



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

Grado en Geografía y Ordenación del Territorio

TRABAJO FIN DE GRADO

Las canteras y su problemática con el medio ambiente: el caso-estudio de La Cistérniga

Autor: Omar García González

Tutor: Alipio J. García de Celis

Departamento de Geografía, Universidad de Valladolid

Curso 2020/2021

Convocatoria: Julio, 2021

Índice

Resumen.....	5
Abstract.....	5
1.- Introducción.....	6
1.1.- Planteamiento del trabajo.....	7
1.2.- Objetivos.....	7
1.2.1.- Objetivo general.....	7
1.2.2.- Objetivos específicos.....	7
2.- Metodología y fuentes.....	8
3.- La actividad minera: concepto, tipos y normativa de aplicación.....	10
3.1.- La industria de los áridos.....	14
3.1.1.- Historia de los áridos.....	17
3.1.2.- Clasificación de los áridos.....	18
3.1.3.- Aplicaciones de los áridos.....	20
3.1.4.- La obtención de los áridos.....	23
3.1.5.- El futuro de los áridos.....	30
3.2.- Las canteras como fuente de recursos mineros.....	31
3.2.1.- Aplicaciones prácticas de las canteras.....	32
3.2.2.- Tipos y formas de explotaciones de canteras.....	33
3.2.3.- Vida y ritmo de las explotaciones.....	34
3.3.- Las graveras como tipo particular de explotación.....	34
3.4.- El ciclo de vida de las canteras y graveras.....	36

3.5.- Aplicaciones prácticas de los Sistemas de Información Geográfica en canteras y graveras.....	37
4.- Minería y Medio Ambiente.....	41
4.1.- Repercusiones negativas de las canteras y graveras.....	43
4.1.1.- Alteraciones e impactos medioambientales.....	44
4.1.1.1.- Efectos producidos por las operaciones en las márgenes.....	45
4.1.1.2.- Efectos producidos por las operaciones en los cauces y la zona ribereña.....	47
4.1.2.- Peligros para la salud humana.....	51
4.1.2.1.- Peligros de las partículas transmitidas por el aire.....	51
4.1.2.2.- Peligros de carácter físico.....	52
4.1.3.- Problemas en la seguridad personal.....	53
4.1.4.- Otras repercusiones.....	54
4.2.- Corrección de impactos ambientales durante la explotación.....	54
4.3.- Técnicas de integración paisajística.....	58
4.4.- Principales usos y técnicas de restauración.....	60
4.4.1.- Medidas correctoras tras el proceso de restauración o recuperación.....	61
4.4.2.- Restauración de canteras para su aprovechamiento como vertederos.....	63
4.4.3.- Restauración de graveras para usos agrícolas y forestales.....	64
4.4.4.- Restauración de graveras para usos industriales y urbanísticos.....	64
4.4.5.- Restauración de graveras para usos recreativos.....	65
4.5.- Recuperación de hábitats tras el proceso de restauración.....	66
4.6.- El control social de las graveras.....	67
4.7.- Planes de Acción para la Biodiversidad (PAB).....	68

5.- La industria de los áridos a diferentes escalas. El caso-estudio de La Cistérniga.....	72
5.1.- Los áridos en España.....	72
5.2.- Los áridos en Castilla y León.....	74
5.3.- Los áridos en Valladolid.....	75
5.4.- Los áridos en La Cistérniga.....	77
5.4.1.- Localización de las explotaciones: caracterización del área de estudio.....	80
5.4.2.- Origen y evolución de las explotaciones.....	85
5.4.3.- Estado actual de las explotaciones.....	95
6.- Conclusiones y reflexiones finales.....	105
ANEXO I: Fichas descriptivas.....	107
ANEXO II: Entrevistas.....	113
1. Agentes medioambientales de la Junta de Castilla y León.....	113
2. Ecologistas en Acción de Valladolid.....	115
Fuentes utilizadas.....	117
Referencias bibliográficas.....	117
Otras fuentes.....	119

Resumen: La puesta en marcha y desarrollo de todo tipo de actividades mineras, ya se encuentren relacionadas con la extracción y producción de áridos o con cualquier otro subsector, está generando una serie de repercusiones medioambientales de cada vez mayor gravedad y amplitud a escala global. Por este motivo, el análisis del territorio en búsqueda de su detección, diagnóstico y tratamiento se ha vuelto cada vez más imprescindible, bien para la comprobación de que se cumple con la normativa vigente, o bien para instaurar otra clase de medidas vinculadas a la prevención de futuros impactos, a la corrección de las alteraciones ya producidas, a una restauración adecuada de los terrenos afectados o a la aplicación de iniciativas por el clima y la biodiversidad que puedan contribuir a hacer un mundo más limpio y sostenible, y que a su vez se traduzca en la mejora de la calidad de vida del ser humano y del entorno que le rodea. En el caso de la provincia de Valladolid y el municipio de La Cistérniga, objetos de la presente investigación, los objetivos son los mismos, ya que la industria de los áridos se encuentra muy presente en ambos territorios desde hace ya muchos años.

Palabras clave: Áridos, Canteras, Graveras, Medio Ambiente, Contaminación, Biodiversidad, Valladolid, La Cistérniga.

Abstract: The implementation and development of all types of mining activities, whether related to the extraction and production of aggregates or any other subsector, is generating a series of environmental repercussions of increasing severity and scope on a global scale. For this reason, the analysis of the territory in search of its detection, diagnosis and treatment has become increasingly essential, either to verify compliance with current regulations, or to establish other types of measures linked to the prevention of future impacts, to the correction of the alterations already produced, to an adequate restoration of the affected land or to the application of initiatives for the climate and biodiversity that can contribute to making a cleaner and more sustainable world, and which in turn translates into the improvement of the quality of life of human beings and the surrounding environment. In the case of the province of Valladolid and the municipality of La Cistérniga, objects of this research, the objectives are the same, since the aggregates industry has been present in both territories for many years.

Keywords: Aggregates, Quarries, Gravel Pits, Environment, Contamination, Biodiversity, Valladolid, La Cistérniga.

1.- Introducción

La actividad minera, y más concretamente la relacionada con la industria de los áridos, siempre ha tenido una gran importancia y relevancia para el conjunto de la sociedad por los numerosos beneficios y aplicaciones derivadas de la misma en el día a día. No obstante, es común que el mantenimiento y explotación de los yacimientos de los que se extraen dichos áridos genere continuamente diversas alteraciones medioambientales, desde las leves y moderadas hasta las más graves, motivo por el cual resulta cada vez más imprescindible el control y seguimiento de estas labores y el análisis de los posibles impactos que pueden originarse en el medio en el que se llevan a cabo. Por lo tanto, en el presente trabajo de investigación se pretende a dar a conocer los principales beneficios, problemas, peligros y repercusiones que conlleva la creación y aprovechamiento de las canteras y graveras, así como algunas de las técnicas destinadas a la corrección o prevención de algunos impactos ambientales u orientadas a la integración paisajística.

Por una parte, la restauración de los terrenos afectados por este tipo de actividad también se considera de gran interés en cuanto a las posibilidades e implicaciones derivadas de los cambios en los usos del suelo, o en lo relacionado con la recuperación de hábitats o la implantación de medidas correctoras que permitan minimizar los daños ambientales ocasionados. Por otra parte, los diferentes planes de acción para la biodiversidad e iniciativas por el clima que se están poniendo en marcha, a nivel general, son cada vez más variadas y visibles por las empresas y grupos responsables de la gestión de las graveras, lo cual se puede encontrar vinculado al incremento de la preocupación por las consecuencias del cambio climático y, en definitiva, de la degradación de la biosfera en un mundo en el que el medioambiente y el ecologismo tienen cada vez mayor entidad.

De esta manera, también se ha llevado a cabo el estudio de un caso práctico en el que ha sido posible la aplicación y relación de todos estos conocimientos teóricos mediante una labor de investigación personal, y con la que se ha pretendido conocer y transmitir una de las muchas realidades existentes, concretamente en el municipio de La Cistérniga, posibilitando el análisis e interpretación de un territorio concreto en el que existen varias graveras activas. Para ello se han tenido en cuenta, a su vez, los distintos puntos de vista de diferentes entidades con relación al ámbito de la provincia de Valladolid.

1.1.- Planteamiento del trabajo

El presente trabajo va a tratar de llevar a la práctica una serie de conocimientos y competencias adquiridas durante la carrera de Geografía y Ordenación del Territorio, y durante la fase de investigación del mismo. Por ello, se divide fundamentalmente en dos partes: una orientada a la investigación puramente teórica y búsqueda de información general, y otra destinada al trabajo de campo y al estudio de un caso práctico en un área concreta de estudio.

1.2.- Objetivos

Con el fin de no perder de vista el verdadero propósito de este trabajo, se han determinado los siguientes objetivos.

1.2.1.- Objetivo general

Analizar la importancia de la industria de los áridos de manera general y a diferentes escalas, y sus diversas implicaciones medioambientales y territoriales.

1.2.2.- Objetivos específicos

- Describir los procesos vinculados con la extracción de áridos.
- Revisar la normativa y aplicación aplicada a este sector de la actividad minera y verificar su cumplimiento, y conocer las distintas implicaciones ambientales derivadas del uso de graveras.
- Determinar las incidencias y problemas medioambientales generados en un área de estudio concreta, así como el uso de los terrenos restaurados y las distintas iniciativas por el clima.

2.- Metodología y fuentes

Para llevar a cabo la elaboración de este trabajo se ha optado por la aplicación de un método de análisis deductivo, es decir, se ha partido de unos conocimientos generales basados en el trabajo de investigación sobre la industria de los áridos y su relación con el medioambiente, para después pasar a la interpretación de un caso concreto y particular mediante el trabajo de campo y el análisis de una de las muchas realidades existentes. Con el fin de dar respuesta a los objetivos anteriormente mencionados de este Trabajo de Fin de Grado, se ha establecido un esquema que se estructura en tres bloques: el primero corresponde a una introducción de la actividad minera y de la importancia e información más relevante de la industria de los áridos (apartado 3); el segundo, a la estrecha relación entre este tipo de actividades y el medioambiente (apartado 4); y, el tercero, a una aproximación de estos temas de estudio en sucesivas escalas para desembocar en la investigación de un caso concreto en el municipio de La Cistérniga (apartado 5). Finalmente, se han elaborado una serie de conclusiones sobre los principales temas abordados, desde una visión crítica y personal, y dos anexos correspondientes a una ampliación de las características del territorio analizado mediante fichas descriptivas, y a unas entrevistas realizadas a dos entidades diferentes, con las que se ha ampliado la visión y el conocimiento de numerosas cuestiones referidas a las empresas de áridos y su vinculación con el medioambiente, debido a que no toda la información que se necesitaba se encontraba a disposición pública.

Para el trabajo de investigación, se han consultado diversos artículos y documentos -desde manuales especializados en canteras hasta todo tipo de trabajos de investigación-, así como diferentes páginas web, como la del Instituto Geológico y Minero de España, con el fin de ir profundizando en el ámbito referente a la industria de los áridos y plantear hipótesis dirigidas al posterior estudio de caso -La Cistérniga- como, por ejemplo, si dichas actividades se controlan y regulan adecuadamente, si realmente se tienen en cuenta los impactos ambientales que pueden generarse, o si son suficientes las medidas correctoras que se llevan a cabo para minimizar las alteraciones ya producidas.

De esta manera, la elección de un territorio concreto como ámbito de estudio en el que llevar a la práctica las diferentes cuestiones tratadas en la investigación no solo permite

conocer una de las muchas realidades existentes, sino también desarrollar una serie de competencias imprescindibles para todo geógrafo, desarrolladas a lo largo de la carrera, y entre las que destacan el reconocimiento e interpretación de un espacio concreto y su relación con el medio a diferentes escalas, la descarga y uso de información geográfica, o el trabajo de campo para comprobar lo investigado de primera mano, ya sea el propio funcionamiento y responsabilidad de las empresas de este sector, o los conocimientos adquiridos mediante entrevistas a entidades como asociaciones ecologistas, o a los agentes medioambientales de la Junta de Castilla y León. En definitiva, algunas de las hipótesis que se plantean son las siguientes:

- La aplicación de medidas correctoras permite la minimización de las alteraciones medioambientales ocasionadas por la actividad derivada de la extracción de áridos en las graveras de Valladolid y La Cistérniga.
- La actitud y responsabilidad por parte de las empresas de áridos resulta fundamental para una adecuada gestión y mantenimiento de las graveras, así como para el control de las medidas y exigencias medioambientales establecidas por la legislación.
- Los planes de acción para la biodiversidad e iniciativas por el clima llevadas a cabo en Valladolid y en La Cistérniga son variadas, efectivas y beneficiosas para el medioambiente y el desarrollo de la vida animal y vegetal en el entorno de las zonas de explotaciones.

3.- La actividad minera: concepto, tipos y normativa de aplicación

La minería es una actividad industrial básica cuyo fin es la obtención de georrecursos para el abastecimiento a la población de materias primas (Instituto Tecnológico GeoMinero de España [ITGE], 1996). En un sentido más amplio, se puede entender también como el conjunto de actividades industriales de extracción de recursos minerales del subsuelo, ya sea mediante la explotación de un yacimiento mineral en particular, o de un conjunto de minas de una región determinada. Por yacimiento mineral podría entenderse cualquier cuerpo geológico compuesto por una mineralización o una masa de roca económicamente explotable (Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León [SIEMCALSA], 2008a). El interés de los minerales radica en que estos constituyen el elemento base de la mayor parte de las industrias, hasta tal punto que en prácticamente todos los países del mundo se ha realizado algún tipo de explotación minera. No obstante, dicha actividad presenta importantes consecuencias de carácter económico, ambiental, laboral y social, tanto a escala local como global, además de constituir una parte significativa del PIB en muchos países en desarrollo (Jennings, 1998).

De esta manera, los productos mineros constituyen la materia prima a partir de la cual se fabrican la mayor parte de los objetos que se utilizan a diario, como puedan ser todo tipo de metales, plásticos, el carbón, la gasolina, el cemento o el vidrio. Ante la amplia demanda de estos bienes, el sector minero es el que se encarga de localizar las rocas y minerales en la naturaleza, con el fin de extraerlos y prepararlos para su posterior aprovechamiento por los sectores de la construcción, industrial y energético (SIEMCALSA, 2008a). A pesar de todo, la minería no es un importante generador de empleo, ya que hasta hace solo dos décadas tan solo constituía el 1% de la mano de obra mundial (unos 30 millones de personas), de las cuales un tercio trabajaba en minas de carbón. Sin embargo, se estimaba que por cada puesto de trabajo en la minería existía al menos otro que dependía de manera directa de ésta, y que como mínimo otros seis millones de personas trabajaban en minas pequeñas. Teniendo en cuenta estos últimos datos, el número de trabajadores que vivían de la minería a finales del siglo XX ascendería aproximadamente a unos 300 millones (Jennings, 1998). Según la Organización

Internacional del Trabajo, dichas estimaciones no han variado apenas en los últimos años (OIT, 2015).

En cualquier caso, resulta evidente la dependencia de los minerales y metales para el ser humano, como recursos indispensables para hacer posible la mejora de la calidad de vida y contribuir al progreso de toda sociedad. Por ello, resulta lógico que no solo no se puede prescindir de la explotación de los recursos minerales, sino que además es muy probable que dicha actividad, que ya desde principios del siglo XX experimentó un alto grado de mecanización que hizo posible el transporte de grandes volúmenes de rocas a fin de extraer los minerales de los yacimientos de la corteza terrestre, se intensifique todavía más, si bien de manera más controlada, a lo largo del siglo XXI (ITGE, 1996). A pesar de todo, el entorno laboral de los mineros se encuentra en constante transformación, y en muchos casos la inexistencia de luz natural o ventilación, sumado al riesgo de derrumbes, han sido las causas principales de enfermedades (pneumoconiosis, pérdida de audición...), lesiones e incluso víctimas mortales, situando al sector de la minería como uno de los más peligrosos a nivel mundial, constituyendo hasta hace poco un 8% de los accidentes laborales mortales (Jennings, 1998).

En definitiva, la importancia de la minería radica en la utilidad práctica que aporta al ser humano en su día a día, ya que la gran mayoría de los objetos que se utilizan de manera cotidiana tienen un origen minero, o lo que es lo mismo, han precisado de labores mineras para obtener la materia prima con la que han sido fabricados. Algunos ejemplos serían, sin ir más lejos, las materias primas más esenciales para la construcción de una casa, bien sea arcilla para los ladrillos, tejas y azulejos; caliza para el cemento; yeso para las escayolas; sílice para el vidrio de las ventanas; cobre para el cableado; etc. Además, la energía destinada a alumbrar cada vivienda proviene, en términos generales, de un 75-80% de los combustibles fósiles (carbón y gas) y del uranio, todos ellos derivados de la actividad minera. Del petróleo, en cambio, se obtienen una gran cantidad de productos a partir de la industria petroquímica, como la gasolina, el gasóleo, el asfalto, el coque y todo tipo de plásticos. Los áridos, por su parte, proceden igualmente de las explotaciones mineras, y se necesitan en grandes cantidades para la construcción de obras de infraestructura, como puedan ser carreteras, líneas de ferrocarril, puertos o aeropuertos. Las materias primas mineras, por último, se encuentran presentes desde en los productos alimenticios o farmacéuticos hasta en los fertilizantes (SIEMCALSA, 2008a).

Si se tiene en cuenta el consumo total de cuatro de las sustancias más utilizadas derivadas de la minería (áridos, carbón, hierro y petróleo), se ha llegado a estimar que, según datos referentes a la producción mundial anual para el periodo 2005-2007, el consumo por persona a escala planetaria habría sido de 3 toneladas al año de áridos, 1 tonelada al año de carbón, 0'2 toneladas al año de hierro y 29 litros al año de petróleo (SIEMCALSA, 2008a). Resulta evidente que, ante estas cifras tan desproporcionadas, los efectos ambientales derivados de la actividad minera van a tener, en muchos casos, repercusiones significativas a nivel mundial, ya sea a corto, medio o largo plazo. Si bien existen ejemplos de buenas y malas prácticas en la gestión y rehabilitación de las áreas mineras, no hay duda de que el efecto ambiental de las mismas es y será una cuestión de cada vez mayor importancia para la industria y sus trabajadores (Jennings, 1998).

Algunos ejemplos de normativa de aplicación minera recogidos de la legislación española vigente, vinculados a la minería y a la industria de los áridos, serían los siguientes:

-Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.

-Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.

-Ley 54/1980, de 5 de noviembre, por la que se modifica la Sección C y se añade la D al art. 3 de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.

