotación.

El medio natural está caracterizado por una serie de parámetros íntimamente relacionados entre sí, que son los que definen a éste y que se ven afectados, en mayor o menor grado, por las actividades mineras.

Los parámetros físicos considerados en el estudio del medio han sido la geología, el clima, la hidrología-hidrogeología, la geomorfología, la vegetación, la fauna y los recursos culturales (fundamentalmente los espacios naturales de interés).

Como resultado del estudio del medio físico se han definido, dentro de la provincia, cinco unidades ambientales en función de criterios climáticos, geomorfológicos, estructurales, litológicos, edafológicos y de vegetación.

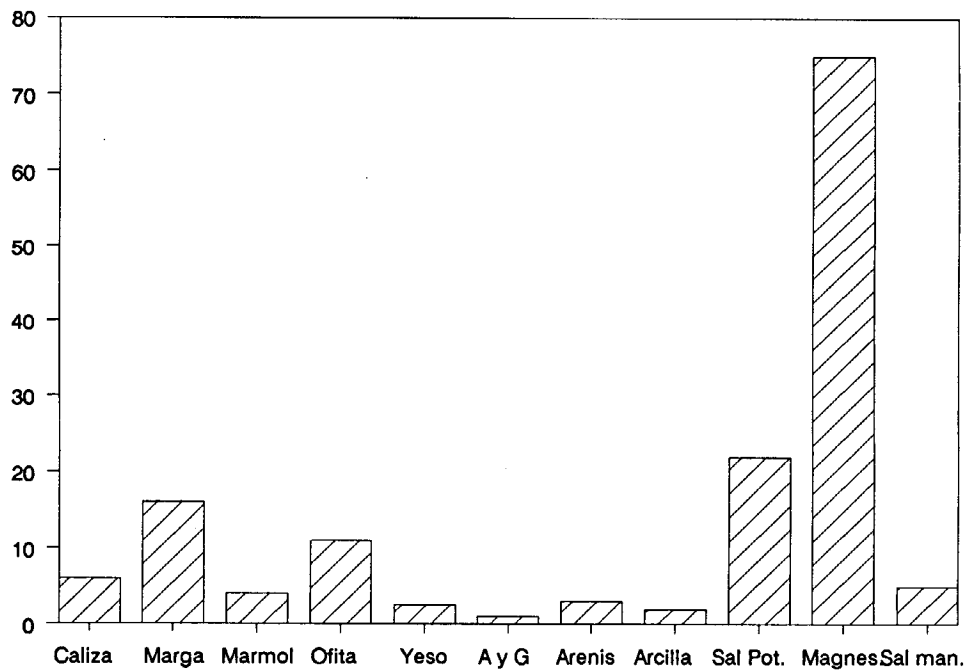
ARCILLA		1.981	1.982	1.983	1.984	1.985
NAVARRA	N.explotaciones	12	12	12	6	6
	Tonelaje	272.795	273.770	278.010	84.140	84.540
	Valor (x1000) Pts	52.120	57.049	58.762	8.063	8.608
ESPAÑA	N.explotaciones	737	680	641	538	493
	Tonelaje	10.850.837	11.176.578	10.107.201	8.808.318	9.411.122
	Valor (x1000) Pts	1.378.353	1.615.294	1.662.441	1.521.616	1.703.457
CALIZA						
NAVARRA	N.explotaciones	17	19	20	17	16
	Tonelaje	2.636.846	3.042.919	3.227.063	3.186.853	3.572.526
	Valor (x1000) Pts	453.650	629.031	756.613	806.194	1.061.563
ESPAÑA	N.explotaciones	817	811	793	739	735
	Tonelaje	78.673.182	83.831.500	84.080.371	77.467.924	74.173.405
	Valor (x1000) Pts	12.460.969	15.954.601	17.789.248	18.629.019	19.272.346

Cuadro 27. La Minería de Productos de Cantera en Navarra.

