

**PROYECTO SIGAM SEGEMAR ARGENTINA**

***ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL DISEÑO, LA METODOLOGÍA DE EJECUCIÓN Y LA SUPERVISIÓN DEL RELEVAMIENTO SISTEMÁTICO DE INFORMACIÓN GEOAMBIENTAL, Y PARA EL DISEÑO Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOAMBIENTAL.***

**NORMATIVA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS  
GEOAMBIENTALES**

INFORME TÉCNICO FINAL



**Aitemin**  
Centro Tecnológico

FECHA: 05/08/2016

AUTOR: UTE SADIM AITEMIN.

## ÍNDICE

CAPÍTULO I : ACERCA DE ESTA NORMATIVA.....	9
1 INTRODUCCIÓN .....	9
2 OBJETIVO.....	9
3 CONTENIDO Y ALCANCE .....	10
CAPÍTULO II : LOS ESTUDIOS GEOAMBIENTALES.....	11
1 INTRODUCCIÓN .....	11
2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO GEOAMBIENTAL.....	12
3 CONTENIDO Y ALCANCE DEL ESTUDIO GEOAMBIENTAL .....	13
4 PLANTEAMIENTO Y MODELO CONCEPTUAL.....	18
4.1 AREAS TEMÁTICAS Y PAQUETES DE TRABAJO .....	19
4.1.1 Tipos de áreas temáticas .....	19
4.1.2 Entregables.....	23
4.2 INTEGRACIÓN DEL ESTUDIO GEOAMBIENTAL .....	25
4.2.1 Informe de documentación.....	25
4.2.2 Geodatabases y capas de información .....	26
4.2.3 Mapas .....	26
CAPÍTULO III : INVENTARIO AMBIENTAL .....	32
1 TELEDETECCIÓN Y CARTOGRAFÍA.....	32
1.1 INTRODUCCIÓN .....	32
1.2 OBJETIVOS.....	33
1.3 CONTENIDO Y ALCANCE .....	33
1.4 RESULTADOS.....	35
1.5 ENTREGABLES.....	35
1.6 BIBLIOGRAFÍA .....	36
2 GEOGRAFÍA.....	37
2.1 INTRODUCCIÓN .....	37
2.2 OBJETIVOS.....	37
2.3 CONTENIDO Y ALCANCE .....	37
2.3.1 Descripción geográfica.....	37
2.3.2 Descripción fisiográfica de la zona.....	38
2.4 RESULTADOS.....	39
2.5 ENTREGABLES.....	39

3	CLIMATOLOGÍA .....	40
3.1	INTRODUCCIÓN .....	40
3.2	OBJETIVOS .....	40
3.3	CONTENIDO Y ALCANCE .....	40
3.3.1	Inventario de variables meteorológicas .....	41
3.3.2	Caracterización del régimen climático de la zona .....	43
3.4	RESULTADOS .....	44
3.5	ENTREGABLES .....	45
3.6	BIBLIOGRAFÍA .....	45
4	GEOLOGÍA .....	46
4.1	INTRODUCCIÓN .....	46
4.2	OBJETIVOS .....	47
4.3	CONTENIDO Y ALCANCE .....	47
4.4	RESULTADOS .....	48
4.5	ENTREGABLES .....	48
5	GEOMORFOLOGÍA .....	49
5.1	INTRODUCCIÓN .....	49
5.2	OBJETIVOS .....	49
5.3	CONTENIDO Y ALCANCE .....	50
5.4	RESULTADOS .....	51
5.5	ENTREGABLES .....	51
6	NEOTECTÓNICA .....	52
6.1	INTRODUCCIÓN .....	52
6.2	OBJETIVOS .....	52
6.3	CONTENIDO Y ALCANCE .....	53
6.4	RESULTADOS .....	53
6.5	ENTREGABLES .....	54
7	GEOQUÍMICA AMBIENTAL .....	55
7.1	INTRODUCCIÓN .....	55
7.2	OBJETIVOS .....	56
7.3	CONTENIDO Y ALCANCE .....	56
7.3.1	Determinación de la línea de base ambiental geoquímica. Criterios geoquímicos .....	56
7.3.2	Determinación de la línea de base ambiental geoquímica. Criterios geológicos .....	57

7.3.3	Determinación de la línea de base ambiental, valores criterio y umbral de las aguas subterráneas .....	58
7.4	RESULTADOS .....	60
7.5	ENTREGABLES .....	60
7.6	BIBLIOGRAFÍA .....	61
8	HIDROLOGÍA .....	62
8.1	INTRODUCCIÓN .....	62
8.2	OBJETIVOS .....	62
8.3	CONTENIDO Y ALCANCE .....	63
8.3.1	Caracterización de las aguas superficiales .....	63
8.3.2	Caracterización de las aguas subterráneas .....	64
8.3.3	Evaluación del estado de los recursos hídricos .....	65
8.4	RESULTADOS .....	66
8.5	ENTREGABLES .....	67
8.6	BIBLIOGRAFÍA .....	68
9	APTITUD GEOTÉCNICA DEL TERRENO .....	69
9.1	INTRODUCCIÓN .....	69
9.2	OBJETIVOS .....	69
9.3	CONTENIDO Y ALCANCE .....	70
9.4	RESULTADOS .....	71
9.5	ENTREGABLES .....	72
9.6	BIBLIOGRAFÍA .....	72
10	EDAFOLOGÍA .....	73
10.1	INTRODUCCIÓN .....	73
10.2	OBJETIVOS .....	73
10.3	CONTENIDO Y ALCANCE .....	73
10.3.1	Delimitación de unidades cartográficas de suelos .....	73
10.3.2	Caracterización de los suelos .....	74
10.3.3	Clasificación taxonómica de los suelos .....	75
10.3.4	Evaluación de la degradación de los suelos .....	75
10.3.5	Determinación del Índice de Productividad .....	75
10.4	RESULTADOS .....	76
10.5	ENTREGABLES .....	76
10.6	BIBLIOGRAFÍA .....	77
11	VEGETACIÓN Y FAUNA .....	78
11.1	INTRODUCCIÓN .....	78

11.2	OBJETIVOS .....	78
11.3	CONTENIDO Y ALCANCE .....	79
11.3.1	Caracterización de la composición y distribución espacial del paisaje:.....	79
11.3.2	Inventario de vegetación .....	79
11.3.3	Caracterización de la fauna .....	80
11.3.4	Inventario de especies protegidas.....	80
11.3.5	Estimación del estado de la vegetación .....	80
11.3.6	Elaboración de Mapas .....	81
11.4	RESULTADOS.....	81
11.5	ENTREGABLES.....	81
11.6	BIBLIOGRAFÍA .....	82
12	SOCIOECONOMÍA .....	83
12.1	INTRODUCCIÓN .....	83
12.2	OBJETIVOS .....	83
12.3	CONTENIDO Y ALCANCE .....	83
12.3.1	Infraestructura de servicios .....	83
12.3.2	Diagnóstico socioeconómico del área.....	85
12.3.3	Mapa y síntesis de los usos de suelos.....	86
12.3.4	Inventario de afectaciones al medio ambiente .....	88
12.4	RESULTADOS .....	89
12.5	ENTREGABLES.....	90
12.6	BIBLIOGRAFÍA .....	90
13	CALIDAD DEL AIRE .....	91
13.1	INTRODUCCIÓN .....	91
13.2	OBJETIVOS.....	92
13.3	CONTENIDO Y ALCANCE .....	92
13.4	RESULTADOS.....	93
13.5	ENTREGABLES.....	93
13.6	BIBLIOGRAFÍA .....	94
14	PAISAJE.....	95
14.1	INTRODUCCIÓN .....	95
14.2	OBJETIVOS.....	96
14.3	CONTENIDO Y ALCANCE .....	96
14.3.1	Unidades de Paisaje .....	96
14.3.2	Inventario del paisaje .....	97
14.3.3	Valoración del paisaje .....	98
14.4	RESULTADOS.....	99

14.5	ENTREGABLES.....	100
14.6	BIBLIOGRAFÍA.....	100
15	UNDIDADES TERRITORIALES DE EVALUACIÓN.....	101
15.1	INTRODUCCIÓN.....	101
15.2	OBJETIVOS.....	101
15.3	CONTENIDO Y ALCANCE.....	101
15.4	RESULTADOS.....	102
15.5	ENTREGABLES.....	103
16	PELIGROSIDAD GEOLÓGICA.....	104
16.1	INTRODUCCIÓN.....	104
16.2	OBJETIVOS.....	104
16.3	CONTENIDO Y ALCANCE.....	104
16.3.1	Inventario de peligros geológicos.....	105
16.3.2	Análisis de la susceptibilidad de ocurrencia de los peligros geológicos.....	106
16.3.3	Mapas de susceptibilidad geológica.....	106
16.4	RESULTADOS.....	106
16.5	ENTREGABLES.....	107
16.6	BIBLIOGRAFÍA.....	107
17	IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD MINERA.....	108
17.1	INTRODUCCIÓN.....	108
17.2	OBJETIVOS.....	109
17.3	CONTENIDO Y ALCANCE.....	109
17.3.1	Inventario de pasivos mineros.....	109
17.3.2	Análisis de riesgos descriptivo de la potencial afectación de la industria minera sobre el medio ambiente.....	110
17.3.3	Inventario de impactos de la minería.....	116
17.4	RESULTADOS.....	117
17.5	ENTREGABLES.....	118
17.6	BIBLIOGRAFÍA.....	118
18	RECURSOS GEOLÓGICOS.....	119
18.1	INTRODUCCIÓN.....	119
18.2	OBJETIVOS.....	119
18.3	CONTENIDO Y ALCANCE.....	119
18.3.1	Elaboración de un encuadre minero regional.....	120
18.3.2	Caracterización de los depósitos minerales.....	120
18.3.3	Mapa de Potencial Minero y Geotérmico.....	122

18.4 RESULTADOS.....	122
18.5 ENTREGABLES.....	122
18.6 BIBLIOGRAFÍA.....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II. 4.1 Estudios descriptivos y su función en el EGA.....	19
Tabla II. 4.2 Estudios de evaluación y su función en el EGA. ....	21
Tabla II. 4.3 Paquetes de trabajo y su función en el EGA. ....	22
Tabla II.4.4 Mapas principales. ....	28
Tabla II.4.5 Mapas específicos de los MOMAs.....	31
Tabla III.1.1 Entregables del área de Teledetección y Cartografía.....	35
Tabla III.2.1. Entregables del área de Geografía. ....	39
Tabla III.3.1. Entregables del área de Climatología.....	45
Tabla III.4.1. Entregables del área de Geología. ....	48
Tabla III.5.1. Entregables del área de Geomorfología. ....	51
Tabla III.6.1 Entregables del área de Neotectónica. ....	54
Tabla III.7.1. Entregables del área de geoquímica ambiental.....	60
Tabla III.8.1. Entregables del área de Hidrología.....	67
Tabla III.9.1. Entregables del área de Aptitud geotécnica del terreno. ....	72
Tabla III.10.1. Entregables del área de Edafología.....	77
Tabla III.11.1. Entregables del área de Vegetación y Fauna.....	81
Tabla III.12.1 Entregables del área de Socioeconomía. ....	90
Tabla III.13.1 Entregables del área de Calidad del Aire. ....	93
Tabla III.14.1 Entregables del área de Paisaje. ....	100
Tabla III.15.1. Entregables del área de Unidades Territoriales de Evaluación.....	103
Tabla III.16.1. Entregables del área de Peligrosidad Geológica.....	107
Tabla III.17.1. Escala general de valoración y calificación los índices de probabilidad y severidad.....	116
Tabla III. 17.2. Entregables del área de impacto ambiental de la minería.....	118
Tabla III.18.1. Entregables del área de Recursos Geológicos.....	123

## ÍNDICE DE FIGURAS



Figura II 4.1. Diagrama de la estructura del EGA. .... 20

Figura III 17.1. Matriz de impactos ambientales de la minería. .... 117

## CAPÍTULO I : ACERCA DE ESTA NORMATIVA

### 1 INTRODUCCIÓN

El documento que aquí se presenta constituye la normativa a seguir por cada una de las áreas de conocimiento que constituyen el Estudio Geoambiental (EGA) que el SEGEMAR quiere desarrollar como instrumento de ordenamiento territorial para el aprovechamiento sostenible de los recursos mineros y geotérmicos de zonas de interés, y es complementaria a la *Guía Metodológica para la Elaboración del Estudio Geoambiental* (GMEEGA) que se ha llevado a cabo con la descripción de los métodos y técnicas de relevamiento, análisis y presentación de resultados de los EGAs. En el marco del proyecto de elaboración del EGA, también se ha elaborado una plantilla de informe de documentación del estudio (*Modelo de Memoria del Estudio Geoambiental*) y una guía para la gestión y coordinación de los proyectos (*Guía de Gestión para la elaboración de Estudios Geoambientales*).

El documento que aquí se presenta tiene carácter normativo, y aunque se ha intentado adaptar lo más posible a las capacidades del SEGEMAR, su seguimiento siempre estará condicionado por las circunstancias logísticas existentes en el momento de afrontar un proyecto, así como de las particularidades de cada zona a estudiar.

En este sentido, dentro de los objetivos del EGA se ha incluido la posibilidad de elaborar Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental (MOMAs). Este instrumento de planificación territorial –dirigido a la explotación de recursos minerales de una zona– no entra en el ámbito de la presente normativa, ya que su realización dependerá de la información existente para la caracterización del medio, así como de la configuración y características de los depósitos mineros a estudiar en cada uno de los territorios objeto de estudio. No obstante, los requisitos y metodología para su realización quedan suficientemente descritos en la GMEEGA.

### 2 OBJETIVO

El objetivo de esta normativa es suministrar a los técnicos del SEGEMAR involucrados en los proyectos de realización de los Estudios Geoambientales unas pautas a seguir para la elaboración de un EGA, con el fin de obtener un producto final sistemático y homogéneo que cumpla los requisitos mínimos de calidad, plazo y presupuesto para todo el territorio nacional.

### 3 CONTENIDO Y ALCANCE

Esta normativa incluye los objetivos, contenidos, alcance y productos finales del EGA en su conjunto, así como de cada una de las áreas de conocimiento y grupo de tareas que comprenden el mismo, las cuales se encuentran descritos en el Capítulo II del presente documento.

En el Capítulo III también se incluyen los resultados esperables y los productos finales o entregables (informes finales y de síntesis, bases de datos, mapas y capas de información) de cada una de las áreas temáticas y grupos de actividad que comprende el EGA.

En principio, los contenidos que en la normativa se exponen son de obligado cumplimiento, aunque es posible que en algún caso, debido de las circunstancias del mismo (falta de información, poca accesibilidad del territorio, tensiones presupuestarias, plazos de ejecución, etc.), excepcionalmente dichos contenidos no se puedan cumplir en su totalidad en algunas de las áreas temáticas.

En la presente normativa no se contempla las técnicas y métodos de ejecución de las diferentes actividades a realizar en el marco del EGA. Estas se encuentran descritas en la GMEEGA adscrita al proyecto de asesoramiento de elaboración de los EGAs. Esto es debido a que la variabilidad casuística de las zonas de estudio hace que sea posible que, en ocasiones, la metodología recomendada para llevar a cabo alguna actividad no pueda ser aplicada.

## CAPÍTULO II : LOS ESTUDIOS GEOAMBIENTALES

### 1 INTRODUCCIÓN

El concepto “*geoambiental*” engloba la relación entre el patrimonio de los recursos naturales (formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, rocas, agua, aire, Vegetación y Fauna) y la sociedad. Por tanto, un estudio geoambiental (EGA) conlleva el conocimiento del medio ambiente de un territorio, así como de las actuaciones ejercidas (positivas o negativas) sobre el mismo debidas, tanto a procesos naturales como derivadas de la actividad humana.

Se entiende como medio ambiente al sistema interrelacional constituido por:

- ✓ El medio físico: aire, agua, suelo y formaciones geológicas.
- ✓ El medio biológico: flora, fauna y población.
- ✓ El medio socioeconómico: actividad humana e infraestructuras.

Cuando se habla del conocimiento del medio se refiere a la obtención de una visión clara de sus características, modelo de funcionamiento y estado en que se encuentra. Igualmente, el estudio de las afecciones o impactos producidos por los procesos geológicos de riesgo y las actividades de origen antrópico potencialmente contaminantes que tienen lugar sobre los recursos naturales, proporciona datos relevantes sobre la naturaleza y dinámica de los procesos modificadores del medio, así como de la magnitud de los posibles daños que pudieran causar los mismos. Toda esta información suministrará los criterios necesarios para llevar a cabo una prognosis sobre futuros impactos derivados de la actividad humana que se puedan producir sobre el medio ambiente, permitiendo la posibilidad de tomar decisiones sobre las medidas más adecuadas para la reparación y/o mitigación del daño causado sobre el mismo o la elaboración de mapas de ordenamiento de una determinada actividad.

En cualquier caso, para afrontar un estudio geoambiental será necesaria la recopilación y análisis de gran cantidad de información procedente de diferentes áreas temáticas de conocimiento geoambiental, las cuales se encuentran íntimamente relacionadas entre sí, demandando y/o proporcionando información unas a otras.

El objeto de la normativa que aquí se presenta es ayudar a estas tareas de recogida de información y análisis, para la elaboración del Estudio Geoambiental.

## 2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO GEOAMBIENTAL

El contenido y alcance de un estudio geoambiental depende, entre otros aspectos – como son los recursos económicos y técnicos que se quieran o puedan emplear–, de los objetivos marcados para el mismo.

En general, las razones que llevan a la necesidad de realizar un estudio geoambiental suelen estar motivadas por una o más de las siguientes condiciones de un territorio:

- ✓ Posee valores que son susceptibles de proteger.
- ✓ Aporta información relevante para el desarrollo de alguna actividad.
- ✓ Puede sufrir modificaciones derivadas del desarrollo de actividades.
- ✓ Se encuentra degradado y es necesaria su recuperación.

En nuestro caso, se trata de establecer un instrumento de decisión, desde el punto del ordenamiento del territorio, con el fin de valorar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales de un área o zona determinada y en especial de los yacimientos minerales.

En este sentido, el Estudio Geoambiental que se propone realizar se encuentra encaminado a cubrir dos objetivos fundamentales:

- I. Proporcionar información, sistemática, ordenada y fiable, a escala regional, sobre las características y estado del medio ambiente que conforma un territorio, así como de las actividades de riesgo de origen antrópico que existen en el mismo, incluyendo el aprovechamiento de los recursos naturales. La idea es obtener una visión de conjunto de las propiedades de los diferentes elementos que constituyen el medio, de su estado y de su fragilidad frente a la actividad humana, de forma que se tenga suficiente juicio de valor para la toma de decisiones sobre la planificación y el desarrollo de un territorio desde el punto de vista de su ordenamiento.
- II. La elaboración de Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental (MOMAs) como herramientas de decisión, en el que quede reflejado territorialmente y de la forma más objetiva posible, la idoneidad o no de la explotación de los recursos minerales de un territorio. Este último objetivo queda sujeto al interés que tenga el SEGEMAR para la creación de este tipo de cartografía.

Para el cumplimiento de estos dos propósitos, el Estudio Geoambiental –orientado al aprovechamiento de los recursos naturales de un territorio– requiere la culminación de los siguientes objetivos parciales:

- ✓ Obtener el conocimiento suficiente del medio físico, biológico y socioeconómico de la zona objeto de estudio con el fin de determinar los procesos que han dado lugar al escenario actual, así como los que se están produciendo en la actualidad, y la probabilidad de ocurrencia en el futuro.

- ✓ Determinar la línea base ambiental del territorio y evaluar en la medida de lo posible el estado actual del suelo, el agua, y el aire, así como de la vegetación y los hábitats para la población faunística existentes en el mismo. El objeto de esta actividad será, por un lado, contribuir a la cuantificación del valor ambiental del medio, y por otro, tener un nivel de referencia que permita realizar un seguimiento posterior de futuras modificaciones que puedan producirse en dicho medio e investigar sus posibles causas.
- ✓ Identificar los potenciales recursos naturales de tipo mineral y geotérmico existentes en la zona de estudio, llevando a cabo su evaluación desde el punto de vista de su posible aprovechamiento.
- ✓ Analizar y valorar las afecciones sobre el medio ambiente de los posibles peligros geológicos presentes en el territorio, así como de las potenciales amenazas derivadas de la propia actividad antropogénica, en especial los procedentes del aprovechamiento de recursos mineros del territorio.

### 3 CONTENIDO Y ALCANCE DEL ESTUDIO GEOAMBIENTAL

Para alcanzar con éxito los objetivos anteriormente planteados, el Estudio Geoambiental deberá estar alimentado con los siguientes contenidos:

- ✓ Un Inventario Ambiental en el que queden reflejadas las características del medio ambiente del territorio objeto de estudio, incluyendo:
  - Una síntesis de la caracterización y descripción del medio físico, biológico y socioeconómico de la zona de estudio.
  - Una valoración del estado actual de medio, tanto desde el punto de vista de su degradación derivada de la actividad antrópica como de los procesos geológicos de riesgo.
  - Una evaluación descriptiva de las potenciales afectaciones sobre el medio ambiente de los procesos naturales activos y de los procedentes de la actividad antrópica, poniendo especial interés en los originados por la explotación de los recursos minerales.
- ✓ La determinación de los recursos naturales existentes en la zona, así como de su aptitud para su posible aprovechamiento.

Como ya se ha comentado, el Estudio Geoambiental conlleva la recopilación y análisis de abundante información procedente de distintas áreas de conocimiento. Cada una de estas disciplinas geocientíficas aportan información sobre diferentes aspectos del medio. Así por ejemplo, la edafología se encargará de la caracterización de los suelos, definiendo su naturaleza, características físicas, físico-químicas y químicas, pero a su vez suministrará información sobre su estado, valorando el grado de degradación de los mismos.

Para que el Estudio Geoambiental sea homogéneo y coherente en sus contenidos, y a título de la elaboración de la memoria de documentación del mismo, éstos se agruparán en diferentes secciones o partes, y cuyo contenido se desarrolla con mayor detalle en el documento “*Modelo de memoria del Estudio Geoambiental*”.

### Parte I: Aspectos generales

En esta sección se engloba la información no técnica relevante, como puede ser: los motivos que han dado lugar a la necesidad de llevar a cabo el estudio, objetivos que se quieren conseguir con el mismo, metodología llevada a cabo, autores de su elaboración, etc. Dentro de este capítulo se incluirá la delimitación de la zona de estudio, describiendo aspectos generales relacionados con la geografía y fisiografía de la misma, así como una breve descripción de la actividad socioeconómica existente en el territorio.

### Parte II: Inventario Ambiental

Contiene todo el conocimiento obtenido referente al medio ambiente de una zona, incluyendo su estado y las afectaciones a las que se encuentra sometido el mismo debido a procesos naturales de riesgo y a la actividad humana. Esta parte del estudio constituye la base para la planificación ambiental de cualquier ordenación de un territorio, así como para el establecimiento de los criterios de valoración de los diferentes índices y ponderaciones que conforma el desarrollo de los MOMAs para el aprovechamiento de los diferentes recursos minerales.

Dentro del Inventario Ambiental se pueden diferenciar los siguientes grupos de contenidos:

#### *1. Caracterización y descripción del medio.*

El objetivo de esta sección es obtener un adecuado conocimiento del medio, definiendo, para cada una de los elementos que lo compone (formaciones geológicas, relieve y geoformas, aire, agua, suelo, vegetación, fauna, población y actividad humana), los siguientes aspectos:

- ✓ Distribución geográfica.
- ✓ Características físicas, físico-químicas, químicas y biológicas.
- ✓ Procesos generadores.
- ✓ Modelo de funcionamiento.

La importancia de tener un buen conocimiento de las propiedades y funcionamiento del medio radica en que permite pronosticar la magnitud del daño que pueda producirse sobre el medio ambiente motivado por una determinada actividad antrópica o amenaza geológica, y así poder llevar a cabo una valoración de los factores condicionantes del medio mediante índices cuantitativos.

El resultado de esta parte del estudio será la elaboración de mapas temáticos en los que queden reflejadas las características del medio y su distribución

geográfica. Parte de las capas de información generada para la elaboración de estos mapas (pendientes, suelos, aguas superficiales, aguas subterráneas, zonas climáticas, vegetación, fauna, áreas de protección, patrimonio cultural, infraestructuras, etc.) serán utilizados posteriormente en el análisis mediante GIS para la determinación cualitativa del valor ambiental de medio dentro del desarrollo de los MOMAs. Los mapas principales contemplados para los EGAs con sus capas de información se resumen en el apartado 4.3.2 “Mapas” del presente documento.

## 2. Estado del medio

Constituye uno de los aspectos de mayor relevancia en el Estudio Geoambiental, y contemplará todo lo referente a cómo se encuentra el medio (aire, suelo, agua, vegetación) en el momento de realización del estudio. Su importancia reside en:

- ✓ La determinación del estado de base actual del medio con el fin de evaluar los posibles perjuicios que se pudieran derivar de futuras actuaciones sobre el mismo.
- ✓ Permitir el establecimiento del valor ambiental de un territorio.
- ✓ Suministrar información respecto a la capacidad de acogida del medio frente a una posible amenaza.

Con el fin de tener una visión objetiva sobre el estado del medio, y poder así llevar a cabo una valoración de la futura degradación del mismo, se hace necesario llevar a cabo una evaluación y clasificación de su estado mediante criterios objetivos e indicadores cuantitativos. Esta labor requiere una cierta cualificación –desde el punto de vista medioambiental– de los técnicos responsables de su realización, así como un importante esfuerzo referente a la inversión de recursos económicos y de equipamiento (instalación de redes de control, toma de muestras periódicas y determinaciones analíticas).

En los países de la Unión Europea (EU), generalmente se dispone de bases de datos y redes de control que suministran, en muchas ocasiones, información suficiente para llevar a cabo una clasificación cuantitativa del estado del medio a escala regional. Sin embargo, en el caso de la nación de Argentina, por su extensión, accesibilidad y desarrollo, existen partes del territorio en el que no se dispone de este tipo de información. Es por ello que en la presente normativa se ha intentado adecuar los contenidos y el alcance de los estudios a dicha circunstancia.

Los contenidos a considerar en este apartado para conocer el estado del medio serán:

- ✓ Resultados de las observaciones, mediciones y determinaciones analíticas realizadas procedentes de estudio anteriores y de muestras recogidas durante las campañas de campo.
- ✓ Descripción del estado de cada tipo de medio.

- ✓ Determinación, si aplica, de niveles de referencia de la calidad del agua y del suelo. En caso de que, por alguna circunstancia, esto no fuera posible, se tomarán como niveles de referencia las normativas argentinas existentes a este aspecto, o, en su caso, indicadores obtenidos en otros países de refutada procedencia. En cualquier circunstancia, y para poder ser comparable interterritorialmente, se deberá adoptar siempre por el mismo criterio o método de determinación para todas las áreas de estudio.
- ✓ Evaluación del estado del medio y metodología empleada.
- ✓ Zonificación y distribución geográfica del estado del medio.

Como resultado de esta parte del estudio, se elaborarán mapas de línea de base geoquímica ambiental, así como mapas de evaluación del estado del aire, agua, suelo y vegetación y las capas de información en GIS necesarias para la clasificación cualitativa del valor ambiental del medio dentro del desarrollo de los MOMAs, siempre fuera de interés para el proyecto.

En el caso de las aguas subterráneas, al existir una metodología ampliamente utilizada y de relativamente fácil implementación, se contempla la realización de un estudio de la vulnerabilidad intrínseca de los diferentes sistemas acuíferos existentes en la zona de estudio. El resultado del mismo quedará reflejado en un Mapa de Vulnerabilidad de las Aguas Subterráneas de la zona de estudio.

### 3. *Evaluación de las afectaciones al medio ambiente.*

Su objetivo es conocer los posibles impactos al medio ambiente derivados de la actividad antropogénica, así como de las propias actuaciones de los procesos geológicos de riesgo sobre el mismo.

En general, la exigencia de esta parte en un estudio geoambiental es obtener un conocimiento sobre el riesgo derivado de los procesos geológicos y de actividades de origen humano sobre el medio ambiente.

En este sentido, en el caso de los peligros naturales se propone llevar a cabo un análisis de la ocurrencia de los mismos, así como de los daños que producen sobre el medio dentro de la zona de estudio. Como resultado de esta actividad se elaborarán Mapas de Susceptibilidad a los Peligros Geológicos que existan en el territorio de estudio.

Estos mapas se utilizarán como criterios de exclusión y de restricción para la elaboración de los MOMAs en los casos de que sea necesaria su elaboración.

El estudio de las posibles afecciones sobre el medio ambiente debidas a la actividad humana se encuentra fundamentalmente dirigido a suministrar, por analogía, información sobre los mecanismos de exposición de los elementos receptores a un supuesto daño, así como de las posibles consecuencias de una determinada actividad o proceso de riesgo. Este estudio se llevará a cabo mediante el análisis descriptivo de los potenciales impactos ocasionados por

actividades potencialmente contaminantes (ganadería, agricultura, industria, actividad minera, residuos urbanos e infraestructuras, etc.) existentes en el área a caracterizar, contemplando las posibles fuentes de contaminación, puntuales y difusas. Los aspectos a considerar son:

- ✓ La identificación y localización de las posibles fuentes de contaminación.
- ✓ La identificación de los posibles agentes contaminantes (físicos y químicos).
- ✓ Los medios (aire, agua, suelo, vegetación, fauna, paisaje y salud humana) y servicios que podrían verse afectados.
- ✓ La descripción de la potencial severidad de los daños producidos, en los casos de que esto sea posible.

Por su relevancia en el EGA, la evaluación de los potenciales daños al medio derivado de la actividad minera, se llevara a cabo mediante índices de evaluación cualitativos. Con el fin de conocer mejor las posibles afecciones al medio de la actividad minera, además de los contenidos anteriormente citados, se recomienda la realización de ensayos geoquímicos para la valoración de la potencialidad de generación de drenaje ácido de la misma y su alcance. La metodología de realización de este tipo de estudios se describe con mayor detalle en el apartado 10 del Cap. II de la *Guía Metodológica para la Elaboración de Estudios Geoambientales*.