-Real Decreto 2994/1982, de 15 de octubre, por el que se dicta de conformidad el art. 5.3, regulando la Restauración de Espacio Natural Afectado por Actividades Mineras, de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.

-Ley 50/1985 de 23 de diciembre, por la que se deroga lo indicado de la disposición final tercera de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.

-Real Decreto Legislativo 1303/1986, de 28 de junio, por el que se modifica al título VIII de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.

-Real Decreto 107/1995, de 27 de enero, por el que se dicta de conformidad, fijando Criterios de Valoración para la sección A), de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.

-Ley 12/2007, de 2 de julio, por la que se modifica el art. 121 y se añade un art. 122 a la Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.

-Real Decreto de 12 de junio de 2009, por el que se dicta de conformidad, sobre gestión de residuos de las industrias extractivas y protección y rehabilitación de espacios afectados por actividades mineras, de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.

-Ley 25/2009, de 22 de diciembre, por la que se suprime los arts. 89 a 91 y 93 de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.

-Ley 40/2010, de 29 de diciembre, por la que se modifica el art. 1 de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.

-Real Decreto-ley 8/2014, de 4 de julio, por el que se modifica el art. 76.Dos de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.

-Ley 18/2014, de 15 de octubre, por la que se modifica el art. 76 de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.

-Real Decreto 294/2016, de 15 de julio, por el que se desarrolla el art. 76.2 de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.

-Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.

-Real Decreto 777/2012, de 4 de mayo, por el que se modifica los arts. 2, 3, 56, 16 y 24, disposiciones adicionales 4 y 6, final 2, los anexos I, V del R.D. 12-06-09 sobre restauración de espacio natural afectado por actividades mineras.

-Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. Lo desarrolla parcialmente, en cuanto a la regulación del aprovechamiento de áridos en la zona de policía que afecta a los cauces públicos y que la Ley de Aguas determina.

Por otra parte, las actividades mineras se encuentran sometidas a una evaluación del impacto ambiental, de acuerdo con la adaptación a la legislación española de la directiva

comunitaria 2011/92/UE de 13 de diciembre, en materia de Evaluación de Impacto Ambiental de los Proyectos Públicos o Privados, en:

-Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

-Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se suprime la disposición final 11, se sustituye el anexo III y VI, se añade la disposición adicional 16, 17 y 18 y se modifica determinados preceptos de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

-Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se modifica los arts. 34, 43 y 47 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

-Real Decreto-ley 36/2020, de 30 de diciembre, por el que se modifica determinados preceptos de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

3.1.- La industria de los áridos

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) define los áridos como:

una serie de rocas que, tras un proceso de tratamiento industrial, se emplean en la industria de la construcción en múltiples aplicaciones, que van desde la elaboración, junto con un material ligante, de hormigones, morteros y aglomerados asfálticos, hasta la construcción de bases y sub-bases para carreteras, balastos y sub-balastos para las vías de ferrocarril, o escolleras para la defensa y construcción de puertos marítimos (IGME, 2018).

Los áridos son conocidos también por ser materiales minerales de carácter sólido e inerte que, con una granulometría o tamaño de grano adecuado, son utilizados en las obras de infraestructuras viales o como productos artificiales resistentes, bien de manera directa, bien a partir de la mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cales o cementos), o bien con ligantes bituminosos (SIEMCALSA, 1997, 2008a). Además, resultan básicos e indispensables en la construcción de edificaciones, obra civil e infraestructuras de cualquier país y, como consecuencia, constituyen un indicador muy preciso del estado de su economía y de su desarrollo socioeconómico (IGME, 2011). Así,

los grandes consumidores de áridos van a ser tanto el sector de la construcción como la obra pública (SIEMCALSA, 2008a).

De esta manera, la palabra “árido” engloba a un conjunto de materiales granulares de diversos tipos, como puedan ser arenas, gravas (incluyendo áridos marinos), gravillas, balasto, rocas trituradas, componentes procedentes de materiales artificiales y reciclados, etc. (SIEMCALSA, 2008b; Unión Europea de Productores de Áridos [UEPG], 2015); y, además de ser tan necesarios para el desarrollo de una sociedad, presentan también la particularidad de ser bastante abundantes en la corteza terrestre. Esto último condiciona su bajo precio y la necesidad de situar las explotaciones a poca distancia de los puntos de consumo con el fin de minimizar los costes de transporte (SIEMCALSA, 2008b). En lo referente al origen de la producción de los áridos destinados a la construcción y obra pública, estos proceden de tres distintos tipos de explotaciones: minerales industriales, rocas ornamentales y productos de cantera (IGME, 2018).

Hay que tener en cuenta que las características ecológicas de la mayor parte de los enclaves donde se realizan las extracciones son de gran valor, ya que los depósitos suelen encontrarse vinculados a los sistemas fluviales actuales. Por ello, a menudo los terrenos gozan de una alta calidad agrícola, así como de gran belleza natural y diversidad de hábitats de la fauna. Así, la problemática de las explotaciones de áridos naturales plantea una casuística especial, ya sea tanto por el entorno natural en el que se llevan a cabo como por la proximidad a los núcleos urbanos a los que abastecen. Por una parte, varias áreas afectadas por las extracciones han llegado con frecuencia a un grave estado de degradación, con huecos o lagunas en los que se han efectuado, de manera incontrolada, vertidos de productos o sustancias tóxicas, desechos o escombros. Por otra parte, el embalsamiento de agua sin criterios ecológicos bien definidos lleva décadas originando problemas de salinización y eutrofización del agua en muchas regiones (ITGE, 1994).

Las extracciones de áridos, por tanto, han sido la causa directa de problemas ambientales muy graves, particularmente cuando dicha actividad es desarrollada de forma “pirata”, es decir, sin ningún tipo de control ambiental, o con una concentración masiva de explotaciones. Por ello, si no se tienen en cuenta medidas con las que hacer sostenible la actividad minera, esta puede originar impactos que afecten de manera irreversible al equilibrio y los valores naturales de incluso territorios muy extensos (Asociación

Ecologista del Jarama, 2015). Ante este panorama, la preocupación por la conservación del medio ambiente se ha ido extendiendo cada vez más entre los diversos sectores de la sociedad, lo que, ligado a la legislación vigente, ha provocado que las explotaciones mineras deban realizarse siguiendo un proyecto racional y una planificación previa, contando a su vez con medidas destinadas a una futura recuperación de los terrenos afectados (ITGE, 1994).

Así, las explotaciones de áridos (Imagen 1) se someten frecuentemente a una Evaluación de Impacto Ambiental, así como a un procedimiento administrativo más complejo, según el cual la rehabilitación debe estar prevista de antemano y las empresas forzadas a constituir garantías financieras para asegurar su puesta en marcha. No obstante, la industria de los áridos no siempre es incompatible con el medio en el que se desarrolla, pues cada vez se llevan a cabo más técnicas y buenas prácticas orientadas a la gestión de la biodiversidad y a la protección del medioambiente (UEPG, 2015).

Imagen 1. Vista general de una explotación de áridos



Fotografía propia, 2021

3.1.1.- Historia de los áridos

Los minerales y sus productos derivados se han encontrado siempre muy ligados a los distintos ámbitos de la civilización, ya sea a sus instituciones, a sus actividades, a su bienestar o a su calidad de vida. De hecho, muchos enfrentamientos bélicos se han originado como consecuencia de la disputa de la posesión de yacimientos mineros. Así, la permanente búsqueda de estos recursos naturales llevada a cabo por el ser humano le ha llevado a lo largo de la historia al descubrimiento y colonización de nuevas tierras y a la expansión del comercio, del arte y de la tecnología (ITGE, 1996).

En el caso de los áridos, sus yacimientos se vienen explotando desde tiempos muy remotos, como así lo evidencian los vestigios de antiguos asentamientos humanos (ITGE, 1994). Así pues, su empleo ya contribuía en la Antigüedad al desarrollo de la civilización humana (construcción de viviendas, de recintos defensivos, de puertos...). Durante el periodo de tiempo comprendido entre la Antigüedad y la Revolución Industrial del siglo XIX, los áridos eran extraídos en las proximidades de los centros de consumo, a fin de evitar el transporte de los mismos. Además, no existían medios mecánicos para su extracción, por lo que se empleaban técnicas manuales, ya fuera para su extracción o para su trituración y clasificación (mazas, picos, cuñas, martillos, cedazos, etc.). A finales del siglo XIX, el descubrimiento del cemento y del hormigón supuso una revolución en el ámbito constructivo, lo que, unido al desarrollo de líneas de ferrocarril, vías de comunicación, puentes y puertos, requirió de la utilización de enormes y diversas cantidades de áridos. A partir de este momento, la construcción se convierte en el factor de referencia económico de todo país (SIEMCALSA, 2008b; Ilustre Colegio Oficial de Geólogos [ICOG], 2008).

Posteriormente, en el siglo XX, el empleo de los áridos de construcción aumentó todavía más, debido fundamentalmente al surgimiento de nuevas tecnologías destinadas a procesos extractivos y de tratamiento mineral. Como consecuencia, se produjo la incorporación de maquinaria fija y móvil, que cada vez fue dotada de mayor capacidad de extracción y tratamiento (SIEMCALSA, 2008b). De esta manera, a finales de siglo los recursos de áridos ya representaban más del 50% de todos los minerales consumidos (ITGE, 1994). En el siglo XXI, la industria extractiva de los áridos ha pasado a ser uno

de los sectores mineros de mayor importancia a la hora de proveer de materias primas a la sociedad para su desarrollo (SIEMCALSA, 2008b).

Cabe destacar que, a lo largo de las últimas décadas, se ha asistido a un cambio muy notable en el sector de los áridos, de manera que se ha pasado en poco tiempo de la existencia de explotaciones casi totalmente anárquicas en lo relativo a sus formas y planteamientos, en las que bastaban simples autorizaciones para iniciar la extracción, a un conjunto de exigencias técnicas, de calidad, medioambientales o sociales que han obligado a un completo cumplimiento de múltiples requisitos a la hora de plantear y desarrollar un proyecto de este tipo. Además, hasta hace relativamente poco, los áridos eran considerados como recursos minerales de escaso valor, y por ello las compañías mineras tradicionales no invertían en este sector. Sin embargo, la acelerada demanda de productos de cantera y las numerosas limitaciones, generalmente de tipo ambiental, para la apertura de nuevas canteras y graveras, han provocado que estos materiales se hayan convertido en recursos de carácter agotable y, como consecuencia, se hayan revalorizado (Herrera, 2007).

3.1.2.- Clasificación de los áridos

Los áridos se pueden clasificar de diversas maneras, en función de su naturaleza, de sus posibles aplicaciones, de su granulometría, etc. Así, según la primera de ellas, se diferencian tres grandes grupos: los áridos naturales, los áridos artificiales y los áridos reciclados.

- Los áridos naturales son aquéllos que se obtienen de los yacimientos geológicos, mediante procedimientos exclusivamente mecánicos. Proceden, por una parte, de depósitos detríticos no consolidados (graveras), en los que se utilizan medios mecánicos de extracción convencionales; o, por otra parte, de macizos rocosos cuyo arranque debe llevarse a cabo a partir de medios específicos como ripados o voladuras con explosivos (canteras). Este tipo de áridos es el más consumido, con diferencia, a nivel mundial, y su origen siempre se va a encontrar en la corteza terrestre, ya sea en forma de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas

(SIEMCALSA, 2008b). Los áridos naturales pueden dividirse, a su vez, en dos grandes grupos:

→ Áridos granulares: corresponden a esta clase las gravas y arenas sin consolidar. Su extracción se realiza mediante pala cargadora y se someten a lavado y clasificación granulométrica.

→ Áridos de machaqueo: hacen referencia a aquellos materiales obtenidos en cantera por arranque de los macizos rocosos, y que son sometidos a trituración, molienda y clasificación. Las rocas que más se utilizan son las calizas, si bien también se emplean cuarcitas, granitos, corneanas, gneises u ofitas, entre otras (SIEMCALSA, 2008a).

- Los áridos artificiales están constituidos por residuos generados en procesos térmicos industriales (escorias de horno alto, escorias de acería, cenizas, etc.). Así pues, su terminología hace referencia a todos aquellos áridos resultantes de operaciones industriales que conllevan modificaciones fisicoquímicas o de otra índole. En la actualidad, su uso es insignificante (SIEMCALSA, 2008a, 2008b).
- Los áridos reciclados, por último, son aquellos procedentes del tratamiento inorgánico de los materiales que ya han sido aprovechados anteriormente en la construcción (residuos de construcción y demolición, como hormigones, ladrillos o tejas). Actualmente representan menos del 1% del consumo total (SIEMCALSA, 2008b).

Atendiendo a sus posibles aplicaciones, esto es, al destino final al que van dirigidos, los áridos se pueden clasificar en áridos ligeros, áridos para hormigón, áridos para morteros, áridos para escollera, áridos para balasto de ferrocarril, áridos para capas de rodadura y áridos para bases y sub-bases de carreteras.

3.1.3.- Aplicaciones de los áridos

Cada persona consume a lo largo de su vida, aproximadamente, unos 850.000 kg de áridos. Esto significaría que, después del agua, sería el recurso más utilizado por el ser humano, pues no en vano constituye la materia prima a partir de la cual se fabrican, por ejemplo, firmes de carreteras, hormigones, morteros, escolleras o balasto. Así, ya solo el sector de la construcción representa, por sí solo, uno de los principales índices del desarrollo tecnológico y socioeconómico de un país y, dentro de este, los áridos constituyen del 75 al 100% de los componentes de las unidades de obra de edificación y obra civil. Por una parte, se estima que para la construcción de una vivienda particular se precisa en torno a 150-450 toneladas de áridos; para un colegio, unas 3.000 t; y para un campo de fútbol, 300.000 t. Por otra parte, el árido constituye el componente mayoritario de los morteros de las edificaciones, así como de sus diversos tipos de prefabricados. En el caso del hormigón destinado al sector de la construcción, este puede utilizarse en masa (pavimentos), o en estructuras (vigas, pilares, cimentaciones, etc.), y se caracteriza por ser el elemento fundamental en las estructuras, obras de fábrica, puentes, viaductos, centros comerciales, aeropuertos, túneles o rascacielos (Imagen 2). Algunos prefabricados, como los adoquines, bordillos, vigas y tubos, también se encuentran constituidos esencialmente por áridos (SIEMCALSA, 2008b).

Imagen 2. Aspecto general de una viga de construcción para obra pública



Fuente: SIEMCALSA, 2008b

En la construcción de carreteras, los áridos son empleados en todas las secciones que las constituyen, ya sea en los rellenos de terraplenes y pedraplenes (para lo cual se utilizan materiales de préstamo sin modificación de sus características naturales), o en las capas específicas que van desde las explanadas, sub-bases y bases granulares (con o sin tratamiento de conglomerantes hidráulicos o ligantes bituminosos), hasta las capas de rodadura o los firmes rígidos de hormigón (SIEMCALSA, 1997, 2008b). Se estima que, en la construcción de 1 km de autopista, se precisan en torno a 30.000 t de áridos. En el caso de los ferrocarriles, los áridos están presentes en las capas de balasto y sub-balasto, y se calcula que, para la construcción de 1 km de vía férrea, se necesitan aproximadamente 10.000 t de áridos. En lo referente a presas, tanto de tierras como de hormigón, el árido es el componente mayoritario, ya tenga funciones de relleno, filtro-dren, etc. Por último, otras aplicaciones de especial importancia son las escolleras y gaviones de protección de taludes, los cuales se sitúan en las laderas y márgenes de ríos que presentan problemas de inestabilidad o de erosión (Imagen 3), así como los filtros destinados a sondeos de captación de agua y drenes (SIEMCALSA, 2008b).

Imagen 3. Cauce reforzado del Río Esgueva (Valladolid)



Fotografía propia, 2021

A modo de síntesis, las aplicaciones de los áridos se pueden resumir en función de la sectorización de la producción a la que van destinados (IGME, 2018):

- Roca ornamental y otras: bloques, cubiertas y tablas, pavimentos aplacados y piedra de cantería.

- Áridos para construcción y obras públicas: hormigones, morteros y prefabricados, carreteras, balasto y escolleras. En el caso de los cuatro primeros, servirían materiales granulares o áridos procedentes de machaqueo; en el caso del balasto, no obstante, solamente valdrían áridos de machaqueo (SIEMCALSA, 2008b).

- Aglomerantes, productos cerámicos y áridos industriales:
 - Los aglomerantes se subdividen, a su vez, en fabricación de cementos y de cales y yesos (escayola, paneles...).

 - Los productos cerámicos, por su parte, incluyen cerámica basta, cerámica fina y productos refractarios.

 - Los áridos industriales harían referencia, nuevamente, a hormigones, morteros y prefabricados, carreteras, balasto y escolleras.

En la mayoría de las aplicaciones industriales, el uso del árido industrial se justifica en razón a su comportamiento estable frente a la acción química de su posible continente o a los agentes externos, así como en función de su resistencia mecánica frente a carga y vibraciones. Por ejemplo, en la industria del papel las calizas pueden ser utilizadas, bien como cargas, o bien para la aportación de ciertos elementos químicos que posibiliten la elaboración de un producto (en este caso cementos o cales, al igual que las arenas silíceas servirían para fabricar vidrio) (IGME, 2018).

En definitiva, los áridos, y más concretamente las arenas y gravas, constituyen el recurso básico para el desarrollo urbano en diversas regiones, al ser la fuente primaria principal

para la construcción e infraestructura viaria. En algunos lugares, no obstante, los áridos artificiales de trituración pueden llegar a sustituir de manera parcial a los materiales granulares de origen natural, o complementarse con ellos. También hay que tener en cuenta que la dispersión de los depósitos de áridos puede llegar a tener un enorme impacto sobre los costes de construcción, tanto para el sector privado como para el público. Además, el valor in situ de las arenas y gravas es generalmente bajo, al contrario que pasa con los costes del transporte, los cuales son generalmente elevados. Por este motivo, los yacimientos de estos recursos son más valiosos cuanto mayor es la cercanía a la que se encuentran de los centros de consumo (ITGE, 1994).

3.1.4.- La obtención de los áridos

La información referente al presente subapartado corresponde, principalmente, a la obra de: SIEMCALSA, 2008b.

Con el fin de proveer de áridos al sector industrial y al mercado de la construcción, es preciso llevar a cabo una serie de procesos que van desde los puramente extractivos hasta otros más concretos, necesarios para adaptarlos a las especificaciones que se demandan. Todos ellos se estructuran fundamentalmente en la extracción, carga y transporte a las plantas de tratamiento, en los que se adecúan a las necesidades del mercado. No obstante, también se requiere de una etapa previa de investigación.