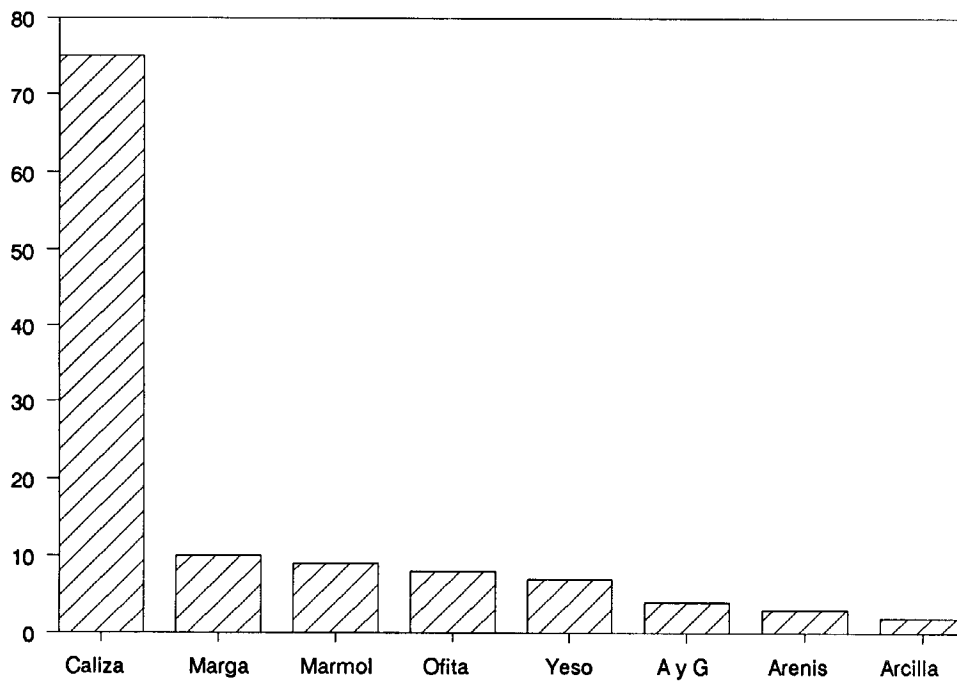
Fuente: Estadística Minera de España.

ARENISCA		1.981	1.982	1.983	1.984	1.985
NAVARRA	N.explotaciones	5	4	4	6	6
	Tonelaje	17.525	15.873	13.780	13.083	12.974
	Valor (x1000) Pts	7.576	7.140	6.671	7.470	12.792
ESPAÑA	N.explotaciones	129	130	125	119	118
	Tonelaje	1.791.862	1.807.393	1.364.603	1.599.334	2.274.235
	Valor (x1000) Pts	409.900	469.136	467.234	557.111	667.558
MARMOL						
NAVARRA	N.explotaciones	6	6	6	5	4
	Tonelaje	48.529	43.538	38.351	34.314	31.858
	Valor (x1000) Pts	68.191	80.269	74.796	91.222	83.643
ESPAÑA	N.explotaciones	276	241	251	255	254
	Tonelaje	693.854	664.763	864.553	623.300	798.405
	Valor (x1000) Pts	1.354.576	1.853.072	1.804.207	2.206.666	2.428.056
MARGA						
NAVARRA	N.explotaciones	1	1	1	1	1
	Tonelaje	852.120	1.015.030	662.760	703.060	669.000
	Valor (x1000) Pts	67.768	83.014	76.555	92.999	129.039
ESPAÑA	N.explotaciones	29	27	25	24	24
	Tonelaje	6.210.009	6.379.568	6.346.588	5.771.516	5.043.070
	Valor (x1000) Pts	257.853	714.499	817.311	808.911	852.473
OFTA						
NAVARRA	N.explotaciones	3	3	2	3	2
	Tonelaje	179.000	95.000	95.000	123.800	153.500
	Valor (x1000) Pts	38.990	31.250	33.000	43.865	53.630
ESPAÑA	N.explotaciones	7	8	8	12	10
	Tonelaje	658.530	846.365	1.044.370	1.211.765	1.224.965
	Valor (x1000) Pts	146.570	265.379	365.753	467.966	525.073
YESO						
NAVARRA	N.explotaciones	2	3	3	2	2
	Tonelaje	71.000	132.000	135.000	79.000	82.000
	Valor (x1000) Pts	12.300	26.720	31.950	25.300	29.580
ESPAÑA	N.explotaciones	230	218	201	198	191
	Tonelaje	5.288.295	5.048.649	5.620.395	5.365.795	5.524.511
	Valor (x1000) Pts	1.243.934	1.239.547	1.410.180	1.646.144	1.896.896
GRAVAS Y ARENAS						
NAVARRA	N.explotaciones	11	10	12	8	9
	Tonelaje	478.217	135.900	179.120	128.360	100.600
	Valor (x1000) Pts	73.815	22.020	27.912	25.280	22.486
ESPAÑA	N.explotaciones	726	719	691	655	648
	Tonelaje	26.819.471	25.308.778	23.658.604	23.054.572	25.243.375
	Valor (x1000) Pts	4.322.936	4.760.009	5.209.212	5.295.462	6.108.329

Cuadro 27. (Continuación). La Minería de Productos de Cantera en Navarra.
Fuente: Estadística Minera de España.