### Parte III: Aprovechamiento de los recursos naturales

Su objetivo principal es conocer el potencial de la zona para el aprovechamiento de los recursos minerales y geotérmicos, desde el punto de vista de la tipología, la cantidad y calidad del recurso. Los aspectos a contemplar dentro del Estudio Geoambiental son:

- ✓ Descripción de antecedentes mineros, incluyendo la elaboración de un inventario de pasivos mineros.
- ✓ Tipos de depósitos minerales aprovechables y sus características.
- ✓ Distribución geográfica de los mismos.
- ✓ Estimación de los recursos.

Como resultado se obtendrá un Mapa de Potencial Minero y Geotérmico por cada tipo de recurso.

### Parte IV: Elaboración de Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental (optativo)

Su elaboración dependerá de las características del recurso y del interés que se tenga dentro del proyecto. Por este motivo su ejecución no se encuentra dentro del ámbito de esta normativa. No obstante, los contenidos, alcance y la metodología de realización se encuentran suficientemente detallados en la *“Guía Metodológica para la Elaboración de Estudios Ambientales”*.

## 4 PLANTEAMIENTO Y MODELO CONCEPTUAL

Como ya hemos visto, los EGAs engloban aspectos procedentes de muy distintas áreas de conocimiento geoambiental. Lo ideal sería que, para su elaboración –al menos en lo que se refiere a la descripción del medio–, se disponga de información previa procedente de estudios o series cartográficas temáticas generados por los diferentes organismos públicos (administraciones provinciales y estatales, organismos de cuenca, etc.). Sin embargo, en numerosas ocasiones, estas fuentes de información no se encuentran disponibles, obligando a llevar a cabo estudios específicos de cada temática geoambiental elaborados por grupos de trabajo especializados en cada una de las disciplinas geocientíficas. Adicionalmente, dentro de los estudios geoambientales se maneja gran volumen de datos e información procedentes de las diversas áreas de conocimiento que lo componen.

En este sentido, con el fin de abordar con éxito el Estudio Geoambiental y facilitar así la articulación del mismo, se ha elaborado una guía orientativa de gestión en el que se proponen una serie de actividades a realizar encaminadas a la coordinación de los proyectos (para más información, ver el documento “*Guía de Gestión del Proyecto para la Elaboración de Estudios Geoambientales*”). Esta metodología propone llevar a cabo una discretización del estudio en diferentes grupos de tareas y/o subproyectos correspondientes a diferentes áreas de conocimiento geoambiental.

Para la documentación de cada uno de estos subproyectos o grupos de tareas elaborará un informe final independiente con el nivel de detalle e información que sea necesario para su justificación. Finalmente, se llevará a cabo una síntesis con los resultados de dichos estudios para su integración en un documento conjunto de todo el proyecto y cuyo contenido y alcance se encuentra desarrollado en el documento “*Modelo de Memoria del Estudio Geoambiental*”.

La intención de este planteamiento es conseguir un producto final homogéneo y de calidad, con un volumen de información manejable y de utilidad para los potenciales destinatarios del Estudio Geoambiental, evitando: la duplicidad de información, una excesiva profundidad en las descripciones, la incorporación de elevada cantidad de datos brutos y semielaborados, o una interminable colección de mapas temáticos en papel. Para ello, también se ha diseñado un modelo de memoria explicativa del estudio con los contenidos a incluir en la memoria final del estudio y los planos de acompañamiento (ver documento “*Modelo de Memoria del Estudio Geoambiental*”)

De esta forma, si el usuario del informe final de documentación del EGA requiriera de una mayor información sobre un área de conocimiento en concreto, se remitiría a la consulta del informe final de documentación del área temática de interés, el cual contendrá un grado de detalle muy superior (fuentes de información utilizadas, bases de datos brutos, metodología de adquisición y análisis de los datos, mapas temáticos, etc.).

#### 4.1 AREAS TEMÁTICAS Y PAQUETES DE TRABAJO

Como se propone en la *Guía de Gestión del Proyecto para la Elaboración de Estudios Geoambientales* preparada en el marco del proyecto de consultoría, el EGA se ha estructurado en 21 áreas de conocimiento y/o grupos de actividad (Figura II.4.1). Los criterios seguidos para llevar a cabo esta división han sido:

- ✓ Los objetivos y alcances a cumplir por el Estudio Geoambiental.
- ✓ Las disciplinas geocientíficas que conllevan el estudio del medio.
- ✓ La estructura organizativa del SEGEMAR (grupos de trabajo especializados).

##### 4.1.1 Tipos de áreas temáticas

Como se muestra en el diagrama de la figura anterior, según los objetivos específicos y su función dentro del EGA se han diferenciado dos categorías de trabajos a realizar dentro de un proyecto: las denominadas Áreas Temáticas y Paquetes de Trabajo.

##### 1. Áreas Temáticas

Son las áreas de conocimiento en las que, ya sea por la falta de información preexistente o porque sea necesario para el EGA, se tendrá que llevar a cabo algún tipo de estudio con el fin de conocer las características del medio, su estado o afectaciones sufridas por el mismo. Dentro de las áreas temáticas se distinguen dos tipos de estudios.

##### ✓ Estudios descriptivos

Son aquellos que contienen información primaria encaminada a la descripción de un elemento del medio, definiendo sus características, modelo de funcionamiento y su distribución geográfica dentro del territorio. En ellos no se hace una evaluación del mismo sino que suministran información a otros estudios para la realización de sus propios análisis. Como resultados de estos estudios se suelen generar modelos conceptuales de funcionamiento y mapas temáticos descriptivos. Las áreas temáticas que se engloban en esta categoría y su función dentro del EGA se recogen en la Tabla II.4.1.

Tabla II. 4.1 Estudios descriptivos y su función en el EGA.

Cód.	ÁREA TEMÁTICA	FUNCIÓN EN EL EGA
2	Geografía	- Descripción de la situación geográfica de la zona de estudio. - Descripción el marco fisiográfico regional.
3	Climatología	- Estudio de las variables meteorológicas. - Clasificación climática.
4	Geología	- Descripción del marco geológico y estructural. - Creación del modelo geológico.
5	Geomorfología	- Descripción geomorfológica.

Cód.	ÁREA TEMÁTICA	FUNCIÓN EN EL EGA
6	Neotectónica	- Caracterización neotectónica de la zona. - Elaboración del mapa de Estructuras con Deformación Cuaternaria.

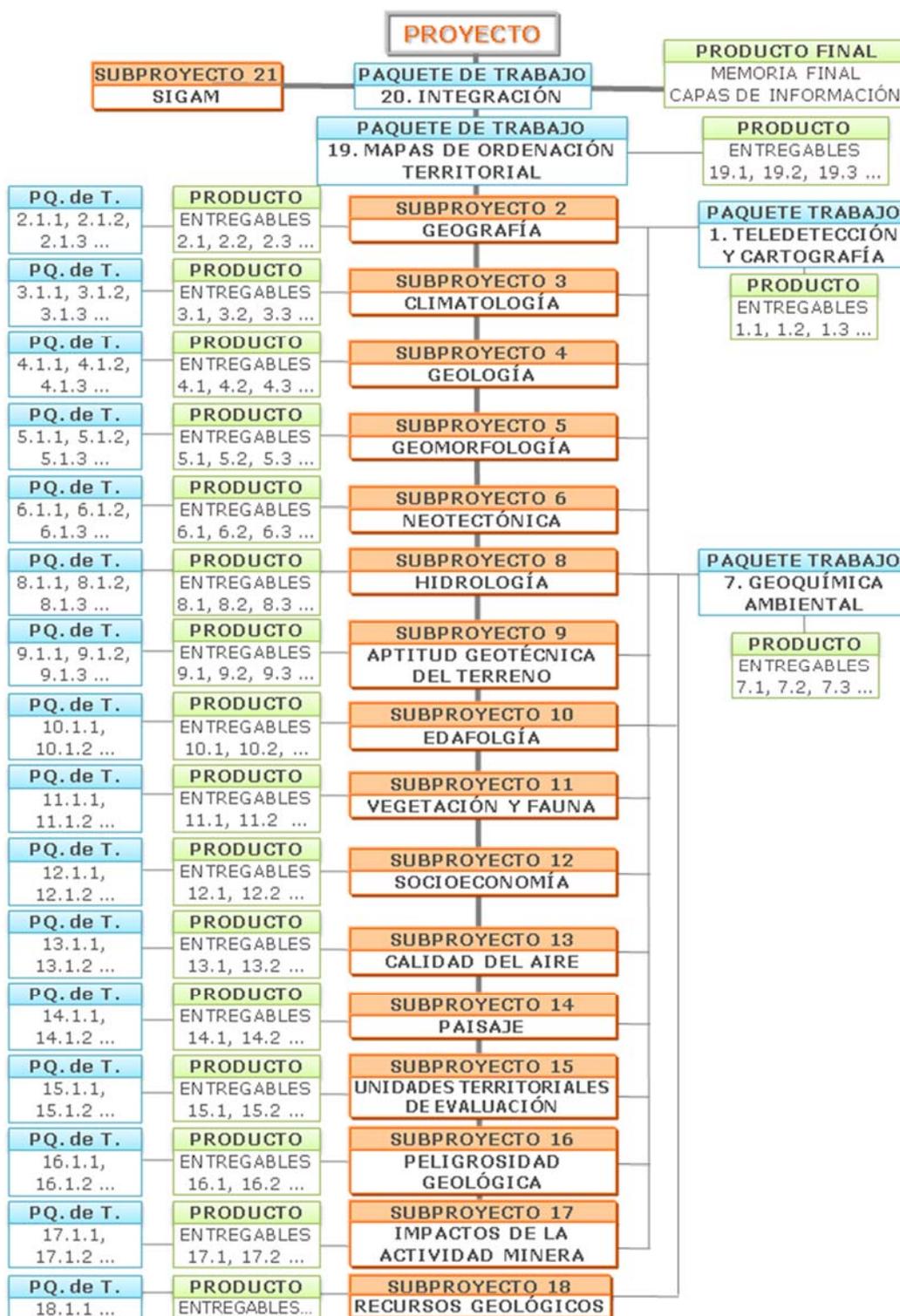


Figura II 4.1. Diagrama de la estructura del EGA.

✓ Estudios de evaluación

Constituyen los estudios en los que, además de realizar una descripción del medio, se lleva a cabo una evaluación de la calidad y la vulnerabilidad del mismo. Normalmente, parte de la información resultante de estos estudios es utilizada para la valorización de los índices de clasificación del medio, así como para el establecimiento de criterios exclusivos y restrictivos de uso respecto a una actividad durante el proceso de elaboración de los Mapas de Ordenación Minero-Ambiental. Como resultado, además de los modelos conceptuales de funcionamiento y mapas temáticos descriptivos, suelen generar mapas del estado de la calidad y/o de clasificación intrínseca del medio (susceptibilidad, vulnerabilidad o idoneidad). En la tabla II.4.2 se recogen las áreas temáticas que se incluyen en este tipo de estudios.

Tabla II. 4.2 Estudios de evaluación y su función en el EGA.

<b>Cód.</b>	<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	<b>FUNCIÓN EN EL EGA</b>
7	Geoquímica Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muestreo de roca, agua, suelos y sedimentos de corriente.</li> <li>- Determinación de la Línea Base Geoquímica.</li> <li>- Determinación de la potencialidad de generación de aguas ácidas.</li> </ul>
8	Hidrología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caracterización hidrológica e hidrogeológica de la zona.</li> <li>- Evaluación del estado de las aguas superficiales y subterráneas.</li> <li>- Elaboración de mapas de vulnerabilidad de las aguas subterráneas.</li> </ul>
9	Aptitud Geotécnica del Terreno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caracterización del comportamiento constructivo de los terrenos.</li> </ul>
10	Edafología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caracterización edafológica de la zona.</li> <li>- Evaluación del estado de los suelos.</li> </ul>
11	Vegetación y Fauna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caracterización de la vegetación y fauna de la zona.</li> <li>- Evaluación del estado de la vegetación.</li> </ul>
12	Socioeconomía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caracterización y evaluación socioeconómica de la zona.</li> <li>- Estudio de las afectaciones antrópicas al ambiente</li> </ul>

Cód.	ÁREA TEMÁTICA	FUNCIÓN EN EL EGA
13	Calidad del Aire	- Caracterización de la calidad del aire de la zona.
14	Paisaje	- Caracterización y evaluación de las Unidades de Paisaje de la zona.
15	Unidades Territoriales de Evaluación	- Determinación de unidades cartográficas de evaluación.
16	Peligrosidad Geológica	- Caracterización de peligros geológicos. - Evaluación de la susceptibilidad de ocurrencia de peligros geológicos.
17	Impactos Actividad Minera	- Evaluación de los impactos derivados de la actividad minera.
18	Recursos Geológicos	- Descripción de los depósitos minerales y manifestaciones geotermales. - Determinación del potencial minero y geotermal.

## 2. Paquetes de Trabajo

Consisten en grupos de actividad imprescindibles para el EGA, ya sea por suministrar información de base para el mismo o por llevar a cabo tareas auxiliares de carácter no interpretativo. Los procesos que se incluyen en este grupo y su función en el EGA se incluyen en la Tabla II 4.3.

Tabla II. 4.3 Paquetes de trabajo y su función en el EGA.

Cód.	ÁREA TEMÁTICA	FUNCIÓN EN EL EGA
1	Teledetección y Cartografía	- Suministrar las imágenes satelitales, fotografías aéreas y bases cartográficas a los distintos grupos de trabajo. - Generación de cartografía temática.
19	Mapas de Ordenación Territorial	- Análisis SIG para la elaboración de los Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental.
20	Integración EGA	- Integración de los entregables generados por las áreas temáticas.
21	Integración SIGAM	- Asistencia a los administradores del SIGAM para la integración de los entregables del EGA en el sistema.

En el Capítulo III se describe en detalle los objetivos y alcances específicos que se requieren de cada área temática para el Estudio Geoambiental, así como los resultados y los entregables esperables de las mismas. Las técnicas y métodos de ejecución de las actividades a realizar en cada uno de los estudios de las diferentes áreas temáticas y paquetes de trabajo se encuentran recogidas en la “*Guía Metodológica para la Elaboración de Estudios Geoambientales*”.

En el caso del paquete de trabajo nº 19 Mapas de Ordenación Territorial, al ser un proceso específico para la elaboración de Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental, tiene un carácter optativo, por lo que no se encuentra en el ámbito de esta normativa. No obstante, los contenidos y metodología para su realización quedan suficientemente descritos en la GMEEGA.

Dentro de cada una de las disciplinas geocientíficas, el grupo de trabajo adscrito a la misma llevará a cabo los estudios o grupo de tareas necesarios para cubrir sus propios objetivos dentro de un mismo área temática. Sin embargo, gran parte de la información obtenida en una determinada área temática será necesaria para la realización de análisis o estudios de otras áreas de conocimiento. En consecuencia, y aunque en principio se contemplen los diferentes estudios de forma individual, éstos se encuentran a su vez íntimamente relacionados entre sí, siendo imprescindible la coordinación continua entre los diferentes grupos implicados en el EGA durante todo el periodo de elaboración del mismo.

#### **4.1.2 Entregables**

Se entiende por entregables al conjunto de datos ya elaborados (p. ej.: una capa de información con el inventario de puntos de agua subterránea, resultados de determinaciones analíticas procedentes de muestreos, etc.) o productos finales (p. ej.: informe de síntesis del área temática de geomorfología, mapa de usos de suelo, etc.), ya sean para ser utilizados en el propio área temática o para ser suministrados a otras áreas de conocimientos para su posterior análisis.

Como resultado de las diferentes actividades se consideran distintos niveles de entregables:

- ✓ Entregables de una actividad o grupo de actividades.
- ✓ Entregables del Área Temática o Paquete de Trabajo.
- ✓ Entregables del Proyecto.

##### **1. Entregables de una actividad o grupo de actividades**

La consecución de las actividades en el marco de un área temática se encuentra encaminada a cubrir los propios objetivos asignados en la misma. Así, por ejemplo, en el caso del estudio edafológico su principal propósito es determinar: los tipos de suelos existentes y distribución geográfica dentro de la zona de estudio, sus características, y el estado de los mismos. Sin embargo, parte de esta información es requerida por otras disciplinas geoambientales para su análisis, como puede ser la profundidad del suelo, su arcillosidad y la capacidad de campo para el estudio de la tasa de recarga y la vulnerabilidad de las aguas subterráneas, o su

composición química para evaluar su potencial neutralizador frente a posibles drenajes ácidos.

Es por ello, que en el transcurso del proyecto será necesario la creación de entregables específicos derivados de una actividad o grupo de actividades para cubrir las demandas de otras áreas temáticas.

El tipo de información incluida en estos entregables será variada, desde base de datos relevados durante el estudio temático, resultados de ensayos o determinaciones analíticas, hasta capas de información en ArcGis.

En cada una de las área temáticas del Capítulo III se especifican los entregables de este tipo que se deben elaborar, así como las disciplinas geoambientales que lo requieren.

## 2. Entregables de las Áreas Temáticas y de Paquetes de Trabajo

Constituyen el resultado de cada uno de los estudios específicos realizados y paquetes de tareas. Dentro de cada grupo de tareas temático se distinguen dos tipos de entregables:

- a) Entregables de resultados finales del propio estudio específico. El planteamiento de cada estudio o paquete de tareas será independiente en sí mismo, es decir, el informe de documentación mismo contendrá la información necesaria para ser autónomo, incluyendo toda la información referente a:
  - La ubicación geográfica de la zona de estudio.
  - El marco descriptivo del elemento del medio que necesite (fisiográfico, climatológico, geológico, estructural, geomorfológico, etc.).
  - La metodología de realización.
  - El tipo de datos y las fuentes de información utilizadas.
  - Los métodos de análisis.
  - Los resultados obtenidos.

La información contenida en ellos tendrá un mayor nivel de detalle que en el Estudio Geoambiental. Los entregables a considerar son:

- Una memoria de documentación del estudio. En ella se describirá la metodología de elaboración y los resultados obtenidos, incluyendo: las figuras y tablas necesarias como apoyo al texto.
- Las bases de datos con la información relevada en el estudio y procedente de los análisis realizados. Se incluirá como anexo digital a la memoria del estudio.
- Los mapas de resultados del estudio. Estarán diseñados para su edición en papel y se incluirán como anexo a la memoria de documentación.
- Las capas de información en ArcGis generados durante el estudio.

- b) Entregables del Estudio Geoambiental. Engloba la información estrictamente necesaria para la elaboración del EGA, la cual será posteriormente integrada en el mismo. Los entregables a considerar son:
- Una síntesis de la memoria del estudio específico.
  - La actualización de la Geodatabase del SIGAM con la información procedente del estudio temático.
  - Los mapas de resultados editables del estudio específico que se integrarán en el EGA. Estarán diseñados para su edición en papel y se incluirán como anexo a la memoria de documentación del Estudio Geoambiental.

### 3. Entregables del Proyecto

Constituyen los resultados finales del Estudio Geambiental propiamente dicho. Los entregables a considerar son:

- ✓ Una memoria de documentación del conjunto del Estudio Geoambiental. La cual será elaborada mediante la integración de las memorias de síntesis elaboradas a tal efecto por las diferentes áreas temáticas y paquetes de trabajo.
- ✓ La actualización de la Geodatabase del SIGAM con la información procedente de cada una de las áreas temáticas.
- ✓ Los mapas de resultados del Estudio Geoambiental. Estarán diseñados para su edición en papel y se incluirán como anexo a la memoria de documentación (ver Tabla II.4.4).

## 4.2 INTEGRACIÓN DEL ESTUDIO GEOAMBIENTAL

Uno de los aspectos de mayor relevancia en la realización de cualquier estudio es la documentación del mismo. En el caso de los Estudios Geoambientales se genera gran volumen de información, la cual tiene que ser gestionada adecuadamente, de forma que sea fácilmente manejable y comprensible por los receptores a los que va dirigido.

En este sentido, como resultado final del estudio se contempla la generación de dos tipos de productos finales:

- Un informe de documentación del estudio.
- La actualización de las Geodatabases del EGA (bases de datos y capas de información).

### 4.2.1 Informe de documentación

Constituye el producto final en el que se describirá y documentará el Estudio Geoambiental. Éste informe final del EGA será elaborado mediante la integración en un solo documento de todas las memorias de síntesis y demás entregables elaborados a tal efecto por los grupos de trabajo de las diferentes áreas temáticas.

Con el fin de que dicho documento sea homogéneo en su contenido y formato, y presente un volumen manejable, esta integración deberá ser llevada a cabo por uno o, a lo sumo, 2 técnicos de refutada experiencia (ver documento “*Guía de Gestión del Proyecto para la Elaboración de Estudios Geoambientales*”).

En su versión en papel, el informe final de documentación del EGA estará compuesto, con carácter general, por los siguientes documentos:

1. El documento principal o Memoria propiamente dicha del Estudio Geoambiental. Este escrito contendrá todos los textos de carácter descriptivo, así como todas las imágenes y fotografías que sean necesarias para apoyar a los mismos. También deberá incluir los planos, figuras o esquemas que por su tamaño permitan ser intercalados en del texto.
2. Un anexo de mapas, en el que se incluirá los mapas realizados en el estudio que por relevancia y grado de detalle tiene que tener un formato de mayor tamaño que el del documento principal. Los mapas editables en papel mínimos a incluir al EGA se recogen en la Tabla II.4.4.
3. Un anexo fotográfico (optativo), en el cual se incluirán todas aquéllas fotos e imágenes que puedan considerarse interesantes pero que no se hayan incluido en el documento principal con objeto de no aumentar demasiado su tamaño.
4. Anexos auxiliares (optativos). Se utilizarán para incluir toda aquella información referida en el texto que por su extensión no pueda ser presentada en la memoria.

Únicamente se incluirán en la Memoria del EGA los datos finales de los estudios realizados que resulten significativos desde el punto de vista geoambiental.

#### **4.2.2 Geodatabases y capas de información**

Como parte de los resultados de cada área temática se procederá a la actualización de la Geodatabase del SIGAM con los datos procedentes de la información inventariada y de los resultados de los distintos análisis realizados para cada área temática.

La metodología de trabajo con la Geodatabase del SIGAM será la siguiente: cada una de las áreas temáticas obtendrá del SIGAM las capas de información que necesite, a las que se añadirá la información inventariada durante el EGA y se actualizará la información ya existente. Posteriormente, estas capas de información serán revisadas e incluidas de nuevo en el SIGAM. Es importante mantener los formatos de las geodatabases del SIGAM que están descritos en el modelo de datos. Si fuese necesario incluir algún campo nuevo en la geodatabase del SIGAM deberá ser puesto en conocimiento del administrador del sistema.

#### **4.2.3 Mapas**

Se entiende como mapa, aquellos que por su relevancia y grado de detalle son editados en papel en tamaño A0 a escala 1:100.000.

Según el nuevo modelo de producción de mapas y cartas que el SEGEMAR tiene previsto implantar, los mapas adscritos a los Estudios Geoambientales se elaborarán a

partir de la Geodatabase del SIGAM. Su diseño será el mismo que el utilizado en las series cartográficas temáticas que edita este organismo.

Se distinguen dos tipos de mapas:

- ✓ Mapas principales. Son aquellos que, por su importancia dentro del EGA, tienen que ser incluidos en el informe final de documentación. Estos mapas serán fijos para todos los proyectos.
- ✓ Mapas auxiliares. Se trata de aquellos mapas que, aunque su relevancia dentro del EGA es relativa, por su grado de detalle o escala tienen que ser editados en papel. El número de mapas de este tipo será variable para cada proyecto, dependiendo del tamaño del territorio a estudiar y las necesidades de documentación del propio EGA. Suelen ser mapas o planos auxiliares al texto de la memoria que por su grado de detalle no pueden ser incluidos en la misma.

En la Tabla II.4.4 se enumeran los mapas principales adscritos al informe de documentación del EGA.

En los casos en los que se decida realizar Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental (MOMAs) en la Tabla II.4.5 se recogen los mapas adicionales a incluir en el Estudio Geoambiental.

Tabla II.4.4 Mapas principales.

MAPA	ÁREA TEMÁTICA	ESCALA	FORMATO	CONTENIDO	Capas de información del SIGAM / Elementos asociados
Mapa Topográfico	Teledetección y Cartografía	1:100.000	A0	- Datos topográficos, administrativos y socioeconómicos	- Mapa base topográfico
Mapa Geológico-Estructural	Geología	1:100.000	A0	- Según el sistema de producción de Cartas Geológicas a escala 1:100.000 del SEGEMAR - Cortes geológicos	- Mapa base topográfico - Carta geológica
<sup>(1)</sup> Mapas de Geoquímica Ambiental de Sedimentos de Corriente	Geoquímica Ambiental	1:100.000	A0	- Puntos de muestreo - Valor representativo de la concentración de cada uno de los elementos - Evaluación colorimétrica según los niveles de referencia	- Mapa base topográfico - Carta Geoquímica: FC Muestra geoquímica (Puntos) FC Anomalías geoquímicas (Polígonos)
Mapa del Estado de las Aguas Superficiales	Hidrología	1:100.000	A0	- Puntos de muestreo - Unidades de evaluación - Clasificación del estado de las aguas superficiales.	- Mapa base topográfico - FC Cuencas hidrográficas (Polígonos) - FC Estaciones de Aforo (Puntos) asociado a Estaciones de Aforo (Tabla) - FC Puntos muestreo aguas superficial (Puntos)
Mapa del Estado de las Aguas Subterráneas	Hidrología	1:100.000	A0	- Puntos de muestreo - Unidades de evaluación - Clasificación del estado de las masas de aguas subterráneas.	- Mapa base topográfico - FC Cuencas hidrográficas (Polígonos) - FC Inventario aguas superficial (Puntos) - FC Isolíneas Físicas (Líneas) - FC Isolíneas Químicas (Líneas)
Mapa Litológico	Aptitud Geotécnica del Terreno	1:100.000	A0	- Unidades de litológicas-	- Mapa base topográfico - FC UnidadLitológica (Polígonos)
Mapa de Aptitud Geotécnica del Terreno.	Aptitud Geotécnica del Terreno	1:100.000	A0	- Unidades de evaluación - Clasificación de las condiciones constructivas de los terrenos según criterios: litológicos, geomorfológicos y hidrológicos	- Mapa base topográfico - FC Aptitud geotécnica (Polígonos)

MAPA	ÁREA TEMÁTICA	ESCALA	FORMATO	CONTENIDO	Capas de información del SIGAM / Elementos asociados
Mapa de Tipos de Suelos.	Edafología	1:100.000	A0	- Clasificación taxonómica de los suelos.	- Mapa base topográfico - FC Suelos (Polígonos) - FC Muestreo de Suelos (Puntos)
Mapa del Estado de los Suelos.	Edafología	1:100.000	A0	- Puntos de muestreo - Unidades de evaluación - Clasificación de los suelos según su degradación física, química y biológica	- Mapa base topográfico - FC Suelos (Polígonos) - FC Muestreo de Suelos (Puntos)
Mapa de Unidades Fisionómicas y Estructurales.	Vegetación y Fauna	1:100.000	A0	- Estaciones de observación o transectas - Unidades fisionómicas de vegetación - Áreas potenciales de fauna	- Mapa base topográfico - FC Unidad Fisionómica (Polígonos) - FC Reservas Naturales (Polígonos)
Mapa de Distribución Potencial para la Fauna.	Vegetación y Fauna	1:100.000	A0	- Estaciones de observación o transectas - Áreas potenciales de fauna	- Mapa base topográfico - FC Unidad Fisionómica (Polígonos) - FC Fauna Potencial (Polígonos) asociado a Fauna Potencial (Tabla) - Fauna (Tabla) - FC Reservas Naturales (Polígonos)
Mapa de Usos de Suelos	Socioeconomía	1:100.000	A0	- Zonificación territorial del uso de suelo. - Infraestructuras territoriales - Patrimonio histórico-cultural - Posibles fuentes de contaminación	- Mapa base topográfico - FC Usos suelo (Polígono) - FC Usos suelo (Puntos) - FC Infr. Especifica EGA (Puntos) - FC Infr. Especifica EGA (Lineas) - FC Infr. Especifica EGA (poligonos) - FC YacArq (Puntos)
Mapa de Calidad del Aire	Calidad del Aire	1:100.000	A0	- Puntos de muestreo - Histogramas estacionales con valores de concentración y estándar normalizados	- Mapa base topográfico - FC Calidad Aire (Puntos)
Mapa de Paisaje	Paisaje	1:100.000	A0	- Unidades de Paisaje - Calificación del grado de conservación del paisaje	- Mapa base topográfico - FC Unidades de Paisaje (Polígonos)

MAPA	ÁREA TEMÁTICA	ESCALA	FORMATO	CONTENIDO	Capas de información del SIGAM / Elementos asociados
Mapa de Unidades Territoriales	Unidades Territoriales de Evaluación	1:100.000	A0	- Zonificación territorial del área de estudio para su caracterización y evaluación del valor del medio.	- Mapa base topográfico - FC Unidades Territoriales (Polígonos)
Mapa de Susceptibilidad a los Peligros Geológicos	Peligrosidad Geológica	1:100.000	A0	- Evaluación de la susceptibilidad de ocurrencia de los peligros existentes en la zona de estudio.	- Mapa base topográfico - FC Movimientos de ladera (Puntos) - Polígonos con atributos asociados - FC Licuefacción (Puntos) - Polígonos con atributos asociados - FC Erosión (Puntos) - Polígonos con atributos asociados - FC Inundaciones (Puntos) - Polígonos con atributos asociados
<sup>(4)</sup> Mapa de Potencial Minero.	Recursos Geológicos	1:100.000	A0	- Zonas de potencial minero. - Atributos relevantes de cada tipo de recurso (edad geológica, morfología, mena, quimismo, roca encajante, proceso genético, etc.)	- Mapa base topográfico - Carta Metalogenética

(1).- Se incluirá un mapa por cada elemento químico que presente concentraciones superiores a los niveles de referencia.