1. Investigación. Generalmente, como fase previa a la explotación de un árido es indispensable efectuar un conjunto de trabajos de investigación enfocados a poner de manifiesto la existencia de un yacimiento que pueda ser explotado desde el punto de vista técnico y económico. En cualquier caso, aunque las reservas de áridos parezcan prácticamente ilimitadas en muchas regiones, no siempre van a ser explotables, ya sea por problemas de calidad, accesibilidad, ubicación en espacios naturales protegidos o catalogación de suelos, entre otros.
2. Autorización Administrativa. Anteriormente a la apertura de toda explotación minera es necesario disponer de la correspondiente autorización administrativa.

Para ello, debe presentarse un proyecto de explotación en el que se describa su diseño y el proceso de tratamiento al que será sometido el recurso extraído. También es preciso realizar un estudio de impacto ambiental, con el fin de obtener la declaración positiva que dará permiso a la ejecución del proyecto. Todos estos documentos se complementan, además, con otros relacionados con la seguridad y salud de los trabajadores y con el establecimiento de los avales estipulados por la Administración para hacer frente a posibles restauraciones futuras.

3. Extracción. Una vez obtenida la autorización para llevar a cabo la explotación, ya pueden iniciarse las labores de extracción. No obstante, es necesario proceder previamente al retirado y acopio de la cobertera vegetal y de la roca alterada de manera adecuada, con objeto de que puedan ser utilizados con posterioridad durante la fase de restauración. Los procedimientos de extracción pueden variar en función de la naturaleza de los áridos. Así, la mayor parte de las extracciones se efectúan a cielo abierto a partir de la apertura de uno o varios frentes de explotación (lugar del que se extrae el material), que avanzan en una determinada dirección (Imagen 4). En el caso de que la potencia del yacimiento a explotar sea muy alta, la extracción se acomete a través de la apertura de dos o más bancos de explotación escalonados, cuya altura se diseña de tal manera que, por un lado, se faciliten las labores de extracción, carga y transporte y, por otro, se prevengan accidentes por caídas o desplomes de material.

Imagen 4. Frente de explotación en una cantera de áridos en Burgos



Fuente: SIEMCALSA, 2008b

4. Transporte. El transporte de los materiales extraídos de una explotación a la planta de tratamiento se lleva a cabo mediante el uso de grandes camiones (dumpers) o cintas transportadoras, en ocasiones blindadas (Imagen 5).

Imagen 5. Carga directa de áridos calizos sobre dumper



Fuente: SIEMCALSA, 2008b

5. Planta de tratamiento. Tras ser transportados a la planta de tratamiento (Imagen 6), los áridos son sometidos a un conjunto de operaciones tecnológicamente complejas y automatizadas, con objeto de hacerlos aptos para los diversos usos demandados. En términos generales, el proceso de tratamiento de los áridos se sintetiza en las siguientes fases: trituración y molienda, clasificación, desenlodado y lavado, y almacenamiento.

Imagen 6. Aspecto general de una planta de tratamiento



Fotografía propia, 2021

→ Trituración y molienda. En esta primera fase, los áridos procedentes de las explotaciones se someten a una serie de operaciones con el fin de reducir el tamaño del material extraído. Cuando los fragmentos de roca son de gran tamaño, la trituración se realiza en dos etapas: una de trituración primaria (Imagen 7), en la cual se emplean machacadoras de mandíbulas y machacadoras giratorias, entre otras; y otra de trituración secundaria, en la que el tamaño resultante de la etapa anterior disminuye gracias al empleo de equipos de percusión, conos, cilindros, etc. Por último, la molienda de material se lleva a cabo a partir del uso de molinos de bolas o de barras. En el caso de que el tamaño de los áridos procedentes de la explotación sea pequeño, no es necesaria esta primera fase.

Imagen 7. Esquema de planta de tratamiento con trituración primaria



Fuente: SIEMCALSA, 2008b

→Clasificación. Esta segunda fase aparece intercalada con frecuencia en la etapa de trituración y molienda. Su finalidad consiste en la separación de los áridos triturados en función de su tamaño, para lo cual se utilizan equipos que poseen un conjunto de mallas que permiten el paso de los materiales de menor tamaño que la malla y que impiden el paso del resto. Con este método es posible clasificar en varias fracciones los materiales que proceden de la fase de trituración y molienda, y cada una de ellas llevará asociado un tratamiento específico posterior (estériles, acopios de material acabado, lavado...). Las cribas se clasifican atendiendo al tipo de movimiento que presentan con respecto al material a cribar (cribas fijas y móviles), y se puede encontrar en el mercado una gran variedad de todas ellas (barrotes fijos, rodillos de discos, trómeles, cribas de sacudidas...) (Imagen 8).

Imagen 8. Detalle de una criba de clasificación de áridos



Fuente: SIEMCALSA, 2008b

→Desenlodado y lavado. Esta fase solo se lleva a cabo en el caso de que los materiales que constituyen el yacimiento explotado presenten grandes cantidades de arcillas y otros materiales que puedan repercutir en el uso final al que van destinados los áridos. Por ejemplo, su capacidad de adherencia puede verse afectada con ligantes como el cemento o la cal. Generalmente, esta operación es una práctica necesaria y muy común para obtener áridos de buena calidad y que se adapten a la normativa europea. Para ello, se suelen emplear desenlodadores de plaquetas, atriccionadores, etc., siendo los más frecuentes las norias de cangilones, los preparadores de hélices y los trómeles (Imagen 9).

Imagen 9. Trómel lavador de áridos



Fuente: SIEMCALSA, 2008b

→Clasificación hidráulica. Esta fase se precisa para los áridos que se traten por vía húmeda, siempre y cuando exista la necesidad, por ejemplo, de obtener cortes finos en las arenas, de separar las fracciones finas que acompañan a las arenas, de recuperar los finos, de recuperar las arenas, de deslamar las arcillas o de escurrir las arenas. Para garantizar que se cumple con estos requerimientos, suelen emplearse diversos equipos, como puedan ser hidrociclones, clasificadores hidráulicos simples o clasificadores hidráulicos múltiples.

→Ecurrido. Una vez concluidos los procesos de lavado y clasificación hidráulica, los áridos obtenidos deben ser agotados o escurridos con objeto de alcanzar una humedad comprendida en el rango 7-15%, lo que les hará aptos para su posterior manipulación, transporte y comercialización. Para ello, se utilizan silos escurridores, cribas agotadoras, filtros prensa o bandas continuas, entre otros instrumentos (Imagen 10).

Imagen 10. Detalle de una instalación de filtros prensa



Fuente: SIEMCALSA, 2008b

3.1.5.- El futuro de los áridos

En términos generales, el crecimiento de la demanda de minerales va ligado, principalmente, con el desarrollo económico, la expansión demográfica y la mejora de la calidad de vida. Por ello, dependerá del progreso de cada región y del aumento de su población, si bien se espera que a lo largo del siglo actual el consumo de minerales no energéticos se incremente, exponencialmente, en los países en vías de desarrollo que sigan el modelo de economía libre de los más desarrollados (ITGE, 1996).

En el caso de los áridos sucede lo mismo, ya que el aumento de bienestar de las sociedades avanzadas, así como de las que aspiran a conseguir un mayor grado de desarrollo, depende, en un alto porcentaje, del uso de áridos en sus diversas aplicaciones. Además, como se ha mencionado antes, el consumo de los áridos aumentará de manera directamente proporcional al crecimiento de la población, con independencia de los vaivenes de la economía mundial (ICOG, 2008).

Por una parte, la superficie terrestre constituye en sí una amplia reserva de áridos. No obstante, está demostrado que el uso desordenado de los recursos naturales ha dado lugar

a fuertes desequilibrios como problemas ambientales o agotamiento de reservas, motivo por el cual, sin renunciar al desarrollo socioeconómico, se deben aplicar criterios creativos de desarrollo sostenible en aquellas zonas que puedan ser, potencialmente, yacimientos de áridos. Todo ello debe hacerse dentro de unos determinados planes de ordenación territorial que contemplen esta clase de usos del suelo, así como de acuerdo al marco legislativo vigente. Por otra parte, el concepto moderno de árido no se identifica con una naturaleza y génesis determinadas, ya que, a raíz del despegue industrial, se han venido consolidando dos nuevas fuentes de suministro de materiales en su utilización como áridos:

- Ciertos subproductos generados en la industria siderúrgica -escorias de altos hornos- y en las centrales térmicas -cenizas volantes o humos de sílice-, que más tarde han pasado a formar el subgrupo de los áridos artificiales o secundarios. Hasta hace unas décadas eran considerados como simples residuos, con el problema añadido de su eliminación, pero posteriormente se han convertido en materiales cada vez más solicitados como aditivos en hormigones, morteros y asfaltos, ya que mejoran de manera considerable su calidad y resistencia.

- Los materiales reciclados, procedentes de demoliciones, cuya incorporación al ciclo de vida ha originado la aparición de los áridos reciclados. Si bien es verdad que su utilización se encuentra todavía limitada, pueden sustituir en un determinado porcentaje -en torno a un 8%- a los áridos naturales en algunas aplicaciones. Además, constituyen una alternativa en la eliminación de residuos que, en otros casos, acabarían en vertederos, lográndose con ello disminuir la incidencia ambiental (ICOG, 2008).

3.2.- Las canteras como fuente de recursos mineros

Canteras es el término genérico que se emplea para hacer referencia a las explotaciones de rocas industriales y ornamentales (ITGE, 1996). También puede entenderse por cantera, en su sentido más específico, a toda aquella explotación en la que los materiales que constituyen el yacimiento presentan un alto grado de consolidación. Se trataría entonces de macizos rocosos en los que sería necesario realizar voladuras controladas

para romper la cohesión de la roca, obteniéndose de esta forma fragmentos de tamaño tal que sea factible su carga y transporte a la planta de tratamiento (SIEMCALSA, 2008b).

Por una parte, las canteras constituyen con diferencia el sector más importante en cuanto a número, ya que, desde hace mucho tiempo, se han venido explotando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción, así como en las áreas cercanas a núcleos habitados y en obras de infraestructura en las más alejadas. Por otra parte, debido al valor relativamente bajo de los materiales extraídos, las canteras se sitúan muy próximas a los centros de consumo y poseen unas dimensiones muy reducidas. El método de explotación empleado suele ser el de banqueo, con uno o varios niveles, emplazándose un gran número de canteras a media ladera (ITGE, 1996).

Cabe añadir que, en 2018, la Unidad de Piedra Natural y Patrimonio Monumental del IGME organizó la Jornada Interdisciplinar sobre Espacios de Canteras Históricas. En ella participaron más de un centenar de personas, representando en torno a una cincuentena de instituciones de la rama de la geología, de la cultura, de la enseñanza universitaria, de la arquitectura y de la Administración (IGME, 2019). Una de las conclusiones más importantes a las que se llegaron fue la siguiente:

Constatar la necesidad de trabajar en común para articular, entre todos, una figura de protección que reconozca el valor del espacio de cantera desde sus diferentes puntos de vista, tales como el histórico, el arqueológico, el patrimonial y el documental, así como entenderlo como el lugar capaz de garantizar la posibilidad de explotación, para futuras intervenciones, de un recurso original empleado históricamente en el patrimonio arquitectónico monumental (IGME, 2019).

Todo ello ha animado al IGME a profundizar más en esta línea de investigación, así como a hacerla extensiva al entorno de la Piedra Natural, cuya importancia radica en su papel como elemento constitutivo y básico del Patrimonio Arquitectónico Monumental.

3.2.1.- Aplicaciones prácticas de las canteras

Las utilidades prácticas de las canteras son prácticamente las mismas que las de la industria de los áridos, al constituir uno de los tipos de yacimiento de los que esta consta.

Así, la explotación en canteras permite la extracción de roca con un alto grado de compactación y densidad, que puede ser machacada o fracturada con el fin de producir agregados o piedra para construcción, como la dolomita o la piedra caliza, así como combinarse con otros productos químicos, con objeto de producir cemento y cal viva. Este tipo de canteras tiende a localizarse próximo al lugar de utilización del material, con el fin de reducir los costes de transporte. Otro tipo de material extraído son las rocas para construcción, como placas, granito, piedra caliza, mármol, arenisca y pizarra. Esta clase de canteras se ubican en áreas con las características minerales deseadas, por lo que pueden encontrarse o no geográficamente alejadas y hacer necesario el transporte a los correspondientes mercados (Hethmon & Dotson, 1998).

3.2.2.- Tipos y formas de explotaciones de canteras

Las canteras se pueden subdividir en dos grandes grupos. Por una parte, en el primero de ellos se trata de obtener un todo-uno fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento y adquirir un producto orientado a la construcción en forma de áridos, a la fabricación de cementos, etc. En estas canteras la extracción no suele ser muy cuidadosa, por lo que son comunes los problemas de inestabilidad y desprendimientos, propiciados en gran parte por las grandes alturas de banco con las que se trabaja. Este tipo de canteras son de difícil recuperación, pues no solo se dispone apenas de materiales estériles para el relleno de los huecos, sino que, además, las labores de remodelado son complejas y costosas de llevar a cabo si no se han contemplado desde la fase de proyecto. Por otra parte, el segundo se dedica a la explotación cuidadosa de grandes bloques paralelepípedos, que más adelante se cortan y elaboran. Estas últimas canteras se caracterizan por el elevado número de bancos que se abren con el fin de arrancar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios (ITGE, 1996).

Las canteras también pueden clasificarse, según su ubicación y morfología, en los siguientes tipos: canteras en terrenos horizontales, canteras en ladera, “supercanteras” y canteras subterráneas (Herrera, 2007).

3.2.3.- Vida y ritmo de las explotaciones

La definición de la vida de la explotación y del ritmo de extracción de una cantera debe establecerse a partir de un análisis técnico y económico que justifique no solo las necesidades de maquinaria de arranque, carga y transporte, sino también que estas, así como las instalaciones de cantera (particularmente la planta), posean la suficiente entidad y capacidad como para extraer el tonelaje que se haya previsto. Dicho análisis posibilitará, a su vez, definir la cadencia de las voladuras, la producción estimada o las necesidades del personal, pudiéndose llegar a una idea razonada de la necesaria homogeneidad entre las previsiones de venta y el dimensionado de los medios humanos y materiales (Herrera, 2007).

3.3.- Las graveras como tipo particular de explotación

Una gravera es, en su sentido más amplio, un yacimiento o explotación de donde se extrae la arena y la grava. No obstante, si se atiende al grado de consolidación de los materiales por los que se constituye, las graveras pueden entenderse como aquellas explotaciones en las que los materiales a beneficiar poseen un bajo grado de consolidación, como es propio de las arenas y los cantos rodados (Imagen 11). Esta particularidad permite que los áridos se puedan extraer del yacimiento a partir de medios mecánicos convencionales, sin que sea necesario el uso de explosivos o de maquinaria específica. Además, las explotaciones suelen llevarse a cabo en un solo banco y con una profundidad inferior, normalmente, a los 20 metros (ITGE, 1996; SIEMCALSA, 2008b). En cualquier caso, al formar parte de la industria de los áridos, las graveras también dan lugar a una realidad contradictoria: por una parte, resulta evidente la necesidad de esta materia prima para la construcción y obras públicas; por otra, su explotación puede dar lugar a gravísimos problemas ambientales (Asociación Ecologista del Jarama, 2015), como se verá más adelante.

Imagen 11. Extracción de áridos en una gravera



Fotografía propia, 2021

La naturaleza y composición petrológica de los áridos de las graveras es muy diversa, ya que, al tratarse de depósitos detríticos, dependen de la composición de la zona de la que proceden, así como de los procesos de selección mineralógica que hayan tenido lugar durante el transporte hasta el lugar donde se acumularon. Así pues, existen diferentes clases de depósitos: eluviales -formados por alteración in situ de las rocas, como los “jabres”-; coluviales -depósitos gravitacionales formados al pie de las laderas, como los canchales de calizas y cuarcitas-; abanicos aluviales -de forma cónica-; depósitos fluviales -áridos rodados conformando aluviales y terrazas-; depósitos eólicos -muy bien seleccionados, en forma de dunas-; depósitos tipo deltaicos y costeros -especialmente los detríticos cretácicos-; o los depósitos glaciares (SIEMCALSA, 2008b).

Por una parte, la puesta en producción de una gravera requiere previamente llevar a cabo el proyecto de explotación de la misma. Una vez modelizado el yacimiento, se procede al diseño del hueco final y evaluación de las reservas recuperables. Por otra parte, el potencial minero de un depósito de arenas y gravas depende esencialmente de los siguientes factores: el espesor y variabilidad del recubrimiento; la potencia y extensión del depósito; las propiedades físicas del yacimiento, incluyendo su distribución

granulométrica, mineralogía y durabilidad; la accesibilidad al depósito; la distancia a los centros de consumo; la disponibilidad de suficiente cantidad de agua; la profundidad del nivel freático; y las restricciones oficiales frente a la operación extractiva (ITGE, 1994).

En los casos en los que el yacimiento se encuentra situado por encima del nivel freático, se utiliza maquinaria similar a la empleada en la obra pública, como puedan ser excavadoras, palas cargadoras o buldócer. Si, por el contrario, el yacimiento se encuentra por debajo del nivel freático, resulta necesario el uso de maquinaria más específica. Así, para la extracción de áridos ubicados a poca profundidad, se emplean dragalinas con cables y cuchara, o excavadoras desde la orilla; mientras tanto, para la extracción de áridos situados a mayor profundidad, es imprescindible el uso de dragas (SIEMCALSA, 2008b).

Según el uso previsto para los terrenos afectados, y como forma de recuperación de los mismos, existen unos criterios básicos, particularmente morfológicos y de ordenación espacial, que deben integrarse y coordinarse con los propios criterios de diseño de las explotaciones. Si no fuera así, las actuaciones posteriores al abandono de los huecos darían lugar a una elevación de los costes de restauración, pudiendo incluso imposibilitar el planteamiento de otras alternativas más acordes con las características ambientales del área (ITGE, 1994). Esto se debe a que los terrenos ocupados son, generalmente, bastante ricos, con usos agrícolas de vega o de ribera. Por ello, si los huecos de explotación se abandonan como zonas inundadas y estancadas, y sin la aplicación de medidas correctoras, se produce un aumento de la contaminación y eutrofización de las aguas, motivo por el que hasta ahora muchas lagunas se han convertido en vertederos incontrolados (ITGE, 1996).