**Figura 29 Extracción minera en Navarra Respecto del Total Nacional.
Datos Tomados de la Estadística Minera de España.**



**Figura 30. Producción Relativa de los Materiales de Cantera en Navarra
Datos Tomados de la Estadística Minera de España.**

La minería de Navarra está constituida por explotaciones a cielo abierto que se encuadran dentro del grupo de canteras y graveras, con excepción de la mina de potasas de Subiza y la explotación de sal de Obanos, que se engloban en el grupo de minería no metálica.

Las canteras de caliza y mármol son las más numerosas. En menor cantidad hay explotaciones de yeso, magnesita, ofita, marga, grava-arena y arcilla. La única explotación que produce un volumen apreciable de estériles es la cantera de magnesita, siendo la formación de escombreras en el resto, nula o de escasa entidad.

Las actividades mineras producen una serie de alteraciones sobre el medio que es necesario corregir para evitar la degradación de éste. Por ello los explotadores deben elaborar y ejecutar un plan de restauración de la zona afectada.

Las alteraciones son, fundamentalmente de dos tipos: transitorias, es decir, aquellas que se producen durante las fases de operación minera y finalizan al terminar estas (polvo, ruido, vibraciones, etc.) y permanentes causadas principalmente por la creación de huecos y grandes frentes de explotación.

Estudiados todos los parámetros que condicionan y definen el medio físico, se deduce que los más afectados por la minería son la morfología, el suelo y la vegetación.

El impacto morfológico es consecuencia directa de la creación de huecos y frentes verticales, con cambios bruscos de pendiente, modificando las formas y volúmenes originales del terreno. Esto produce, además, la alteración de la red hidrográfica y la pérdida de la calidad paisajística, junto con un impacto visual en ocasiones muy elevado.

La cobertera vegetal, suelo y vegetación, se destruye al iniciarse las labores de extracción, ya que no se procede a retirar y almacenar la capa de suelo vegetal para su posterior uso en la restauración. Su pérdida es irreversible y sin suelo no hay vegetación, multiplicándose los procesos erosivos.

La recuperación de los terrenos afectados pasa por dos fases principales: diseño adecuado de las explotaciones e implantación de una cobertera vegetal estable (suelo y vegetación).

En la actualidad, y salvo raras excepciones, las explotaciones mineras de la provincia de Navarra no presentan ningún tipo de restauración, lo que origina un fuerte impacto ambiental en alguna de ellas.

La mayor parte de las canteras se concentran en la mitad septentrional de la provincia, al noroeste de Pamplona.

Las canteras de caliza y mármol son, por su gran tamaño y localización, las que mayor impacto producen. Existen áreas muy afectadas como la Sierra de Alaiz y la zona de Alsasua-Olazagutia.

Del mismo modo destacan las escombreras de las explotaciones de potasas y magnesita que, debido a su gran tamaño y localización, producen un gran impacto visual y una importante degradación del suelo.

Ante la problemática ambiental creada y la falta de medidas tendentes a su recuperación, es conveniente iniciar una segunda fase de este trabajo con estudios detallados encaminados a resolver problemas mucho más concretos. A la vista de lo expuesto anteriormente, se recomiendan los siguientes estudios:

- Proyecto tipo de restauración de una cantera de caliza o mármol en la zona de Alsasua-Olazagutía. Las canteras de caliza y mármol son, por su volumen minero y localización, las que mayor impacto producen sobre el medio ambiente. El objetivo final del proyecto es proporcionar a los explotadores y a la Administración un estudio piloto que permita establecer las pautas a seguir para la recuperación ambiental de las grandes canteras, en general, muy similares todas ellas.

El estudio ha de incluir un análisis detallado del medio físico, la caracterización y evaluación ambiental de impacto considerando individualmente los diferentes parámetros naturales del medio (geología, clima, vegetación, etc.), un plan concreto de rehabilitación y un presupuesto que fije claramente el coste de cada operación. La escala de trabajo será la más fina posible, e irá acompañado con una cartografía de detalle, perfiles topográficos, fotografías, etc., para su mejor y más fácil comprensión.

- Estudio piloto para la determinación mediante un programa informático del impacto visual causado por las explotaciones mineras a cielo abierto en la provincia de Navarra. Aplicación a una cantera de caliza en la Sierra de Alaiz. El objetivo principal de este estudio es proporcionar a la Administración y a los explotadores una herramienta para caracterizar el impacto visual, con vistas a la elaboración precisa de los planes de restauración.