(2).- Se incluirá un mapa por cada tipo de recurso de interés: recursos energéticos, minerales metálicos, minerales no metálicos y recursos geotérmicos.

Tabla II.4.5 Mapas específicos de los MOMAs.

MAPA	ÁREA TEMÁTICA	ESCALA	FORMATO	CONTENIDO	Capas de información del SIGAM / Elementos asociados
Mapa de Valor	Mapas de Ordenación Territorial	1:100.000	A0	- Unidades de evaluación territorial. - Clasificación del valor del medio	- Mapa base topográfico - FC Unidades Territoriales (Polígonos) - FC Valor natural(Polígonos)
<sup>(1)</sup> Mapas de Acogida	Mapas de Ordenación Territorial	1:100.000	A0	- Unidades de evaluación territorial. - Clasificación de la capacidad de acogida del medio para la explotación del recurso	- Mapa base topográfico - FC Unidades Territoriales (Polígonos) - FC Capacidad de acogida (Polígonos)
<sup>(1)</sup> Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental	Mapas de Ordenación Territorial	1:100.000	A0	- Delimitación y clasificación de la explotabilidad del recurso	- Mapa base topográfico - FC MOMA (Polígonos) <b>Zonas de Protección Ambiental</b> <b>Zonas Explotables con restricciones</b> <b>Zonas Explotables sin restricciones</b>

(1)- Se incluirá un mapa por cada tipo de recurso de interés: recursos energéticos, minerales metálicos, minerales no metálicos y recursos geotérmicos.

## CAPÍTULO III : INVENTARIO AMBIENTAL

### 1 TELEDETECCIÓN Y CARTOGRAFÍA

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

Gracias a los avances tecnológicos en el campo de la electrónica y la informática –haciendo cada vez sensores más precisos y métodos de procesamientos más rápidos y eficaces –, los métodos de teledetección para la prospección de la geosfera se han convertido en una herramienta imprescindible para el estudio del medio ambiente.

Las imágenes satelitales son una de las principales herramientas para la obtención de la cartografía temática digital. Los datos satelitales permiten una rápida interpretación visual, ya que abarcan amplias áreas de territorio en forma continua. La teledetección se refiere a la adquisición de datos de la superficie terrestre con un sensor remoto, y al procesamiento e interpretación de esos datos. Más específicamente, la teledetección es la captación de las características físicas de la superficie terrestre, basada en mediciones de radiación reflejada y emitida de cada componente de esa superficie. Esta metodología será indispensable su utilización en los EGAs, como por ejemplo; en el establecimiento de unidades fisiográficas homogéneas; la exploración geológica, geomorfológica y de suelos; la prospección de los recursos, la evaluación de la degradación de hábitats y ecosistemas; la detección y valoración de amenazas; o en los estudios socioeconómicos, entre otras aplicaciones.

Por otra parte, los mapas topográficos representan la superficie terrestre describiendo su relieve mediante un sistema de planos acotados. De estas cartografías generadas se pueden deducir las características del relieve (pendientes, cotas máximas/mínimas, orientación, etc.). La utilidad de los mapas topográficos es múltiple ya que pueden emplearse como:

- ✓ Fuente principal o auxiliar de información.
- ✓ Herramienta de apoyo en el trabajo de campo.
- ✓ Base para la cartografía de cualquier elemento de las distintas áreas temáticas.

En general, la información planimétrica y altimétrica suministrada por los mapas topográficos tiene un enorme valor para los estudios del medio físico, pues:

- ✓ Posibilita la localización geográfica y constituye la base cartográfica de la cartografía temática.
- ✓ Permite la estimación directa de distancias y superficies.
- ✓ Describe o permite deducir fácilmente características del relieve como forma, altitud, pendiente, orientación, red de drenaje, etc.

Además, los mapas topográficos incorporan información adicional que permite determinar elementos y caracteres de especial utilidad para las diferentes disciplinas geoambientales que componen el EGA, tales como:

- ✓ Agua: cursos de agua de distinto orden, masas superficiales de agua, cauces artificiales, fuentes, etc.
- ✓ Infraestructuras: red viaria de distintas categorías, ferrocarril, tendidos eléctricos; etc.
- ✓ Edificaciones aisladas y núcleos urbanos de diferentes tamaños.
- ✓ Toponimia.
- ✓ División administrativa.
- ✓ Elementos singulares: cuevas, monumentos, etc.
- ✓ Vegetación.
- ✓ Explotaciones mineras, minas abandonadas, etc.

A su vez, estas fuentes de datos permiten, mediante sistemas de información geográfica (GIS), la realización de modelos digitales que facilitan el estudio de la configuración del terreno como es la creación de los Modelos Digitales de Elevación (MDE), muy útiles para los estudios de: hidrología, distribución de la vegetación y tipos de suelos, Aptitud geotécnica del terreno, peligrosidad geológica y actividad humana.

## 1.2 OBJETIVOS

El objetivo principal de esta área temática es servir de apoyo al resto de áreas temáticas mediante:

- ✓ El suministro de cartografía de base, imágenes satelitales procesadas y modelos digitales del terreno.
- ✓ Administración y actualización de la Geodatabase Corporativa del SEGEMAR.
- ✓ Generación de figuras, esquemas, planos y mapas dentro del ámbito del proyecto.

## 1.3 CONTENIDO Y ALCANCE

La función del área de Teledetección y Cartografía dentro de los EGAs no está enfocada como un área temática –en el que se deba realizar una caracterización, una evaluación o diagnóstico del medio–, sino más bien como un grupo de procesos auxiliares de apoyo a las diferentes áreas de conocimiento del medio, imprescindibles para la realización de sus estudios específicos geoambientales.

El contenido y alcance de este grupo de tareas se encuentra supeditado a la demanda y necesidades del resto de áreas temáticas o estudios que se tienen que llevar a cabo en el Estudio Geoambiental. Estos variarán dependiendo de las características de la

zona de estudio, por lo que es muy difícil establecer una normativa sobre los contenidos exactos y productos finales que se deben generar en esta área temática.

No obstante, atendiendo a los objetivos planteados por el EGA para este grupo de tareas, se consideran los siguientes grupos de actividades principales:

- ✓ Proporcionar imágenes satelitales a los diferentes grupos de trabajo de las diferentes áreas temáticas. Como ya se ha comentado, actualmente, por su disponibilidad, precisión y amplitud territorial, se ha generalizado el uso de imágenes satelitales –en detrimento de la utilización de las fotografías aéreas– en los trabajos de exploración y análisis de las diferentes disciplinas Geoambientales. En este sentido, el SEGEMAR lleva años utilizando datos satelitales multiespectrales de los sensores LANDSAT TM, LANDSAT ETM+, ASTER y SPOT, entre otros, para la caracterización del medio y la generación de series cartográficas del territorio argentino. Asimismo, los diferentes técnicos especialistas del SEGEMAR conocen perfectamente que información de este tipo necesitan para cumplir con los objetivos marcados por el EGA en sus respectivas áreas de conocimiento. Por ello, no se cree necesario incluir ninguna especificación al respecto en la presente Normativa.

Únicamente cabe destacar la utilización de los datos proporcionados por la banda 1 del producto MOD13Q1 del sensor MODIS, el cual suministra información sobre el Índice Diferencial Normalizado de Vegetación (NDVI). Parámetro ampliamente utilizado para evaluar el estado de la vegetación de un territorio (FAO).

- ✓ Proporcionar la cartografía topográfica escala 1:100.000 en formato digital. Esta serie cartográfica es generada por el Instituto Geográfico Nacional de la República de Argentina (IGN).
- ✓ Elaboración de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE). En cada proyecto se llevará a cabo mediante herramientas SIG, un MDE con el fin de obtener información de relevancia para otras disciplinas geoambientales como son:
  - Mapas de pendiente. Parámetro de gran interés para los estudios de peligrosidad geológica (movimientos en masa, erosión e inundaciones), vegetación y suelos, así como para la determinación de las unidades fisiográficas de un territorio y la aptitud de un recurso a ser explotado.
  - Mapas de orientación. Con ellos se puede conocer el nivel de exposición de un área o calcular el coeficiente de insolación, variables de singular relevancia en el tipo de vegetación o unidades de paisaje, así como para los usos del suelo (urbanismo, producción agraria, etc.).
  - La altitud. Parámetro de gran influencia en la estratificación vegetal, así como en fenómenos geomorfológicos como puede ser los procesos glaciales o periglaciares. Al igual que la pendiente, este parámetro es considerado como un índice de valoración para el aprovechamiento de

los diferentes yacimientos minerales en los mapas de ordenación minero-ambiental.

- Visibilidad. Parámetro que analiza la superficie de la unidad vista, desde un número de puntos de observación elegidos para el caso.

## 1.4 RESULTADOS

Como se ha indicado anteriormente, esta área temática servirá de apoyo al resto de áreas que constituyen el EGA. No obstante, como resultado final esperable del estudio de cartografía y teledetección del territorio se contempla:

- ✓ Imágenes satelitales base para las áreas temáticas.
- ✓ Mapa topográfico a escala 1:100.000, que servirá de base cartográfica de cualquier elemento de las distintas áreas temáticas.
- ✓ Modelo digital de elevaciones (MDE), que permita obtener mediante herramientas SIG diferentes capas de información en formato ráster, que en sus bases de datos asociadas valorizará el territorio en función de su capacidad para albergar la actividad minera. Las capas serán:
  - Pendientes con intervalos del 1%.
  - Altitudes con intervalos de 50 m.
  - Orientaciones.
  - Visibilidad.

## 1.5 ENTREGABLES

En la Tabla III 1.1 se resumen los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.1.1 Entregables del área de Teledetección y Cartografía.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 4.1.2 del Capítulo II
Imágenes Satelitales	Documento	- AT <sup>(1)</sup>	- Se integrará en las memorias de documentación como figura en caso de necesidad.
Mapa Topográfico	Mapa	- Informe final - EGA	
	Geodatabase (FC)	- Informe final - EGA - AT <sup>(1)</sup>	- Actualizar las FCs en el SIGAM.
Modelo Digital de Elevaciones	Geodatabase (ráster)	- Generación de mapas de pendientes, altitud, orientaciones y visibilidad	- Se integrará en las memorias de documentación como figura en caso de necesidad.

Mapa de Pendientes	Geodatabase (ráster)	- Informe final - EGA - AT <sup>(2)</sup>	- Se integrará en las memorias de documentación como figura en caso de necesidad.
Mapa de Altitudes	Geodatabase (ráster)	- Informe final - EGA - AT <sup>(2)</sup>	- Se integrará en las memorias de documentación como figura en caso de necesidad.
Mapa de Orientaciones	Geodatabase (ráster)	- Informe final - EGA - AT <sup>(3)</sup>	- Se integrará en las memorias de documentación como figura en caso de necesidad.
Mapa de Visibilidad	Geodatabase (ráster)	- Informe final - EGA - AT de Paisaje	- Se integrará en las memorias de documentación como figura en caso de necesidad.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información. AT= Área temática.

(1).- Información necesaria para todas las áreas temáticas.

(2).- Información necesaria para las áreas temáticas de: Geomorfología, Neotectónica, Hidrología, Vegetación y Fauna, Edafología, Aptitud geotécnica del terreno, Paisaje, Socioeconomía, Peligrosidad Geológica y Recursos Geológicos.

(3).- Información necesaria para las áreas temáticas de: Vegetación y Fauna, Edafología y Paisaje.

## 1.6 BIBLIOGRAFÍA

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura.

[http://www.fao.org/qIEWS/earthobservation/asis/index\\_2.jsp?lang=es](http://www.fao.org/qIEWS/earthobservation/asis/index_2.jsp?lang=es).

<http://www.fao.org/qIEWS/earthobservation/country/index.jsp?lang=es&code=ARG>

IGN. Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina.

<http://www.ign.gob.ar/>

## 2 GEOGRAFÍA

### 2.1 INTRODUCCIÓN

La geografía se define como la ciencia que estudia y describe la superficie de la Tierra en su aspecto físico, actual y natural, o como lugar habitado por la humanidad. Bajo este amplio ámbito se engloba la mayor parte de las diferentes áreas de conocimiento geoambiental: geología, climatología, edafología, hidrología, etc). En nuestro caso, esta área temática queda restringida a la descripción fisiográfica regional del terreno y de la ubicación geográfica de la zona de estudio.

La geografía y relieve del terreno agrupa diversos aspectos del medio, por lo que incluye y afecta a varias disciplinas geoambientales como son: la climatología, la geología, la hidrología, la hidrogeología, la edafología, la vegetación, el paisaje y la actividad socioeconómica (incluyendo la actividad minera). Disponer de datos fiables es imprescindible a la hora de discernir las características de los diferentes elementos del medio y de las actividades que se desarrollan en un territorio.

Aunque la composición fisiográfica de una zona se encuentra condicionada por otros factores geoambientales como la geología, la geomorfología, la climatología y la hidrología, se ha asignado a ésta área temática el análisis y descripción de las características geográficas y del relieve dentro del EGA. Adicionalmente, a efectos de documentación del proyecto –cualquier estudio con un ámbito geográfico tiene que ser adecuadamente ubicado dentro del territorio nacional y regional–, se ha incluido también esta actividad dentro del estudio geomorfológico.

### 2.2 OBJETIVOS

En consecuencia, los objetivos de esta área temática es:

- ✓ La delimitación geográfica en el que encuentra la zona de estudio dentro del ámbito nacional.
- ✓ La elaboración de una descripción fisiográfica regional del área de estudio.

### 2.3 CONTENIDO Y ALCANCE

Atendiendo a los objetivos anteriormente marcados, dentro de esta área temática se contempla la realización de 2 grupos de actividades:

#### 2.3.1 Descripción geográfica

Todo estudio geoambiental conlleva la ubicación del área de estudio desde el punto de vista geográfico y administrativo en el contexto del territorio nacional. Una de las atribuciones de esta área temática es presentar el escenario en que se encuentra la zona para el informe de documentación del EGA.

Consistirá en una descripción de la situación administrativa y cartográfica de la zona de estudio, incluyendo:

- ✓ Sus límites naturales y cartográficos.
- ✓ Extensión.
- ✓ Hojas cartográficas que ocupa a escala 1:100.000.
- ✓ Una descripción de la principales infraestructuras existentes:
  - Tipología de las carreteras, ferrocarriles y principales medios de comunicación terrestre.
  - Transporte de agua.
  - Redes eléctricas.
- ✓ Marco socioeconómico (división administrativa, población, actividades socioeconómicas principales, etc.).
- ✓ Figuras con mapas, esquemas o planos de situación como apoyo al texto. Puede ser conveniente incluir un mapa miniatura del país para encuadrar la zona de estudio, así como un esquema de la zona con la cuadrícula de las Hojas 1:100.000.

La descripción administrativa de la zona podrá tomarse del estudio socioeconómico que se realice en el marco del EGA

### **2.3.2 Descripción fisiográfica de la zona**

También se llevará a cabo la descripción de los elementos fisiográficos y del relieve en el ámbito del estudio. Los aspectos a considerar dentro de esta descripción son:

- ✓ Confeción de un marco fisiográfico regional en el que se indique el ámbito morfoestructural regional (a nivel de continente y/o país) en que se encuentra ubicada la zona de estudio.
- ✓ Identificación de las estructuras geográficas de la zona (sistemas montañosos, cuencas, altiplanos, mesetas, etc.), indicando sus características (relieve, pendientes y principales alturas montañosas).
- ✓ Descripción general de las cuencas hidrográficas existentes en la zona, indicando a que red pertenecen y su origen (fluvial o glaciar).
- ✓ Identificación de humedales, lagos, lagunas o embalses presentes en la zona.

Esta descripción del medio físico debe ser una caracterización general del territorio desde el punto de vista de las diferentes disciplinas geocientíficas y debe basarse en la información generada por todas las áreas temáticas que se incluyen en el EGA.

Como fuentes de información se utilizará el mapa topográfico escala 1:100.000, fotografía aérea e imágenes satelitales. Asimismo, dentro de las actividades previstas del área de Teledetección y Cartografía se tiene previsto la elaboración de un Modelo

Digital de Elevaciones (MDE) con el que se generarán mapas de: pendiente, altitud, orientación y visibilidad.

## 2.4 RESULTADOS

Como resultado final se espera los siguientes resultados:

- ✓ Descripción de la ubicación geográfica de la zona de estudio. Servirá como presentación de la zona de estudio dentro de la memoria de documentación del EGA y en su caso, también para de los diferentes estudios específicos de cada una de las áreas temáticas.
- ✓ Descripción de la fisiografía y el relieve del terreno. Al igual que la ubicación geográfica, se utilizará de base para la presentación del marco fisiográfico del área a estudiar en la memoria de documentación del EGA y estudios específicos. A su vez proporcionará información sobre la geografía física de la zona al resto de áreas temáticas (pendientes, relieve, altitud, etc.)

## 2.5 ENTREGABLES

En la Tabla III 2.1 se resumen los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.2.1. Entregables del área de Geografía.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.
Mapas o esquemas de situación geográfica	Mapa	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

## **3 CLIMATOLOGÍA**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

El clima es el conjunto de condiciones atmosféricas que se presentan típicamente en una región a lo largo de los años, el cual constituye un factor condicionante fundamental del medio ambiente de un territorio.

El estudio del clima y de las variables meteorológicas que lo componen permite obtener una valiosa información sobre la génesis y características del medio como son: la fisiografía del terreno; el tipo de suelo, la vegetación, la fauna; y la hidrología. También suministra datos de carácter medioambiental, como es la generación y dispersión de contaminantes, e influye en el desarrollo socioeconómico de una región (distribución de la población, usos de suelo, infraestructuras, etc.).

Muchos de los peligros naturales de un territorio se encuentran asociados a factores climáticos como son: las inundaciones, la erosión fluvial y eólica, los movimientos en masa, etc. A su vez, las actividades humanas pueden dar lugar a efectos modificadores del clima como puede ser la contaminación atmosférica.

Todo ello hace que la caracterización del clima y el estudio de las variables meteorológicas de un territorio sean indispensables para un EGA.

### **3.2 OBJETIVOS**

El inventario de características y cualidades del clima debe estar enfocado a conocer las condiciones climáticas generales del territorio así como determinar la probabilidad de la existencia de eventos climatológicos extremos. Otro objetivo, relacionado con el anterior, es poder localizar zonas concretas cuyas características climatológicas particulares difieren de las del resto del territorio.

En consecuencia, los objetivos específicos demandados por el EGA para esta disciplina geoambiental son:

- ✓ Estimación cuantitativa de los diferentes parámetros meteorológicos.
- ✓ Conocimiento de fenómenos climáticos extremos (dependerá de la existencia de información de las fuentes de datos primarios).
- ✓ La descripción del régimen climático de la zona.
- ✓ Suministro de información climática y meteorológica a otras áreas temáticas que lo necesiten.

### **3.3 CONTENIDO Y ALCANCE**

La determinación de la climatología general del área de estudio conlleva conocer e inventariar aquellas características que describan el tiempo atmosférico de la zona,

generalmente se realiza a través de las variaciones anuales de temperatura y precipitación, y aquellas otras cuyos valores extremos puedan influir en las relaciones de los elementos físicos y biológicos, así como en el desarrollo de las actividades humanas.

El estudio climático en el ámbito del EGA exige, por tanto, llevar a cabo los siguientes grupos de actividades:

### **3.3.1 Inventario de variables meteorológicas**

Se llevará a cabo un inventario con la recopilación de los datos meteorológicos existentes de la zona de estudio. En general, esta información provendrá fundamentalmente de las redes de estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional de Argentina (SMN) y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina (INTA), así como de estudios locales o de otros organismos provinciales o de investigación.

Las variables a considerar serán las necesarias para:

- ✓ Conocer la fuente de información de los datos, incluyendo las características principales de las estaciones de medida utilizadas en el estudio:
  - Denominación.
  - Red a la que pertenece (SNM, INTA, etc.).
  - Código, si lo hubiere.
  - Ubicación, coordenadas y cota de la estación de medida.
  - Tipo de estación (móvil o fija, automática, sinóptica, etc.).
  - Estado actual (operativa o no).
  - Parámetros que mide (presión, precipitación fluida y sólida, temperatura, humedad absoluta y relativa, ETP, heladicidad, etc.) y método de medida.
  - Periodo de registro.
- ✓ Definir las características climáticas de la zona. En este sentido se recabará información sobre las series climatológicas de, al menos, las siguientes variables meteorológicas:
  - Precipitación media anual y mensual (mm).
  - Temperatura media anual y mensual (° C).
  - Humedad relativa media anual y mensual (%).
  - Evapotranspiración potencial (ETP) media anual y mensual (mm).
  - Dirección (° sexagesimales) y velocidad del viento (Km/h).

Se entiende como serie climatológica al subconjunto de datos meteorológicos que adquieren un único valor cada año. Para que dicha serie sea representativa estará formada, al menos, y según la Organización

Meteorológica Mundial (OMM), por los datos de 30 años consecutivos. Estas series podrán obtenerse ya elaboradas directamente de las fuentes de información o tendrán que ser estimadas, mediante tratamiento estadístico, a partir de datos horarios o diarios de cada una de las estaciones meteorológicas (ver “*Guía Metodológica para la Elaboración de los Estudios Geoambientales*”).

- ✓ Determinar los fenómenos climáticos extremos. Uno de los objetivos de esta área temática es conocer aquellos sucesos climáticos que por su dimensión hayan causado algún daño al medio. Dependiendo de la información disponible, en general, los datos a contemplar serán:
- Máximo número de días de lluvia.
  - Máximo número de días de nieve.
  - Máximo número de días de tormentas.
  - Precipitación máxima en 24 horas (mm).
  - Precipitación máxima (mm).
  - Precipitación mínima mensual (mm).
  - Velocidad racha máxima. Velocidad máxima del viento, en los 60 minutos anteriores a la hora indicada (Km/h).
  - Dirección racha máxima. Dirección de donde viene el viento, en el instante de la racha (° sexagesimales).
  - Temperatura máxima absoluta (°C).
  - Temperatura media de las máximas (°C).
  - Temperatura media de las mínimas (°C).
  - Temperatura media más alta (°C).
  - Temperatura media más baja (°C).
  - Temperatura mínima absoluta (°C).
  - Humedad máxima absoluta (%).
  - Humedad mínima absoluta (%).

En esta línea, también se llevará a cabo un listado con la fecha de los sucesos meteorológicos más notables por su valor histórico de las siguientes variables:

- Intensidad de la precipitación (l/m<sup>2</sup> en un determinado lapso de tiempo).
- Tormentas eléctricas (número de rayos en 24 horas).
- Nevadas (l/m<sup>2</sup> en un determinado lapso de tiempo y/o altura de nieve en cm).
- Heladas (°C).

- Tornados y rachas de viento (km/h).
- ✓ Suministrar la información de base para otras áreas temáticas que lo necesiten como: Hidrología (régimen de flujo de las aguas superficiales, estimación de la recarga de las aguas subterráneas y balances hídricos), Geoquímica Ambiental (efectos de dilución), Vegetación y Fauna (fenómenos de stress hídrico de la vegetación), Calidad del Aire (direcciones predominantes y velocidad del viento), Peligrosidad Geológica (inundaciones, erosión y sedimentación fluvial, y erosión y acumulación eólica).

El resumen de los datos climáticos recopilados se sintetizará en tablas cuya configuración se encuentra detallada en el modelo de datos del SIGAM.

### **3.3.2 Caracterización del régimen climático de la zona**

Una vez elaborado el inventario se procederá al tratamiento, análisis e interpretación de los datos para la obtención de los parámetros que caracterizan el clima. La caracterización del régimen climático de la zona de estudio debe incluir:

- ✓ Datos medios anuales, mensuales y extremos de precipitación (P), temperatura (T), humedad relativa (Hr) y evapotranspiración potencial (ETP).
- ✓ El régimen estacional de P y T, así como de las variaciones interanuales (años húmedos y secos).
- ✓ Mapas con las isólinas de: P, T, Hr y ETP de la zona de estudio.
- ✓ El régimen de vientos predominantes (dirección y velocidad), incluyendo esquemas de rosa de vientos.
- ✓ La zonificación del área de estudio según la clasificación climática de Köppen (Köppen, 1936).

Esta información será soportada con mapas, gráficos, diagramas y rosetas, las cuales se incluirán dentro del informe final del estudio y de síntesis del EGA. En este sentido el SEGEMAR dispone de una normativa (AMB-NOR-IGMR-001, del 31 de octubre del 1997) para la realización de mapas climáticos a escala 1:250.000 que sería perfectamente aplicable para la realización de una cartografía a escala 1:100.000. No obstante, esta normativa se ha ampliado con algunos nuevos elementos.

Para el EGA se consideran una serie de mapas temáticos de carácter climático donde estén representados los siguientes elementos:

- ✓ Estaciones meteorológicas, diferenciando los distintos tipos e instrumentaciones. También se indicará el estado actual de la estación respecto al funcionamiento y el período de registro.
- ✓ Líneas isotermas medias anuales, expresadas en grados centígrados, y con intervalos de 1°C.
- ✓ Líneas isoyetas medias anuales, expresadas en mm, y con intervalos de 100 en 100 mm. En aquellas regiones áridas y semiáridas donde la densidad de datos lo permita, podrán trazarse las isoyetas de 50 en 50 mm.

- ✓ Isolíneas de evapotranspiración potencial (ETP) media anual, expresadas en mm y con intervalos de 100 en 100 mm.
- ✓ Isolíneas de humedad relativa (Hr) media anual o isohumas, expresadas en % y con intervalos del 5%.
- ✓ Régimen de vientos dominantes donde se indicarán las velocidades medias bajas (<10 km/h), moderadas (entre 10 y 20 km/h), altas (entre 20 y 35 km/h) y muy altas (>35 km/h). Además, siempre que sea posible, se integrarán en el EGA las rosas de los vientos de aquellas estaciones que la tengan disponible.

Finalmente se realizará un Mapa de Zonificación Climática según la clasificación de Köppen, según la Normativa del SEGEMAR (SEGEMAR, 1997).

### 3.4 RESULTADOS

Como resultado final esperable del estudio climatológico del territorio se contempla:

- ✓ Encuadre general de la climatología de la zona, incluyendo las principales características climatológicas de la zona (región climática, pluviosidad anual, temperatura media anual, estacionalidad del clima, etc.). Esta descripción servirá a su vez para la documentación de las propiedades climáticas del área de estudio de los informes específicos de otras áreas temáticas del EGA que lo requieran.
- ✓ Base de datos con el inventario de la información climática y meteorológica recopilada, incluyendo los fenómenos climatológicos extremos. Parte de esta información será almacenada en la Geodatabase Corporativa del SIGAM.
- ✓ Mapas de isolíneas de los valores medios mensuales de las variables climáticas más relevantes como: temperatura, precipitación, ETP y humedad relativa. Estos mapas se incluirán como figuras dentro de la memoria del informe final del estudio, así como en el informe de síntesis del EGA como apoyo al texto.
- ✓ Descripción del régimen de vientos, incluyendo las direcciones predominantes y su velocidad y un mapa de rosas de vientos incluido en la memoria como apoyo al texto.
- ✓ Zonificación del área de estudio según su clasificación climática, incluyendo su distribución geográfica, y descripción de sus características respecto a: el régimen de lluvias, temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales y anuales, ETP, humedad relativa y estacionalidad.
- ✓ Mapa de zonificación climática del territorio incluido en las memorias del informe final de estudio y EGA, como apoyo al texto.

### 3.5 ENTREGABLES

En la Tabla III 3.1 se resumen los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.3.1. Entregables del área de Climatología.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 4.1.2 del Capítulo II.
Inventario de variables climatológicas	Geodatabase (BD)	- Informe final - EGA -AT <sup>(1)</sup>	- Actualización de FCs y tablas en el SIGAM.
Mapa de estaciones meteorológicas	Geodatabase (FC y BD)	- Informe final - EGA	- Ubicación de estaciones meteorológicas. - Actualización de FCs y tablas en el SIGAM.
Mapas de isolíneas	Geodatabase (FC y BD)	- Informe final - EGA - AT <sup>(1)</sup>	- Elaborados a partir de los datos meteorológicos recopilados de T <sup>a</sup> , precipitación, Hr y ETP. - Actualización de FCs y tablas en el SIGAM.
Mapa Eólico	Geodatabase (FC y BD)	- Informe final - EGA - AT de Calidad del Aire	- Actualización de FCs y tablas en el SIGAM.
Mapa de Zonificación Climática	Geodatabase (FC)	- Informe final - EGA	- Actualización de FCs y tablas en el SIGAM.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información. AT= Área temática.

(1).- Información necesaria para las áreas temáticas de: Hidrología, Edafología, Vegetación y Fauna y Peligrosidad Geológica.

### 3.6 BIBLIOGRAFÍA

INTA, 2010. "Atlas Climático Digital de la República Argentina".

INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

<http://climayagua.inta.gob.ar/>

KÖPPEN, W., 1936. "Das geographische system der Klimate im Handbuch der Klimatologie". Brand I, Teil C. Berlín

[www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)

OMM. Organización Meteorológica Mundial de las naciones Unidas.

[www.wmo.int](http://www.wmo.int)

SEGEMAR, 1997. "Normativa de realización de la Carta Línea Base Ambiental de la República Argentina". AMB-NOR\_IGMR-001 del 31 de octubre de 1997.

SMN. Servicio Meteorológico Nacional.

<http://www.smn.gov.ar/>

## 4 GEOLOGÍA

### 4.1 INTRODUCCIÓN

En el contexto global de los estudios del medio físico y en particular en el de los Estudios Geoambientales, el ámbito específico de la Geología está asociado a su cualidad de ser el soporte primario de los sistemas naturales y las actividades antrópicas.