3.4.- El ciclo de vida de las canteras y graveras

Dado que las canteras y graveras son actividades de larga duración, ambas poseen su propio ciclo de vida, el cual se puede resumir de la siguiente manera:

- Etapa previa a la extracción: abarca la fase de exploración, la evaluación de impacto ambiental y el proceso de autorización.
- Etapa de extracción: aquella en la que se lleva a cabo la explotación de la cantera o gravera, y que se realiza al mismo tiempo que la etapa de rehabilitación.
- Etapa de rehabilitación: aquella cuyo objetivo es el de ofrecer una nueva función a los terrenos, ya sea la conservación de la naturaleza, agricultura, silvicultura, ocio, etc.

Actualmente, muchas empresas y grupos de investigación están contribuyendo a la economía circular a partir del ciclo de vida completo de las canteras y las graveras, ya sea mediante la excelencia en las operaciones diarias, el uso completo de las reservas de los recursos geológicos, el reciclaje o la rehabilitación (UEPG, 2015).

3.5.- Aplicaciones prácticas de los Sistemas de Información Geográfica en canteras y graveras

A la hora de proceder a la realización de cualquier fase de explotación de un yacimiento de áridos, los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) han adquirido en los últimos años una gran importancia tanto en el ámbito técnico como en el geográfico. Así, si el papel de la geología es el de identificar y clasificar los materiales de la corteza terrestre según aspectos mineralógicos y petrológicos en función del ambiente geológico que los ha generado, este conjunto de datos va a requerir ser almacenado, de manera necesaria, en un registro cartográfico cada vez más amplio y detallado.

Dicha cartografía se integra entonces, hoy en día, en los S.I.G., imprescindibles en todo proyecto de desarrollo u ordenación territorial (ICOG, 2008). Así pues, los S.I.G. permiten la superposición de mapas temáticos, capaces de representar cada una de las dimensiones ambientales a partir de criterios técnicos con el fin de definir áreas

apropiadas para los distintos tipos de actividades humanas o áreas de manejo especial (Suárez, 2003, as cited in Montes de Oca, Ulloa, García & Silot, 2020).

De esta manera es posible integrar toda una serie de parámetros, ya sean, por ejemplo, geológicos, geométricos, geofísicos, hidrogeológicos o medioambientales, lo que permitirá no solo determinar las mejores zonas de aporte de áridos para cada situación concreta, sino también establecer, a nivel general, qué formaciones constituyen los depósitos óptimos para su explotación con menores recursos económicos (Herrera, 2007; ICOG, 2008). Los indicadores ambientales, a su vez, ayudan a medir el estado del aire, agua y suelo, así como la presión sobre ellos y los efectos resultantes sobre la salud ecológica y humana. Esto permite mostrar el progreso en la limpieza del aire, purificación del agua y protección del suelo (Environmental Protection Agency [EPA], 2002, as cited in Montes de Oca, Ulloa, García & Silot, 2020).

Toda esta información supone la base sobre la que se asientan los estudios previos e inventarios de áridos, los cuales permiten ir más allá y definir las explotaciones potenciales de áridos en las proximidades de los lugares de demanda (grandes ciudades, ferrocarriles, carreteras...) (Figura 1). Además, se tienen en cuenta también los espacios protegidos por motivos ecológicos, las vías de comunicación, el suelo urbanizable, el suelo agrícola o el impacto visual, entre otros muchos factores.

A modo de síntesis, los parámetros o aspectos que habría que tener en cuenta para cada yacimiento se podrían resumir de la siguiente manera (Herrera, 2007):

Características intrínsecas del yacimiento:

- Naturaleza del afloramiento y estructura del mismo en relación con la topografía del terreno.
- Nivel freático regional.
- Estado tensional y disposición de las diaclasas y fracturas en el macizo rocoso.
- Cobertera no utilizable.
- Composición mineralógica, grado de alteración de los minerales, estabilidad química, partículas friables, minerales oxidables, hidratables, hinchables y materia orgánica.
- Propiedades de la roca: dureza, fragilidad, módulo elástico, dilatación térmica...

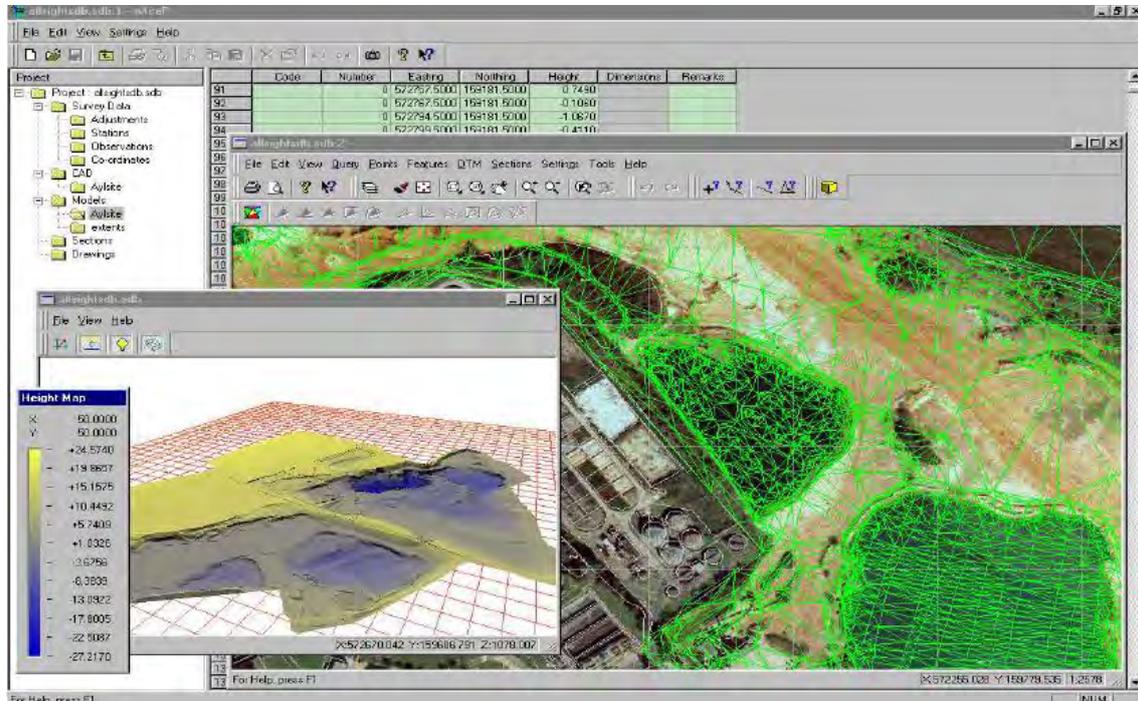
- Aptitud para la molienda, desgaste de los elementos de trituración, producción de finos...
- Forma y propiedades de superficie de los productos de trituración.

Características extrínsecas del yacimiento:

- Ubicación respecto al centro de consumo más cercano.
- Tipo de instalaciones, flexibilidad, rendimiento...
- Tipo de demanda.
- Impactos ambientales, suelo edificable en proximidades a las áreas urbanas.
- Características climáticas del lugar en el que se localiza la obra.

Una vez considerado este conjunto de factores, se podrá llevar a cabo una decisión con respecto a la explotación o no de una masa rocosa para la obtención de áridos de machaqueo (Herrera, 2007).

Figura 1. Análisis de yacimientos mediante Sistemas de Información Geográfica



Fuente: Herrera, 2007

Para el caso concreto de la recuperación de áreas degradadas en canteras de áridos, los indicadores ambientales disponen de una visión agregada del estado ambiental, coherente con los intereses sociales dominantes y eficaces para la toma de decisiones, y que responden además a las especificidades y necesidades locales. A pesar de todo, si bien los S.I.G. tienen una gran utilidad en la actualidad, en la parte ambiental de la minería sólo se han empleado con el fin de medir la degradación ambiental en áreas degradadas por esta actividad. Sin embargo, hasta el presente no se ha llegado a integrar el uso de estos softwares para recuperar las áreas degradadas en canteras de áridos (Montes de Oca, Ulloa, García & Silot, 2020).

4.- Minería y Medio Ambiente

Una vez analizada la industria de los áridos con profundidad, y vista su importancia para el ser humano, se va a pasar al estudio todo lo relacionado con dicha actividad en el ámbito medioambiental. Esto se debe a que la preocupación por la calidad del medioambiente se ha extendido desde el mundo científico y técnico hasta llegar a formar parte de las inquietudes cotidianas de toda la población. Este interés será mayor cuanto más alto es el nivel de desarrollo de un país, al aumentar la conciencia por el carácter limitado y escaso de estos recursos naturales (ITGE, 1996). Así, la actividad minera en su conjunto puede generar una serie de impactos en el medioambiente que es necesario reducir o eliminar, ya sea la alteración del paisaje o del sistema hídrico, afecciones a la flora y a la fauna, o problemas de polvo y ruido (SIEMCALSA, 2008a).

Como consecuencia, resulta cada vez más necesario plantear el aprovechamiento de los minerales a partir de la aplicación de criterios técnicos racionales y juiciosos, integrando la variable ambiental, con el fin de alcanzar un equilibrio entre la alteración del medioambiente y los beneficios producidos por dicha actividad. Así pues, los efectos adversos derivados de la extracción de minerales pueden ser minimizados mediante el estudio y aplicación de las medidas convenientes, garantizando una gestión efectiva y la conservación de estos recursos no renovables. Contribuir al desarrollo sostenible no solo ayudará a mejorar la calidad de vida, sino que también permitirá preservar los recursos naturales a las generaciones futuras (ITGE, 1996). De esta manera, en las últimas décadas la minería ha pasado de centrarse en la obtención del mineral de la forma más rentable posible, sin tratar de evitar posibles impactos ambientales, a contemplar un conjunto de medidas legales, obligatorias para toda empresa y derivadas de una cada vez mayor concienciación de respeto hacia el medioambiente (SIEMCALSA, 2008a).

Dado que el término medioambiente no posee una única definición que permita entender su alcance de manera clara y concisa, a lo largo del presente trabajo se entenderá por el mismo “el conjunto, en un momento dado, de los agentes físicos, químicos, biológicos y de los factores sociales susceptibles de causar un efecto directo o indirecto, inmediato o a plazo, sobre los seres vivos y las actividades humanas”. Dicha definición fue propuesta por el Comité Internacional de la Lengua Francesa, aceptada en la Conferencia

de Estocolmo en el año 1972. Así, con el fin de gestionar los recursos minerales de la forma más eficiente posible, al mismo tiempo que se respetan las propiedades del medio físico en el que se encuentran, se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones (ITGE, 1996):

- Aprovechamiento integral de las materias primas: a lo largo del procesamiento y concentración de las menas se genera un volumen considerable de residuos y estériles, que podrían sustituir, en parte, a los recursos que actualmente es necesario producir en un gran número de explotaciones. Un ejemplo lo constituyen las cenizas metálicas de tostación de la pirita y las escorias y cenizas volantes de las térmicas, pues son residuos que ya desde finales del siglo XX se empleaban de un modo integral con claros beneficios económicos y una repercusión muy favorable en el medioambiente.
- Reciclado de materiales de desecho: son muchos los productos que, tras su uso y consumo, producen enormes cantidades de materiales que pueden reciclarse económicamente. Por ejemplo, la producción secundaria de una tonelada de aluminio requiere únicamente el 5% de la energía necesaria para generar la misma cantidad de metal a partir de bauxita.
- Utilización eficiente de la energía: los procesos fabriles e industriales demandan elevadas cantidades de energía y, en algunos casos, poseen unos rendimientos energéticos muy bajos. Por ello, junto a las medidas de conservación de energía, habría que considerar también la sustitución de determinados productos por materiales cuya elaboración implique menores consumos específicos de energía. Las innovaciones tecnológicas desempeñan un papel muy importante en este ámbito, al igual que la producción masiva de nuevos materiales, destacando las cerámicas avanzadas o algunas aleaciones especiales.
- Explotación racional de los yacimientos: muchos depósitos poseen minerales con distintos contenidos de sustancias aprovechables, y en algunos casos puede producirse la pérdida de minerales pobres o marginales cuyo tratamiento sería factible con procesos más eficientes o en unas condiciones económicas más

favorables. En consecuencia, un mayor conocimiento geológico de los yacimientos y el adecuado diseño de las minas constituyen actuaciones esenciales para hacer posible unas recuperaciones mineras más efectivas y básicas para su aprovechamiento racional.

- Planificación del abastecimiento de minerales: la elaboración de planes de abastecimiento en función de las proyecciones de crecimiento de la población y de la demanda, alternando las fuentes y modalidades de aprovisionamiento de los recursos, constituye una herramienta de gestión eficaz para asegurar el suministro de materias primas, sirviendo a la vez de base para la puesta en marcha y ejecución de programas de ordenación mineroambiental en algunos subsectores.
- Legislación ambiental: la aplicación de la legislación vigente en materia ambiental y de seguridad va a repercutir en la gestión de los recursos en dos ámbitos distintos. En primer lugar, se conseguirá de manera directa que los posibles impactos que puedan llegar a producirse sean menores, tanto por la aplicación de medidas correctoras sobre las alteraciones temporales y permanentes, como por la posterior recuperación de los terrenos. En segundo lugar, al entrar en vigor cierta reglamentación en otros sectores o áreas industriales, se originarán unos efectos indirectos, indudablemente beneficiosos, al obtenerse sustancias que sustituyan a las naturales. Por ejemplo, la limitación de la cantidad de plomo en la gasolina no solo permitirá reducir los índices de contaminación, sino que también dará lugar a un menor dispendio y demanda de este metal.

4.1.- Repercusiones negativas de las canteras y graveras

Las explotaciones de áridos generan siempre una importante alteración en el paisaje y sobre las características del medio físico presentes en él (agua, suelos, aire, vegetación...). Además, cuanto mayor sea la valoración de la calidad y la fragilidad de cada factor del medio, entendiéndose por este cada uno de los componentes del medio susceptibles de recibir algún tipo de alteración, mayores serán los impactos ambientales que puedan llegar a producirse. Por un lado, la calidad de un factor del medio hará referencia al mérito que

este tiene, en función de su estado actual, para que deba conservarse en dicho estado; y por otro, la fragilidad del mismo corresponderá a su mayor o menor susceptibilidad frente a las posibles alteraciones externas.

4.1.1.- Alteraciones e impactos medioambientales

A lo largo de este trabajo, se entenderá por alteración ambiental toda perturbación significativa de las características de uno o más factores del medio físico, debida a una acción humana, siempre y cuando afecte a la calidad de uno o más factores del medio. Por impacto ambiental se hará referencia, en cambio, a toda alteración significativa en la evolución previsible del medio como consecuencia de la acción humana, es decir, siempre y cuando no haya sucedido todavía, sino que ocurriría una vez que se llevase a cabo la acción perturbadora (Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Valladolid).

Las alteraciones ambientales originadas como consecuencia de la explotación de gravas se deben a toda una serie de acciones, que van a variar según la fase que se esté llevando a cabo. Dichas fases son las siguientes (ITGE, 1994):

- Fase preparatoria -infraestructura-: engloba todas las labores necesarias para dotar de infraestructura a la explotación. Las acciones causantes de las alteraciones son la preparación del terreno y movimiento de tierras para la construcción de accesos y viales; y la construcción de edificaciones y planta de tratamiento.
- Fase de explotación -operaciones-: abarca todas las operaciones necesarias para adquirir el producto o productos finales. Las acciones causantes de las alteraciones son la propia excavación y el uso de maquinaria, generalmente pesada; el transporte de material; el proceso de clasificado y lavado de los áridos; y el acopio de material.
- Fase de abandono -modificaciones fisiográficas-: incluye, por una parte, la creación de huecos, así como de lagunas en los casos en los que la extracción se

realice por debajo del nivel freático; y, por otra parte, los vertidos de estériles, como lodos y materiales no aprovechables.

Una vez vistas las operaciones que conlleva la extracción de gravas, sus impactos medioambientales van a variar en función de si se llevan a cabo en las márgenes de los ecosistemas fluvial y ribereño, o en el interior de los mismos. Por ello, las consecuencias que se generarán en ambos entornos merecen ser analizadas por separado (ITGE, 1994).

4.1.1.1.- Efectos producidos por las operaciones en las márgenes

En los casos en los que las explotaciones de áridos se sitúen fuera del cauce, o simplemente lejos de él, los impactos ambientales que puedan originarse no van a ser muy diferentes a los de cualquier otra actividad que lleve a cabo operaciones tales como el acondicionamiento del terreno, construcción de infraestructuras o empleo de maquinaria pesada. Todo este tipo de intervenciones tendrán como principales efectos directos la eliminación o reducción de la cobertura vegetal, la modificación de las características y procesos del suelo, la perturbación de la morfología de la zona, un aumento del nivel de ruidos, la producción de polvos y emisión de partículas a la atmósfera, o el incremento de la compactación del suelo.

Como resultado, se pueden producir a su vez perturbaciones en la flora y fauna, la pérdida de hábitats, alteraciones en la red de drenaje superficial, fenómenos de inestabilidad, erosión y sedimentación, o trastornos en las características visuales y usos del suelo del área en cuestión. Todos estos impactos se pueden clasificar en los siguientes puntos (ITGE, 1994, 1996):

- Impactos sobre el agua superficial: se podría llegar a producir la alteración permanente de los drenajes superficiales (severa si existen acopios de gran tamaño); así como la contaminación de las aguas superficiales (turbidez por partículas sólidas, etc.) como consecuencia de las operaciones necesarias para la

creación de escombreras, del tráfico de camiones y maquinaria pesada o de la implantación de viales e infraestructuras.

- Impactos sobre las aguas subterráneas: se podría llegar a dar lugar a la alteración temporal del régimen de caudales subterráneos, causada por las operaciones de excavación; así como la contaminación de acuíferos (aceites, hidrocarburos...), si bien, generalmente, de manera temporal y sin efectos preocupantes, como consecuencia del mantenimiento de la maquinaria.
- Evaporación de acuíferos: la extracción por debajo del nivel freático puede dejar a los acuíferos al descubierto, en forma de lagunas, las cuales en su mayor parte acaban abandonadas y sin protección durante largos periodos de tiempo. El elevado número de estas lagunas, frecuentemente sin ningún tipo de aprovechamiento, provoca una importante pérdida de agua por evaporación (Asociación Ecologista del Jarama, 2015).
- Contaminación directa de acuíferos: suele deberse a la aparición de vertidos de todo tipo en la laguna resultante de abandonar la extracción, los cuales proceden muy usualmente de los polígonos industriales más cercanos, si los hay. También puede darse que sean las propias empresas de extracción las que provoquen este problema, al emplear rellenos inadecuados para cubrir los huecos de los vaciados, tales como restos de amiantos, neumáticos o toda clase de envases (Asociación Ecologista del Jarama, 2015).
- Impactos sobre el suelo: se podría llegar a causar, por una parte, la ocupación irreversible de suelo fértil, bien por la excavación y escombreras, o bien por la construcción de viales y edificios; y, por otra parte, la inducción de efectos edáficos negativos en las áreas colindantes debido a las operaciones vinculadas a la excavación, escombreras y viales, lo que generará la acumulación de residuos o de polvo.
- Pérdida definitiva de la masa de suelo orgánico: suele ser bastante frecuente la eliminación de la primera capa del suelo, que posteriormente se sustituye por otra

de menor calidad, provocando un grave perjuicio sobre la calidad de los suelos (Asociación Ecologista del Jarama, 2015).