Este parámetro es uno de los más problemáticos desde el punto de vista medio ambiental. Esto se debe a la dificultad para evaluar adecuadamente el impacto y el alto grado de subjetividad que hay en su valoración.

- Proyecto de restauración de una cantera de magnesita, y su escombrera en Eugui. La cantera de magnesita es, por su tamaño y volumen de explotación, la más importante del territorio nacional.

Aproximadamente un 25 % de la producción se considera estéril alcanzando las escombreras a pie de cantera un gran tamaño. Tanto la cantera, como sus estériles, suponen la principal amenaza para el espacio natural de protección especial denominado Quinto Real, llegando a ocupar parte de sus terrenos.

El estudio incluirá un análisis detallado de las condiciones del medio físico, analizando en profundidad cada uno de los parámetros naturales que lo definen (geología, clima, suelo, vegetación, etc.). Se elaborará un plan que contemple el coste de todas y cada una de las operaciones a realizar.

- Proyecto tipo de restauración de una cantera de potasa, y su escombrera en el yacimiento potásico de Nuestra Señora del Perdón. En la actualidad, la práctica totalidad de las explotaciones se encuentran inactivas. Sin embargo, las labores de extracción en el pasado han dado lugar a la formación de grandes escombreras. Son estas las responsables del mayor impacto ambiental de estas explotaciones, tanto por la degradación del paisaje como por la alteración del suelo debido a la formación de lagunas endorréicas y el mal drenaje.

El estudio debería ir orientado a la recuperación de formas y volúmenes, así como a la implantación de una cobertura vegetal estable para evitar que continúe la degradación de la zona.

Se deben estudiar las medidas correctoras necesarias para facilitar un drenaje adecuado, tanto en la escombrera como en el suelo.

La metodología a seguir deberá ser similar a los proyectos anteriores, aunque en este caso la cantera es de potasa y está ubicada en una unidad ambiental diferente. Esto quiere decir que las condiciones del medio (clima, geología, suelo, etc.) también serán distintas.

BIBLIOGRAFIA

CEOTMA

Guía para la elaboración de estudios de medio físico. Contenido y Metodología.
M.O.P.U.

CEOTMA. (1981)

Geología y Medio Ambiente
M.O.P.U.
Madrid

Curso de la Fundación Gómez Pardo (1984)

El Impacto Ambiental y la Restauración de terrenos en la Minería a Cielo Abierto.
Madrid

Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente. Navarra. (1986)

El Parque Natural Pirenaico en Navarra I-Larra-Belagoa
Pamplona

Font Tullot, I (1.983)

Climatología de España y Portugal
Instituto Nacional de Meteorología
Madrid

IGME (1.985)

Guía para la restauración del medio natural afectado por la explotación de canteras
Madrid

IGME

Mapa de Síntesis Geológicas. Escala 1:200.000 Hojas nº 12 (Bilbao) 13 (Pamplona) 21 (Logroño) 22 (TudeJ. Iñiguez Sánchez et alt. (1981)

Mapa de suelos de Navarra. Area con precipitación a 500 mm anuales.

Institución Príncipe de Viana. Suplemento de Ciencias.

Pamplona

Genguin, M., Roger. P. (1981)

Grands traits de la geologie du Pays Basque

Institución Príncipe de Viana. Sup. de Ciencias

Pamplona.

Ministerio de Agricultura. Dpto de Agricultura del Gobierno de Navarra. (1986)

Caracterización Agroclimática de Navarra.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1.986)

Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de la Provincia de Navarra.

Dpto de Agricultura, Ganadería y Montes Gob. Navarra.

Madrid

Ministerio de Industria y Energía

Estadística Minera (años 1.981, 1982, 1983, 1984 y 1985)

Monografías de la Dirección General del Medio Ambiente (1986)

Medio Ambiente en España

M.O.P.U.

Madrid

M.O.P.U.

Guía Ecológica y Paisajística de Navarra

M.O.P.U.

Pamplona

Pita Carpenter, A. (1986)

Clima y Vegetación Arbórea. Aplicaciones a la Península Ibérica.

Servicio Meteorológico Nacional. Serie Memorias.

Madrid

Servicio Geológico de Obras Públicas

Las aguas subterráneas en Navarra

M.O.P.U.

Madrid

Universidad Politécnica de Madrid (1.981)

Tratado del Medio Natural

Madrid