En esa consideración de la geología como soporte de las actividades biológica y social, el componente que mejor lo define son los materiales, ya que éstos son los que realmente conforman el sustrato primario de esas actividades y constituyen la base de todo inventario geológico en los estudios del medio físico.

Los rasgos de dicho sustrato, se deben a una serie de funciones que pueden resumirse en los siguientes aspectos:

- ✓ Actúa como soporte de actividades o procesos: sociales (sustrato o suelo geotécnico, y suelo agronómico y forestal), biológicos o ecológicos (suelo edáfico) y geológicos (sustrato o soporte dinámico).
- ✓ Suministra material primigenio de algunos de los elementos del medio como la cobertera edáfica y las características hidrogeológicas, condicionando sus propiedades físicas y geoquímicas.
- ✓ Es una reserva o almacén de recursos: materias primas (rocas, metales, carbón, gas, etc.), agua, datos de interés científico, etc.
- ✓ Es receptor de subproductos (residuos, desechos, etc.).
- ✓ Es potencial generador de peligros geológicos.

Estos aspectos son de notable interés en los EGA y en los Planes de Ordenación del Territorio, ya que a partir de ellos pueden inferirse cuestiones como; la gestión de los recursos y su sostenibilidad, las evaluaciones territoriales a partir de las correspondientes unidades cartográficas, la conservación del Patrimonio Geológico, o el establecimiento de usos vocacionales o capacidades de acogida en determinados zonas.

En este sentido, el conocimiento geológico y estructural de una zona es fundamental en un EGA, ya que es el soporte básico para la mayoría de estudios necesarios para la caracterización del medio físico (geomorfología, neotectónica, recursos minerales, Hidrología, Aptitud geotécnica del terreno, edafología, etc.).

Debido a esta dependencia, dentro de un proyecto, el estudio geológico es uno de los grupos de actividad que tienen que llevarse a cabo en primer lugar.

## 4.2 OBJETIVOS

Los objetivos específicos demandados por el EGA para esta disciplina geoambiental son:

- ✓ Identificar y describir los sistemas geológico-estructurales más significativos a nivel regional presentes en la zona, así como su evolución en el tiempo.
- ✓ Identificar y describir las formaciones geológicas y litologías asociadas, las estructuras existentes (volcanes, pliegues y fracturas), así como los procesos que han dado lugar a la actual configuración geológica.

El objetivo último es disponer de una caracterización geológica y litológica de la zona que sirva de base a los demás estudios requeridos por el EGA que tienen una dependencia o una relación directa con la geología.

## 4.3 CONTENIDO Y ALCANCE

Atendiendo a los objetivos anteriormente planteados, el estudio geológico y estructural en el ámbito del EGA exige llevar a cabo las siguientes actividades:

- ✓ Descripción del marco geológico regional en el que se encuentra la zona de estudio. Esta incluirá la identificación y descripción de los sistemas geológicos presentes en la zona, así como su evolución en el tiempo.
- ✓ Identificación y descripción de las formaciones geológicas y litológicas aflorantes, agrupadas según su edad geológica empezando por los materiales más antiguos (precámbrico) hasta los más modernos (cuaternario).
- ✓ Descripción del marco estructural de la zona, determinando el tipo de estructura y su localización, a qué formaciones afectan, la edad de formación o episodio orogénico que las generaron, y las etapas de reactivación en cada caso.
- ✓ Descripción del modelo geológico de la zona. Dicho modelo geológico incluirá una breve descripción de la evolución geológica sufrida por la zona, relacionando las distintas génesis litológicas y estructurales con cada ciclo orogénico o fases de deformación.
- ✓ Elaboración del mapa geológico a escala 1:100.000 de la zona. Este incluirá los cortes geológicos que sean necesarios para documentar el modelo geológico descrito, de manera que se muestre la disposición en profundidad de las capas y las estructuras geológicas observadas.

Como se ha comentado, la descripción del marco geológico de una región suministra información importante para otras áreas temáticas dentro del EGA, aunque, en sí misma, no constituye una disciplina imprescindible para el estudio geoambiental, siendo suficiente con describir de manera genérica en la memoria de documentación del Estudio Geoambiental los aspectos mencionados en este apartado (formaciones

geológicas y estructuras presentes en la zona, edad y procesos generadores de las mismas).

#### 4.4 RESULTADOS

Como resultados finales esperables del estudio geológico se contemplan:

- ✓ Descripción a escala regional del marco geológico-estructural de la zona de estudio. Servirá como presentación de la zona de estudio dentro de la memoria de documentación del EGA y en su caso, también para de los diferentes estudios específicos de cada una de las áreas temáticas.
- ✓ Identificación y descripción de las formaciones geológicas y estructuras presentes en la zona, incluyendo:
  - Localización y distribución geográfica de dichas formaciones.
  - Litologías presentes en cada formación.
  - Procesos de formación y las estructuras involucradas.
- ✓ Mapa geológico a escala 1:100.000, incluyendo:
  - Leyenda con referencia a la edad geológica de los materiales y litologías reconocidas.
  - Cortes geológicos representativos de la zona y esquemas de situación a escala regional (esquema geológico regional, tectónico, etc.).

#### 4.5 ENTREGABLES

En la Tabla III.4.1 se resumen los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.4.1. Entregables del área de Geología.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 4.1.2 del Capítulo II
Mapa geológico, incluyendo cortes y mapas auxiliares	Mapa	- Informe final - EGA	- A adjuntar como anexo.
	Geodatabase (FC)	- AT <sup>(1)</sup>	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información. AT= Área temática.

(1).- Información necesaria para las áreas temáticas de: Geomorfología, Neotectónica, Geoquímica Ambiental, Hidrología, Edafología, Aptitud geotécnica del terreno, Paisaje, Socioeconomía, Peligrosidad Geológica y Recursos Geológicos.

## 5 GEOMORFOLOGÍA

### 5.1 INTRODUCCIÓN

La morfología de la superficie terrestre, con independencia de la estructura física que en ella subyace, es una información básica para el conocimiento del territorio. En este sentido, la geomorfología se encarga de estudiar la configuración de la superficie terrestre o fisiografía del mismo analizando, específicamente, las formas del terreno: su fisonomía o geometría, los factores que contribuyen a su desarrollo, y los procesos que las originan.

El estudio de las geofomas que conforman el terreno, sus procesos generadores, así como su distribución geográfica en el territorio, aportan una valiosa información a otras áreas de conocimiento medioambiental. Así por ejemplo, muchas morfologías del terreno suministran indicios sobre la existencia de movimientos tectónicos recientes (geomorfología tectónica) de gran interés para el estudio neotectónico de una zona, y que, a su vez, forma parte de la información de base para el análisis de algunos peligros geológicos, como son los movimientos en masa, los sismos, las inundaciones y el volcanismo.

También las estructuras geomorfológicas y sus características aportan datos relevantes sobre la existencia de masas de agua subterránea y su modelo de funcionamiento hidrogeológico (zonas de recarga y descarga, sentido del flujo subterráneo, etc.).

Por otra parte, el mapa geomorfológico constituye un documento de importancia en un plan de cartografía ambiental, dada la intensa actividad humana dependiente del relieve (agricultura, obras públicas, urbanismo, explotación de materias primas, materiales de construcción, etc.), y la íntima relación de la geomorfología con el inventario y caracterización de procesos geológicos actuales que pueden interaccionar de forma destructiva con la actividad antrópica, y viceversa.

Por todas estas razones el estudio geomorfológico de una región genera información de gran valor para el EGA.

### 5.2 OBJETIVOS

Los objetivos específicos demandados por el EGA para esta disciplina geoambiental es la descripción geomorfológica de la zona, incluyendo:

- ✓ Un marco geomorfológico regional (para el informe de documentación del EGA).
- ✓ Definición de la unidades geomorfológicas y geofomas presentes en la zona, su distribución y su relación con los diferentes factores que las condicionan (geográficos, bióticos, geológicos y antrópicos).
- ✓ Elaboración de un mapa geomorfológico.

### 5.3 CONTENIDO Y ALCANCE

El estudio geomorfológico en el ámbito del EGA consistirá en la determinación de las características geomorfológicas de la zona, incluyendo una delimitación y caracterización de los diferentes sistemas morfoestructurales y geoformas presentes, sus procesos formadores y su distribución geográfica. Esta actividad comprenderá llevar a cabo las siguientes tareas:

- ✓ Elaboración de un encuadre general de la geomorfología de la zona que incluirá la descripción del terreno y su evolución, la identificación de los procesos activos y los diferentes sistemas morfoestructurales o unidades geomorfológicas existentes en la zona de estudio. Dicha descripción incluirá:
  - La identificación de las distintas unidades geomorfológicas regionales existentes en la zona de estudio, describiendo sus características principales (geometría, extensión, litología y génesis) y su evolución en el tiempo.
  - Descripción de la evolución del relieve según los procesos endógenos y exógenos sufridos a lo largo del tiempo.
- ✓ Descripción de los diferentes elementos geomorfológicos de la zona de estudio. Consistirá en la elaboración de un inventario de las geoformas existentes, incluyendo:
  - Su localización, morfología y distribución geográfica.
  - Proceso o procesos generadores.
  - Composición litológica y/o formación geológica a que pertenecen (información proveniente del mapa geológico y del mapa litológico).
  - El estado actual de las mismas

Si fuese posible, se establecerá también la relación de las distintas geoformas reconocidas con los diferentes factores geográficos, bióticos, geológicos y antrópicos que las condicionan.

Atendiendo a sus procesos formadores, los grupos de geoformas a contemplar serán:

- Geoformas fluviales.
- Geoformas eólicas.
- Geoformas de origen costero.
- Geoformas glaciares.
- Geoformas periglaciales.
- Geoformas por movimientos en masa.
- Geoformas tectónicas.
- Geoformas volcánicas.

- Geformas por disolución química.

Respecto al alcance de esta actividad, el grado de información a recabar será el necesario para los análisis que se deben llevar a cabo en otras áreas temáticas como: Geología, Neotectónica, Peligrosidad Geológica, Edafología, Hidrología y Socioeconomía.

- ✓ Elaboración del mapa geomorfológico de la zona a escala 1:100.000. Se llevará a cabo una cartografía con base topográfica donde se representará geográficamente los elementos geomorfológicos presentes en la zona, incluyendo, tanto los tipos de relieve, como las distintas geformas observadas, agrupando estas últimas en relación a su génesis y diferenciándolas gráficamente mediante rastras (o tramas) estandarizadas.

## 5.4 RESULTADOS

Como resultados finales esperables del estudio geomorfológico, fisiográfico y del relieve se contemplan:

- ✓ Descripción geomorfológica de la zona, incluyendo:
  - Marco geomorfológico regional.
  - Descripción de las unidades geomorfológicas y geformas presentes.
- ✓ Mapa geomorfológico a escala 1:100.000, incluyendo:
  - Leyenda con referencia a la edad geológica de los materiales que dan lugar a cada geforma.
  - Cortes geomorfológicos y esquemas de situación a escala regional (esquema morfoestructural, climático, litológico, de pendientes, etc.).

## 5.5 ENTREGABLES

En la Tabla III.5.1 se resumen los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.5.1. Entregables del área de Geomorfología.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 4.1.2 del Capítulo II
Mapa Geomorfológico.	Mapa	- Informe final	- A adjuntar al Informe final.
	Geodatabase (FC)	- AT <sup>(1)</sup> - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información. AT= Área temática.

(1).- Información necesaria para las áreas temáticas de: Geología, Neotectónica, Peligrosidad Geológica, Hidrología, Edafología, Vegetación y Fauna, y Socioeconomía.

## 6 NEOTECTÓNICA

### 6.1 INTRODUCCIÓN

La neotectónica es una disciplina derivada de la tectónica dedicada al estudio de las estructuras geológicas (fallas y pliegues) producidas por movimientos y deformaciones de la corteza terrestre durante el pasado geológico reciente o que ocurren en la actualidad. Estos movimientos recientes, ocurridos en la parte superior del Terciario (Neógeno) y en el Cuaternario, jugaron un papel esencial en el origen de la topografía moderna.

El objetivo principal de los estudios neotectónicos es identificar y describir las fallas generadoras de terremotos, ya que los esfuerzos vinculados con el movimiento de las placas desencadenan eventos sísmicos que pueden afectar a la sociedad y las actividades desarrolladas por ésta en el territorio. En el caso concreto de Argentina estos movimientos corresponden a sismos de intraplaca, generados dentro de la placa Sudamericana. Este tipo de sismos no son demasiados frecuentes en el tiempo pero generalmente suelen llevar asociados importantes daños, siendo por tanto un claro motivo de preocupación pública, ya pueden traducirse eventualmente en riesgo de vida y de cuantiosas pérdidas económicas.

En este sentido, el análisis de la actividad neotectónica, junto al análisis estratigráfico, estructural y geomorfológico de la zona, permite entender el comportamiento presuntamente activo de determinadas estructuras, evaluar su potencial reactivación y determinar el peligro sísmico que dichas estructuras pueden llevar asociado, ya sea por la posible ocurrencia de terremotos o bien por la actuación de procesos tectónicos más lentos y menos súbitos, a veces imperceptibles para el hombre, pero que a la larga inciden igualmente en las situaciones socio-económica y ambiental.

### 6.2 OBJETIVOS

Los objetivos específicos demandados por el EGA para esta disciplina geoambiental son:

- ✓ Identificar y describir las estructuras con actividad tectónica reciente (cuaternaria) presentes en el área, determinando si es posible, su geometría y tipo de movimiento.
- ✓ Facilitar la información requerida por las áreas temáticas de Peligrosidad Geológica y Aptitud geotécnica del terreno, ya que los resultados del estudio neotectónico son esenciales para estas.

El objetivo último es entender la evolución neotectónica de la zona de estudio con el fin de poder evaluar la susceptibilidad sísmica de la misma de cara cualquier actividad que se plantee en la región (minera, industrial, agrícola, residencial, etc.).

### 6.3 CONTENIDO Y ALCANCE

Atendiendo a los objetivos anteriormente planteados, el estudio neotectónico en el ámbito del EGA exige llevar a cabo las siguientes actividades:

- ✓ Descripción, caracterización y datación de las unidades estratigráficas deformadas, ya que esto aporta información para comprender la historia de una estructura geológica.
- ✓ Investigación de las evidencias paleosismológicas, lo que permitirá ampliar el registro de la actividad tectónica histórica e identificar movimientos en masa vinculados a la actividad sísmica.
- ✓ Análisis de las geformas presentes en la zona, ya que éstas actúan como marcadores geométricos y cronológicos de la deformación cuaternaria. Dicho análisis se realizará a partir de la información procedente del área de geomorfología.
- ✓ Identificación de estructuras con actividad neotectónica, ya que éstas serán las fuentes sismogénicas potenciales que pueden afectar a obras civiles, escombreras, rellenos y coberturas de suelo, etc. Se incluirá su localización y características principales.
- ✓ Elaboración del Mapa de Estructuras con Deformación Cuaternaria a escala 1:100.000 de la zona, que permita realizar una correcta diferenciación de unidades y el ordenamiento de sus edades relativas así como ubicar las distintas estructuras presuntamente activas.

### 6.4 RESULTADOS

Como resultados finales esperables del estudio neotectónico se contemplan:

- ✓ Descripción del marco geodinámico regional de la zona de estudio.
- ✓ Identificación y descripción de las estructuras neotectónicas cuaternarias presentes en la zona, incluyendo:
  - Localización, distribución geográfica.
  - Características geométricas y cinemática de las estructuras.
  - Sistema estructural al que pertenece.
  - Caracterización de la actividad de las estructuras en función de sus últimos movimientos registrados.
  - Evidencias indirectas de deformación cuaternaria y efectos secundarios asociados.
- ✓ Mapa de Estructuras con Deformación Cuaternaria a escala 1:100.000, incluyendo:

- Leyenda con referencia a la edad geológica de los materiales que dan lugar a cada estructura (edad de los eventos).
- Cortes representativos que muestren la geometría de la zona de estudio y esquemas de situación a escala regional (esquema geológico regional, tectónico, morfoestructural, etc.).

Cabe mencionar que para el EGA; no es necesario que este mapa sea realizado en formato analógico (aunque podrá adjuntarse como tal en el informe final del estudio neotectónico) ya que su objetivo es dar soporte a las áreas temáticas de Peligrosidad Geológica y Aptitud geotécnica del terreno. En este sentido, bastará con la actualización de la capa de información del SIGAM que recoge las deformaciones cuaternarias.

## 6.5 ENTREGABLES

En la Tabla II.6.1 se resumen los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.6.1 Entregables del área de Neotectónica.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 2.6 del Capítulo II.
Inventario de estructuras neotectónicas cuaternarias	Geodatabase (FC)	- Informe final - EGA - AT Peligrosidad Geológica y Aptitud geotécnica del terreno	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa de Estructuras con Deformación Cuaternaria, incluyendo cortes y mapas auxiliares	Mapa	- Informe final	- A adjuntar al Informe final.
	Geodatabase (FC)	- EGA - AT Peligrosidad Geológica y Aptitud geotécnica del terreno	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información. AT= Área temática.

## 7 GEOQUÍMICA AMBIENTAL

### 7.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos fundamentales del Estudio Geoambiental planteado es la determinación de la línea de base ambiental geoquímica e hidrogeoquímica (aguas subterráneas) actual de territorio, también denominada fondo geoquímico e hidrogeoquímico. En base a ella se podrá obtener los niveles de referencia necesarios para la evaluación del estado actual de los suelos y de las aguas subterráneas, así como para conocer, en el futuro, la evolución geoquímica a lo largo del tiempo y así permitir relacionarla con las diferentes actividades futuras.

El nivel de fondo geoquímico actual de un territorio resulta de la suma de los contenidos naturales (sin influencia antrópica) y de las contaminaciones difusas o puntuales generadas por factores naturales o geogénicos (meteorización, transporte y sedimentación) y a los factores humanos (actividades básicas de la humanidad como: minería, transporte, producción de energía, industria, agricultura y otras debidas a la producción y gestión de residuos, industriales o domésticos).

La importancia de esta área temática en el EGA radica en la necesidad de poseer una “fotografía actual” de la situación ambiental imperante que permita la posibilidad de realizar un seguimiento posterior de cara a la detección de zonas con contenidos elevados en elementos potencialmente peligrosos para el medio y para la salud.

Dado que la definición de estos niveles de fondo geoquímico lleva implícita la subdivisión de la población muestral total de un territorio en subpoblaciones geoquímicas más homogéneas y el establecimiento de estos niveles para cada una de ellas, en esta área temática, se plantea la determinación de la línea de base ambiental mediante 2 tipos de planteamiento metodológico:

- ✓ A partir de la subdivisión por rasgos geoquímicos de la población. La línea de base se obtendría mediante análisis multivariante cluster de datos analíticos de sedimentos de corriente.
- ✓ A partir de criterios geológicos. La determinación del fondo geoquímico se llevaría a cabo en base a los dominios geológicos y/o unidades geológicas.

Ambas metodologías de estimación son perfectamente válidas y están refrendadas por la comunidad internacional. La utilización de una u otra dependerá de las características geoquímicas de la zona, y del número y tipo de muestra que se obtenga (sedimentos de corriente o muestras de suelo).

Igualmente se abordará la definición de la línea de base ambiental hidrogeoquímica, a partir de datos históricos existentes para cada tipología acuífera cuyo volumen y calidad determinará la ecuación a utilizar para su determinación.

Se propone, además, fórmulas para el establecimiento de niveles de referencia, o valores de comparación que permitan diferenciar un suelo y/o agua subterránea

natural de un suelo y/o un agua contaminados a partir de la línea de base ambiental geoquímica e hidrogeoquímica respectivamente.

Los detalles sobre las metodologías que aquí se plantean se encuentran recogidos en la *Guía Metodológica de Elaboración de los Estudio Geoambientales*.

## 7.2 OBJETIVOS

Los objetivos planteados en esta área temática son:

- ✓ Definir la línea de base ambiental geoquímica del terreno y de las aguas subterráneas en la zona del territorio.
- ✓ Establecer niveles de referencia para la evaluación actual del estado de los suelos y aguas subterráneas dentro de sus respectivas áreas temáticas.

## 7.3 CONTENIDO Y ALCANCE

### 7.3.1 Determinación de la línea de base ambiental geoquímica. Criterios geoquímicos

La definición de la línea de base ambiental geoquímica a partir de los rasgos geoquímicos de una población implicará:

- ✓ Toma de muestras. Para la aplicación de este método se tendrá que llevar a cabo el relevamiento de diferentes tipos de muestras para su determinación analítica:
  - Sedimentos de corriente. Este depósito representa una mezcla y un promedio de los materiales superficiales de la cuenca de drenaje y por tanto ser susceptibles de suministrar una información geoquímica de validez para hacer una estimación de los contenidos geoquímicos en los suelos erosionados en dicha cuenca.
  - Sedimentos de llanura de inundación. Los resultados analíticos de estos materiales serán utilizados para comparar los contenidos geoquímicos naturales de los sedimentos afectados por la actividad humana. Para ello se tomarán muestras a 2 profundidades en el mismo punto para su comparación geoquímica de las concentraciones de elementos en sedimentos.
  - Muestras de suelo edáfico. Suministrarán información preliminar acerca de los fondos geoquímicos actuales y de los niveles de concentración de elementos químicos que sobrepasen los umbrales que indiquen presencia de contaminantes. Se tomará en dos profundidades.

Los elementos a analizar dependerán del dominio geoquímico de la litología de cada zona y de la composición química de los posibles focos contaminantes del entorno, tomando como indicación los siguientes elementos: Au, As, Ba, Ca, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Hg, Ir, La, Lu, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sn, Ta, Th, U, W, Yb, Ag, Al, Be, Bi, Cd, Cu, K, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sr, Tb, Ti, V, Y, Zn y S.

- ✓ Análisis y tratamiento estadístico. Se llevará a cabo un estudio estadístico de las determinaciones analíticas procedentes de la zona. Comprenderá los siguientes tipos de análisis y tratamiento:
  - Univariante. Consistirá en el cálculo de los parámetros estadísticos descriptivos de las poblaciones elemento a elemento y los gráficos descriptivos de distribución de los contenidos de cada elemento. Con ello se caracterizará las formaciones geológicas aflorantes y se determinará la existencia de anomalías geoquímicas desde el punto de vista de la prospección minera.
  - Bivariante. Permitirá conocer las relaciones entre cada elemento y los analizados en diferentes medios de muestreo.
  - Multivariante. Se realizará un análisis inicial de los componentes principales con el fin de eliminar valores atípicos y así obtener series de clases geoquímicas cercanas a los dominios geoquímicos existentes en la zona. Posteriormente se agrupará las muestras de suelos y sedimentos en clases geoquímicas mediante el análisis de conglomerados mediante el método K-means.

Como resultado se obtendrán los valores de fondo geoquímico para cada clase y elemento analizado, así como de los umbrales de anomalía de cada elemento.

- ✓ Elaboración de mapas de distribución de contenidos geoquímicos. Consistirá en la representación, sobre la base cartográfica geológica y mediante contornos, de la distribución espacial de los contenidos de cada elemento procedentes del tratamiento univariante de las muestras de sedimentos de corriente, suelos y roca.
- ✓ Análisis del origen y datación de la contaminación. Consistirá en la comparación entre los contenidos de metales en los niveles de base y techo de los sedimentos de llanura de inundación y su comparación con los resultados analíticos en los sedimentos de corriente asociados para la aplicación de este método se tendrá que llevar a cabo el relevamiento de diferentes tipos de muestras para su determinación analítica.

### **7.3.2 Determinación de la línea de base ambiental geoquímica. Criterios geológicos**

La definición de la línea de base ambiental geoquímica a partir de los factores geológicos de una población implicará:

- ✓ Toma de muestras. Se llevará a cabo un muestreo estratificado aleatorio en suelos asociados a niveles litológicos geoquimicamente homogéneos. Las unidades de muestreo o estratos a considerar son:
  - Rocas graníticas (incluyen granitos en sentido estricto, ortogneises y materiales sedimentarios coluviales en áreas de litología granítica).

- Rocas básicas (incluyen rocas de carácter ígneo, como los gabros y otras metabásicas de facies anfibolita, gneises básicos, eclogitas y granulitas).
- Rocas ultrabásicas (incluyen rocas ígneas ultrabásicas con diferentes grados de serpentización).
- Pizarras, esquistos, rocas cuarcíticas (incluyen areniscas ortocuarcíticas, diques de cuarzo y cuarcitas).

Los elementos a analizar dependerán del dominio geoquímico de la litología de la zona y de la composición química de los posibles focos contaminantes del entorno, tomando como indicación los siguientes elementos: Au, As, Ba, Ca, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Hg, Ir, La, Lu, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sn, Ta, Th, U, W, Yb, Ag, Al, Be, Bi, Cd, Cu, K, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sr, Tb, Ti, V, Y, Zn y S.

- ✓ Análisis y tratamiento estadístico. Consistirá en:
  - Obtención de estadísticos descriptivos.
  - Eliminación de datos atípicos mediante el cálculo de la distancia de Mahalanobis.
- ✓ Determinación de los valores de línea de base ambiental mediante la formulación recomendada por la Diputación General de Aragón (DIPUTACIÓN GENERAL DE ARAGÓN, 1998).
- ✓ Determinación de los valores de referencia mediante la formulación de recomendada por la Diputación General de Aragón (DIPUTACIÓN GENERAL DE ARAGÓN, 1998).

### **7.3.3 Determinación de la línea de base ambiental, valores criterio y umbral de las aguas subterráneas**

Dentro de esta área temática también se llevará a cabo un estudio hidrogeoquímico de las aguas subterráneas para la definición del nivel de fondo de las aguas subterráneas, tomando como base los sistemas acuíferos de relevancia existentes en la zona, ya sea por su extensión o alguna otra razón estratégica (uso del agua, servicio ambiental que presta, etc.). Esta tarea conllevará la realización de las siguientes actividades:

- ✓ Toma de muestras de agua. En el área temática de Hidrología se tiene previsto la toma de muestras durante la elaboración del inventario de puntos de agua.

Hay que considerar que la metodología que se propone se basa en el establecimiento de los niveles de fondo naturales (sin afección antrópica), por lo que se procurará no tomar muestra en captaciones cercanas a posibles fuentes de contaminación.

Para el establecimiento de los niveles de fondo será necesario disponer de un registro analítico representativo para cada uno de los parámetros físico-químicos y especies químicas a considerar. Los parámetros físico-químicos a

tener en cuenta serán al menos el pH y la conductividad eléctrica. Las especies químicas a analizar dependerán de la composición hidrogeoquímica de las aguas, del dominio geoquímico de la litología de la zona y de la composición química de los posibles focos contaminantes del entorno, tomando como indicación los siguientes elementos: Al, Cr, Cu, Zn, As, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, Cd, Cl, Hg, Pb, SO<sub>4</sub>, Na, K, Ca, Mg, HCO<sub>3</sub>, B, Fe, Mn, Sr, Ni, F y Sb.

- ✓ Análisis y tratamiento estadístico. Se llevará a cabo un estudio estadístico de los datos en base a percentiles, y no a valores medios, con el fin de evitar sesgos derivados de la presencia de valores extremos.
- ✓ Definición de la línea de base ambiental hidrogeoquímica. En base a los percentiles de la muestra poblacional se determinara los valores naturales de fondo de cada sistema acuífero siguiendo los siguientes criterios:
  - Utilizar el valor del percentil 90 para un número de muestras <60 o no se hayan podido excluir los datos influenciados por impactos antrópicos.
  - Utilizar el valor del percentil 97,7 para un número de muestras >60 o se tenga la certeza de que los datos no están influenciados por impactos antrópicos.
  - Utilizar el percentil 90 sobre los resultados obtenidos por otros países para el mismo tipo de acuífero en los casos de que no se disponga de información.
- ✓ Establecimiento de valores criterio o estándares de calidad de referencia. Los criterios a considerar para su definición son:
  - Criterios medioambientales: valores umbral cuyo fin es la protección de las masas de agua subterránea frente a la salinización u otras intrusiones y de los ecosistemas acuáticos asociados, se considerará como valores criterio los valores de concentraciones máximas establecidas en el Anexo IV de la Ley 24585 de la Protección Ambiental para la Actividad Minera para los diferentes usos establecidos en la misma.
  - Criterios de uso: valores umbral cuyo fin es la protección de las zonas protegidas para la captación de agua potable u otros usos legítimos de las aguas subterráneas: cultivos, regadío, industria, etc. En el caso del abastecimiento de agua potable, deberán considerarse las normas de calidad de las aguas para consumo humano, en el caso de la Nación Argentina sería el Código Alimentario Argentino. Para otros usos como regadíos e industria se recomienda un enfoque caso por caso. Solamente deberán tenerse en cuenta los usos localizados en una porción significativa de la masa de agua subterránea en relación a la superficie total o al volumen total de la misma.
- ✓ Establecimiento de valores umbral. Una vez identificados los distintos valores criterios, se establecerá el valor umbral (VU) utilizando una comparación entre los niveles de fondo (NF) y el valor criterio (VC) más restrictivo. Cuando se

comparen los niveles de fondo con los valores criterio, podrán presentarse dos casuísticas:

- Caso 1: Nivel de fondo natural de las aguas subterráneas mayor o igual al valor criterio más restrictivo. En ese caso el valor umbral será igual al nivel de fondo:

$$VU = NF$$

- Caso 2: nivel de fondo menor que el más restrictivo de los valores criterio establecido por la legislación. En ese caso, el valor umbral será la media aritmética entre los dos:

$$VU = (VC + NF) / 2$$

## 7.4 RESULTADOS

Como resultados finales esperables del estudio de geoquímica ambiental se contempla:

- ✓ Línea base ambiental o fondos geoquímicos actuales y valores de referencia para cada elementos por particiones geoquímicas o según criterios geológicos.
- ✓ Mapas de distribución de contenidos geoquímicos, dirigido a la clasificación de las diferentes áreas del territorio, en función de sus características geológicas, metalogénicas y geoquímicas.
- ✓ Aproximación al estado ambiental de la zona a partir de los resultados de llanuras de inundación, incluyendo posible origen (geogénico antropogénico) y datación de la contaminación.
- ✓ Línea base ambiental o fondos hidrogeoquímicos actuales y valores umbral para aguas subterráneas por litologías acuíferas.