- Empobrecimiento del subsuelo: la práctica habitual de rellenar con todo tipo de residuos los vaciados originados por las explotaciones mineras empobrece y contamina los estratos más superficiales, llegando a dar lugar a grandes estercoleros semiocultos (Asociación Ecologista del Jarama, 2015).
- Impactos sobre la morfología y el paisaje: se podría llegar a originar una perturbación del carácter global del paisaje, ya sea a menudo grave en el caso de las escombreras, o de menor entidad si se trata de la construcción de edificios y de la implantación de viales.
- Impactos sobre la flora y la fauna: se podría llegar a provocar la desaparición o alteración de hábitats vegetales, el desplazamiento o concentración de ciertas especies, variaciones en las pautas de comportamiento de la fauna, la eliminación o disminución de la cubierta vegetal o la inducción de dificultades para la regeneración de la vegetación (pérdida de elementos fértiles o incrementos drásticos de la pendiente y erosión). Las operaciones que darían lugar a estos impactos serían, fundamentalmente, las vinculadas con las labores de excavación, uso de maquinaria o creación de infraestructuras y escombreras.
- Riesgos geofísicos: se podría llegar a generar un aumento de la inestabilidad del terreno, de la carga de sedimentación aguas abajo o de la erosión, ya sea por la creación de escombreras y viales, por los trabajos de excavación, por el acopio de materiales o por el uso de maquinaria pesada.

4.1.1.2.- Efectos producidos por las operaciones en los cauces y la zona ribereña

Las acciones del proyecto que pueden repercutir en este ámbito de mayor manera son las relacionadas con el empleo de la maquinaria a lo largo de las operaciones de extracción y acopio, el lavado del material y las modificaciones morfológicas. Así, además de los

impactos mencionados en el subapartado anterior, se pueden generar los descritos a continuación (ITGE, 1994, 1996):

- Impactos sobre la atmósfera. Se pueden generar, por un lado, modificaciones a nivel microclimático, debido a la eliminación de la vegetación de ribera y la creación de láminas de agua; y, por otro, la modificación de la calidad del aire, como consecuencia de la emisión de gases y polvo, y del aumento del ruido ambiental.
- Impactos sobre el agua superficial. Se puede producir, en primer lugar, el aumento del nivel de sólidos en suspensión por vertido directo al río del agua empleada en el proceso de lavado de los áridos, bombeo al río del agua que fluye hacia el hueco de la explotación, o por desbordamiento de éste; y, en segundo lugar, el incremento de la temperatura. Esto último daría lugar de la siguiente manera: si una gravera se inunda con agua freática, esta agua pasa de encontrarse aislada de la atmósfera a recibir directamente la radiación solar, por lo que su temperatura se elevará sustancialmente. Así, al llegar dicha agua recalentada de la gravera al río, aumentará su temperatura, si bien dicho calentamiento se producirá en mayor o menor medida dependiendo del grado de colmatación, la distancia al río, la permeabilidad de los terrenos atravesados y la profundidad del río con respecto a la de la gravera. Por último, el vertido de grandes cantidades de barro puede provocar el cegamiento del fondo del cauce, lo que contribuye a que el fondo “plano” se compacte y frene las posibilidades de recuperación biológica aguas abajo (Asociación Ecologista del Jarama, 2015).
- Impactos sobre las aguas subterráneas. Pueden ser de tres tipos: el primero corresponde a las alteraciones del nivel piezométrico y de la circulación del agua subterránea, siempre y cuando la excavación se efectúe por debajo de la capa freática en graveras húmedas; el segundo hace referencia a la perturbación de la calidad del agua subterránea; y el tercero se encuentra relacionado con el vertido incontrolado de residuos o basuras, pues puede dar lugar no solo a la

contaminación del agua del propio lago de la gravera, sino también a la de las aguas subterráneas en contacto con las anteriores.

- Impactos sobre el suelo. Se puede originar, por una parte, la pérdida o alteración de un suelo particularmente fértil y profundo como resultado de las operaciones de excavación, de construcción de accesos y de acopio de materiales; y, por otra parte, el hundimiento de las orillas por socavamiento producido por el agua, bien porque exista una elevada pendiente, porque estén desprotegidas o por el paso constante de la maquinaria.
- Impactos sobre la flora y la fauna. Se puede provocar tanto la eliminación directa de la vegetación -riberaña y/o acuática- y de parte de la fauna, como la aparición de cambios en la biocenosis. Esto último se traduce en la pérdida de unas especies y colonización del espacio por otras, como consecuencia de la modificación de los factores ecológicos que rigen el sistema fluvioribereño (temperatura, etc.). Habría que considerar también el desplazamiento de los animales hacia otras áreas similares y menos alteradas, e incluso la eliminación de hábitats para la fauna y de otros medios utilizados con fines específicos (anidamiento, caza, desove, refugios...), debido a la destrucción de la vegetación ribereña y acuática.
- Impactos sobre los procesos ecológicos. Se puede ocasionar, en primer lugar, la disminución o pérdida de la diversidad; en segundo lugar, la alteración o ruptura de las cadenas tróficas, motivadas por la desaparición de especies clave en las cadenas alimenticias; en tercer lugar, la manifestación de fenómenos de competencia inter e intraespecíficos, inexistentes antes de la explotación; y, en cuarto lugar, la eutrofización de las aguas embalsadas en los huecos de la gravera, como consecuencia de la entrada de nutrientes a la misma (nitrógeno y fósforo fundamentalmente). Este último proceso da lugar a un crecimiento excesivo de algas (bloom de algas) (Codd, 2000, as cited in Hernández et al., 2018), especialmente de las cianofitas; a la degradación del medio (descenso de la transparencia de las aguas, condiciones de anoxia, efectos biológicos...); y a la reducción de la calidad del agua de la gravera de manera significativa, bien sea para usos recreativos, agrícolas o industriales, una vez finalizada la explotación.

- Impactos sobre el paisaje. Pueden estar relacionados con una profunda modificación del paisaje, ya sea por la eliminación o alteración de sus componentes (vegetación, agua y fisiografía), o por la aparición de elementos intrusivos ajenos (acopios y escombreras, plantas de tratamiento, tráfico de camiones...); así como con la transformación de sus características visuales a nivel de microescala, bien por la variación de la distribución espacial de sus componentes básicos, o bien por la propia desaparición de alguno de ellos.
- Riesgos geofísicos. Son básicamente dos. El primero de ellos se corresponde con la modificación del comportamiento dinámico del río, como consecuencia del vertido directo al mismo del agua de lavado de los áridos. Estos vertidos dan lugar a un aumento notable de la carga transportable por el río, pudiendo llegar a alterar el equilibrio erosión-sedimentación. El segundo de ellos es el referente al hundimiento de las orillas, ocasionado de manera directa por el paso continuo de maquinaria pesada, o indirecta, por la eliminación de la vegetación riparia o la perturbación de los procesos dinámicos del río.

En definitiva, el número de impactos que puede conllevar la explotación de una cantera o gravera es, como se ha visto, muy elevado, y de ahí la suma importancia de equilibrar los beneficios que se obtienen de las mismas con las alteraciones que estas producen, siempre tratando de integrar este tipo de actividades con el fin de incidir lo menos posible en el medio en el que se encuentran. No conviene olvidar, además, que no será lo mismo ocasionar un impacto leve que uno moderado o grave, para lo que es necesario valorar tanto las operaciones que las generan como las características del área en el que se llevarán a cabo.

De todas las alteraciones comentadas, tal vez la más importante sea la referente al impacto visual y modificación del paisaje, pues en muy raras ocasiones se ha estudiado la localización de las canteras en áreas de mínima visibilidad. Finalmente, la recuperación dependerá, como se verá más adelante detalladamente, de las características del lugar y de los objetivos medioambientales y usos que se prevean para estos terrenos. En algunos casos se emplean medidas tales como la ocultación de los frentes, eligiendo los lugares

adecuados, así como el uso de pantallas visuales y el tratamiento de los taludes finales para garantizar su estabilidad e implantación de la vegetación (ITGE, 1996).

4.1.2.- Peligros para la salud humana

Entre los principales peligros para la salud del ser humano derivados de la explotación de canteras y graveras, destacan los relacionados con las partículas transmitidas por el aire y los de carácter físico.

4.1.2.1.- Peligros de las partículas transmitidas por el aire

Entre los riesgos de transmisión a través del aire más comunes destacan el de varios tipos de partículas, los gases libres, los escapes de motores y determinados vapores químicos. Todos ellos varían en proporción en función de la cantera o gravera, de su profundidad, de la composición del mineral y de las rocas adyacentes y del método de explotación. Así, dado que la sílice cristalina libre es el compuesto más abundante de la superficie terrestre, también constituye el polvo más común transportado por el aire, y por tanto al que están particularmente expuestos los mineros y los trabajadores de las canteras. La sílice libre es, concretamente, dióxido de silicio no unido químicamente a ningún otro compuesto en forma de silicato, y la forma más común de sílice es el cuarzo, si bien también puede presentarse como tridimita o cristobalita.

De esta manera, las partículas respirables dan lugar al someter rocas que contienen sílice a procesos de perforación, voladura, trituración o molienda, originando partículas muy finas que pueden inhalarse al respirar. Posteriormente, se produce la dispersión de la sílice por factores como el propio viento, el tráfico rodado o la maquinaria de movimiento de tierras. Ante un alto grado de exposición, la sílice produce silicosis, una neumoconiosis típica que se desarrolla internamente tras muchos años de exposición. Además, si se da el caso de que la exposición se produce en un grado excepcionalmente elevado, puede causar silicosis aguda o acelerada en cuestión de meses, provocando un deterioro significativo e incluso la muerte en el transcurso de pocos años. Otras enfermedades vinculadas a la exposición a la sílice son la tuberculosis, el cáncer de pulmón o ciertas

enfermedades de autoinmunidad, como la escleroderma, el lupus sistémico eritematoso o la artritis reumática.

Algunas medidas que se adoptan para reducir el riesgo o exposición a la sílice son los diversos controles de polvo en las operaciones de perforación, como aquel consistente en inyectar vapor de agua, mezclado o no con una sustancia detergente, en el aire comprimido, produciendo la coalescencia de las partículas de polvo y su desprendimiento. Otros sistemas de control del polvo en las perforadoras se encuentran relacionados con la ventilación local de los gases de escape o con la puesta en marcha de cabinas con filtrado de aire, e incluso aire acondicionado para los operarios de perforadoras y de determinada maquinaria. Finalmente, cabe añadir que la exposición a la sílice también se produce en las canteras de piedra donde se cortan rocas de ciertas dimensiones. Para reducirla, la técnica más habitual consiste en el empleo de un soplete de chorros múltiples alimentado con gasoil y aire comprimido, lo que favorece la difusión de las partículas de sílice (Weeks, 1998).

4.1.2.2.- Peligros de carácter físico

Los principales riesgos de carácter físico en una explotación de cantera son los derivados fundamentalmente del ruido, la vibración por segmentos, el calor, los cambios de presión barométrica y la radiación ionizante. De todos ellos, el ruido es el fenómeno más común, como consecuencia del empleo de potentes máquinas y ventiladores, así como por las voladuras y el transporte del mineral. Además, la exposición al ruido es mayor en un recinto cerrado que en un espacio abierto. Lo más frecuente para reducir este tipo de exposición es la utilización de los medios tradicionales de control de ruidos. Las transmisiones pueden ser más silenciosas, los motores pueden protegerse y la maquinaria hidráulica puede hacerse también menos ruidosa. Es frecuente, por su parte, el uso de protectores de oídos, los cuales incorporan un muestreo audiométrico regular con el fin de proteger la facultad auditiva de los mineros.

El calor constituye un peligro tanto en las minas subterráneas como en las explotaciones a cielo abierto. Las principales fuentes o factores que influyen en la cantidad de calor pueden ser la propia roca, que aumenta con la profundidad, la actividad física de los

trabajadores, la cantidad de aire en circulación, la temperatura y la humedad del aire ambiente, así como el calor generado por la propia maquinaria. En el caso de la presión térmica, esta puede reducirse mediante la refrigeración de las máquinas, limitando la actividad física de los trabajadores y con los aportes necesarios de agua potable, protección solar y una ventilación adecuada. Finalmente se encuentra el peligro de la radiación ionizante debido al radón, que es un gas radiactivo que puede liberarse de las rocas durante el proceso de voladura, o penetrar en la mina a través de corrientes subterráneas. Entre sus principales riesgos, destaca el de cáncer de pulmón, por lo que siempre es necesaria una buena ventilación para reducir la exposición a este elemento (Weeks, 1998).

4.1.3.- Problemas en la seguridad personal

Los principales problemas de seguridad personal que pueden presentar las explotaciones de áridos tales como canteras o graveras, en lo que se refiere a los desplazamientos de la población por el área en el que se encuentran, son los siguientes (Asociación Ecologista del Jarama, 2015):

- Caídas y desprendimientos: en los casos en los que las explotaciones se encuentren sin vallar, la existencia de grandes taludes verticales supone un peligro potencial de cara a las personas que, por diversos motivos, accedan a estas zonas (senderistas, excursionistas, fotógrafos, cazadores...). La proximidad a los núcleos de población acrecienta este peligro, particularmente si se trata de menores.
- Riesgos derivados del tráfico: por una parte, el elevado número de camiones sin protección de la carga que puedan transitar por la zona de explotaciones puede causar problemas a los conductores que frecuenten las carreteras cercanas. Por otra parte, el desprendimiento de materiales puede llegar a ocasionar accidentes graves y la rotura de las lunas de los vehículos, entre otros contratiempos.

4.1.4.- Otras repercusiones

Otras posibles repercusiones de las explotaciones de áridos, entre las muchas existentes, pueden ser la inutilización de áreas recreativas o de diferentes usos como consecuencia del ruido y polvo que se genera, las protestas de los residentes cercanos debido al problema anteriormente mencionado, o incluso la destrucción de restos paleontológicos y arqueológicos, pues en muchas ocasiones las riberas y terrazas sobre las que se asientan las explotaciones pueden estar calificadas como zonas de interés cultural debido a la posible presencia de yacimientos de este tipo (Asociación Ecologista del Jarama, 2015).

4.2.- Corrección de impactos ambientales durante la explotación

Una vez analizadas las principales repercusiones negativas de las canteras y graveras, se va a proceder al estudio referente a la corrección de los impactos ambientales que se pueden originar durante el proceso de explotación. Tener esto en cuenta es clave no solamente por las repercusiones económicas en el desarrollo del proyecto, sino también por la directa incidencia en la reputación y fama de la propia compañía, así como en la accesibilidad a futuros proyectos. Además, cada problema debe ser abordado mediante un análisis diferenciado que a su vez se integre dentro del conjunto de la problemática ambiental de la explotación, a fin de conseguir soluciones integrales, bien planteadas, efectivas y de bajo coste (Herrera, 2007).

No conviene olvidar que, cuando la extracción de materiales se lleva a cabo de manera irracional, sin una planeación de la explotación, se generan problemas muy graves que trascienden hasta después del abandono de la actividad, ya que los taludes quedan inestables, pudiendo dar lugar a deslizamientos que, a su vez, pueden causar pérdidas de vidas humanas, además de la pérdida del suelo superficial, la contaminación de las aguas superficiales, emisiones atmosféricas de polvo y emisión de ruido (Bradshaw, 1993, as cited in Montes de Oca, Ulloa, García & Silot, 2020).

A la hora de estudiar los diversos tipos de contaminación producidos en una explotación, es común recurrir a modelos de simulación, si bien, a pesar de sus ventajas, poseen una estructura básica que depende de las características y propiedades consideradas en los

sistemas ambientales, y su calidad variará considerablemente en función de los supuestos de partida y de su tratamiento. En cualquier caso, lo verdaderamente importante es tener en consideración que siempre es claramente preferible no producir la alteración que establecer una medida correctora, pues además de suponer un coste adicional de tiempo y de dinero, en la mayor parte de los casos tan solo se elimina una parte de la alteración y, en ocasiones, ni siquiera esto (Herrera, 2007). Las medidas correctoras, en función de su fin específico, se pueden clasificar de la siguiente manera (ITGE 1994; Herrera, 2007):

- Medidas destinadas a reducir el impacto: se consiguen, por lo general, con un diseño adecuado del proyecto, o limitando la intensidad o agresividad de las acciones.
- Medidas destinadas a compensar el impacto: se llevan a cabo cuando la alteración es irrecuperable y consisten, en definitiva, en dotar al área de un uso alternativo. Suele ser el caso de las graveras húmedas, en las cuales es imposible dedicar las láminas de agua a un uso semejante al que tenía el terreno.
- Medidas destinadas a cambiar la condición del impacto: favorecen los procesos de regeneración natural o permiten la restauración del entorno afectado.

Finalmente, también debe considerarse la escala temporal de la aplicación de las medidas correctoras, ya que es conveniente ponerlas en práctica lo antes posible a fin de evitar posibles impactos secundarios (Herrera, 2007). Entre las principales medidas y recomendaciones encaminadas a la protección de los distintos elementos del medio con posibilidad de ser alterados, la mayoría destinadas a la prevención del impacto, se encuentran las siguientes (ITGE, 1994, 1996):

- Protección de la atmósfera -ruido-: destacan las medidas correctoras relacionadas con la amortiguación a partir de silenciadores instalados en los equipos móviles; la ubicación de las plantas de tratamiento en las áreas más alejadas posible de las poblaciones cercanas; el aislamiento mediante la utilización de pantallas sónicas;

el uso de recubrimientos de goma para disminuir el ruido producido por el impacto del material sobre las superficies metálicas; o la sustitución del transporte rodado en el interior de la gravera por cintas transportadoras, si fuera posible.