## 7.5 ENTREGABLES

En la Tabla III 7.1 se resumen los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.7.1. Entregables del área de geoquímica ambiental.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 2.6 del Capítulo II.
Línea de base ambiental geoquímica	Geodatabase (BD)	- Informe final - EGA	- Tablas de resultados por elemento incluida en la memoria..
	Geodatabase (FC)	- Informe final - EGA	- Mapas por elemento incluidos como figuras dentro de la memoria.
Niveles de referencia geoquímicos	Geodatabase (BD)	- Informe final - EGA	- Tablas de resultados por elemento incluida en la memoria..
	Geodatabase (FC)	- Informe final - EGA	- Mapas por elemento incluidos como figuras dentro de la memoria.

Línea de base ambiental hidrogeoquímica	Geodatabase (BD)	- Informe final - EGA	- Tablas de resultados por elemento incluida en la memoria..
	Geodatabase (FC)	- Informe final - EGA	- Mapas por elemento incluidos como figuras dentro de la memoria.
Niveles umbral para las aguas subterráneas	Geodatabase (BD)	- Informe final - EGA	- Tablas de resultados por elemento incluida en la memoria..
	Geodatabase (FC)	- Informe final - EGA	- Mapas por elemento incluidos como figuras dentro de la memoria.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información.

## 7.6 BIBLIOGRAFÍA

DIPUTACIÓN GENERAL DE ARAGÓN, 1998. Determinación de los Niveles de Fondo de metales pesados en los suelos de Aragón. Dirección General de Calidad Ambiental de la Diputación General de Aragón.

MAGyP, 2012. Código Alimentario Argentino. Capítulo XII. Artículos: 982 al 1079 - Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificadas. - Actualizado al 10/2012. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

República Argentina. Ley Nº 24585 Actividad Minera – Impacto Ambiental. Ley de la Protección Ambiental para la Actividad Minera.

## 8 HIDROLOGÍA

Según el Glosario Internacional de la UNESCO (UNESCO, 2012), se entiende el término hidrología, como la ciencia que estudia las aguas superficiales y subterráneas de la Tierra, su aparición, circulación y distribución, tanto en el tiempo como en el espacio, sus propiedades biológicas, químicas y físicas, y sus reacciones con el entorno, incluida su relación con los seres vivos.

### 8.1 INTRODUCCIÓN

El agua, de una manera u otra, interviene en la mayoría de las actividades humanas, así como en la sostenibilidad ecológica de los ecosistemas, convirtiéndose en un factor determinante para la organización del territorio.

El agua se encuentra estrechamente relacionada con la mayor parte de los elementos del medio ya que juega un papel fundamental en el clima de una zona, es parte integrante del suelo y de la vegetación, condiciona la existencia de vida, y a través del ciclo hidrológico, pasa por todos los elementos de la biosfera y vuelve a la atmósfera. Asimismo, la localización de las masas de agua –entendiendo como tal una unidad hidrológica diferenciada claramente de otras (UNESCO, 2012)–, las formas de las cuencas hidrológicas y la calidad del agua, dependen muy directamente de la topografía, la geología de los terrenos, las pendientes, la exposición, la actividad humana, etc., y éstas, a su vez, se ven influidas por aquéllas. El agua es también un elemento fundamental para la movilización y transporte de sustancias contaminantes, sean éstas de origen natural o antropogénico.

La descripción de las características hidrológicas e hidrogeológicas de un territorio (tipos de masas de agua superficial y subterránea, cómo se distribuye el agua, su calidad y cantidad, cómo es la red de drenaje, etc.) proporciona la información necesaria para poder establecer una clasificación de dicho recurso conforme a criterios de disponibilidad.

Por todo ello, el análisis de la Hidrología es una parte fundamental de cualquier Estudio Geoambiental, ya que a través de éste podremos evaluar su estado (cuantitativo y cualitativo) y adoptar las medidas de prevención necesarias para evitar los efectos negativos de determinadas actuaciones humanas, que a corto, medio, o largo plazo, puedan limitar la disponibilidad futura de agua en cantidad y con la calidad adecuadas, tanto para el hombre como para todos los ecosistemas dependientes de ella.

### 8.2 OBJETIVOS

Los objetivos específicos demandados por el EGA para esta disciplina geoambiental son:

- ✓ Identificar, delimitar y caracterizar las masas de agua superficial y subterránea presentes en zona de estudio.

- ✓ Evaluar el estado actual de los diferentes masas de agua identificadas, a partir de su estado cuantitativo y cualitativo.
- ✓ Elaborar los mapas del estado de las aguas superficiales y subterráneas.

Esta información servirá de base para la posterior elaboración de los “Mapas de Valor” que permitan valorar proyectos preliminares de viabilidad minera, urbanística, industrial o de cualquier otro tipo, evaluando las posibles repercusiones que cada actividad puede tener sobre el estado de los recursos hidrológicos.

### 8.3 CONTENIDO Y ALCANCE

Atendiendo a los objetivos anteriormente planteados, el estudio de la hidrología de un territorio en el ámbito del EGA exige llevar a cabo las siguientes actividades.

#### 8.3.1 Caracterización de las aguas superficiales

Con el fin de conocer la configuración de las aguas superficiales, sus propiedades y su función dentro del territorio, se llevará a cabo un estudio de caracterización de las mismas consistente en:

- ✓ Un encuadre de la red hidrográfica de la zona a escala regional, incluyendo:
  - Delimitación y descripción fisiográfica de cuencas y subcuencas (red de drenaje), incluyendo sus características morfométricas (superficie, perímetro, pendiente media, cota mínima y máxima, largo de la cuenca, longitud. total de los cauces, relación de elongación, factor de forma, índice de Gravelius, densidad de drenaje, rugosidad de la cuenca e índice de Melton).
  - Identificación y delimitación de las principales masas de agua superficial presentes en la zona.
- ✓ Un inventario de estaciones de aforos asociado a cada masa de agua superficial, incluyendo:
  - Origen de los datos (fuentes de información).
  - Situación de estaciones de aforos y características principales (código de identificación, río y cuenca a la que pertenece, periodo de registro y superficie de drenaje).
  - Caudales registrados.
- ✓ Un inventario de masas de agua masa de agua superficial, incluyendo datos de gabinete y procedentes de campañas de campo respecto a:
  - Ubicación de la masa de agua y/o del punto de control.
  - Tipo de masa superficial (ríos, lagos, aguas de transición, aguas costeras y masa de aguas superficiales o muy modificadas).
  - Características principales y uso.

- Hidrometría.
- Determinaciones físico-químicas, químicas e isotópicas, y clasificación de las facies hidrogeoquímicas de las aguas.
- Estado ecológico de las aguas y fuentes de contaminación identificadas en campo.
- ✓ Un análisis de las masas de agua superficial (límites geográficos, geológicos e hidrológicos, caudales o niveles, régimen de flujo, facies hidroquímicas y usos de agua).
- ✓ La elaboración de un mapa de la red hidrográfica (a escala 1:100.000) con la distribución de las masas de agua superficial identificadas, incluyendo:
  - Situación de estaciones de aforo y puntos de control de calidad de las aguas superficiales.
  - Mapas auxiliares que se consideren relevantes (fases hidroquímicas, diagramas de Stiff, isoconcentraciones de determinados elementos, etc.).

### **8.3.2 Caracterización de las aguas subterráneas**

Consistirá en conocer las masas de agua subterránea existentes en la zona de estudio, sus propiedades hidráulicas y hidrogeoquímicas, modelos de funcionamiento hidrogeológico e interacciones con otros elementos de medio (aguas superficiales, ecosistemas y actividad antrópica). Para ello se llevará a cabo un estudio de caracterización de las mismas consistente en la realización de:

- ✓ Un encuadre hidrogeológico regional del área de estudio, incluyendo:
  - Identificación y delimitación de las principales masas de agua subterránea (o sistemas acuíferos) presentes en la zona.
  - Características principales de las masas de agua identificadas (formación geológica, litología y/o geofoma asociada y usos principales del agua).
  - Modelo de funcionamiento hidrogeológico a escala regional.
- ✓ Un inventario de puntos de agua subterránea asociado a cada masa de agua subterránea, incluyendo:
  - Origen de los datos (fuentes de información y campañas de campo).
  - Ubicación y descripción de los puntos de observación y muestreo, incluyendo; datos constructivos (tipo de captación, diámetro, profundidad, tipo de revestimiento, posición de los tramos filtrantes, etc.); datos geológicos (perfil geológico de los materiales atravesados por la captación, litología, estratigrafía y composición mineralógica); y datos hidrogeológicos (posición del nivel del agua, caudal extraído, descensos medidos, determinaciones: físico-químicas, químicas y isotópicas, usos del agua y parámetros hidráulicos).

- ✓ Un análisis de las distintas masas de agua subterránea identificadas, incluyendo (en los casos que se tenga información suficiente):
  - Unidades hidrogeológicas incluidas en cada masa de agua subterránea y características de dichas formaciones (extensión, límites, litología asociada, espesor, parámetros hidráulicos, piezometría, facies hidroquímicas, balance hídrico, funcionamiento hidrogeológico, áreas de recarga y descarga, direcciones de flujo, relación con las aguas superficiales, usos del agua y fuentes de contaminación identificadas en campo).
- ✓ Determinación de la vulnerabilidad de los principales acuíferos presentes en la zona frente a la contaminación. Para ello se utilizará el método GOD (ver “*Guía Metodológica para la Elaboración de los Estudios Geoambientales*”), ya que se trata de un sistema empírico que permite llevar a cabo una rápida evaluación de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de los acuíferos partiendo de poco información, ya que básicamente tiene en consideración la tipología de la formación de acuífera, la litología y características de la zona no saturada, y la profundidad del agua medida desde la superficie.
- ✓ La elaboración de un mapa hidrogeológico (a escala 1:100.000) con la distribución de las masas de agua subterráneas, incluyendo:
  - Cortes hidrogeológicos representativos de las distintas masas de agua subterránea identificadas en la zona.
  - Mapas auxiliares de; litopermeabilidad, vulnerabilidad de las aguas subterráneas, isoconductividades, facies hidroquímicas, diagramas de Stiff, isoconcentraciones de elementos relevantes, etc.

### **8.3.3 Evaluación del estado de los recursos hídricos**

Una vez identificadas, delimitadas y caracterizadas las distintas masas de agua superficial y subterránea se procederá a la evaluación de su estado, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, con el fin de determinar su estado global. Para ello se contempla la realización de las siguientes actividades:

- ✓ La evaluación del estado global de las aguas superficiales se realizará mediante la combinación de su estado ecológico y su estado químico.
  - El estado ecológico vendrá determinado por las propiedades fisicoquímicas de la masa de agua (índice ISQA).
  - El estado químico se determinará tomando como referencia las concentraciones máximas admisibles establecidas por el CAA para cada elemento en función del uso especificado.
- ✓ La evaluación del estado global de las aguas subterráneas se llevará a cabo mediante la combinación de su estado cuantitativo y su estado químico.

- El estado cuantitativo se obtendrá teniendo en cuenta el volumen de extracciones, el recurso disponible, las necesidades de mantenimiento del régimen de caudales ecológicos en los ríos de la zona, la existencia de ecosistemas terrestres asociados a las masas de agua subterránea, y los efectos negativos causados por la intrusión marina.
- El estado químico se determinará, de manera general, tomando como referencia las concentraciones máximas establecidas en el Anexo IV de la Ley 24585 de la Protección Ambiental para la Actividad Minera y la en Capítulo XII del Código Alimentario Argentino (CAA). Sin embargo, en aquellas masas de agua en las que se establezcan los Valores Umbral (VU), serán dichos valores de referencia los que permitirán determinar el estado químico de las masas de agua subterránea.

La metodología para la evaluación de los recursos hídricos se encuentra explicada detalladamente en la *“Guía Metodológica para la Elaboración de los Estudios Geoambientales”*.

## 8.4 RESULTADOS

Como resultados finales esperables del estudio de recursos hídricos se contemplan:

En relación con las Aguas Superficiales:

- ✓ Descripción de la red hidrográfica de la zona a escala regional. Servirá como marco hidrográfico de ubicación del área de estudio dentro de la memoria de documentación del EGA y en su caso, también para de los diferentes estudios específicos de cada una de las áreas temáticas que lo requieran.
- ✓ Inventario de estaciones de aforos y puntos de control de la red hidrográfica asociados a cada masa de agua superficial.
- ✓ Descripción de las distintas masas de agua superficial identificadas en la zona de estudio incluyendo sus características principales (hidrometría o batimetría, régimen de flujo, hidroquímica, servicios que presta, usos, etc.) y el estado global de las aguas.
- ✓ Mapas de la red hidrográfica y la distribución de masas de agua superficial a escala 1:100.000 de la zona de estudio, incluyendo estaciones de aforo y puntos de control de calidad de las aguas superficiales. Cabe mencionar que para el EGA; no es necesario que este mapa sea realizado en formato editable en papel (aunque podrá adjuntarse como tal al informe final del estudio hidrológico). En este sentido, bastará con la actualización de la capa de información del SIGAM que recoge la red hidrográfica de la zona, añadiendo a dicha capa los polígonos que definan las masas de agua superficial identificadas.
- ✓ Mapas auxiliares como apoyo al informe de documentación del estudio: hidrometría, medidas físico-químicas, concentraciones de los elementos más

relevantes y facies hidroquímicas, etc. Estos mapas se incluirán como figuras en la memoria y su incorporación al estudio dependerá del interés de cada proyecto.

- ✓ Mapa del estado de las aguas superficiales.

En relación con las Aguas Subterráneas:

- ✓ Descripción hidrogeología de la zona a escala regional. Servirá como marco hidrogeológico de ubicación del área de estudio dentro de la memoria de documentación del EGA y en su caso, también para de los diferentes estudios específicos de cada una de las áreas temáticas que lo requieran.
- ✓ Inventario de puntos de agua subterránea y puntos de control asociados a cada masa de agua subterránea.
- ✓ Descripción de las distintas masas de agua subterránea identificadas, incluyendo sus características principales (distribución geográfica, geología asociada, parámetros hidráulicos, hidroquímica, modelo de funcionamiento, servicios que presta, usos, etc.) y estado global de las aguas.
- ✓ Mapa hidrogeológico a escala 1:100.000 de la zona de estudio, incluyendo cortes hidrogeológicos representativos de las distintas masas de agua subterránea identificadas en la zona. Cabe mencionar que para el EGA; no es necesario que este mapa sea realizado en formato editable en papel (aunque podrá adjuntarse como tal al informe final del estudio de Hidrología). En este sentido, bastará con la actualización de la capa de información del SIGAM que recoge las unidades hidrogeológicas de la zona, añadiendo a dicha capa los polígonos que definan las masas de agua subterráneas identificadas.
- ✓ Mapas auxiliares como apoyo al informe de documentación del estudio: litopermeabilidad, piezometría, medidas físico-químicas, concentraciones de los elementos más relevantes, facies hidroquímicas, diagramas de Stiff, etc. Estos mapas se incluirán como figuras en la memoria y su incorporación al estudio dependerá del interés de cada proyecto.
- ✓ Mapa del estado de las aguas subterráneas.

## 8.5 ENTREGABLES

En la Tabla III.8.1 se resumen los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.8.1. Entregables del área de Hidrología.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 4.1.2 del Capítulo II
Inventario de masas de agua superficial	Geodatabase (BD)	- Informe final - AT <sup>(1)</sup> - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.

Mapas de la red hidrográfica y distribución de masas de agua superficial	Mapa	- Informe final	- Incluir variables según interés del proyecto.
	Geodatabase (FC)	- AT <sup>(1)</sup> - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa del estado de las aguas superficiales	Mapa	- Informe final - EGA	- Clasificación del estado de las aguas superficiales.
	Geodatabase (FC)	- EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Inventario de masas de agua subterránea	Geodatabase (BD)	- Informe final - AT <sup>(2)</sup> - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa hidrogeológico	Mapa	- Informe final	- A adjuntar al Informe final.
	Geodatabase (FC)	- AT <sup>(2)</sup> - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa del estado de las aguas subterráneas.	Mapa	- Informe final - EGA	- Clasificación del estado de las aguas subterráneas.
	Geodatabase (FC)	- EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa de vulnerabilidad de las aguas subterráneas	Geodatabase (FC)	- Informe final. - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información. AT= Área temática.

(1).- Información necesaria para las áreas temáticas de: Geomorfología, Peligrosidad Geológica, Vegetación y Fauna, Geoquímica Ambiental y Socioeconomía.

(2).- Información necesaria para las áreas temáticas de: Peligrosidad Geológica, Aptitud geotécnica del terreno. Geoquímica Ambiental y Socioeconomía.

## 8.6 BIBLIOGRAFÍA

MAGyP, 2012. Código Alimentario Argentino. Capítulo XII. Artículos: 982 al 1079 - Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificadas. - Actualizado al 10/2012. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

República Argentina. Ley N° 24585 Actividad Minera – Impacto Ambiental. Ley de la Protección Ambiental para la Actividad Minera.

UNESCO, 2012. Glosario Hidrológico Internacional. Editado por el World Meteorological Organization (WMO) y las United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 2012

## 9 APTITUD GEOTÉCNICA DEL TERRENO

### 9.1 INTRODUCCIÓN

Las necesidades impuestas por el desarrollo de los países ha impulsado la ejecución de las cartas geotécnicas como una base fundamental para la planificación de los distintos proyectos necesarios para cumplir con cualquier programa racional de desarrollo, especialmente cuando se trata de regiones nuevas o si se trata de regiones ya explotadas, cuando es necesario eliminar anomalías o efectuar cambios como consecuencia de nuevas necesidades.

La geotecnia es la rama de la geología que estudia las características del terreno desde el punto de sus característica geomecánicas. El conocimiento sobre la idoneidad de los suelos y rocas existentes en una zona para la edificación o la construcción de infraestructuras (carreteras, ferrocarriles, presas, redes eléctricas, industrias, etc.) constituye una información muy valiosa para la gestión del desarrollo socioeconómico de un territorio.

La información que proporcionan este tipo de estudios, junto a los de peligrosidad geológica y otras áreas temáticas –como son los de caracterización biológica o socioeconómica–, pueden ser de gran interés para la los Planes de Ordenación del Territorio, previniendo posibles desastres con graves consecuencias medioambientales, socioeconómicas y humanas. En este sentido, el estudio de la aptitud geotécnica de los terrenos dentro del EGA suministra información relevante para el crecimiento socioeconómico de una región, tanto desde el punto de vista de la edificación, construcción de infraestructuras y el desarrollo actividades industriales como la minería, como de la identificación de potenciales zonas de peligro geológico.

### 9.2 OBJETIVOS

Los objetivos específicos demandados por el EGA para esta disciplina geoambiental son:

- ✓ Identificar y caracterizar los distintos tipos de terrenos presentes en la zona de estudio, clasificándolos desde el punto de vista de su idoneidad para la edificación, construcción de infraestructuras y el desarrollo de la actividad humana como el aprovechamiento de los recursos mineros.
- ✓ Elaborar un mapa de clasificación de la aptitud geotécnica de los terrenos de la zona de estudio.

Esta información servirá de base para determinar zonas de exclusividad o de aprovechamiento restrictivo para la explotación de los recursos minerales dentro de la elaboración de Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental en los EGAs, así como fuente de información para el estudio de la estabilidad de los terrenos dentro del área temática de Peligrosidad Geológica.

### 9.3 CONTENIDO Y ALCANCE

Atendiendo a los objetivos anteriormente planteados, al no ser el conocimiento de las características geotécnicas de los terrenos un aspecto clave para el conocimiento ambiental del medio, el estudio que se plantea llevar a cabo en el ámbito del EGA, consistirá en realizar una clasificación cualitativa de la idoneidad de los mismos para el desarrollo de explotaciones mineras o las construcción de infraestructuras y edificaciones. Para ello se ha basado elegido como base la metodología del IGME para la elaboración de las series cartográficas geotécnicas (IGME, 1972 y 1976), la cual se encuentra descrita con mayor detalle en la *Guía Metodológica de Elaboración de Estudios Geoambientales*.

Esta metodología conlleva el análisis y evaluación del territorio desde el punto de vista de diferentes áreas temáticas o disciplinas geocientíficas:

- ✓ Geología y Litología. Entendiendo la litología como la rama de la geología que estudia las características físicas y químicas de las rocas, incluyendo las propiedades geomecánicas de las mismas.
- ✓ Geomorfología.
- ✓ Neotectónica.
- ✓ Peligrosidad Geológica.
- ✓ Hidrología.

Dentro de este grupo de tareas se contempla la elaboración de un Mapa Litológico. Para su elaboración, se tomará en cuenta las siguientes propuestas de la Normativa de la Carta de Peligrosidad Geológica a escala 1:250.000 del SEGEMAR:

- ✓ Se diferenciarán las litologías o agrupaciones litológicas que permita la escala de trabajo, siempre teniendo en cuenta que la información litológica del mapa será básica y general, no constituyendo la información principal. Por ello, en zonas de geología compleja se tenderá a que las unidades litológicas que se establezcan sean las menos posibles, sin que por ello dejen de reflejarse los diferentes tipos de materiales presentes.
- ✓ Se incorporará también al mapa información sobre grandes estructuras geológicas presentes en la zona (fallas, ejes de pliegues, etc) y sobre características estructurales de las formaciones en caso de que se mantengan constantes en grandes extensiones (representables a la escala del mapa) o en caso de que controlen de una forma importante alguno de los procesos cartografiados (por ejemplo en una zona los deslizamientos pueden estar controlados por los buzamientos, por la esquistosidad, etc.).

Una vez analizada toda esta información se elaborará un mapa a escala regional con la zonificación y clasificación cualitativa de la aptitud geotécnica de los terrenos existentes en la zona.

En el caso de ser posible se realizará una interpretación del comportamiento de los materiales frente a un cambio en su estado actual. Este cambio puede ser natural o antrópico. Dentro de los cambios naturales se pueden incluir los procesos geológicos como la erosión, la inundación, el anegamiento, los movimientos en masa, entre otros. En este caso se analizará a la litología como factor condicionante de esos procesos geológicos. En el ámbito de los cambios antrópicos se considerara realizar advertencias en los casos en que las características litológicas del terreno no permitan realizar una modificación de su uso. Algunos de ellos pueden estar asociados al ordenamiento territorial o a la actividad productiva.

Con esta información se podrá disponer de una cualificación geotécnica preliminar de los terrenos con el fin de valorar proyectos de viabilidad minera (método de explotación, localización de escombreras y balsas de concentrados, ubicación de infraestructuras de acceso y de procesamiento del mineral, técnicas constructivas a utilizar, etc.).

## 9.4 RESULTADOS

Como resultados finales esperables del estudio geotécnico se contemplan:

- ✓ Descripción de los distintos tipos de terrenos reconocidos en la zona de estudio desde el punto de vista de su idoneidad para el desarrollo de explotaciones mineras o para la construcción de infraestructuras y edificaciones, incluyendo:
  - Breve descripción de los criterios de clasificación utilizados.
  - Tabla resumen con las características de cada formación o unidad cartográfica establecida.
- ✓ Mapa Litológico a escala 1:100.000, incluyendo:
  - Zonificación espacial de las unidades cartográficas diferenciadas por sus características litológicas y condiciones geotécnicas.
  - Leyenda con referencia a las litologías reconocidas y a las unidades cartográficas establecidas, incluyendo las principales características geotécnicas en cada unidad.
- ✓ Mapa de Aptitud Geotécnica del Terreno a escala 1:100.000, incluyendo:
  - Clasificación de la aptitud geotécnica del territorio según su zonificación cartográfica de evaluación.
  - Leyenda con la clasificación de la aptitud geotécnica del terreno, incluyendo los criterios de descripción utilizados.
  - Esquemas de situación a escala regional (esquema estructural, litológico, geomorfológico, etc.).

## 9.5 ENTREGABLES

En la Tabla III.9.1 se resumen los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.9.1. Entregables del área de Aptitud geotécnica del terreno.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 2.6 del Capítulo II.
Mapa Litológico	Mapa	- Informe final	- A adjuntar al Informe final.
	Geodatabase (FC)	- AT <sup>(1)</sup> - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa de Aptitud Geotécnica del Terreno, incluyendo mapas auxiliares	Mapa	- Informe final	- A adjuntar al Informe final.
	Geodatabase (FC)	- EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información.

## 9.6 BIBLIOGRAFÍA

IGME, 1972. Mapa Geotécnico General. Hoja 5-6 (45) Madrid. Escala 1:200.000. Octubre. 1972.

IGME, 1976. Mapa Geotécnico de Ordenación Territorial y Urbana de la Subregión de Madrid. E: 1/100.000. Hoja 10-11.

## 10 EDAFOLOGÍA

### 10.1 INTRODUCCIÓN

El suelo es la capa sólida más extensa de la corteza terrestre y constituye un medio complejo, dinámico, de transición entre el aire, el agua y los seres vivos de la superficie, y la roca y el agua subyacente. Esta circunstancia hace que se encuentre muy expuesto a las actividades de origen antrópico y a procesos geológicos activos.

Por otro lado, el suelo suministra servicios de vital importancia para el medio ambiente como es la sustentación de los ecosistemas terrestres, la protección de las aguas subterráneas o la determinación del nivel de producción primaria (actividad agropecuaria). A su vez, se trata de un elemento frágil, muy sensible a su degradación y, por su complejidad, muy difícil de recuperar.

Es por ello que la razón de incluir un estudio edafológico en los EGA estriba en la necesidad del conocimiento del suelo de cara a su adecuada utilización, tanto para el logro del máximo aprovechamiento de los recursos naturales como para evitar deterioros irreversibles o la aparición de fenómenos perjudiciales para el medio natural o para las propias actividades humanas. En esta doble significación, positiva y negativa, de los estudios del medio físico, el conocimiento del suelo y, sobre todo, de sus características y su estado, juega un papel importante ya que éste es el soporte de las actividades del hombre sobre la superficie sólida del planeta.

### 10.2 OBJETIVOS

Los objetivos específicos demandados por el EGA para esta disciplina geoambiental son:

- ✓ Identificar, definir y clasificar los suelos de una región en base a su génesis, sus características (físicas y químicas) y sus cualidades físicas intrínsecas, y delimitar las áreas ocupadas por esos diferentes tipos de suelo.
- ✓ Evaluar la degradación física y química de los diferentes tipos de suelos.

### 10.3 CONTENIDO Y ALCANCE

Atendiendo a los objetivos anteriormente planteados, el estudio del suelo en el ámbito del EGA exige llevar a cabo las siguientes actividades:

#### 10.3.1 Delimitación de unidades cartográficas de suelos

Realmente la definición de las unidades territoriales para la caracterización y evaluación de estado del suelo estudio será realizada dentro del estudio geomorfológico (ver apartado 4.3.4 del Capítulo III). No obstante, uno de los criterios fundamentales para su delimitación es claramente edafológico. En este sentido, dentro de esta área temática se llevará a cabo una primera zonificación del territorio según el

tipo de suelos existentes con el fin de contribuir a la definición de las unidades territoriales homogéneas para el EGA.

### **10.3.2 Caracterización de los suelos**

Se elaborará un inventario para el estudio de las propiedades de cada tipo de suelo existente en la zona mediante la determinación de:

- ✓ Las características físicas del suelo:
  - Profundidad.
  - Porosidad.
  - Textura.
  - Estructura.
  - Pedregosidad y afloramientos pedregosos.
- ✓ Las características hídricas:
  - Capacidad de retención del agua.
  - Disponibilidad del agua para las plantas.
  - Régimen de humedad de suelos.

Esta información, además de contribuir a la clasificación del tipo de suelo, es de interés para su análisis en otras áreas temáticas, como puede ser la estimación de la recarga las masas de agua subterránea y de la vulnerabilidad intrínseca de las mismas (ver apartado 7.3.2 del Capítulo III). Asimismo, los datos de pedregosidad y la distribución de afloramientos rocosos, son utilizados como índices para la determinación del valor ambiental del medio en la elaboración de Mapas de Ordenación Minero-Ambiental (ver *Guía Metodológica de Elaboración de Estudios Geoambientales*).

- ✓ Características químicas de suelo:
  - Contenido en materia orgánica.
  - pH.
  - Contenido en CO<sub>3</sub>Ca.
  - Contenido en sales solubles.

Los parámetros de pH y contenido en CO<sub>3</sub>Ca son de gran relevancia para la evaluación de la vulnerabilidad de los suelos respecto a la capacidad neutralizadora de los mismos frente a la generación de drenajes ácidos, mientras que el contenido en materia orgánica y sales disueltas influye en su potencial uso para la producción agroalimentaria.

- ✓ Características biológicas. Aunque los seres vivos del suelo influyen significativamente en la calidad del mismo y en su capacidad de acogida frente a diferentes contaminantes (ya que estos organismos afectan a la estructura del suelo y por consiguiente, a la disponibilidad de agua y erosionabilidad del

suelo), no se tiene constancia de que el SEGEMAR realice este tipo de determinaciones.

En general, los indicadores para determinar la actividad biológica del suelo son:

- Indicadores de actividad microbiana (carbono de biomasa, respiración microbiana, Adenosín Trifosfato o ATP y cociente metabólico).
- Indicadores bioquímicos o actividad encimática.

### **10.3.3 Clasificación taxonómica de los suelos**

Se llevará a cabo la clasificación taxonómica de los suelos siguiendo la metodología del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014a y b), elaborando como resultado un Mapa de Suelos del territorio.

### **10.3.4 Evaluación de la degradación de los suelos**

Se determinará la calidad de los suelos, incluyendo la caracterización de su degradación física, química y biológica.

Esta actividad conllevaría la toma de muestras para compararlos con los niveles de referencia establecidos por el área de Geoquímica Ambiental y así poder conocer la degradación química de los suelos. La metodología para la evaluación de degradación de los suelos se detalla en la *Guía Metodológica de Elaboración de Estudios Geoambientales*.

La información procedente de esta actividad tendrá que ser tenida en consideración para la elaboración del inventario de impactos del estudio de la contaminación de origen antrópico y viceversa.

### **10.3.5 Determinación del Índice de Productividad**

El Índice de Productividad (IP) será utilizado fundamentalmente como un indicador más de evaluación del valor del medio durante la elaboración de los Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental (ver *Guía Metodológica de Elaboración de Estudios Geoambientales*), por lo que solamente se estimará en los casos en que sea necesario este tipo de cartografía. No obstante, esta evaluación suministra información relevante desde el punto de vista de la planificación territorial y usos de suelo, así como sobre la calidad de los suelos.

Este índice es un método de evaluación cuantitativo de tierras para usos agrarios con el propósito de predecir el comportamiento o aptitud de un suelo para su producción primaria según diferentes alternativas de uso. El índice contempla la mayor parte de factores que tienen mayor influencia sobre el resultado del uso de la tierra (climatología, fisiografía, y características físicas y químicas del suelo).

El valor de este parámetro se podrá obtener directamente de la base datos Geolnta y de la serie cartográfica de suelos del INTA. En las zonas donde no exista esta información se podrá determinar mediante la siguiente fórmula (NAKAMA y SOBRAL, 1987):

$$IP = H * D * Pef * Ta * Tb * Sa * Na * MO * T^E$$

Donde:

- H = Condición climática.
- D = Drenaje.
- Pef = Profundidad efectiva.
- Ta = Textura del horizonte superficial.
- Tb = Textura subsuperficial.
- Sa = Salinidad.
- Na = Alcalinidad.
- MO = Materia orgánica.
- T = Capacidad de intercambio catiónico.
- E = Erosión

Obteniéndose un índice numérico de productividad de la tierra por cada una de las unidades taxonómicas (IPt) existentes en la zona. Posteriormente, estos índices tendrán que ser ponderados por la superficie que ocupa cada taxón en las unidades territoriales de evaluación. En la *Guía Metodológica de Elaboración de Estudios Geoambientales* se describe con mayor detalle la metodología de estimación.

## 10.4 RESULTADOS

Como resultado final esperable del estudio edafológico se contempla:

- ✓ Inventario de suelos con la información relevada en gabinete y campo, incluyendo:
  - Ubicación y descripción de los puntos de observación y muestreo.
  - Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.
  - Clasificación taxonómica de los puntos de observación y muestreo.
  - Datos químicos relevados en gabinete y resultantes de las determinaciones químicas realizadas.
- ✓ Clasificación taxonómica de los suelos que ocupa el territorio y su distribución geográfica.
- ✓ Evaluación del estado de los suelos, describiendo su degradación física, química y biológica.
- ✓ Zonificación cartográfica del Índice de Producción Agraria de los suelos, si procede.

## 10.5 ENTREGABLES

En la Tabla III 10.1 se resume los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.10.1. Entregables del área de Edafología.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 2.6 del Capítulo II.
Inventario	Geodatabase (BD)	- Informe final - EGA	- A integrar en el SIGAM.
Mapa de puntos de muestreo	Geodatabase (FC)	- Informe final - EGA - AT Geoquímica	- Esquema a incluir en el informe final y EGA. - Capa de información para Geoquímica
Mapa de Tipos de Suelos	Mapa y Geodatabase (FC)	- Informe final - AT Geomorfología - EGA	- Clasificación taxonómica de suelos. - Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa de Índices de Productividad Agraria	Geodatabase (FC)	- Informe final - EGA	- Tipos suelos codificados según el índice de Productividad Agraria - Incluir en el informe final como figura.
Mapa del estado de los suelos	Mapa y Geodatabase (FC)	- Informe final - EGA	- Nivel de degradación de los suelos. - Actualización de FCs en el SIGAM.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información. AT= Área temática.

## 10.6 BIBLIOGRAFÍA

INTA. Cartográfica de suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

[www.inta.gov.ar/suelos/cartas/index.htm](http://www.inta.gov.ar/suelos/cartas/index.htm)

INTA. Visor GeoINTA.

<http://geointa.inta.gov.ar/visor/>

NAKAMA, V. y SOBRAL, RE. 1987. "Índices de Productividad. Método Paramétrico para Evaluación de Tierras". Centro de investigación de recursos naturales (CIRN). INTA.

USDA, 2014a. "Keys to soil taxonomy United States". United States. Department of Agriculture. 12ª edición.

USDA, 2014b. "Soil Survey Field and Laboratory Methods Manual". Soil Survey Investigations Report No. 51. United States Department of Agriculture. Version 2.

## 11 VEGETACIÓN Y FAUNA

### 11.1 INTRODUCCIÓN

La importancia y significado del estudio de la vegetación en el EGA, es relevante, si se tienen en cuenta, tanto el papel que desempeña éste elemento como asimilador básico de la energía solar, constituyéndose así en productor primario de gran parte de los ecosistemas, como también sus importantes relaciones con el resto de los ecosistemas y del medio ambiente: la vegetación es estabilizadora de pendientes, minimiza la erosión, influye en la calidad y cantidad de agua, mantiene microclimas locales, filtra la atmósfera, atenúa el ruido, es hábitat de especies animales, es riqueza paisajísticas y es productora de materias primas en industria y farmacia, entre otros.

Ya que cada comunidad vegetal es, a su vez, el resultado de la combinación de ciertas condiciones ambientales, se puede decir que éstas son representativas del ecosistema de que forman parte y así es posible reconocer los diferentes ecosistemas de un bioma por delimitación de las comunidades vegetales, constituyendo el hábitat de diferentes especies (animales, hongos, protozoos y moneras).

La caracterización de la ubicación espacial, estructura, composición florística, cobertura de las unidades de vegetación, riqueza y diversidad de especies vegetales y animales, puede abordarse desde un enfoque integrador utilizando conceptos y métricas de la ecología del paisaje. Este enfoque permite cuantificar patrones y procesos en un ecosistema y una asignación adicional en cuánto a los servicios ecosistémicos de los ambientes.

Dentro del marco del EGA, este enfoque implicará la definición preliminar de la composición del paisaje, distinguiendo la matriz o el elemento dominante que contiene los parches (unidad fisionómica estructural de vegetación) y a elementos lineales o corredores. Una vez definida la composición, se pasará a la evaluación posterior de la composición florística y faunística a escala de parches individuales.

### 11.2 OBJETIVOS

Los objetivos demandados por el EGA para esta disciplina geoambiental son:

- ✓ Caracterizar la composición del paisaje.
- ✓ Identificar las diferentes unidades fisionómicas de la vegetación presentes en la zona, su distribución y la abundancia de especies.
- ✓ Identificar los diferentes tipos de hábitats potenciales de fauna, su composición y la abundancia de especies.
- ✓ Evaluar el estado de conservación de la vegetación.

## 11.3 CONTENIDO Y ALCANCE

Atendiendo a los objetivos anteriormente planteados, el estudio de la Vegetación y Fauna en el ámbito del EGA exige llevar a cabo los siguientes grupos de actividades:

### 11.3.1 Caracterización de la composición y distribución espacial del paisaje:

Esta tarea implicará a su vez el desarrollo de las siguientes actividades:

- ✓ Identificación de la composición del paisaje diferenciando tipo de elementos presentes, su abundancia relativa y su disposición espacial. Esta tarea por tanto se enfoca en la identificación, a través de imágenes satelitales y SIG de la matriz o elemento dominante, parches o unidades homogéneas de vegetación, orillas de los parches y corredores o elementos lineales.

La identificación de los parches en base a criterios fisionómicos de vegetación servirá de base para la definición de unidades territoriales homogéneas para el EGA.

- ✓ Aplicación de métricas del paisaje a partir de análisis SIG para el análisis de conceptos como heterogeneidad, fragmentación y conectividad del paisaje.

Entre las variables a considerar se encuentran entre otras:

- Área total del paisaje (ha).
- Área de la clase de cobertura (ha).
- Número de parches.
- Tamaño promedio de parches (ha).
- Desviación estándar de tamaño de parches (ha).
- Borde total (m).
- Borde en relación con el área de paisaje (m/ ha).
- Borde promedio de parche (m/ha).
- Índice de forma promedio.
- Índice de forma promedio pesado/área.
- Índice de diversidad de Shannon y el índice de dominancia (a nivel de paisaje).

Éstos índices serán igualmente utilizados para la evaluación de la calidad visual paisajística de cara a su utilización para la elaboración del mapa de ordenación minero-ambiental.

### 11.3.2 Inventario de vegetación

Para cada uno de los parches identificados se llevará a cabo un muestreo y estimación de parámetros relacionados con la diversidad de la vegetación.

Esta tarea incluirá por tanto:

- ✓ Muestreo de vegetación en cada parche de cara a la medición de las expresiones fenotípicas de todos los elementos que la conforman tales como, árboles, palmeras, helechos arborescentes, arbustos, palmeras de porte arbustivo, epífitas, herbáceas en general y ETC.

- ✓ Estimación de parámetros a partir de los datos registrados en cada parche o unidad fisionómica. Entre ellos se encontrarán variables relacionadas con la abundancia, cobertura, diversidad y especies dominantes.

### **11.3.3 Caracterización de la fauna**

Consistirá en la identificación de hábitats críticos y la presencia de fauna protegida.

- ✓ Identificación de hábitat se hará sobre las unidades fisionómicas de vegetación. Éste contendrá todas las posibles unidades de vegetación que existen en el área de evaluación y por tanto todos los posibles tipos de hábitats que albergan las unidades de vegetación y en consecuencia las especies que viven allí.
- ✓ Muestreo de fauna para registrar cada especie observada o usando señales indirectas de su presencia, como son las huellas, excrementos, restos de pelo, restos de comida, alteración de la vegetación, sendas, madrigueras, excavaciones, etc.

### **11.3.4 Inventario de especies protegidas**

Incluirá aquellos recursos que tienen valor para el ser humano más allá de lo económico y productivo. Éste contemplará lugares o sitios que por su significación o singularidad desde el punto de vista de la naturaleza o la cultura (en sentido amplio) deberían ser preservados en su estado actual:

- ✓ Áreas Protegidas Nacionales (o Federales): la información provendrá de la Administración de Parques Nacionales (APN) y de la Secretaría de Medio Ambiente de la Nación.
- ✓ Reservas de la biosfera: la información provendrá de la UNESCO.
- ✓ Sitios de patrimonio mundial: la información provendrá de: la UNESCO, la Unión Internacional Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UCIN), el Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), etc..
- ✓ Sitios RAMSAR: la información provendrá de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (RAMSAR).
- ✓ Áreas protegidas por los Estados provinciales argentinos: la información provendrá de cada uno de los Gobiernos provinciales.

### **11.3.5 Estimación del estado de la vegetación**

Esta actividad estará encaminada en la documentación de la degradación sufrida por la vegetación de la zona. Esta tarea será abordada a partir de observaciones en campo y el uso de índices que permitan dar información sobre la posible pérdida de hábitats y la fragmentación por ser consideradas las principales amenazas que afectan a la diversidad biológica.

Igualmente se propone de forma opcional y a escala de paisaje, el uso del Índice diferencial normalizado de vegetación (NDVI), a partir de imágenes satelitales

aportadas por MODIS. Valores positivos indicarán que el NDVI es mayor de lo normal en este mes y lugar mientras que valores negativos indicarán que el NDVI es menor a lo esperado normalmente. Las anomalías del NDVI para Argentina podrán ser consultadas en la página de la FAO:

<http://www.fao.org/giews/earthobservation/country/index.jsp?lang=es&code=ARG>

### 11.3.6 Elaboración de Mapas

Como uno de los productos finales del estudio de esta área temática se elaborara, a escala 1:100.000, un Mapa de Unidades Fisionómicas Estructurales de Vegetación y un Mapa de Distribución Potencial para la Fauna.

El contenido y alcance de estos mapas son los mismos que los elaborados en la serie cartográfica de la Línea de Base Ambiental a escala 1:250.000 que edita el SEGEMAR.

## 11.4 RESULTADOS

- ✓ Composición y distribución espacial del paisaje, incluyendo información sobre parches, corredores y orillas.
- ✓ Inventario de flora, incluyendo aspectos fisionómicos y composición florística de la vegetación.
- ✓ Inventario de fauna, incluyendo hábitats críticos y presencia de fauna protegida.
- ✓ Estado de la degradación de la vegetación a escala de paisaje y de parche.
- ✓ Mapa de Unidades Fisionómicas Estructurales de Vegetación, a escala 1:100.000, con la distribución de las especies representativas de la zona de estudio.
- ✓ Mapa de Distribución Potencial para la Fauna, a escala 1:100.000.

## 11.5 ENTREGABLES

En la Tabla III.11.1 se resumen los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.11.1. Entregables del área de Vegetación y Fauna.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 2.6 del Capítulo II.
Mapa Unidades Fisionómicas Estructurales de Vegetación	Mapa	- Informe final	- A adjuntar al Informe final.
	Geodatabase (FC)	- EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa de Distribución Potencial para la Fauna	Mapa	- Informe final	- A adjuntar al Informe final.
	Geodatabase (FC)	- EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.

Estado de degradación de la vegetación		- Informe final	- A adjuntar al Informe final.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información.

## 11.6 BIBLIOGRAFÍA

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

<http://www.fao.org/giews/earthobservation/country/index.jsp?code=ARG&lang=es>

Shannon, C. D. & Weaver, W., 1963. *"The mathematical theory of communication"*. Univ. Illinois Press, Urbana. 117 p.

## 12 SOCIOECONOMÍA

### 12.1 INTRODUCCIÓN

Los estudios geoambientales analizan la relación existente entre el medio físico y ecosistemas de un territorio y la sociedad. En este sentido, el estudio del medio socioeconómico dentro del EGA persigue conocer, por una parte, las características sociodemográficas, infraestructuras y estructura económica de un territorio, y por otra, qué actividades antropogénicas de riesgo para el medio ambiente se desarrollan en el mismo.

El estudio de la población y sus actividades (usos del suelo) proporcionan información de gran interés sobre el grado de desarrollo de una región desde el punto de vista de su planificación y ordenamiento territorial.

Por otro parte, la actividad humana es uno de los factores de mayor relevancia que contribuye a la modificación del medio, dando lugar, en la mayoría de los casos, a su degradación debido al uso del mismo.

### 12.2 OBJETIVOS

De lo anterior se deriva que, los objetivos específicos demandados por el EGA en esta disciplina geoambiental son:

- ✓ Elaboración de un diagnóstico general de las características demográficas sociales y económicas del territorio, así como la descripción y ubicación de las diferentes infraestructuras urbanas y del área de estudio.
- ✓ Identificación y descripción de los impactos derivados de la actividad antrópica actual y pretérita sobre el medio ambiente de la zona de estudio.
- ✓ Realización de un mapa de los usos del suelo predominantes en el área de estudio.

### 12.3 CONTENIDO Y ALCANCE

Atendiendo a los objetivos anteriormente planteados, el estudio de socioeconomía en el ámbito del EGA exige llevar a cabo las siguientes actividades:

#### 12.3.1 Infraestructura de servicios

Para una mejor comprensión, el contenido del inventario socioeconómico se subdividirá en varios apartados. Todos los inventarios que se exponen a continuación se elaborarán mediante fichas concisas (1 página) con información general del punto inventariado, fotografía y un esquema de situación. Todo ello facilitará la comprensión de la información que pretenden recopilar. Además los puntos inventariados y sus

bases de datos asociadas se volcarán a las distintas coberturas SIG que están presentes en el SIGAM.

- ✓ Infraestructura de transporte:
  - Red vial (autopista/ruta/camino/huella/otros).
  - Terminales de micros y autobuses.
  - Zonas de descanso en autovías.
  - Red ferroviaria.
  - Estaciones ferroviarias.
  - Puertos.
  - Aeropuertos.
  - Aeródromos.
  - Helipuertos.
  - Otros.
  
- ✓ Infraestructura energética:
  - Áreas Petroleras.
  - Oleoductos.
  - Gasoductos.
  - Líneas de alta y media tensión.
  - Estaciones transformadoras de energía.
  - Centrales nucleares.
  - Parques eólicos.
  - Antenas.
  - Mineraloductos.
  - Otros.
  
- ✓ Infraestructura de aguas:
  - Diques.
  - Acueductos.
  - Pozos de abastecimiento.
  - Red de riego.
  - Tomas de agua (zonas urbanas).
  - Plantas potabilizadoras (zonas urbanas).
  - Otros.

- ✓ Patrimonio cultural:
  - Patrimonio arqueológico.
  - Patrimonio histórico.
  - Patrimonio arquitectónico.
  - Sitios de interés cultural y artístico.
  - Sitios de patrimonio mundial.
  - Otros.
- ✓ Infraestructura social. Complementando a lo expuesto en los anteriores puntos, se procederá a realizar un inventario de:
  - Provisiones de agua potable, red cloacal, sistemas de eliminación o manejo de residuos.
  - Infraestructura educativa disponible, número y condiciones de los centros educativos.
  - Infraestructura de salud, hospitales, clínicas y puestos sanitarios, y capacidad de camas de los mismos.
  - Seguridad pública, fuerzas armadas, policía, cuerpo de bomberos, otros.
  - Áreas verdes e instalaciones recreativas, deportivas y turísticas.
- ✓ Inventario de las principales actividades industriales:
  - Instalación industrial.
  - Instalaciones extractivas activas (cantera, gravera, etc.).

### **12.3.2 Diagnóstico socioeconómico del área**

El análisis de las características socioeconómicas de la zona de estudio expuesto anteriormente, facilitará la descripción y análisis de dichas actividades. El diagnóstico socioeconómico seguirá el siguiente esquema:

- ✓ Descripción y diagnóstico de las actividades económicas; se identificarán las principales actividades productivas en el área y se determinará la población económicamente activa ocupada por rama productiva, categorías y niveles de empleo.
- ✓ Componente social; se determinará la tasa de crecimiento poblacional, densidad de población, número y tipo de viviendas disponibles, y tasas de ocupación.
- ✓ Características de la morbilidad y la mortalidad y sus posibles causas.
- ✓ Además, se identificarán procesos migratorios y las causas que los ocasionan.
- ✓ Si hay asentamientos de pueblos originarios.

- ✓ También conviene identificar programas y proyectos de contenido social existentes en la zona de estudio.
- ✓ Descripción e identificación de los recursos culturales conocidos en el área, incluyendo la ubicación de sitios arqueológicos o cualquier emplazamiento con un particular valor científico, cultural o religioso.

### **12.3.3 Mapa y síntesis de los usos de suelos**

A partir de la caracterización de las principales actividades sociales y económicas y del diagnóstico socioeconómico de la zona, se elaborará un mapa y una síntesis sobre los usos del suelo, para lo cual se requiere establecer un sistema de clasificación de los mismos según las tipologías que mejor reflejen sus circunstancias. La clasificación depende de la escala de la cartografía, por lo que algunos de los sistemas establecen varios niveles de clasificación. No hay una clasificación ideal de la cubierta y usos del suelo, sino que puede haber diferentes perspectivas en el proceso de clasificación que tiende a ser subjetivo en sí mismo. Dos ejemplos significativos son:

- ✓ Sistema de clasificación de usos del suelo y de la cubierta del suelo del U.S. Geological Survey (USGS).
- ✓ CORINE Land Cover.

En consonancia con lo expuesto anteriormente y teniendo como base el sistema de clasificación de usos del suelo Corine Land Cover europeo, se ha consensuado con el SEGEMAR una clasificación de usos de suelo que estaría compuesto de los siguientes apartados:

- ✓ Uso de áreas pobladas:
  - Urbano (urbano continuo).
  - Periurbano (urbano discontinuo).
  - Áreas verdes urbanas.
  - Áreas especiales.
  - Parajes rurales.
  - Pueblos originarios.
  - Otros usos urbanos.
- ✓ Uso industrial:
  - Área industrial difusa.
  - Parques industriales.
  - Agroindustrias.
  - Áreas de servicios.
  - Otros usos industriales.
- ✓ Uso turístico:

- Áreas recreativas.
- Zonas turísticas.
- Parques de recreación.
- Otros usos turísticos.
- ✓ Uso agrícola:
  - Agrícola de regadío.
  - Agrícola de secano.
  - Pasturas.
  - Cultivos frutihortícolas.
  - Cultivos mixtos.
  - Otros usos agrícolas.
- ✓ Uso ganadero:
  - Ganadero extensivo.
  - Ganadero intensivo.
  - Otros usos ganaderos.
- ✓ Uso forestal:
  - Forestal de perennifolios.
  - Forestal de caducifolios.
  - Forestal mixto.
  - Otros usos forestales.
- ✓ Uso extractivo minero:
  - Minero metalífero.
  - Minero no metalífero.
  - Rocas de aplicación.
  - Otros.
- ✓ Uso extractivo petrolero:
  - Petróleo.
  - Gas.
  - No convencional.
  - Otros.
- ✓ Usos mixtos:
  - Agroganadero.

- Silvopastoril.
- Granjas avícolas.
- Otros.

La síntesis asociada a este mapa de usos del suelo, describirá las actividades socioeconómicas en función de los apartados descritos anteriormente.

#### **12.3.4 Inventario de afectaciones al medio ambiente**

Se realizará un inventario -entendiéndose como tal, la recogida de información- y una caracterización de las afectaciones derivadas de la actividad antrópica actual y pretérita sobre el medio ambiente (medio físico, biológico y socioeconómico) de la zona de estudio, atendiendo en mayor medida a los impactos para la salud de las personas y para el medio ambiente relacionados con la actividad urbano/industrial, minero/energética y agroganadera. Respecto a los impactos derivados de las actividades de carácter minero, por su relevancia en el EGA se tratarán con mayor detalle en el apartado 15.3 del área temática de Impacto de la Actividad Minera.

Los aspectos comunes a contemplar para cada tipo de actividad serán:

- ✓ Descripción del potencial proceso de impacto, incluyendo: naturaleza de la fuente del impacto (detracciones y regulaciones de agua, fuentes de contaminación puntuales y difusas), tipo y peligrosidad de los elementos contaminantes, así como una estimación (en los casos que se pueda) de la cantidad vertida o detraída.
- ✓ Descripción del receptor afectado, incluyendo: naturaleza del medio perjudicado (suelo, agua, aire, salud humana y/o medio socioeconómico) y magnitud del mismo (intensidad y extensión).
- ✓ Esquemas de ubicación de los posibles focos de contaminación.

En este sentido existe ya una propuesta del SEGEMAR para la clasificación de usos del suelo en función del posible impacto ambiental es:

- ✓ Áreas de Potencial Impacto Ambiental (en adelante APIA) – urbano/industrial:
  - Zonas de disposición de RSU (controladas).
  - Basurales a cielo abierto.
  - Planta tratamiento de líquidos cloacales.
  - Puntos de descarga efluentes urbanos.
  - Cementerios.
  - Pasivos industriales.
  - Descargas de efluentes industriales.
  - Industrias peligrosas.
  - Gasolineras.

- Otras APIA urbano-industriales.
- ✓ APIA – Minero energético:
  - Escombreras.
  - Vertederos.
  - Áreas de explotación petrolera.
  - Subestaciones transformadoras de energía.
  - Otras APIA minero-energéticas.
- ✓ APIA – Agroganadero:
  - Zona de usos de agroquímicos.
  - Puntos de Almacenamiento de Agroquímicos.
  - FeedLots.
  - Otras APIA agroganaderas.
- ✓ ÁPIA – Usos mixtos:
  - Superposición de usos incompatibles.
  - Conflicto de usos.

## 12.4 RESULTADOS

Como resultado final esperable del estudio socioeconómico del territorio se contempla:

- ✓ La realización de una descripción de las actividades socioeconómicas de la zona que se apoyará en los inventarios -entendiéndose como tales, la recogida de información- de:
  - Infraestructura de transporte.
  - Infraestructura energética.
  - Infraestructura de aguas.
  - Infraestructura social.
  - Patrimonio cultural.
  - Inventario de las principales actividades industriales.
- ✓ Con toda esta información se elaborará:
  - Un inventario y descripción de las afectaciones al medio ambiente de las diferentes actividades de origen antrópico.
  - Un mapa de los usos del suelo.

Las bases de datos asociadas a las coberturas de estos mapas contendrán la valorización del territorio en función de su capacidad para albergar la actividad minera

(ver Cap. III de la “Guía Metodológica para la Elaboración de los Estudios Geoambientales”).

## 12.5 ENTREGABLES

En la Tabla III.12.1 se resume los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.12.1 Entregables del área de Socioeconomía.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 4.1.2 del Capítulo II.
Infraestructura de servicios	Documento (anexo)	- Informe final	Estará compuesto por: - Infraestructura de transporte. - Infraestructura energética. - Infraestructura de aguas. - Patrimonio cultural. - Infraestructura social. - Inventario de actividades industriales.
	Geodatabase (FC y BD)	- EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa de usos del suelo	Mapa	- Informe final - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
	Geodatabase (FC y BD)	- EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Inventario de las afectaciones al medio	Documento (anexo)	- Informe final	- Inventario y descripción de las afectaciones al medio.
	Geodatabase (FC y BD)	- EGA - AT Impactos	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Síntesis de usos del suelo	Documento	- Informe final - EGA	- A integrar en la memoria de síntesis.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información. AT= Área temática.

## 12.6 BIBLIOGRAFÍA

CORINE LAND COVER.

<http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>

<http://www.epa.gov/OWOW/watershed/landcover/Index.html>

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2005. Land cover digital data directory for the United States. Office of Water. Revised: 08/01/2005.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY.

<http://www.usgs.gov/>

## 13 CALIDAD DEL AIRE

### 13.1 INTRODUCCIÓN

Dependiendo de las concentraciones y la duración de la exposición a niveles de alta contaminación, la salud humana puede verse afectada seriamente por la presencia en el aire de material particulado en suspensión, así como por la presencia de ozono, dióxido de nitrógeno, contaminante orgánico y metales pesados. Los óxidos de azufre, nitrógeno y amoníaco emitido por diversas fuentes pueden dar lugar a procesos de acidificación y eutrofización que pueden afectar a otros medios como las aguas, los suelos y los ecosistemas. También pueden verse afectados por la contaminación los cultivos agrícolas —los cuales pueden sufrir importantes daños por exposición a elevadas concentraciones de ozono—, o los monumentos histórico-artísticos —cuyos materiales se deterioran por el efecto de la contaminación atmosférica—.

Dentro de las actividades antropogénicas potenciales de degradación de la calidad del aire se encuentra la industria minera extractiva. Normalmente, los trabajos de laboreo (barrenado, movimiento de tierras, almacenamiento de finos, etc.) producen la expulsión a la atmósfera de material particulado, que en el caso de la Nación Argentina, y más concretamente a lo largo de la Cordillera de los Andes (principalmente en las provincias de San Juan, Catamarca, Tucumán, Santa Cruz, Chubut, Salta y Jujuy), donde se encuentran los recursos mineros metalíferos, es muy probable que el polvo atmosférico presente abundancia de metales pesados (Pb, As, Cd, Hg, Ni, Zn, Ti, etc.) de especial toxicidad para el medio biológico.

También el procesamiento de mineral puede dar lugar a la emisión a la atmósfera de agentes contaminantes como puede ser el SO<sub>2</sub>, y, en menor medida, contaminantes derivados de la quema de combustibles fósiles como el NO<sub>x</sub>, CO e hidrocarburos volátiles. Asimismo, es posible que en sectores de larga tradición minera la calidad del aire se haya visto alterada a lo largo de los años.

Por estas razones, en el ámbito del Estudio Geoambiental, es necesario tener una visión global del estado de la calidad de aire del territorio, tanto desde el punto de vista del conocimiento de su grado de degradación actual, como desde la perspectiva de la identificación y caracterización de fuentes de contaminación.

No obstante, la determinación de la calidad del aire de un territorio a nivel regional es tarea complicada ya que las consecuencias de la contaminación del aire pueden detectarse a gran distancia de los centros industriales o zonas urbanas. Debido a las características de los propios contaminantes y de la atmósfera como medio difusor de la contaminación, los contaminantes atmosféricos son dispersados, mezclados y transportados y pueden experimentar reacciones químicas y transformaciones físicas de tal manera que sus efectos pueden tener lugar no solamente en las proximidades de los focos emisores, sino que, con frecuencia, son transportados a distancias considerables y afectan a la calidad del aire y a la deposición de contaminantes en zonas muy alejadas.

El destino de los contaminantes transportados por el aire viene determinado primordialmente por la altura en la que se produce la emisión y por las condiciones meteorológicas dominantes. En función de ello, la escala de las pautas de distribución y los efectos podrán ser; locales (hasta unas pocas decenas de kilómetros), regionales (hasta varios centenares de kilómetros), continentales (algunos miles de kilómetros) o mundiales. Las concentraciones de contaminantes atmosféricos varían mucho con el tiempo (diariamente, semanalmente, estacionalmente) y en el espacio.

Esta variabilidad espacio-temporal hace que la calidad del aire no se considere dentro del análisis para la elaboración de los Mapas de Ordenación Minero-Ambiental.

### 13.2 OBJETIVOS

Los objetivos específicos demandados por el EGA para esta disciplina geoambiental son:

- ✓ Conocer el estado general de la calidad del aire del territorio, con especial interés en zonas mineras existentes.
- ✓ Identificación y caracterización de fuentes de contaminación atmosférica en el territorio, incluyendo los núcleos urbanos.

### 13.3 CONTENIDO Y ALCANCE

Desde el punto de vista científico-técnico se busca evaluar la calidad de aire en el área de estudio, para la cual se deben estudiar distintos parámetros ambientales disponibles, que conducirán a elaborar un diagnóstico de la situación actual. El indicador más importante de la calidad del aire será el nivel de concentración ambiental de contaminantes al que se encuentra expuesto el medio (niveles de inmisión).