- Protección de la atmósfera -calidad-: pueden llevarse a cabo medidas de control de la contaminación atmosférica a partir de filtros, mangas o captadores de polvo -hoy en día es obligatorio (Herrera, 2007)-; el uso de aspersores de agua en puntos de transferencia; la pavimentación de los principales accesos a la gravera; o la reducción de la velocidad de circulación de los vehículos. También es conveniente regar periódicamente las pistas de transporte con agua o disoluciones salinas, reducir las áreas de excavación expuestas al viento o emplear pantallas vegetales o artificiales contra este último.
- Protección de las aguas superficiales -control de la turbidez-: se deben evitar siempre los vertidos directos al río, así como alimentar la planta de lavado mediante un circuito cerrado de agua. Es conveniente también el establecimiento de un sistema combinado de balsas de decantación y macizos filtrantes para depurar las aguas bombeadas desde la gravera, previamente a su vertido al río.
- Protección de las aguas superficiales -recalentamiento-: incluye tanto la implantación de una distancia lo suficientemente amplia entre el río y la gravera como para garantizar que el flujo de agua procedente del hueco se enfriará lo necesario antes de llegar al río, como la colocación de la bomba de captación en el fondo del hueco, lugar donde la temperatura del agua es menor que la del río al no encontrarse tan expuesta al calor del sol.
- Protección de las aguas subterráneas -nivel freático-: resulta conveniente, por una parte, establecer una mínima distancia de seguridad entre la gravera y las zonas que puedan verse afectadas por la depresión del nivel freático (pozos, captaciones, zonas de vegetación freatofítica...), con el fin de que queden fuera del área de alteración. Por otra parte, se debe proceder al reciclado de las aguas de lavado de los áridos mediante un circuito cerrado, así como a la realimentación del acuífero. Además, tratar de fraccionar el hueco de la gravera a partir de diques intercalares

dispuestos de manera perpendicular a la dirección de flujo del agua permitirá controlar la altura del agua que rellena dicho hueco y prevenir un posible desbordamiento, especialmente en graveras de gran tamaño.

- Protección de las aguas subterráneas -contaminación-: se pueden llevar a cabo cuatro medidas distintas. En primer lugar, que las explotaciones se encuentren lo suficientemente alejadas del río, en caso de que este represente un foco de contaminación; en segundo lugar, la recogida y almacenaje adecuados de los lubricantes de desecho del mantenimiento de la maquinaria, a fin de prevenir cualquier tipo de contaminación; en tercer lugar, el empleo de maquinaria eléctrica, siempre que sea posible; y, en cuarto lugar, la cerca de la explotación para evitar que se convierta en un vertedero incontrolado.

- Protección del suelo: algunas medidas de este tipo son la retirada, acopio y mantenimiento de los horizontes superficiales del suelo con objeto de facilitar la posterior restauración de las superficies mediante revegetación; una adecuada planificación de los movimientos de la maquinaria, del trazado de los caminos y de la ubicación de los acopios y la planta de tratamiento con el fin de minimizar la pérdida de suelo y el cambio de uso; una rápida revegetación de taludes, terraplenes y superficies desnudas, para prevenir el desencadenamiento de procesos erosivos y la pérdida de suelo; y la protección y reforzamiento de las orillas en los alrededores de la explotación y aguas abajo en las zonas de mayor peligro de hundimiento.

- Protección de la flora y la fauna: se debe contribuir a la reposición de pérdidas y al cuidado en la realización de la obra -protección de individuos o áreas singulares o de especial valor-; a la creación de hábitats semejantes a los destruidos; a la protección y mejora de los frezaderos; a la protección metódica de la vegetación ubicada en la periferia de la explotación; y al mantenimiento de un corredor vegetal entre la gravera y el río a fin de prevenir el recalentamiento de los medios acuáticos naturales. También hay que tratar de evitar todo contacto de la vegetación con sustancias químicas nocivas o con un pH excesivo.

- Protección del paisaje: algunas medidas orientadas a tal propósito son el establecimiento de criterios ecológicos y paisajísticos en el trazado de las pistas de acceso; la eliminación y revegetación de las pistas usadas al finalizar la obra, o de los taludes en su defecto; la localización de los acopios y de la planta de tratamiento en las zonas de menor impacto visual; la ubicación de las explotaciones lo más alejada posible de los núcleos urbanos y corredores de transporte; o la puesta en marcha de pantallas visuales que enmascaren las partes más visibles de la explotación, impidiendo las vistas desde el exterior. También se debe evitar el uso de colores chillones o llamativos en los edificios y maquinarias, tratando de emplearse en todo momento unas tonalidades coherentes con su entorno cromático a fin de contribuir a su camuflaje. Finalmente, es esencial respetar la tipología de la zona a la hora de construir edificios, así como proceder al desmantelamiento de las infraestructuras en su totalidad una vez terminada la explotación.

4.3.- Técnicas de integración paisajística

Dada la importancia de proteger el paisaje y de contribuir a que este resulte lo menos perjudicado posible, se va a dedicar un subapartado individualizado para tratar este aspecto. Así, ya el Convenio Europeo del Paisaje [CEP] introdujo como definición del mismo “cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos” (CEP, 2000), poniendo de manifiesto que este siempre va a ser entendido como el producto de la expresión del carácter de un territorio y que lo diferencia del resto, y que en ningún caso podrá ser calificado en base a criterios estéticos ni cuantitativos, debiéndose asegurar en todo momento, por lo tanto, su calidad paisajística. En definitiva, todo paisaje merece siempre el respeto de sus valores intrínsecos (agrarios, culturales...), ya sea como espacio único e irrepetible, por sus valores identitarios, o como porción de la superficie terrestre que ha sido modelada, percibida e interiorizada a lo largo de décadas o siglos por las sociedades que viven en ese entorno.

Así, las explotaciones de áridos a cielo abierto producen un efecto visual negativo que en la mayoría de las ocasiones altera el carácter del paisaje, debido al excesivo contraste entre los elementos visuales de la explotación y los del entorno. Además, a menudo los elementos físicos de esta (huecos, escombreras, edificaciones...) se convierten en factores dominantes en relación a los existentes, particularmente en términos de escala y de posición. Como consecuencia, se deben tener siempre en cuenta una serie de pautas y directrices encaminadas a reducir el impacto visual de estas explotaciones, mediante la aplicación de criterios generales de diseño, racionales, y que posibiliten la recuperación de los terrenos afectados. Para ello, son especialmente útiles las técnicas de simulación basadas en análisis visuales, donde se tienen en cuenta las diferentes situaciones que irán alcanzando las explotaciones, a fin de poder llevarse a cabo en todo momento las medidas correctoras más oportunas e incluso evaluar los impactos visuales.

Entre las acciones más comunes que se realizan para cumplir los objetivos anteriormente mencionados, se encuentran las citadas a continuación. En primer lugar, se suele proceder a la ubicación y ocultación natural de las explotaciones, para lo cual se aprovecha la propia topografía del entorno. Así, debe evitarse la apertura de canteras o graveras en laderas de cerros o lomas próximas a carreteras u otras infraestructuras de transporte, o en zonas habitadas desde las cuales sean observables. En segundo lugar, otros factores que ayudan a mitigar el impacto visual son la orientación de los frentes y la dirección de avance previstas. De esta manera, los frentes pueden orientarse de forma que la parte activa no sea tan visible desde los principales puntos de observación, ya sea, por ejemplo, excavando los taludes con un rumbo paralelo a la dirección de un corredor visual ubicado al mismo nivel. En tercer lugar, el apantallamiento artificial de las explotaciones actuará también como elemento adicional de ocultación, junto a la revegetación. No obstante, si la propia vegetación sirve de pantalla visual, es recomendable que esté constituida por árboles y arbustos autóctonos. Por último, entre otras acciones secundarias se encuentran las relativas al modelado de taludes finales de explotación en zonas secas y húmedas, y todas las relacionadas con la ocultación de las escombreras y el enmascaramiento de las instalaciones (ITGE, 1996).

4.4.- Principales usos y técnicas de restauración

Dado que las operaciones extractivas constituyen un uso temporal de los terrenos, con periodos de ocupación inferiores a los 20 o 30 años, es necesario que el abandono de las áreas que ocupan se lleve a cabo de manera juiciosa y responsable, y más aún tras la progresiva concienciación de la sociedad en la lucha por una mejor calidad de vida. Así, finalizada la actividad de una cantera o gravera, en vez de someter a las superficies al abandono total se debe tratar de que el terreno alterado vuelva a ser útil para un uso determinado, sin perjudicar el medioambiente y ajustándose a las necesidades de la zona o entorno, es decir, siempre que sea compatible con los usos ya existentes.

En los casos en los que se pueda recuperar el uso original perdido y se pretenda, por tanto, llevar a cabo la reduplicación exacta de las condiciones originales, se hablaría entonces de una “restauración” propiamente dicha (Imagen 12). Si, por el contrario, resulta más interesante establecer un aprovechamiento o uso nuevo y sustancialmente distinto al anterior, se utilizaría el término de “rehabilitación” o “recuperación” de los terrenos. Así, los principales usos a los que pueden destinarse los terrenos afectados por una explotación minera son el urbanístico e industrial, el recreativo intensivo y deportivo, el agrícola, el forestal, el recreativo no intensivo y educacional, la conservación de la naturaleza y refugio ecológico, el de depósito de agua y abastecimiento a las poblaciones, y el de vertedero de estériles y basuras (ITGE, 1996).

Imagen 12. Trabajos de restauración en una gravera activa



Fuente: SIEMCALSA, 2008b

4.4.1.- Medidas correctoras tras el proceso de restauración o recuperación

Con independencia del uso previsto para los terrenos afectados por las labores mineras, y una vez vista la importancia de la restauración de los mismos, cabe destacar concretamente el papel de la revegetación como principal medida correctora tras el proceso de restauración o rehabilitación, ya que es capaz de posibilitar, al mismo tiempo, la restauración de la producción biológica del suelo, la reducción y control de la erosión, la estabilización de los terrenos sin consolidar, la protección de los recursos hidráulicos y la integración paisajística (ITGE, 1996). Así, a la hora de proceder a la restauración ecológica de estos espacios, el objetivo debe ser siempre el de reconstruir los ecosistemas naturales del entorno (Jorba & Vallejo, 2008). Sin embargo, uno de los mayores retos de este tipo de restauración es, sin duda, poder compatibilizar los objetivos de estabilización del substrato y control de la erosión con una recuperación eficaz de las especies características de los ecosistemas a restaurar (Ashby, 1991, as cited in Jorba & Vallejo, 2008).

En el caso concreto de las graveras, las depresiones que se crean en zonas húmedas e incluso inundadas presentan grandes posibilidades de recuperación. Esto se debe a que los huecos, además de poderse rellenar y remodelar con materiales y estériles inertes, también es factible convertirlos en parajes más o menos naturales o silvestres con fines ecológicos, o en áreas con usos recreativos en los que puedan construirse instalaciones deportivas y de ocio. Por una parte, resulta necesario garantizar la calidad de las aguas, por lo que la mejor medida consistirá en acondicionar las instalaciones de forma que exista una circulación y drenaje del agua en las zonas inundadas, pues permitirá la vida acuática si se encuentra debidamente oxigenada. También debe prestarse especial atención a la modificación de la red de drenaje superficial y al control de la erosión, pues de lo contrario se puede producir un enturbiamiento de las aguas por el arrastre de materiales, con posible incidencia sobre la fauna piscícola. Por otra parte, dado que los suelos existentes sobre los terrenos ocupados suelen ser muy fértiles, deben contemplarse, desde el primer momento, actuaciones de acopio, conservación y reutilización del mismo en los trabajos de recuperación, a fin de facilitar la implantación de la vegetación y de la propia fauna que pueda tenerla como hábitat (ITGE, 1996).

Por último, para llevarse a cabo la restauración de la vegetación, se debe tener en cuenta una serie de factores ambientales, ya sean de influencia general o se encuentren modificados por la actividad minera. Por un lado, entre los factores de influencia general destacan los climáticos, edáficos y topográficos:

- Factores climáticos: las características del clima que actúan de manera directa sobre los vegetales son la radiación solar -factor climático esencial, al permitir la fotosíntesis y ser la fuente principal de calor del medioambiente-; la precipitación -el agua resulta indispensable para la vida de las plantas y la precipitación atmosférica es su fuente de aprovisionamiento-; la temperatura ambiente -de la cual dependen el funcionamiento del metabolismo celular, la asimilación clorofílica y la transpiración de las plantas-; y el viento -el cual, si es fuerte y frecuente, puede influir decisivamente en la vegetación-.
- Factores edáficos: aquellos que resumen la influencia del suelo en la vegetación son la textura y estructura, el contenido y disponibilidad de nutrientes para las plantas, el pH y la profundidad.
- Factores topográficos: aquellos que ejercen más influencia en la vegetación son, fundamentalmente, las condiciones del relieve, que pueden modificar los regímenes de vientos, precipitaciones, humedad edáfica y temperaturas; la exposición, ya que supone un incremento o descenso a la amortiguación de los factores climáticos; la orientación, que modifica directamente la radiación y, mediante la misma, el resto de características climáticas; la altitud, según la cual variarán la temperatura y precipitaciones; y la pendiente, que modifica las condiciones térmicas y de iluminación.

Por otro lado, entre los factores ambientales modificados por la actividad minera, destacan la propia temperatura, la humedad del suelo y del ambiente, la aireación del suelo -que depende de su nivel de compactación, de su textura y estructura y de su contenido en materia orgánica-, la presencia y disponibilidad de nutrientes en el suelo, la

acidez y alcalinidad del mismo, y la toxicidad derivada de la presencia de metales pesados o que actúen como residuos (ITGE, 1996).

4.4.2.- Restauración de canteras para su aprovechamiento como vertederos

Algunas canteras abandonadas, particularmente si se han aprovechado de cara a la extracción de arcillas y caolines, pueden constituir un espacio idóneo para su utilización como vertederos, debido a su baja permeabilidad. Así, diversos estudios técnico-económicos respaldan la posibilidad de restaurar una cantera con este fin, dando un aprovechamiento máximo a la instalación y, al mismo tiempo, una salida al problema social y político que plantea la localización de vertederos, el incremento de los residuos generados y los vertidos incontrolados. Esta idea se inspira en la Ley de Minas, la cual ya preveía, en su disposición adicional, la elaboración de una ley que regulase el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos.

De esta manera, el uso de las canteras como vertederos una vez finalizada su vida útil de extracción supone un ahorro en el consumo de suelo, ya que este pasa de constituir un serio impacto ambiental a una oportunidad cuya utilidad será la de depósito de los residuos generados por la elevada actividad industrial y de consumo de la sociedad actual (García-Piñón, Sanfeliu, Meseguer & Jordán, 2008). Además, se garantizará el destino controlado de dichos residuos y la restauración de la cantera con el sellado del vertedero como punto final, contribuyendo a la mayor estabilidad de los vertidos acumulados y, tras la revegetación, a la regeneración de un espacio tan degradado como lo es el resultante de este tipo de actividades mineras (Orche, Amaré & García-Taboada, 1999, as cited in García-Piñón, Sanfeliu, Meseguer & Jordán, 2008). No obstante, a lo largo de todo este proceso se debe velar siempre por la protección del medioambiente, a partir de la aplicación de las protecciones oportunas en función de las características litológicas y de permeabilidad de la base (García-Piñón, Sanfeliu, Meseguer & Jordán, 2008), y de manera que el vertido de los residuos se lleve a cabo de forma totalmente controlada (ITGE, 1996).

4.4.3.- Restauración de graveras para usos agrícolas y forestales

Por un lado, las alternativas de uso vinculadas a la dedicación agrícola comprenden los cultivos arables, los pastos, el forraje y los pastos extensivos. Por otro lado, las relativas al uso forestal incluyen repoblaciones de coníferas o caducifolias de turno corto, medio o largo, ya sea para el aprovechamiento maderero de las masas, o para la obtención de diversos productos forestales (resina, frutos -piñones, bellotas...-, corcho...). Lógicamente, los condicionantes y requerimientos de cada una de estas opciones van a ser diferentes, y van a variar, a su vez, en función del grado particular de adecuación o de la idoneidad de cada una de ellas con respecto a las características de su entorno.

Toda decisión de reutilización agrícola y/o forestal se encuentra influida y debe considerar diversos factores, entre ellos su entorno natural y socioeconómico, las vocaciones tradicionales del territorio, y los planes previstos de gestión, urbanismo y desarrollo del área a escala local y regional. Además, el análisis de estos factores debe acompañar la definición del plan de restauración, y así garantizar que el resultado final quede perfectamente integrado en el entorno donde se sitúan las graveras. Por último, entre las principales técnicas de restauración orientadas al futuro uso agrícola y forestal de los terrenos, cabe destacar el remodelado, el aporte y extendido de suelos, el drenaje, la siembra, y la plantación (ITGE, 1994).

4.4.4.- Restauración de graveras para usos industriales y urbanísticos

El aprovechamiento de los terrenos afectados por las graveras para su uso industrial o urbanístico va a depender tanto de la regulación existente sobre la zona como de las condiciones ambientales de la misma. Además, si las graveras se encuentran muy próximas a uno o varios núcleos de población, el uso de los terrenos tiende a cambiar a lo largo del tiempo, de manera que, si inicialmente su aprovechamiento era agrícola, pueden llegar a tener un uso urbanístico o industrial. En todo caso, uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta si se restaura una gravera con alguno de estos fines, es el de la existencia de accesos a la zona, ya que es muy frecuente que este tipo de usos conlleve una elevada densidad de tráfico.

Entre los principales factores condicionantes del desarrollo de un plan de restauración con un uso final urbanístico o industrial destacan, además de los previamente mencionados, la calificación del suelo y la diversa normativa urbanística que pueda llegar a afectar a la zona a recuperar (el plan de restauración deberá ser lo bastante flexible como para adaptarse a futuros cambios de la legislación); la compatibilidad de usos con respecto a las zonas adyacentes; la demanda social existente; y la cercanía a carreteras o infraestructuras de transporte. También se deberán tener en cuenta otros factores, propios de la zona a restaurar, como la profundidad del nivel freático, el riesgo de inundación, la capacidad portante y riesgos de hundimiento y subsidencia, y el tamaño y morfología del área. Finalmente, las principales técnicas de restauración que se van a llevar a cabo son el relleno del hueco, el remodelado de la zona, y la instalación de sistemas de drenaje para evacuar adecuadamente el agua de lluvia y de escorrentía (ITGE, 1994).