Para determinar las causas, y fundamentalmente las proporciones de los orígenes de la presencia de estos contaminantes, se deberá recopilar información disponible en estudios previos sobre posibles fuentes contaminantes y de variables climatológicas (por ejemplo, el mapa eólico procedente del área temática de climatología y que se incluirá en el Informe Final), así como la realización de acciones de monitoreo. Los resultados obtenidos serán volcados y se actualizarán en la geodatabase del SIGAM, permitiendo la elaboración de mapas temáticos de calidad del aire que incluirán histogramas estacionales, donde se recogerán los estándares normalizados. De este modo, se podrán distinguir en cada área de estudio los niveles de cada contaminante, analizando o no el cumplimiento de los estándares de calidad de aire.

En este sentido, el alcance y metodología utilizada dentro del “*Proyecto Geoambiental del Complejo Volcánico Farallón Negro*” (SEGEMAR, 2008) puede servir de referente para el cumplimiento de los requisitos demandados por el EGA para esta área temática. No obstante, en dicho trabajo, –el cual se ha limitado al estudio de material particulado–, se echa de menos la recopilación de información relativa a otros agentes contaminantes como son: precursores del ozono, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y CO, en zonas urbanas.

Esto último no ha sido posible por carecer el SEGEMAR del equipamiento necesario para hacer este tipo de determinaciones. No obstante, se considera que para conocer plenamente el estado de calidad del aire de un territorio es necesario llevar a cabo este tipo de mediciones.

### 13.4 RESULTADOS

Como resultado final esperable del estudio de la calidad del aire del territorio se contempla:

- ✓ Descripción del régimen de vientos del territorio.
- ✓ Documentación de los resultados obtenidos de las fuentes de información y en las campañas de muestreo, indicando por cada punto de control:
  - Concentración media anual y máximas diarias de material particulado MP10.
  - Contenido de elementos metálicos (As, Cd, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn, Ti, Mn y Fe) en el material particulado.
  - Aunque actualmente no se dispone del equipamiento necesario para llevarlo a cabo, sería conveniente analizar el contenido en otros agentes contaminantes como: CO, NOx, SOx y Ozono.
- ✓ Análisis del tipo de contaminación y su alcance, identificando las actividades origen de la misma.
- ✓ Evaluación de la calidad el aire, distinguiendo en cada estación de medida los niveles de cada contaminante y analizando el cumplimiento o no de los estándares de calidad de aire.

### 13.5 ENTREGABLES

En la Tabla III.13.1 se resume los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.13.1 Entregables del área de Calidad del Aire.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 2.6 del Capítulo II.
Inventario	Geodatabase (BD)	- Informe final - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa de Calidad del Aire	Mapa	- Informe final - EGA	- Red de control de la calidad del aire con código de color según sobrepase o no los niveles guía de referencia (histogramas estacionales).
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información.

### 13.6 BIBLIOGRAFÍA

SEGEMAR, 2008. *“Proyecto Geoambiental del Complejo Volcánico Farallón Negro”*. Vol. I Convenio SEGEMAR (EMPRESA) - YMAD. Provincia de Catamarca – Argentina.

## 14 PAISAJE

### 14.1 INTRODUCCIÓN

El término paisaje ha sido empleado a lo largo de la historia con muy diversos significados. Dependiendo del interlocutor, por paisaje se entiende: naturaleza, territorio, área geográfica, medio ambiente, sistema de sistemas, recurso natural, hábitat, escenario, ambiente cotidiano, entorno de un punto, etc.; pero ante todo y en todos los casos, el paisaje es una manifestación externa, imagen, indicador o clave de los procesos que tienen lugar en el territorio, tanto naturales como originados por el hombre.

Desde el punto de vista de su funcionalidad, el paisaje abarca dos aspectos bien diferenciados, aunque claramente relacionables: la función ecológica del paisaje y la función visual, estética o perceptiva del mismo.

La ecología del paisaje se centra en el estudio de las interacciones entre aspectos temporales y espaciales del paisaje y su flora, fauna y componentes culturales (Congreso de la Asociación Internacional de Ecología del Paisaje, 1998), quedando definido el paisaje como la *“superficie o porción de terreno heterogénea compuesta por una agrupación de ecosistemas (interrelacionados o interactivos entre sí) que se repite de igual forma a través de dicha superficie (siguiendo un patrón) y que comparte: un mismo tipo de interacciones o flujos entre los ecosistemas de la agrupación, los mismos clima y geomorfología, y un mismo régimen de perturbaciones”* (FORMAN & GODRON, 1986). A pesar de que el estudio ecológico del paisaje aporta información de relevancia para el inventario ambiental, así como descriptor biofísico para su valoración visual —respecto a la configuración y estructura del paisaje (manchas, corredores, matriz, etc.), delimitación territorial de sus unidades y su evolución en el tiempo—, por su afinidad con el estudio de la vegetación y de la fauna, este aspecto del paisaje será tratado en el área temática de Vegetación y Fauna.

En consecuencia, en la presente área temática se valorará exclusivamente el aspecto visual del paisaje como un recurso más del medio. Esta información será utilizada a su vez como un indicador más para la valoración del medio dentro de la elaboración de los Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental (MOMAs) de los Estudios Geoambientales (ver *Guía Metodológica para la Elaboración de Estudios Geoambientales*).

Por otra parte, en la actualidad hay un creciente reconocimiento de la importancia de la calidad estética del paisaje, como consecuencia de la creciente humanización del medio natural, por lo que dicha calidad estética ha pasado a ser considerada como un recurso básico, siendo incluida en los estudios de planificación física y ordenación territorial.

El aspecto visual del paisaje, al igual que el resto de los recursos naturales, necesita de una protección acorde con su calidad y fragilidad frente a las actuaciones humanas. Son estos valores de calidad y fragilidad los que van a determinar la necesidad de conservación de las características visuales de un paisaje.

La evaluación de la apreciación estética del paisaje es compleja pues está condicionada por un alto grado de subjetividad. La percepción de un paisaje depende de múltiples factores relacionados con la personalidad del observador que lo percibe (mecanismos sensitivos y perceptivos inherentes al propio observador, condicionantes educativos y culturales, relación del observador con el paisaje, etc.). Además del problema receptivo de la belleza paisajística, surge una nueva complicación: la adjudicación posterior de un valor. Una vez que el individuo ha recibido una sensación y ha generado una respuesta estética, tiene que realizar una valoración de ese paisaje, lo que trae consigo nuevos problemas.

En la actualidad se ha avanzado mucho en el estudio de los aspectos visuales del paisaje, comprendiendo desde la mera descripción a una clasificación en unidades, y desde el estudio de la percepción visual a la determinación de la calidad y fragilidad visual del mismo. Generalmente, los métodos desarrollados se encaminan a la obtención de estos dos valores de calidad y fragilidad por considerar que son los que mejor determinan la necesidad de protección o conservación de un paisaje desde el punto de vista de la percepción sensorial.

## 14.2 OBJETIVOS

En base a lo expuesto anteriormente, los objetivos a cumplir por esta área temática dentro del EGA son:

- ✓ La evaluación del potencial paisajístico del territorio.
- ✓ Suministrar información para la valoración del paisaje como índice de valor del medio en el ámbito de la elaboración de los Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental.

## 14.3 CONTENIDO Y ALCANCE

El presente estudio consistirá en la clasificación de la necesidad de conservación del paisaje del territorio, a partir de la valoración de la calidad y fragilidad visual del mismo. Los contenidos a considerar dentro de la evaluación desde el punto de vista paisajístico serán:

### 14.3.1 Unidades de Paisaje

Para la descripción, análisis y valoración del paisaje de la zona, éste se dividirá en unidades o áreas de paisaje homogéneos. La delimitación de estas unidades territoriales se llevará a cabo atendiendo a dos criterios:

- ✓ Criterio visual. Delimitación del territorio en unidades visuales mediante el análisis de cerramientos visuales. Salvo excepciones, estos cerramientos coinciden con las divisorias de agua. Son límites de primer orden.
- ✓ Criterio de homogeneidad en el carácter general de la unidad. Este criterio suele ser coincidente con la delimitación de la Unidades Territoriales del EGA – ya que, a priori, la composición y distribución geográfica de las áreas del paisaje se encuentra condicionada por la fisiografía y geomorfología del terreno, la vegetación y el uso del suelo–. Es por ello que se tomará como referencia el Mapa de Unidades Territoriales generado en el área de Geomorfología, siendo este la base para la zonificación cartográfica de las unidades de paisaje dentro de las unidades visuales.

El resultado final será un Mapa de Unidades de Paisaje en el que queden claramente diferenciados los tipos de paisajes existentes en la zona de estudio.

#### **14.3.2 Inventario del paisaje**

Se recopilará, por unidades territoriales, información sobre los elementos que componen el paisaje y sus características. Los descriptores a considerar para este relevamiento serán:

- ✓ Descriptores físicos. Se refieren a elementos visibles o tangibles del paisaje o de sus propiedades. Se distinguen 4 grupos de elementos a considerar:
  - Elementos construidos. Los derivados de la actividad humana (actividades agrícolas y ganaderas, obras públicas, industria y minería, urbanizaciones y edificaciones, actividades turísticas, deportivas o de ocio).
  - Elementos naturales. Los que en principio conformarían el paisaje original (geomorfológicos, bióticos, condiciones atmosféricas y estado del cielo).
  - Recursos histórico-culturales. Constituyen la dimensión histórica del paisaje, mostrando la dimensión de las acciones del hombre con el paso del tiempo.
  - Singularidades. Además, se debe prestar especial atención a los elementos inusuales del paisaje, dotados de suficiente carácter para irradiar actividad hacia su entorno. Bien sean ciudades pequeñas, ríos importantes, cataratas, fuentes, afloramientos rocosos o construcciones destacadas del hombre.
- ✓ Descriptores ecológicos. Determinan la configuración o estructura espacial del paisaje en matrices, manchas y corredores (FORMAN & GODRON, 1986), incluyendo la funcionalidad ecológica del paisaje.
- ✓ Descriptores artísticos. Características visuales básicas que se organizan de forma distinta en cada paisaje (SMARDON, 1979):
  - Color.

- Forma.
  - Línea.
  - Textura.
  - Dimensión y escala.
  - Variedad.
  - Configuración espacial.
- ✓ Descriptor psicológico. Relacionan los componentes físicos del paisaje con la repercusión sentimental del observador.

La mayor parte de esta información procederá fundamentalmente de los inventarios de otras áreas temáticas en términos de sus implicaciones visuales (formaciones de vegetación, usos del suelo, infraestructuras y edificaciones, formas del terreno, formas de agua superficial, etc.). No obstante, en base a esa información será necesaria la elaboración de datos propios, como los referentes a la estructura visual de territorio (espacio o cuenca visual) o singularidades paisajísticas.

#### **14.3.3 Valoración del paisaje**

Consistirá en la clasificación de la prioridad de conservación de las diferentes unidades de paisaje que componen el territorio. Los contenidos a considerar dentro de la valoración visual del paisaje serán:

- ✓ La Calidad Visual del Paisaje. Los méritos de las unidades de paisaje para ser conservadas será evaluado a través de unos índices de carácter cualitativo y cuantitativo que definen su valor desde el punto de vista de su calidad visual. Los factores a considerar serán:
- Geomorfología y pendiente.
  - Vegetación (tipo de cobertura, heterogeneidad, dominancia y contraste).
  - Agua superficial.
  - Incidencia antrópica.
  - Singularidades.
  - Vistas escénicas.

Como resultado de esta actividad se elaborará un Mapa de Valor de la Calidad del Paisaje, el cual se podrá incorporar a los informes de documentación en formato figura.

- ✓ La Fragilidad Visual del Paisaje. Entendiendo como tal, el grado de deterioro que el paisaje experimentaría ante la incidencia de terminadas actuaciones. La capacidad de las unidades de paisaje para acomodarse a los cambios producidos sin perder su valor o carácter paisajístico será evaluada a través de índices de carácter cualitativo y cuantitativo. En este caso, los factores a considerar serán:

- Factores biofísicos:
  - Pendiente.
  - Cubierta del suelo. Dentro de este indicador se considerará:
    - Fisionomía vegetal. Altura y opacidad de la vegetación (grado de cobertura y estructura).
    - Diversidad de colores y trazas. Cromatismo de la vegetación.
    - Estacionalidad.
- Factores socio-culturales:
  - Distribución y tipo de accesos visuales al paisaje.
  - Densidad de población.
  - Áreas o puntos de atracción turístico-recreativos.
  - Artificialidad de la unidad de paisaje.
- Factores de visibilidad. Superficie de la unidad vista desde un número de puntos de observación elegidos para el caso.

Como resultado de esta actividad se elaborará un Mapa de Fragilidad Visual del Paisaje, el cual se podrá incorporar a los informes de documentación en formato figura.

- ✓ Mapa de Conservación Paisajística. Incluirá la clasificación de las unidades de paisaje respecto a su grado de conservación mediante la combinación de los valores de calidad y fragilidad visuales obtenidos.

La metodología de delimitación de las unidades de paisaje y la elaboración del inventario y valorización de las mismas se encuentra detallada en la *“Guía Meteorológica para la Elaboración de Estudios Geoambientales”*.

## 14.4 RESULTADOS

Como resultado final esperable del estudio del paisaje se contempla:

- ✓ Mapa y síntesis de las Unidades de Paisaje: en la síntesis se describirán y caracterizarán las unidades de paisaje y el mapa integrará el inventario del recurso paisaje.
- ✓ Mapa de Valor de la Calidad del paisaje: una vez valoradas las unidades de paisaje inventariadas, se mostrarán cartográficamente atribuyendo un color representativo del valor a cada unidad, de esta forma los méritos de conservación del paisaje quedarán representados en tantos colores como rangos de valor se atribuyan a las unidades (generalmente cinco).
- ✓ Mapa de Fragilidad Visual del paisaje, que cualifique al paisaje en términos de su mayor o menor susceptibilidad al cambio cuando se desarrolle un nuevo uso sobre él. Al igual que en el mapa anterior, la fragilidad quedará representada

en tantos colores como rangos de valor se atribuyan a las unidades (generalmente cinco).

- ✓ Mapa de Conservación Paisajística, con la clasificación del grado del potencial de conservación de cada una de las unidades de paisaje que conforma el territorio.

## 14.5 ENTREGABLES

En la Tabla III.14.1 se resume los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.14.1 Entregables del área de Paisaje.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 4.1.2 del Capítulo II.
Mapa de Unidades de Paisaje	Geodatabase (FC)	- Informe final - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Inventario del paisaje	Documento (anexo)	- Informe final	- Fichas de inventario o posibilidad de hacer una base de datos del mismo.
	Geodatabase (FC y BD)	- EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa de Valor de la Calidad del paisaje	Geodatabase (FC)	- Informe final - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa de Fragilidad Visual del paisaje	Geodatabase (FC)	- Informe final - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa de Conservación Paisajística	Mapa	- Informe final - EGA	- Clasificación del grado de conservación de cada una de las unidades de paisaje.
	Geodatabase (FC)	- EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Síntesis y definición de las clases del paisaje	Documento	- Informe final - EGA	- A integrar en la memoria de síntesis.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	-A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información. AT= Área temática.

## 14.6 BIBLIOGRAFÍA

FORMAN, A. & GODRON, M., 1986: "*Landscape Ecology*". John Wiley and Sons. New York.

SMARDON, R. C., 1979. "*Prototype Visual Impact Assessment Manual*". State University of New York. Syracuse.

## 15 UNIDADES TERRITORIALES DE EVALUACIÓN

### 15.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los principales objetivos del estudio geoambiental es la realización del Mapa de Ordenación Minero Ambiental en el que se evalúe de forma objetiva el valor ambiental del territorio, su potencial minero y la capacidad de acogida del medio ante la actividad extractiva

En los estudios regionales, la caracterización del conjunto de los diferentes elementos del medio que componen un territorio es, por su variabilidad y volumen de información, una labor ardua y complicada. Por este motivo, para su análisis es necesario dividir el área de investigación en unidades cartográficas homogéneas, con propiedades y comportamientos similares.

### 15.2 OBJETIVOS

El objetivo de esta actividad consiste en la zonificación del área de estudio en unidades territoriales homogéneas.

Estas unidades cartográficas servirán de base para la caracterización y evaluación del estado de calidad de los elementos del medio (suelo, vegetación y paisaje) dentro de cada área temática, así como para la zonificación del área de estudio en unidades territoriales de evaluación para la elaboración del Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental (MOMA), en caso de que fuera de interés su realización.

### 15.3 CONTENIDO Y ALCANCE

La delimitación de estas unidades suele estar condicionado por características fisiográficas, las propiedades del suelo y el tipo de vegetación de un territorio, ésta se encuentra significativamente influenciada por la geografía física, la geología y la geomorfología del terreno. Por este motivo, el establecimiento de los límites de las unidades territoriales deben ser realizados, además de siguiendo criterios fisiográficos (valles, barrancos, zonas de montaña, etc.), también hay que considerar los criterios: geomorfológicos (terrazas, abanicos aluviales, etc.), edafológicos (taxonomía de los suelos), fisionómicos de la vegetación y del paisaje. En este sentido, para la delimitación de estas unidades territoriales será necesaria la interacción de los grupos de trabajo de las distintas áreas temáticas implicadas.

La actividad tiene como objetivo el establecimiento en GIS de los límites de las unidades tomando como base el MDE y diversos mapas (geológico, geomorfológico, usos de suelos y vegetación). Una vez definidas las unidades territoriales se llevará a cabo un inventario de las mismas, considerando para cada una de ellas los siguientes parámetros:

- Número de Unidad.

- Denominación.
- Situación.
- Superficie.
- Núcleos de población existentes.
- Altitud.
- Pendiente.
- Tipos de suelos.
- Vegetación.
- Usos del suelo.
- Aguas.
- Clima.
- Patrimonio histórico-cultural.
- Afectaciones territoriales más significativas.

Asimismo, dentro de esta actividad se llevará a cabo un Mapa de Unidades Territoriales de Evaluación editable en papel (a escala 1:100.000), incluyendo una leyenda con el número y nombre de cada una de las unidades cartográficas diferenciadas. Este mapa se adjuntará como anexo tanto en el informe final del estudio geomorfológico como en el EGA.

## 15.4 RESULTADOS

Como resultado final esperable del estudio del paisaje se contempla:

- ✓ Mapa de Unidades Territoriales de Evaluación a escala 1:100.000 establecidas para el área de estudio.
- ✓ Descripción de las características principales de cada unidad.

## 15.5 ENTREGABLES

En la Tabla III.15.1 se resumen los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.15.1. Entregables del área de Unidades Territoriales de Evaluación.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 4.1.2 del Capítulo II
Mapa de Unidades Territoriales	Mapa	- Informe final	- A adjuntar al Informe final.
	Geodatabase (FC)	- AT <sup>(1)</sup> - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información. AT= Área temática.

(1).- Información necesaria para las áreas temáticas de: Geología, Neotectónica, Peligrosidad Geológica, Hidrología, Edafología, Vegetación y Fauna, y Socioeconomía.

## 16 PELIGROSIDAD GEOLÓGICA

### 16.1 INTRODUCCIÓN

Se entiende como Peligrosidad Geológica como la probabilidad de ocurrencia dentro de un período de tiempo determinado y en un área específica, de un fenómeno potencialmente perjudicial.

Uno de los factores modificadores del medio son los procesos geológicos activos. Ocasionalmente, estos procesos pueden dar lugar a afecciones negativas sobre el medioambiente generando daños de carácter económico y social para el hombre y/o los ecosistemas. De ahí radica la importancia de ser considerados en el Estudio Geoambiental. Estos son los denominados peligros geológicos, entendiendo como tales, a los procesos o fenómenos geológicos que pueden generar daños (UNISDR, 2009).

En la presente área temática se propone llevar a cabo un análisis de la susceptibilidad de ocurrencia de los mismos que se están llevando a cabo sobre el medio ambiente dentro de la zona de estudio.

### 16.2 OBJETIVOS

El objetivo principal del estudio de los peligros naturales para el Estudio Geoambiental reside en conocer cuáles son los sucesos de peligro geológico que pueden darse en el territorio y la susceptibilidad de ocurrencia de los mismos. Este objetivo principal se desglosa en 2 objetivos parciales:

- ✓ Conocer los sucesos geológicos de peligro existentes en la zona de estudio, estudiando el alcance de la afección y la frecuencia de ocurrencia.
- ✓ Determinación, cuando sea posible, la tendencia de ocurrencia de los posibles peligros geológicos que se pudieran producir en el territorio, llevándose a cabo mapas de susceptibilidad de los mismos.

En el caso que se decida llevar a cabo un Mapa de Ordenamiento Minero-Ambiental (MOMA), los mapas descriptivos y de susceptibilidad resultantes de esta área temática serán utilizados, dependiendo del grado de clasificación, como criterios de exclusividad y/o restricción durante la fase de Zonificación Territorial de elaboración del MOMA.

### 16.3 CONTENIDO Y ALCANCE

Como ya se ha comentado, al ser el EGA un instrumento de ordenamiento territorial a escala regional, el estudio de la peligrosidad geológica se limitará a la evaluación de la susceptibilidad del medio a sufrir eventos dañinos debido a procesos geológicos activos.

La determinación de las posibles amenazas de carácter natural que pueda padecer un territorio conlleva el estudio de los sucesos de carácter natural que han dado lugar a afecciones negativas sobre el medio ambiente (degradación del medio físico y daños a la salud humana, a la actividad socioeconómica e infraestructuras) en el pasado o que se están produciendo actualmente. Esto implica la elaboración de inventarios de los peligros geológicos pretéritos y actuales acaecidos en la zona de estudio.

El análisis de esta información, junto a las propiedades de los diferentes elementos que componen el medio (geología, litología, relieve, climatología, etc.), será la base para la determinación del grado susceptibilidad del mismo a padecer los efectos negativos derivados de procesos geológicos activos.

### **16.3.1 Inventario de peligros geológicos**

Su objetivo es describir los procesos geológicos que se producen, indicando: su distribución geográfica, las causas y circunstancias de ocurrencia, así como sus consecuencias. Se trata de confeccionar un inventario de cada de los tipos de amenazas no inducidas que sufre o ha sufrido el medio, incluyendo:

- ✓ Proceso geológico generador.
- ✓ Factores condicionantes (climatología, litología, relieve, hidrogeología, etc.).
- ✓ Ubicación y distribución geográfica.
- ✓ Daños materiales.
- ✓ Frecuencia de ocurrencia, en los casos en los que se pueda determinar.

Los procesos geológicos a considerar en los EGAs dependerán de las características de los diferentes elementos del medio (climatología, fisiografía, geología, geomorfología, usos del suelo, etc.) en cada caso de estudio. En general, los procesos geológicos de riesgo a contemplar son:

- ✓ Flujos y movimientos en masa. (caída, vuelco, deslizamiento rotacional, deslizamiento planar, flujo, lahar, reptaje, geliflucción, soliflucción, glaciares de roca, avalancha, expansión lateral, movimientos complejos, avalanchas de nieve y deformación gravitacional).
- ✓ Expansividad de arcillas.
- ✓ Licuefacción de suelos.
- ✓ Erosión (fluvial, marina y eólica).
- ✓ Sedimentación fluvial.
- ✓ Acumulación eólica.
- ✓ Sismicidad.
- ✓ Volcanismo (tefras y fluido lávico).
- ✓ Inundaciones. Tanto las inundaciones producidas por el desbordamiento de los cauces como los anegamientos debidos a la subida del nivel freático.

- ✓ Tsunamis en lagos.
- ✓ Contaminación natural

Como resultado se llevarán a cabo mapas de distribución de los diferentes peligros inventariados, incluyendo el punto o zona de producción, el área afectada y la fecha en que tuvo lugar. En el caso del mapa de sismos, adicionalmente se incorporará la intensidad del suceso y la profundidad de ocurrencia.

### **16.3.2 Análisis de la susceptibilidad de ocurrencia de los peligros geológicos**

La determinación de la probabilidad de ocurrencia de un daño derivado de un determinado proceso geológico se llevará a cabo mediante el análisis comparativo de los peligros inventariados, estudiando los mecanismos disparadores y factores condicionantes de los eventos (litología, climatología, relieve, distribución poblacional e infraestructuras, etc.) y su aplicación a las condiciones actuales dentro de la zona de estudio.

El alcance de este análisis será el mismo que el realizado en las Cartas de Peligrosidad Geológica producidas por el SEGEMAR.

### **16.3.3 Mapas de susceptibilidad geológica**

Como resultado del análisis de la posibilidad de producción de las diferentes amenazas que pudieran darse en un territorio, se elaborará un mapa de susceptibilidad de cada una de ellas en el que se distinga el grado de propensión de ocurrencia de los sucesos.

El contenido y alcance de estos mapas será el mismo que en los realizados en las Cartas de Peligrosidad Geológicas producidas por el SEGEMAR. Si la claridad del mapa lo permite, se podrán combinar varios procesos en un mismo mapa (p. e. erosión eólica y fluvial, sedimentación fluvial y acumulación eólica).

## **16.4 RESULTADOS**

Como resultado final esperable del estudio de peligrosidad geológica se contempla:

- ✓ Actualización de La Base de Datos de la Línea de Base de Peligrosidad Geológica de la República de Argentina.
- ✓ Mapa auxiliar de inventario de los procesos geológicos. Este mapa podrán ser incorporado como una figura dentro de la memoria de documentación del EGA.
- ✓ Mapas de susceptibilidad de procesos geológicos a escala 1:100.00. Se llevaran a cabo mediante la evaluación de factores: geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e hidrogeológicos, topográficos, climáticos, biológicos, y del inventario de eventos. Las capas a utilizar se escogen según el proceso, área de estudio y datos disponibles. La metodología se detallará en la memoria explicativa una clasificación del nivel de propensión de ocurrencia de los sucesos. Uno por cada amenaza significativa existente en la zona de

estudio. En el caso de que el grado de detalle lo permita, se podrán incluir varios peligros en un solo mapa.

## 16.5 ENTREGABLES

En la Tabla III.16.2 se resumen los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.16.1. Entregables del área de Peligrosidad Geológica.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 2.6 del Capítulo II.
Inventario de procesos geológicos	Geodatabase (BD)	- Informe final - EGA	- A actualizar en el SIGAM.
Mapa Inventario de Procesos Geológicos	Geodatabase (FC)	- Informe final	-Se realizará un mapa con todos los procesos geológicos, o algunos procesos por separado según considere el autor.
Mapas de Susceptibilidad a los Peligros Geológicos	Mapa	- Informe final - EGA	- Un mapa por tipo de amenaza excepto sismicidad y volcanismo.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información. AT= Área temática.

## 16.6 BIBLIOGRAFÍA

ICOG, 2008. *“Guía metodológica para la elaboración de cartografías de riesgos naturales en España”*. Monografía elaborada por el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Patrocinada por el Ministerio de la Vivienda del Estado Español.

SEGEMAR, 1997. *“Normativa para la cartografía línea base de peligrosidad geológica de la republica argentina a escala 1:250.000”*. Normativa del IGRM Cód. AMB-NOR-IGRM-002. Rev1. Noviembre de 1997.

SEGEMAR, 1998a. *“Procedimiento para el control y supervisión de cartas de peligrosidad geológica de La República Argentina”*. Normativa del IGRM Cód. AMB-PRO-IGRM-003. Rev1. Junio de 1998.

SEGEMAR, 1998b. *“Procedimiento para la validación de cartas de peligrosidad geológica de La República Argentina”*. Normativa del IGRM Cód. AMB-PRO-IGRM-004. Rev0. Junio de 1998.

SEGEMAR, 2000. *“Instrucción complementaria a la normativa de cartografía línea base de peligrosidad geológica de La República Argentina”*. Normativa del IGRM Cód. AMB-INS-IGRM-01. Rev1. Julio de 2000.

UNISDR, 2009. *“Terminología sobre Reducción del Riego de Desastres”* Publicado por la Estrategia Internacional para la reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR). Ginebra, Suiza. 2009.

## 17 IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD MINERA

### 17.1 INTRODUCCIÓN

El impacto ambiental se define como el efecto, positivo o negativo, que produce la actividad humana sobre el medio ambiente, es decir la alteración de la línea de base ambiental.

El desarrollo de estas actividades se traduce en modificaciones del medio, ya sean derivadas de la propia ocupación del territorio (urbanización, extracción de recursos, almacenamiento de residuos, etc.) o por aportes de componentes químicos o contaminaciones al medio natural. Estas afecciones pueden tener un carácter difuso, en el que engloban amplias áreas (pueden ser de ámbito regional, nacional o supranacional), o contaminaciones locales o puntuales, cuyos aportes al medio afectan a superficies más localizadas y son debidas a vertidos o emisiones que afectan a áreas más reducidas, pudiéndose establecer de forma más fácil, en general, las relaciones causa-efecto.

En el caso particular de la actividad minera, la explotación de los yacimientos conlleva la realización de procesos –acciones de laboreo minero (huecos de explotación, transporte de las pistas de mineral, perforación de sondeos, etc.), procesamiento de mineral (utilización de sustancias contaminantes) y almacenamiento de residuos (escombreras expuestas a acción meteórica y balsas de rechazo de los procesos mineralúrgicos)– que implican una modificación no natural del entorno. Estas alteraciones pueden traducirse, en caso de una minería no responsable, en una dispersión de elementos contaminantes y adicciones no controladas a diferentes elementos del medio ambiente, pudiendo producir daños significativos al mismo.

Este potencial riesgo ambiental potencial de la minería, y al estar orientado el Estudio Geoambiental a la planificación sostenible del aprovechamiento de los recursos minerales y geotérmicos, hace que dentro del EGA sea necesario la realización de un estudio independiente y detallado de las posibles afectaciones al medio de esta actividad, limitando los impactos procedentes de otras actividades de origen antrópico (agricultura, infraestructuras, industria, etc.) a un estudio meramente descriptivo dentro del área temática de Socioeconomía.