4.4.5.- Restauración de graveras para usos recreativos

Los terrenos ocupados por graveras ofrecen, en muchas ocasiones, la posibilidad de recuperación con un uso final recreativo, bien en toda su extensión, o bien de manera parcial junto con otros usos. Esto se puede deber a un amplio número de razones, entre ellas la mayor rentabilidad económica de los gastos realizados en la restauración, una buena publicidad de la empresa productora, o que el uso recreativo pueda llegar a ser el único aconsejable en algunos casos. En este subapartado, se entiende por recreo u ocio las diferentes actividades desarrolladas por un colectivo social, y entre las instalaciones más comunes que suelen efectuarse, destacan los campos de deporte, de golf, los parques rústicos, las zonas para la observación de las aves y aulas de la naturaleza y las áreas destinadas a actividades recreativas basadas en el agua, tales como la pesca, la vela y tabla a vela, y la navegación de recreo.

Entre las técnicas de restauración más habituales, se pueden mencionar las de nivelado y modelado de formas en las superficies afectadas por las graveras, las de drenaje, las de creación de depósitos de agua, las encaminadas a la protección de las orillas o márgenes de ríos, las relativas a la plantación de árboles, arbustos y creación de césped, y las dirigidas a la creación de instalaciones y medios tales como baños, vestuarios, agua potable, aparcamientos, embarcaderos o refugios (ITGE, 1994).

4.5.- Recuperación de hábitats tras el proceso de restauración

Los procesos de colonización natural por diversas especies voluntarias en los antiguos terrenos con explotaciones mineras otorgan a estos, tras un cierto tiempo, un potencial ecológico significativo. Dichos procesos son complejos y suelen producirse de manera fortuita más que planificada, siempre y cuando no exista, desde el abandono, ninguna intervención humana. Así, cuando las canteras llevan abandonadas mucho tiempo y surgen presiones sociales para su recuperación o aprovechamiento por otros usos, resulta esencial la identificación y evaluación de las diferentes especies de animales, plantas e insectos que se hayan instalado y refugiado en estas zonas, ya que suelen pertenecer a especies endémicas o protegidas de alto valor ecológico. Por ello, numerosos tipos de explotaciones son reconocidas a menudo como lugares de interés biológico, sirviendo como ejemplos las canteras de calizas, margas y yesos, las escombreras de estériles alcalinos y los terrenos de graveras y areneros inundados total o parcialmente.

Por una parte, la colonización natural llevada a cabo por la vegetación se produce, por lo general, cuando existe en el entorno próximo una fuente de semillas y éstas se transportan y diseminan por la acción del viento, o a distancias mayores por los excrementos procedentes de los pájaros y pequeños mamíferos tras ingerir determinados vegetales. Además, con el movimiento de tierras proveniente de otras áreas también se transportan diversas especies vegetales de origen variado, ya sea en forma de rizomas, plantas enteras o semillas, si bien estos aportes son, a menudo, desfavorables para una recolonización espontánea armoniosa. Por otra parte, la introducción de la fauna se encuentra íntimamente ligada a la vegetación, si bien puede instalarse incluso en las primeras fases de creación de las explotaciones, ya sea en espacios biológicos o abióticos. Así, es muy común que las aves aniden en puntos inaccesibles de los taludes de los bancos y se alimenten de insectos, que a su vez habrán colonizado estos lugares tras encontrar unos microclimas adecuados. En todo caso, cuanta mayor diversidad de especies vegetales haya, mayor será también la variedad de fauna (ITGE, 1996).

En el caso concreto de las graveras, estas ofrecen, en la mayoría de los casos, una oportunidad única para la construcción artificial de hábitats con fines conservacionistas, ya que los objetivos finales de la restauración pueden ser planificados de antemano, incluso antes de que empiecen las labores extractivas de los áridos. Cabe mencionar que,

en vista de que el número de graveras es cada vez mayor, estas pueden convertirse en campos de experimentación sobre gestión de zonas húmedas y proyectos específicos de conservación de animales o plantas de estos hábitats, al ser cada vez más infrecuentes en sus ambientes naturales. Por un lado, si una gravera se diseña con fines de recuperación conservacionista, se debe tender a la obtención de la máxima diversidad posible de hábitats, sean terrestres o acuáticos. Por otro lado, si la zona va a ser utilizada con fines educativos, no será necesaria una diversidad tan alta, pero sí la creación de un sistema más simplificado, con menos especies animales y vegetales.

Los principales factores que influyen en el desarrollo de la recuperación de hábitats, tras el proceso de restauración o durante el mismo, son el uso de los terrenos adyacentes, al poderse crear interferencias y conflictos (daños de la fauna reintroducida en los cultivos más cercanos, sobrepastoreo, persecución de las aves...); el interés naturalístico del área; el tamaño, profundidad, y pendiente de la gravera, al actuar como limitantes en cuanto al tipo de hábitat a desarrollar; y el desarrollo progresivo de la propia restauración, que podría favorecer la diversidad del área si desde los estadios más tempranos permitiera la convivencia de ciertos animales (ITGE, 1994).

4.6.- El control social de las graveras

En la actualidad, en el caso de España, es la Administración Regional la que posee las competencias en lo que respecta a la concesión de licencias mineras y a su control ambiental. No obstante, en muchas ocasiones la ausencia de criterios ambientales de las distintas Administraciones ha permitido que se hayan y se sigan llevando a cabo explotaciones desmesuradas de este recurso sin ningún criterio ni respeto por el medioambiente, sirviendo de ejemplo las extracciones de áridos llevadas a cabo hace unos años en las riberas del Jarama. En este último caso, y como suele ser frecuente, los altos costes derivados de la restauración ambiental no recayeron sobre las empresas que en su momento causaron el daño, sino que fueron costeados con el dinero de todos los contribuyentes. Así, y dado que el respeto y preservación del entorno natural es y será siempre un indicador de calidad de vida, son los ciudadanos los que en muchas ocasiones

van a adquirir el importante papel de participar en el control de una actividad tan crítica como lo son las graveras.

El mayor problema que se plantea es la escasa capacidad de intervención social en el procedimiento de concesión de una licencia minera, de manera que tan solo el expediente de Evaluación de Impacto Ambiental puede ser conocido públicamente previamente a la aprobación definitiva. A pesar de todo, la población tiene la posibilidad de presentar alegaciones a un estudio de impacto ambiental, a través del Órgano Sustantivo de la Consejería de Medio Ambiente, ya sea de forma individual, mediante una asociación de vecinos, o con la ayuda de una asociación ecologista. Además, cada vez se desarrollan más estrategias para el “descubrimiento” de nuevas graveras a partir de consultas a webs especializadas, como mismamente las relativas a los Boletines Oficiales de las distintas comunidades autónomas, o mediante visores cartográficos como Iberpix. Dos de los principales motivos que dan pie a que se pueda presentar una alegación a una memoria-resumen o un estudio de impacto ambiental son la existencia de patrimonio natural que pueda verse afectado, así como el catálogo de incidencias ambientales que producen las explotaciones de áridos, entre las que se incluyen la ocupación de riberas y sotos y la protección del paisaje y de todos los distintos elementos que constituyen el medio físico. Todo ello debe animar a la población a parar y suprimir toda actividad minera que no respete unos mínimos criterios ambientales (Asociación Ecologista del Jarama, 2015).

4.7.- Planes de Acción para la Biodiversidad (PAB)

Una vez vistos los diversos usos y técnicas de restauración o rehabilitación de los terrenos afectados por canteras y graveras, así como todo lo relativo a la recuperación de hábitats, merece especial atención destacar también la posibilidad de llevar a cabo planes de acción para la biodiversidad e iniciativas por el clima, conjugando, de manera precisa y equilibrada, las labores de extracción de arenas y gravas con la conservación de la biodiversidad y la protección del medioambiente. Dichos planes e iniciativas, desarrolladas en su mayor parte por las empresas propietarias, contribuirán, además, al beneficio de la vida silvestre y de las personas de generaciones presentes y futuras. Otras de las ventajas que se pueden generar, derivadas de la evaluación de las explotaciones,

son el conocimiento del valor de la biodiversidad del entorno; la mejora de los procesos en la gestión del agua, que favorecen a su vez la creación de nuevas masas de agua superficiales y el aumento significativo de la variedad y calidad de los hábitats; y la realización de estudios multidisciplinarios de flora y fauna.

Las canteras y graveras también pueden contribuir, por lo tanto, a la biodiversidad. Por una parte, a lo largo de la vida de las explotaciones, se genera una amplia diversidad de hábitats considerados de alto valor biológico, y a los cuales se protege de las perturbaciones externas y de la contaminación. Por otra parte, además de ser compatible con la biodiversidad, la extracción de áridos posee un gran potencial para crearla, de manera que, como prueba de su riqueza biológica, en Europa se han designado un gran número de antiguas explotaciones como áreas de la Red Natura 2000. Así, partiendo de la evaluación de impacto ambiental y de una adecuada rehabilitación, la industria de los áridos debe aplicar la jerarquía de mitigación “evitar, reducir, recuperar”, al mismo tiempo que cooperar con su entorno social, a escala local y europea, a través de plataformas de diálogo o de acuerdos con las ONG, las Universidades, las autoridades competentes y diversas organizaciones internacionales (UEPG, 2015).

Cabe mencionar, por su parte, la actual existencia de un concurso científico y educativo a nivel internacional, Quarry Life Award, cuyo objetivo es incrementar la concienciación sobre el valor de la biodiversidad en las canteras y compartir nuevas prácticas, y en el que se pueden otorgar premios de hasta 30.000 euros. La quinta edición de dicho concurso se ha iniciado en mayo de 2021, y se lleva a cabo por HeidelbergCement y sus filiales. Con esta iniciativa también se permite el aumento de la comprensión científica de la interacción entre naturaleza y canteras, así como contribuir a los objetivos globales de conservación de la naturaleza (HeidelbergCement, 2021). Una de las futuras graveras de Áridos Sanz, presente en el estudio de caso de este trabajo, también forma parte de este proyecto.

A continuación, se van a mencionar algunos ejemplos concretos de los muchos PAB e iniciativas por el clima llevados a cabo en España. En primer lugar, son frecuentes las plantaciones de diversas especies vegetales, como las de sauco negro (*Sambucus nigra*) y de fresno de hojas estrechas (*Fraxinus angustifolia*), llevadas a cabo en algunas graveras de La Cistérniga (Valladolid) (HeidelbergCement, 2021). En segundo lugar, la empresa

Cementos Cosmos y la Cooperativa Apícola del Bierzo han firmado en abril de 2021 un convenio de colaboración con el fin de promocionar la producción sostenible y ecológica de miel, propóleos y polen, permitiendo la existencia de varias colmenas experimentales en la cantera de Corullón, en León (Imagen 13). En ellas, se estudia la calidad de los productos y la posible influencia de la actividad relativa a los sectores productivos del entorno, y se permite la realización de muestras, pruebas y visitas de estudiantes o interesados en conocer las labores de polinización de las abejas de una forma sostenible. En última instancia, esta iniciativa favorece el aprovechamiento de las sinergias existentes entre la industria y otros sectores del Bierzo, como el sector agroalimentario, al mismo tiempo que permite la posibilidad de desarrollar ambas actividades, garantizando los estándares de calidad de los productos (Diario de León, 2021).

Imagen 13. Algunas de las colmenas instaladas en la cantera de Corullón



Fuente: Diario de León, 2021

En el año 2011, se efectuó una iniciativa muy interesante consistente en la participación de casi 300 alumnos de entre 10 y 14 años en la plantación de árboles en las canteras y graveras de Cemex, con el objetivo de promover el respeto hacia el entorno y conocer

este tipo de explotaciones. Dicha iniciativa recibió el nombre de “Día de los árboles y los áridos”, acercando e inculcando a los niños de esta manera una conciencia ecológica y ambiental tan necesaria hoy en día. Además, se llevó a cabo en explotaciones correspondientes a varias localidades, concretamente en Madrid, Menorca, Tarragona, Valencia, Ciudad Real y Toledo, y fue promovida por la Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos (Anefa), en colaboración con la Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (Oficemen) (RSE, 2011). Mientras tanto, en Álava, el parque de las graveras de Lasarte comenzó a actuar recientemente como freno a la extensión urbana, contribuyendo también al control de las crecidas de los ríos Batán y Zapardiel y a la creación de un espacio de ocio y deporte con un campo para regatas (El Correo, 2018).

5.- La industria de los áridos a diferentes escalas. El caso- estudio de La Cistérniga

Una vez analizado en profundidad todo lo referente a la industria de los áridos, su importancia, las alteraciones e impactos ambientales, los posibles usos tras la restauración o recuperación, y algunos de los PAB e iniciativas por el clima que se han llevado a cabo a nivel general, a partir de este momento se va a trabajar con una escala espacial y temporal concretas, que irán variando desde la estatal hasta la local, y cuyo fin último será el estudio de un caso concreto, referente a las explotaciones de áridos existentes en La Cistérniga. De esta manera, se llevará la parte teórica a la práctica y se interpretará una de las muchas realidades existentes relativas al mundo de las canteras y las graveras.

5.1.- Los áridos en España

A nivel nacional, la industria de los áridos siempre ha tenido una gran importancia en España, de manera que, en los años ochenta, ya constituía el principal motor de su economía y, a finales del siglo XX, se producían hasta 260 Mt -megatoneladas- de áridos anuales, de los cuales alrededor de 90 Mt eran arenas y gravas. La mayor parte de los materiales se ha empleado siempre en la construcción, fundamentalmente como componente estructural del hormigón o como zahorras para la fabricación de aglomerados asfálticos, entre otros usos. Por una parte, la evolución de la industria de los áridos a lo largo de las últimas décadas del siglo XX en España se ha caracterizado por un reagrupamiento de las empresas como resultado de la expansión de algunos grupos vinculados a empresas cementeras fabricantes de hormigón. Por otra parte, ya a finales de siglo este sector se encontraba muy disperso y atomizado en el contexto minero nacional, con un total de más de 2.500 explotaciones ubicadas en su mayoría en las proximidades de los principales núcleos de población. A pesar de todo, ya existían evidencias de una tendencia enfocada a un planteamiento más racional y coherente de las explotaciones, con unas producciones cada vez más pequeñas en términos anuales (ITGE, 1994).

A lo largo de la primera década del siglo XXI los áridos ya eran considerados como el sector minero más importante del país en cuanto a tonelaje extraído y valor de la producción, englobando a su vez el mayor número de explotaciones activas y de empleos del conjunto de la minería. Por un lado, en torno al año 2008 el 86% de los minerales extraídos en España eran áridos, siendo sus aplicaciones muy diversas y múltiples. Por otro lado, en este mismo año, cerca del 58% del total de las explotaciones eran de áridos, seguidas muy de lejos por otros sectores tan conocidos como la roca ornamental (21%) o los minerales industriales (5%). Según datos de la Estadística Minera del año 2004, en España había censadas hasta 1.760 explotaciones activas de áridos, de las cuales 940 eran graveras y 820, canteras. Además, la producción media de áridos se situaba en unas 277.000 toneladas al año, dando empleo directo a una media de 8 trabajadores por explotación. En 2006, España se encontraba en el segundo puesto de la Unión Europea en cuanto a producción de áridos (SIEMCALSA, 2008b).

No obstante, cabe mencionar que, también durante la primera década del siglo XXI, en España el sector de las canteras de áridos ya estaba fuertemente presionado por los distintos organismos ambientales de las Administraciones Públicas, ya fuera por la falta de actuaciones de los trabajadores en restauración de terrenos o por la ausencia de proyectos mineros y planificaciones bien elaboradas y ejecutadas (Herrera, 2007). A pesar de ello, en el año 2016 las canteras de arena y grava ya se encontraban claramente extendidas por todo el país (IGME, 2018).

Entre la primera y la segunda década del siglo XXI, el consumo de áridos por habitante en España se ha reducido considerablemente. Así, y a pesar del incremento de 2018, continúa siendo claramente inferior al de la media europea, de manera que, de los 39 países europeos para los que la UEPG elabora estadísticas, ocupa el último lugar, mientras que, en lo que respecta a producción total de áridos a nivel europeo, ha pasado del segundo puesto en 2006 al noveno lugar en 2018 (Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos [ANEFA], 2018). Por último, en los años 2017 y 2018 (datos más actualizados de la ANEFA), el consumo de áridos destinados a la construcción por comunidades autónomas correspondería a la Tabla 1:

Tabla 1. Consumo de áridos para la construcción por CCAA (millones de toneladas)

	2018	2019	Consumo por habitante (toneladas)
Andalucía	19,7	21,3	2,5
Aragón	5,2	5,9	4,5
Asturias	3,2	3,4	3,3
Islas Baleares	2,9	3,0	2,6
Islas Canarias	2,4	2,4	1,1
Cantabria	2,9	3,1	5,3
Cataluña	20,9	21,9	2,9
Castilla-La Mancha	8,3	9,7	4,8
Castilla y León	10,8	11,7	4,9
C. Valenciana	13,4	14,1	2,8
Extremadura	2,7	2,8	2,6
Galicia	9,6	10,2	3,8
Madrid	9,4	10,0	1,5
Murcia	5,8	6,0	4,0
Navarra	2,4	2,6	4,0
País Vasco	7,3	7,2	3,3
La Rioja	1,2	1,2	3,8
PROMEDIO	7,9	8,0	3,4

Elaboración: Omar García

Fuente: ANEFA, 2020. Elaboración propia

5.2.- Los áridos en Castilla y León

Castilla y León es una de las comunidades autónomas de España que más áridos para la construcción consume y, además, son muy diversas las diferentes formaciones geológicas y litologías susceptibles de albergar áridos con interés comercial. Algunas de dichas litologías de áridos que se extraen en las canteras de esta comunidad son las cuarcitas, calizas y dolomías, granitos, gneises, diques básicos, diques ácidos, ofitas y corneanas. En el caso de las graveras, por una parte, existen grandes dimensiones de materiales granulares destinados a la obtención de áridos, y el mayor número de graveras activas se corresponde con las provincias de Zamora, Burgos, Valladolid y Segovia, seguidas de Salamanca, Palencia, León y Ávila. Por otra parte, la naturaleza y composición petrológica de los áridos de las graveras es muy variada y, dado que se trata de depósitos detríticos, dependen de la composición del área de la que procedan y de los procesos de

selección mineralógica que se han producido durante el transporte hasta la zona en la que se acumularon.