Es por ello, que a través de esta área temática se busca identificar y evaluar los impactos que sobre la salud de las personas y para el medio ambiente genera la actividad minera. Por este motivo, se ha desarrollado una metodología basada en el uso de índices cualitativos de probabilidad de ocurrencia o peligrosidad ( $I_p$ ) y de severidad de las consecuencias ( $I_s$ ) de escenarios de impacto por contaminación cuyos valores oscilan entre 0 y 5. A partir de ellos podrá determinar cuáles de las explotaciones mineras en activo y de los pasivos mineros presentan impactos importantes o pueden convertirse a medio o corto plazo en una amenaza grave para la salud de las personas o para el medio ambiente (ver *Guía Metodológica para la Elaboración de Estudios Geoambientales*).

## 17.2 OBJETIVOS

Por todo lo anterior, los objetivos de esta área temática son:

- ✓ La identificación de las explotaciones mineras en activo y pasivos mineros del territorio que tienen, o puedan convertirse a medio o corto plazo en una amenaza grave para la salud de las personas y/o ecosistemas.
- ✓ Valorar cualitativamente los impactos al medio ambiente de los aprovechamientos mineros de riesgo, según la probabilidad de ocurrencia de los procesos generadores y de la severidad del daño causado sobre los diferentes receptores del medio.
- ✓ Elaboración de un inventario de impactos derivados de la actividad minera.

Esta información servirá de base para la posterior elaboración de los “*Mapas de Aptitud*” dentro de la elaboración de Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental en los casos de interés.

## 17.3 CONTENIDO Y ALCANCE

### 17.3.1 Inventario de pasivos mineros

Con el fin de analizar las posibles afectaciones que las actividades mineras actuales y pasadas pudieran causar al medio ambiente de un territorio, será necesario la recopilación de información minero ambiental mediante la elaboración de un inventario de pasivos mineros, tanto de explotaciones abandonadas como en activo.

Los aspectos que se pretende cubrir con este inventario son:

- ✓ El aspecto socioeconómico. Las explotaciones mineras suponen una actividad económica industrial muy importante en aquellas regiones en las que se desarrollan. Esta tipo de información se encuentra íntimamente relacionada con el estudio socioeconómico del EGA, por lo que tendrá que ser puesta a disposición del grupo de trabajo responsable del mismo.
- ✓ El aspecto ambiental. A menudo, los pasivos mineros de explotaciones mineras abandonadas y en activo suponen un residuo industrial de riesgo para la salud humana y los ecosistemas, por lo que debe ser gestionado adecuadamente (escombreras, relaves, etc.).

En este sentido, los estudios de las afecciones al medio producidas por los pasivos de explotaciones mineras pretéritas y en activo, por analogía, aportan valiosa información para la elaboración de modelos predictivos de impacto de futuros aprovechamientos. Por este motivo la información aquí recopilada será de especial interés para la elaboración de los análisis de riesgos de carácter descriptivo de la actividad minera, sí como del inventario de los posibles impactos de las explotaciones mineras sobre el medio ambiente que se tienen previsto realizar dentro de esta área temática.

Los datos a revelar estarán encaminados a cubrir los siguientes aspectos:

- Datos identificativos y de ubicación del aprovechamiento.
- Datos socioeconómicos y de producción.
- Estado y tipo de mina.
- Características de la explotación.
- Tipo de procesamiento del mineral.
- Depósitos de residuos existentes.
- Sustancias peligrosas de proceso.
- Situación ambiental del entorno.
- Toma de muestras.

Buena parte de la información a incluir dentro del inventario está en sintonía con el formulario de campo desarrollado dentro del proyecto y con el referido en el “Manual de para el inventario de minas abandonadas o paralizadas” editado por la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI, 2010).

Los datos inventariados se actualizarán en las capas de información correspondientes del SIGAM.

### **17.3.2 Análisis de riesgos descriptivo de la potencial afectación de la industria minera sobre el medio ambiente**

La determinación y valoración del impacto de las explotaciones mineras (activas y pasivas) que pudieran provocar daños significativos sobre el medio ambiente a corto y medio plazo, implicará la ejecución de las siguientes tareas:

#### **1. Identificación de escenarios de riesgo**

En base al inventario de pasivos mineros realizado en el ámbito del EGA, se llevará a cabo un estudio sobre las afecciones negativas producidas sobre la salud humana y ecosistemas de las diferentes explotaciones mineras existentes en la zona. Los aspectos a contemplar para cada una de ellas serán:

- ✓ Naturaleza de la fuente del impacto (detracciones y regulaciones de agua, inmisiones de contaminantes a la atmosfera, generación de drenaje ácido y demás fuentes de contaminación puntuales y difusas).
- ✓ Tipo y peligrosidad de los elementos contaminantes.
- ✓ Estimación de la cantidad vertida o detraída.
- ✓ Receptor afectado (suelo, agua, aire, salud humana y/o medio socioeconómico).
- ✓ Magnitud del daño mismo (intensidad y extensión).

Para cada explotación se determinarán los escenarios de contaminación en función de la probabilidad de que se produzca un efecto negativo y la severidad del mismo.

Los escenarios a considerar para la probabilidad ocurrencia dependerán del tipo de contaminante y del elemento receptor. Los escenarios que se contemplarán son:

- ✓ Generación de efluentes contaminantes con afección a las aguas superficiales.
- ✓ Generación de efluentes contaminantes con afección a los recursos hídricos subterráneos.
- ✓ Movilización de material particulado por acción del viento.
- ✓ Emisión de sedimentos contaminantes por erosión hídrica.

Los escenarios de contaminación según la severidad de las consecuencias son dependientes del tipo de receptor y del proceso generador:

- ✓ Efectos sobre las personas o la población derivados de la generación de efluentes contaminantes con afección sobre las aguas superficiales.
- ✓ Efectos sobre el medio natural derivados de la generación de efluentes contaminantes con afección sobre las aguas superficiales.
- ✓ Efectos sobre el medio socioeconómico derivados de la generación de efluentes contaminantes con afección sobre las aguas superficiales.
- ✓ Efectos sobre las personas o la población derivados de la generación de efluentes contaminantes con afección sobre los recursos hídricos subterráneos.
- ✓ Efectos sobre el medio natural derivados de la generación de efluentes contaminantes con afección sobre los recursos hídricos subterráneos.
- ✓ Efectos sobre el medio socioeconómico de la generación de efluentes contaminantes con afección sobre los recursos hídricos subterráneos.
- ✓ Efectos sobre las personas o la población derivados de la movilización de material particulado por acción del viento.
- ✓ Efectos sobre el medio natural derivados de la movilización de material particulado por acción del viento.
- ✓ Efectos sobre el medio socioeconómico derivados de la movilización de material particulado por acción del viento.
- ✓ Efectos sobre las personas o la población derivados de la emisión de sedimentos contaminantes por erosión hídrica.
- ✓ Efectos sobre el medio natural derivados de la emisión de sedimentos contaminantes por erosión hídrica.
- ✓ Efectos sobre el medio socioeconómico derivados de la emisión de sedimentos contaminantes por erosión hídrica.
- ✓ Efectos sobre las personas o la población derivados del fallo o rotura del talud de escombreras de desmonte, estériles o minerales de baja ley.
- ✓ Efectos sobre las personas o la población derivados del contacto directo originado por el acceso o por el desarrollo de actividades.

## **2. Valoración del impacto**

Para los diferentes escenarios de contaminación de cada explotación se llevará a cabo una valoración cualitativa (criterio experto) de la probabilidad de ocurrencia y de la severidad de los daños en mediante índices:

### **Índices de probabilidad.**

Se definen en función de todos aquellos factores que contribuyan a modificar el grado de probabilidad de ocurrencia del escenario. Los índices a contemplar son:

- ✓ Índice de probabilidad de la generación de efluentes contaminantes con afección sobre las aguas superficiales. Se valorará en función de:
  - La distancia de los cauces o cuerpos de agua superficiales.
  - La toxicidad de los residuos. Datos procedentes de ensayos estáticos y de lixiviación para la generación de drenajes ácidos.
  - El factor de superficie desprotegida, refiriéndose al tamaño o superficie del depósito, y su grado de desprotección en función de la existencia o no de algún tipo de cobertura sobre los residuos.
- ✓ Índice de probabilidad de la generación de efluentes contaminantes con afección sobre los recursos hídricos subterráneos. Se valorará en función de:
  - La vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos o masas de agua subterráneas.
  - La toxicidad de los residuos. Datos procedentes de ensayos estáticos y de lixiviación para la generación de drenajes ácidos.
  - El factor de superficie desprotegida.
- ✓ Índice de probabilidad de la movilización de material particulado por acción del viento. Se valorará en función de:
  - La erosión eólica.
  - Las características de los residuos.
  - La aridez del clima. Condiciona el tiempo que están secos los residuos a lo largo del año.
  - La velocidad del viento.
  - La superficie total expuesta del depósito y la falta de cobertura vegetal u otro tipo de protección de la superficie del depósito (incluidas las superficies con presencia de costras superficiales o láminas de agua permanentes).
- ✓ Índice de probabilidad de la emisión de sedimentos contaminantes por erosión hídrica. Se valorará en función de:
  - El estado erosivo.
  - La erosividad climática del lugar donde se asienta la estructura.

- Los mecanismos de control de la erosión. Existencia o no de algún tipo de cobertura sobre los taludes de los depósitos de residuos.
  - La superficie total de los taludes del depósito de residuos.
  - Los contenidos totales en elementos del residuo.
- ✓ Índice de probabilidad del contacto directo originado por el acceso o por el desarrollo de actividades. Se valorará en función de:
- El factor de concentración de contacto directo. Dependerá de la composición y capacidad de los residuos para producir efectos perniciosos para la salud sobre los potenciales receptores expuestos, y la facilidad para que se produzca el contacto con dichos materiales.
  - La distancia a las zonas residenciales más cercanas.

Índices de severidad.

- ✓ Índice de severidad de los efectos sobre las personas y la población derivados de la generación de efluentes contaminantes con afección sobre las aguas superficiales. Se valorará en función de:
- La población expuesta por abastecerse para su consumo con agua extraída de masas de agua superficiales.
  - El factor de exposición de la población expuesta en el punto de extracción con el uso del agua más vulnerable y más próximo al depósito minero.
  - La vulnerabilidad de la población expuesta en función del tipo de aprovechamiento considerado más vulnerable.
- ✓ Índice de severidad de los efectos sobre el medio natural derivados de la generación de efluentes contaminantes con afección sobre las aguas superficiales Se valorará en función de:
- La exposición de los distintos recursos naturales y ecosistemas más vulnerables.
  - La vulnerabilidad ecológica en función del recurso o ecosistema expuesto más vulnerable situado a una distancia máxima de 5 km en la dirección de flujo del agua.
- ✓ Índice de severidad de los efectos sobre las personas o la población derivados de la contaminación de las aguas subterráneas por efluentes procedentes de los residuos mineros. Se valorará en función de:
- La población expuesta por abastecerse con agua extraída de acuífero
  - La exposición de la población expuesta en el punto de extracción con el uso del agua más vulnerable y más próximo al depósito minero.
  - La vulnerabilidad de la población expuesta en función del tipo de aprovechamiento considerado más vulnerable.

- ✓ Índice de severidad de los efectos sobre el medio natural derivados de la generación de efluentes contaminantes con afección sobre los recursos hídricos subterráneos. Se valorará en función de:
  - La exposición a que se encuentran expuestos los distintos recursos naturales y ecosistemas más vulnerables, y más próximos al depósito minero.
  - La vulnerabilidad ecológica en función del recurso o ecosistema expuesto más vulnerable, en un radio de 1 km (o en esa misma distancia en la dirección del flujo del agua).
- ✓ Índice de severidad de los efectos sobre las personas y la población derivados de la movilización de material particulado por acción del viento. Se valorará en función de:
  - La población expuesta en un radio de 1 km de distancia al depósito.
  - La exposición a concentraciones de material particulado de la población. Dependerá de la distancia a la que se encuentra el uso más vulnerable o del peor escenario de exposición respecto al depósito minero.
  - La vulnerabilidad de la población expuesta en función del tipo de uso más sensible o vulnerable expuesto, o el del peor escenario de exposición.
  - La capacidad de contaminación asociado al material particulado sobre la base de análisis de contenidos totales en elementos.
- ✓ Índice de severidad de los efectos sobre el medio natural derivados de la movilización de material particulado (MP) por acción del viento. Se valorará en función de:
  - La exposición de los ecosistemas más sensibles al MP emitido desde depósitos de residuos. Dependerá de la distancia a la que se encuentra el uso más vulnerable.
  - La vulnerabilidad del medio natural en función del tipo de uso más vulnerable expuesto.
  - La capacidad de contaminación asociado al MP sobre la base de análisis de contenidos totales en elementos.
- ✓ Índice de probabilidad de la emisión de sedimentos contaminantes por erosión hídrica. Se valorará en función de:
  - El estado erosivo.
  - La erosividad climática del lugar donde se asienta la estructura.
  - El control de la erosión. Se evaluará la defensa que supone la existencia de algún tipo de cobertura sobre los taludes de los depósitos de residuos.

- La superficie total de los taludes del depósito de residuos.
- El conocimiento de contenidos totales en elementos del residuo.
- ✓ Índice de severidad de los efectos sobre las personas y la población derivados de la emisión de sedimentos contaminantes. Se valorará en función de:
  - La población expuesta por abastecerse, para su consumo, de productos agrícolas cultivados en suelos afectados.
  - La vulnerabilidad de la población expuesta en función del tipo de aprovechamiento considerado más vulnerable.
- ✓ Índice de severidad de los efectos sobre el medio natural derivados de la emisión de sedimentos contaminante procedentes de los residuos mineros. Se valorará en función de:
  - La exposición o concentración de exposición a que se encuentran expuestos los distintos recursos naturales y ecosistemas más vulnerables, y más próximos al depósito minero.
  - La vulnerabilidad ecológica en función del recurso o ecosistema expuesto más vulnerable.

Dependiendo del escenario al que se apliquen, podrán tener mayor o menor fundamento físico-matemático, y recogerán en mayor o menor medida apreciaciones de campo o juicios expertos, así como la experiencia previa de otros trabajos de valoración semejantes, por lo que es conveniente traducir todas las valoraciones a una misma escala numérica adimensional de 0 a 5 (Tabla III . 15.1).

Como resultado de este análisis se llevará a cabo una matriz de impactos de dimensiones cinco por cinco (cinco filas y cinco columnas) en la que queden incluidos todos los escenarios de cada explotación después de haber evaluado su probabilidad de ocurrencia y la gravedad de las consecuencias que tendría sobre la población, el medio natural y las actividades económicas. En ella se combinarán, por tanto, ambos factores, de tal forma que para cada combinación de valores de probabilidad y severidad de las consecuencias resultará un único valor de magnitud del impacto por cada escenario. La ubicación de escenarios de impacto en casillas de color rojo o naranja fuerte, esto es, con un riesgo muy alto o alto, calificarán a la correspondiente estructura como de alta prioridad, desde el punto de vista de la implementación de acciones de remediación o rehabilitación, frente a aquellas otras estructuras cuyos escenarios de riesgo se ubiquen mayoritariamente en casillas de color verde o amarillo, que se calificaran como de prioridad muy baja o baja (Figura III. 17.1).

Tabla III.17.1. Escala general de valoración y calificación los índices de probabilidad y severidad.

CALIFICACIÓN	VALOR DEL ÍNDICE DE PROBABILIDAD/SEVERIDAD
Muy alto	$\geq 4$ (hasta 5)
Alto	$\geq 3$ y $< 4$
Medio	$\geq 2$ y $< 3$
Bajo	$\geq 1$ y $< 2$
Muy bajo	$\geq 0$ y $< 1$

### 17.3.3 Inventario de impactos de la minería

En base a la información recabada por el inventario de pasivos mineros, se confeccionará un inventario de impactos derivados de la minería. En dicho inventario se incluirá, además de la información recopilada en los inventarios originales los resultados del análisis de impactos realizados en cada uno de los aprovechamientos. Las variables a considerar son:

- ✓ Existencia o no de escenarios de riesgo.
- ✓ Los escenarios de riesgo detectados. Sólo incluir los escenarios cuyo impacto se ha clasificado como: moderado, alto y muy alto.
- ✓ Clasificación de la probabilidad de ocurrencia de los escenarios.
- ✓ Clasificación de la severidad de las consecuencias.
- ✓ Clasificación global del impacto.

Esta información servirá de base para la posterior elaboración de los “Mapas de Aptitud” dentro de la elaboración de Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental en los casos de interés.

		SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS				
		MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	MUY ALTA	BAJO	MODERADO	ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO
	ALTA	BAJO	BAJO	MODERADO	ALTO	MUY ALTO
	MEDIA	MUY BAJO	BAJO	MODERADO	ALTO	ALTO
	BAJA	MUY BAJO	MUY BAJO	BAJO	MODERADO	MODERADO
	MUY BAJA	MUY BAJO	MUY BAJO	MUY BAJO	BAJO	MODERADO

Additional text in the matrix: "NO GRAVE" (blue) is written across the bottom two rows (Baja and Muy Baja) in the first two columns. "GRAVE" (yellow) is written across the top two rows (Muy Alta and Alta) in the last two columns.

Figura III 17.1. Matriz de impactos ambientales de la minería.

### 17.4 RESULTADOS

- ✓ Inventario de pasivos mineros
- ✓ Resultados de los ensayos estáticos y de lixiviación para la generación de drenajes ácidos realizados.
- ✓ Valoración de los escenarios de riesgo, incluyendo por cada explotación:
  - Escenarios de riesgo.
  - Clasificación de la probabilidad de ocurrencia, severidad de las consecuencias e impactos global de los mismos.
  - Caracterización de los impactos derivados de la actividad minera, incluyendo:
    - Factores determinantes de los impactos (clima, fisiografía, factores hidrogeológicos e hidrológicos, edafología, tipo de explotación, malas prácticas, etc.).
    - Elementos del medio ambiente más vulnerable (medio físico, medio biótico y medio socioeconómico).
- ✓ Inventario de impactos derivados de la minería que incluya, para cada uno de los pasivos considerados, la calificación de todos los escenarios riesgo después de haber evaluado su probabilidad de ocurrencia y la gravedad de las

consecuencias que tendría sobre la población, el medio natural y las actividades económicas.

## 17.5 ENTREGABLES

En la Tabla III.17.2 se resumen los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III. 17.2. Entregables del área de impacto ambiental de la minería.

ENTREGABLE	FORMATO	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 4.1.2 del Capítulo II.
Inventario de pasivos mineros	Geodatabase (FC)	- Informe final - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Inventario de impactos de la minería	Geodatabase (BD)	- Informe final - EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información.

## 17.6 BIBLIOGRAFÍA

ASGMI, 2010. “Pasivos ambientales mineros. Manual para el inventario de minas abandonadas o paralizadas”. Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos.

## 18 RECURSOS GEOLÓGICOS

### 18.1 INTRODUCCIÓN

El estudio de los recursos geológicos de una zona, entendiendo como tal el estudio de los recursos minerales (energéticos, metálicos y no metálicos) y geotérmicos presentes en ella, es, junto con el inventario ambiental, la base de todo Estudio Geoambiental aplicado a la minería, ya que la explotación y aprovechamiento industrial de dichos recursos está estrechamente ligado al desarrollo socioeconómico de un territorio y es una actividad con una significativa predisposición a la alteración del medio.

En este sentido, para lograr una administración racional y eficaz de los recursos geológicos de una región es importante tener un conocimiento adecuado de su distribución geográfica y de las características particulares de cada yacimiento, generando así información de base que permita establecer adecuados programas de explotación de los recursos mineros.

En consecuencia, una parte fundamental del EGA es documentar el potencial de la zona de estudio desde el punto de vista del aprovechamiento de los recursos minerales.

### 18.2 OBJETIVOS

Los objetivos específicos demandados por el EGA para esta disciplina geoambiental son:

- ✓ Identificar y caracterizar los yacimientos minerales y geotérmicos existentes en la zona de estudio, ya sea sin explotar, en explotaciones mineras activas o pretéritas con el fin de evaluar el potencial de la zona desde el punto de vista de la explotación de estos recursos.
- ✓ Elaborar un mapa del potencial minero y geotérmico de la zona de estudio a escala 1:100.000.
- ✓ Caracterización de la roca y material de rechazo de mina, para identificar el potencial de generación de ácido y/o de lixiviación.

Esta información servirá de base para la posterior elaboración de los “*Mapas de Aptitud*” dentro de la elaboración de Mapas de Ordenamiento Minero-Ambiental en los casos de interés (ver *Guía Metodológica para la Elaboración de Estudios Geoambientales*).

### 18.3 CONTENIDO Y ALCANCE

El estudio consiste fundamentalmente en determinar el potencial de la zona de estudio desde el punto de vista de la explotación de los recursos naturales, indicando: las

mineralizaciones de interés existentes (recursos energéticos, minerales metálicos, minerales no metálicos y recursos geotérmicos), el estado actual y pretérito del aprovechamiento de los mismos desde el punto de vista socioeconómico, así como la caracterización y distribución de los yacimientos existentes en la zona de estudio.

El cumplimiento de estos contenidos conlleva la realización de las siguientes actividades:

### **18.3.1 Elaboración de un encuadre minero regional**

Esta actividad estará encaminada a conocer la situación minera de la zona de estudio a escala regional, incluyendo:

- ✓ Minerales, rocas o recursos geotérmicos que se explotan y su relevancia en el desarrollo de la región.
- ✓ Historial minero y situación actual.

Esta recopilación de información se realizará para cada tipo de recurso de interés: recursos energéticos, minería metálica, minería no metálica y recurso geotérmicos.

Un buen ejemplo del contenido y alcance de esta tarea se puede consultar en el estudio geoambiental aplicado a la minería realizado por el IGME de la provincia de León (IGME, 1988), y cuyo documento se adjunta en la biblioteca digital adscrita a la *Guía Metodológica para la Elaboración de los Estudio Geoambientales*.

### **18.3.2 Caracterización de los depósitos minerales**

Se llevará a cabo un estudio de caracterización de los recursos minerales y geotérmicos existentes en la zona de estudio, explotados o sin explotar, con el fin de identificar y caracterizar los diferentes yacimientos minerales y geotérmicos que puedan existir en la zona de estudio, incluyendo:

- ✓ Distribución geográfica.
- ✓ Principales litotectos y mineralotectos asociados a los yacimientos.
- ✓ Mineralizaciones y su paragénesis (mineralogía de la mena, ganga y roca de caja).
- ✓ Aspectos mineros de la explotación (geología y mineralogía).
- ✓ Zonificación de la oxidación y alteración, incluyendo los minerales secundarios asociados.
- ✓ Potencial de generación de aguas ácidas y movilización de elementos contaminantes (ver epígrafe 10.2.2.1 del Cap. II de la *“Guía Metodológica para la Elaboración de Estudios Geoambientales”*).
- ✓ Técnicas de explotación y tratamiento más habituales del tipo de recurso.

El alcance de esta actividad dependerá del tipo de minería de interés para el estudio. En principio, el Estudio Geoambiental que se ha diseñado se encuentra definido para el aprovechamiento de recursos minerales metálicos, aunque los contenidos que aquí se presentan pueden ser, en general, extensibles a otro tipo de minería.

Realmente, el contenido del estudio de la potencialidad minera de los recursos metálicos de un territorio que se requiere dentro de esta área temática es similar al que viene realizando el SEGEMAR para las Cartas Minero-Metalogenéticas a escala 1:250.000. Se trata de una labor estándar de prospección minera a escala regional, con la que los técnicos del SEGEMAR se encuentran muy familiarizados.

En general, cualquier estudio de exploración minera implica la realización siguientes tareas de prospección como:

- ✓ Prospección geológica. Determinación del ambiente geológico favorable para la concentración de recurso objetivo.
- ✓ Utilización de imágenes satelitales. Determinación de indicios minerales a partir del procesamiento de imágenes satelitales para el estudio de alteraciones hidrotermales. Esta tarea será realizada conjuntamente con el área de Teledetección y Cartografía.
- ✓ Antecedentes. Recopilación y análisis de antecedentes mineros pretéritos y de explotaciones en activo, incluyendo: mapas, informes de investigación y registros geofísicos.

En este sentido, la Dirección de Recursos Minerales del IGRM del SEGEMAR ya dispone de una base de datos con la información geoquímica y mineralógica de los depósitos minerales del territorio argentino, así como de manifestaciones hidrotermales.

- ✓ Prospección geoquímica. Análisis de las anomalías geoquímicas procedentes de la toma de muestras de rocas y suelos y, en especial, de sedimentos de corriente. La información geoquímica será suministrada por el área de Geoquímica Ambiental.
- ✓ Prospección geofísica. Determinación de anomalías geofísicas mediante métodos magnéticos y gravimétricos.
- ✓ Trabajos de campo. Recopilación de la información no recopilada en gabinete mediante observaciones y mediciones directas, así como la recolección de muestras. Esta actividad incluye el relevamiento de la información referente al inventario minero (explotaciones activas y pasivos).

Como resultado de los trabajos de prospección se obtendrá información sobre las características de los yacimientos minerales y geotérmicos existentes en la zona de estudio, explotados o sin explotar, incluyendo para cada tipo de recurso:

- ✓ Distribución geográfica.
- ✓ Principales litotectos y mineralotectos asociados a los yacimientos.
- ✓ Mineralizaciones y su paragénesis (mineralogía de la mena, ganga y roca de caja).
- ✓ Aspectos mineros de la explotación (geología y mineralogía).

- ✓ Potencial de generación de aguas ácidas y movilización de elementos contaminantes (ver epígrafe 10.2.2.1 del Cap. II de la “*Guía Metodológica para la Elaboración de Estudios Geoambientales*”).
- ✓ Zonificación de la oxidación y alteración, incluyendo los minerales secundarios asociados.
- ✓ Técnicas de explotación y tratamiento más habituales del tipo de recurso.

### **18.3.3 Mapa de Potencial Minero y Geotérmico**

Se elaborará un mapa del potencial minero y geotérmico de la zona a escala 1:100.000. En él se incluirán los distintos pasivos mineros y minas en activo reconocidas en la zona, así como los yacimientos, las zonas de alteración hidrotermal y la distribución geográfica de las anomalías geoquímicas detectadas.

Este mapa —el cual será editado en papel y se adjuntará como anexo tanto en el informe final del estudio como en el EGA— incluirá, según la normativa del SEGEMAR existente al respecto:

- ✓ Una leyenda con referencia a los datos más relevantes de cada yacimiento (edad geológica, morfología, mena, quimismo, roca encajante, proceso genético y datos económicos, etc.).
- ✓ Esquemas de situación a escala regional (geotectónico, metalogenético, lineamientos, etc.).

## **18.4 RESULTADOS**

Como resultados finales esperables del estudio de recursos geológicos se contemplan:

- ✓ Descripción de la situación minera de la zona de estudio, indicando su historia e influencia en el desarrollo de la región. Esta información servirá como encuadre de la actividad minera dentro de la memoria de documentación del informe final del estudio y del propio EGA.
- ✓ Inventario de depósitos minerales y de alteraciones hidrotermales.
- ✓ Caracterización de los diferentes depósitos minerales y geotérmicos existentes en la zona de estudio.
- ✓ Mapa de anomalías geoquímicas de los diferentes elementos químicos.
- ✓ Mapa de alteraciones hidrotermales.
- ✓ Mapa de potencial minero y geotérmico de la zona de estudio a escala 1:100.000.

## **18.5 ENTREGABLES**

En la Tabla III.17.1 se resumen los entregables previstos en esta área temática.

Tabla III.18.1. Entregables del área de Recursos Geológicos.

ENTREGABLE	Formato	DESTINO	OBSERVACIONES
Informe final	Documento		- Documento final del estudio. - Ver apartado 4.1.2 del Capítulo II.
Potencial de generación de aguas ácidas	Documento	- Informe final - EGA - AT Impactos de la actividad minera,	- Incluye resultados de ensayos y mapa de ubicación de los puntos de muestreo.
Modelos predictivos de impacto de futuros aprovechamiento	Documento	- Informe final - EGA - AT Impactos de la actividad minera,	
Inventario depósitos minerales	Geodatabase (FC)	- Informe final	- Actualización de FC en el SIGAM.
Inventario de manifestaciones hidrotermales	Geodatabase (FC)	- Informe final	- Actualización de FC en el SIGAM.
Mapa de alteraciones hidrotermales	Mapa	- Informe final	- A adjuntar al Informe final.
	Geodatabase (FC)	- EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa de anomalías geoquímicas	Mapa	- Informe final	- A adjuntar al Informe final.
	Geodatabase (FC)	- EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Mapa de Potencial Minero y Geotérmico	Mapa	- Informe final	- A adjuntar al Informe final.
	Geodatabase (FC)	- EGA	- Actualización de FCs en el SIGAM.
Memoria de síntesis	Documento	- EGA	- A integrar en la memoria del EGA.

BD= Base de datos. FC= Capa de información. AT= área temática

## 18.6 BIBLIOGRAFÍA

IGME, 1988. "Programa Nacional de Estudios Geoambientales Aplicados a la Minería – Provincia de León. Serie. Geología Ambiental. Madrid.

SEGEMAR, 2005. "Estudio geocientífico aplicado al ordenamiento territorial. San Carlos de Bariloche".

SEGEMAR, 2001. "Normativa para la carta geoquímica de la República Argentina". (GEOQUIM-NORM-IRGM-001).

SEGEMAR, 2007. "Estudio geocientífico aplicado al ordenamiento territorial. Puente del Inca, Provincia de Mendoza".

SEGEMAR. Carta Minero-Metalogenética de San Juan (Hoja nº 3169-IV). Escala 1:250.000.

SEGEMAR. Carta Minero-Metalogenética de Malimán (Hoja nº 2969-III). Escala 1:250.000.