En Castilla y León, la evolución del consumo de áridos de construcción ha experimentado desde 1995 una tendencia creciente hasta 2006, llegando a alcanzar su pico en este último año. Además, desde la primera década del siglo XX el mercado interior se ha encontrado muy influenciado por la cercanía a las grandes poblaciones de la comunidad, mientras que, fuera de sus límites, los áridos se exportaban a aquellos lugares en los que existía un déficit de producción y la distancia no era muy elevada (Madrid, Galicia, País Vasco...), o incluso a otros países (SIEMCALSA, 2008b). A partir de 2008, debido a la crisis, el consumo de áridos se redujo notablemente, si bien se ha vuelto a recuperar ligeramente en los últimos años (ANEFA, 2020). En cualquier caso, y a excepción de las crisis económicas, los principales factores que afectarán a este sector en el futuro serán la tendencia de la demanda, los costes y limitaciones ambientales, el agrupamiento y dimensionamiento de las explotaciones y la eficiencia en la reutilización de otros tipos de áridos, como los reciclados industriales o los procedentes de las escombreras mineras. Finalmente, las plantas de tratamiento de áridos se deberán adaptar a las nuevas tecnologías orientadas al ahorro energético y disminución de emisiones a la atmósfera, así como tender a ser más compactas con objeto de reducir los impactos ambientales (SIEMCALSA, 2008b), si bien todavía falta mucho camino por recorrer en este aspecto, como se demostrará después.

5.3.- Los áridos en Valladolid

Valladolid siempre ha sido una de las provincias de Castilla y León con un mayor número de canteras y graveras activas, dada la importancia de la industria de los áridos en la misma. De todos los tipos de explotaciones, la predominante corresponde a las de arena y grava (es decir, graveras), seguidas de las de caliza y otros usos (Tabla 2). En la mayor parte de los casos, cada explotación es gestionada por una sola empresa, si bien en algunas ocasiones este número asciende a dos o tres. En cuanto a su localización, las explotaciones perviven fundamentalmente, debido a su naturaleza, en las llanuras aluviales y zonas próximas a lechos fluviales (Duero, Pisuerga o Cega), en particular al sur del entorno del

Término Municipal de Valladolid (La Cistérniga, Tudela de Duero, Herrera de Duero, Laguna de Duero, Boecillo, etc.). En lo que respecta al propio término municipal, actualmente se encuentran muy localizadas, extinguidas y restauradas en su mayoría.

Tabla 2. Evolución del número de explotaciones activas de áridos en Valladolid (2013-2016)

Tipo de explotación	2013	2014	2015	2016
Arena silícea	1	1	1	1
Arena y grava	27	30	30	32
Caliza (otros usos)	7	5	7	7
TOTAL	35	36	38	40
Elaboración: Omar García				

Fuente: IGME, 2018. Elaboración propia

En cualquier caso, la provincia de Valladolid también se ha visto afectada por la ralentización de la economía derivada de la crisis de la construcción, por lo que el sector de los áridos ha ido disminuyendo en importancia en los últimos años, si bien actualmente se ha vuelto a observar algo de actividad y un ligero repunte de la producción. En cuanto a esta última, los productos siguen siendo los mismos -arenas, zahorras, gravas, piedras o cantos de distintos diámetros-, y su cantidad se encuentra directamente relacionada con la demanda del mercado, actualmente escasa. No obstante, según la experiencia de los agentes medioambientales de la Junta de Castilla y León, en lo referido a los planes de acción por la biodiversidad e iniciativas por el clima, estas suelen ser infrecuentes y muy puntuales, y no se valoran ni mucho menos lo suficiente, primando por encima de todo la extracción de áridos y los beneficios que se puedan obtener de los mismos.

Algunas de las operaciones que llevan a cabo por parte de los agentes medioambientales son la comprobación de la señalización de las zonas de extracción en las que se están realizando las labores, con el fin de evitar ciertos riesgos derivados de las mismas, o del mantenimiento de los accesos -estado adecuado de los caminos exteriores que llegan a los terrenos objeto de explotación-; si la superficie se encuentra adecuadamente explanada y/o restaurada; si existen franjas de protección en la colindancia de caminos y

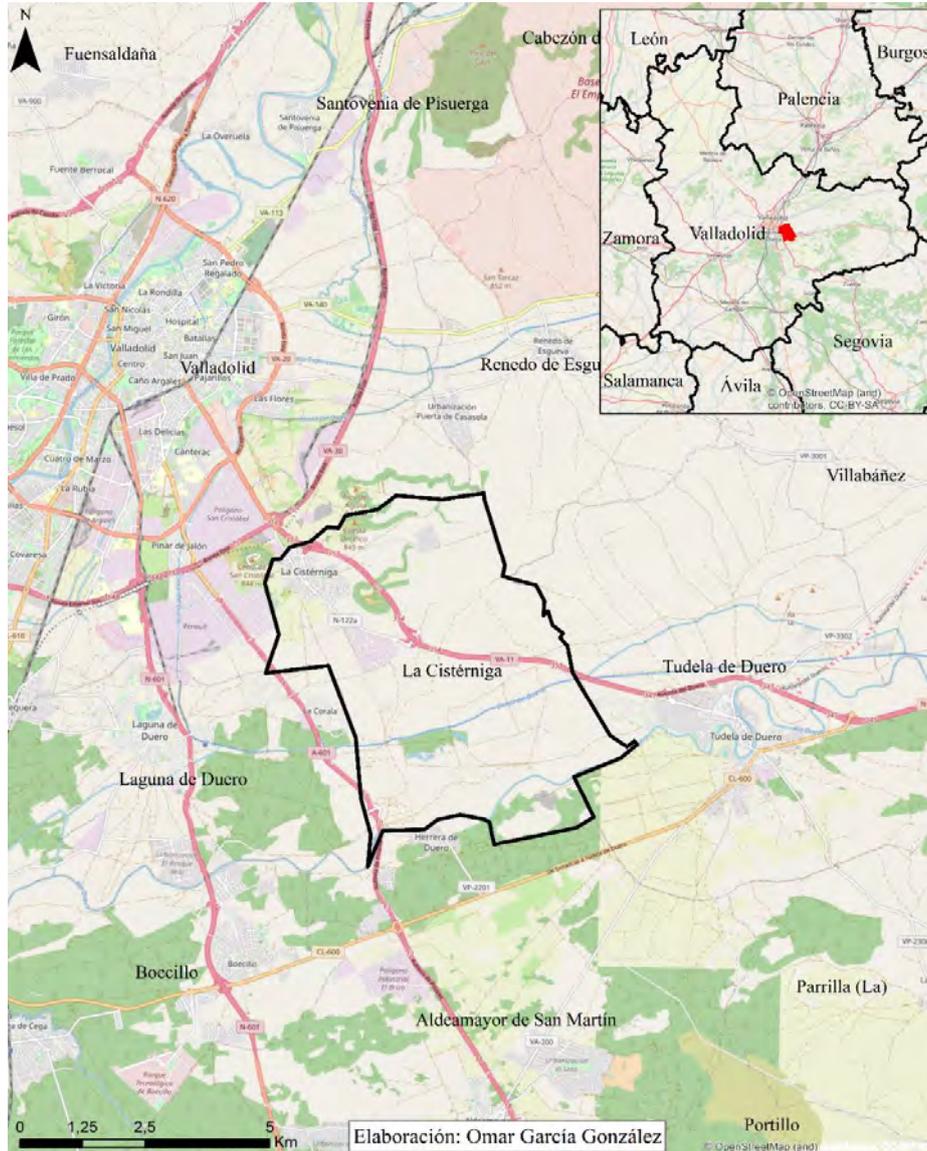
vías pecuarias; si las extracciones repercuten en las aguas subterráneas; si la pendiente de los taludes es admisible; o si existen irregularidades tales como depósitos de escombros o residuos no autorizados, plantas de selección o machaqueo no autorizadas, extracciones fuera de la zona autorizada, afecciones a las aguas subterráneas no contempladas en la Declaración de Impacto Ambiental, etc.

5.4.- Los áridos en La Cistérniga

La Cistérniga es un municipio y núcleo urbano situado en la provincia de Valladolid (Figura 2), y cuyas características demográficas y socioeconómicas se encuentran muy vinculadas a esta última, al formar parte de su área de influencia, y más concretamente del área suburbana inmediata. Dicho municipio forma parte de las Directrices de Ordenación del Territorio de Valladolid y su Entorno, que fueron aprobadas por decreto 206/2001, de 2 de agosto, y se caracteriza, además, por poseer un carácter fundamentalmente residencial.

Cabe destacar que la población de La Cistérniga se ha incrementado notablemente desde principios de siglo, habiendo pasado de 3.780 habitantes en el año 2000 a 9.016 habitantes en el 2020 (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2021), por lo que es posible que el desarrollo de la industria de los áridos en este municipio haya y siga generando beneficios en su economía local (sector servicios), así como en la de Herrera de Duero, el cual se encuentra también muy cerca de las zonas de áridos.

Figura 2. Mapa de localización de La Cistérniga (Valladolid)

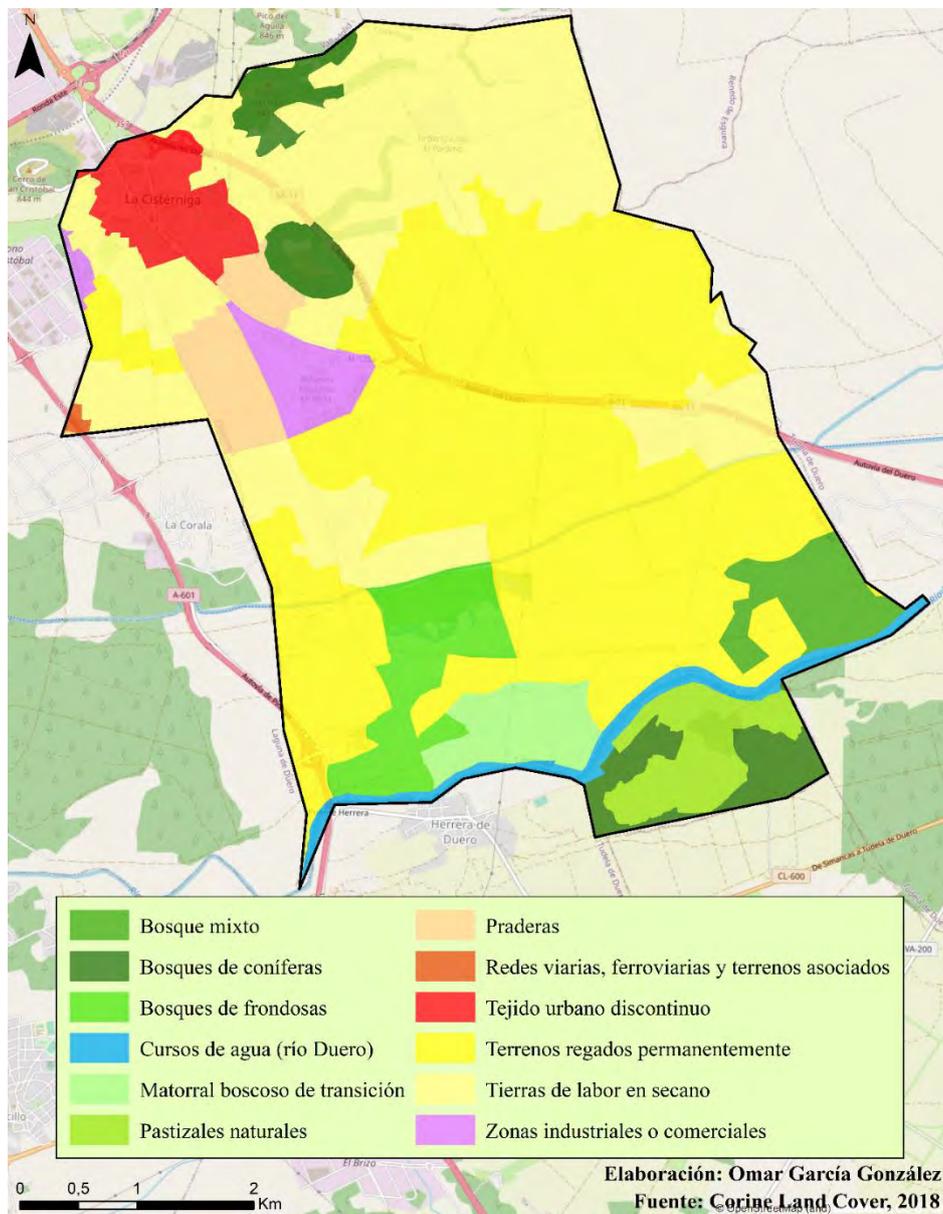


Elaboración propia

En cualquier caso, la práctica totalidad de la población de La Cistérniga reside en un único núcleo de población, situado a una distancia de varios kilómetros con respecto de las graveras. Así, las principales explotaciones de áridos presentes en este municipio se encuentran en la parte centro-sur (Áridos Sanz SLU HANSON) y en el borde sudoriental (Cantera de árido HERGON S.A.) del término municipal, en las proximidades del lecho fluvial del río Duero y de su canal, si bien se especificará más sobre las mismas en los

próximos subapartados. En cuanto a los usos de suelo del municipio, predominan las tierras de cultivo de regadío y de secano, junto con los bosques de frondosas y coníferas (Corine Land Cover, 2018). Mientras tanto, el núcleo de población se encuentra al noroeste del término municipal, y el río Duero y su canal pasan por la parte sur del mismo (Figura 3).

Figura 3. Mapa de usos del suelo de La Cistérniga (Valladolid)



Elaboración propia

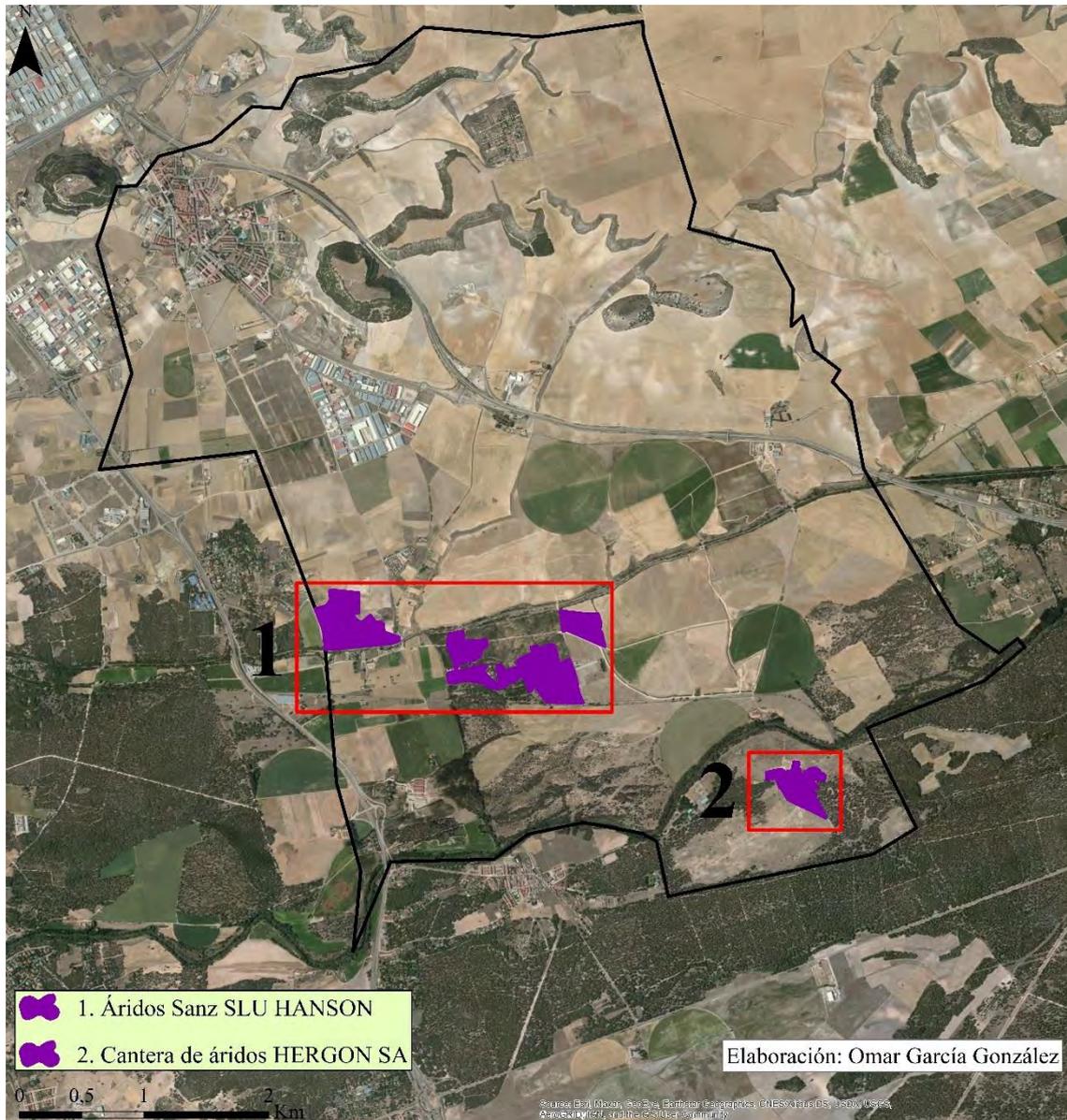
5.4.1.- Localización de las explotaciones: caracterización del área de estudio

A continuación, se procede a mostrar la ubicación exacta de las explotaciones dentro del Término Municipal de La Cistérniga (Figuras 4, 5 y 6), así como una breve caracterización del espacio en el que se encuentran. Como se puede observar en el primer mapa (Fig. 4), dichas explotaciones, que a priori se localizan en unas parcelas consideradas de uso de extracción minera, se encuentran al sur y sureste del municipio.

No obstante, como se verá más adelante, no todas son necesariamente explotaciones activas, sino que también existen terrenos que han sido restaurados o recuperados con anterioridad. Además, si se observa la Figura 3, en teoría se corresponden con tierras de cultivo, bosques de frondosas o espacios de pastizal y, sin embargo, presentan ese uso industrial que el SIOSE sí es capaz de distinguir. En cualquier caso, la presencia de estas explotaciones es muy fácil de detectar con cualquier visor cartográfico.

El área de estudio inmediata a las graveras se caracteriza por formar parte de un ámbito de llanura, en el que los colores dominantes son el pardo de los cultivos de secano y el verde oscuro de la vegetación y los cultivos de regadío. El relieve es acclinal, con una estructura en disposición horizontal y una topografía no del todo plana, sino ligeramente ondulada, como es propio de los sectores centrales de campiña de las cuencas sedimentarias. Además, las zonas de explotaciones se encuentran en el noroeste de la comarca de Tierra de Pinares Vallisoletana, en la cual dominan los depósitos de arenas, que tapizan el nivel más bajo de las campiñas. Los suelos se encuentran erosionados, pero son fértiles, ya que se trata de un área agrícola y ganadera (abundan las tierras de cultivo).

Figura 4. Localización de las explotaciones



Elaboración propia

Figura 5. Localización de las graveras de Áridos Sanz SLU HANSON



Elaboración propia

Figura 6. Localización de la Cantera de Áridos HERGON S.A.

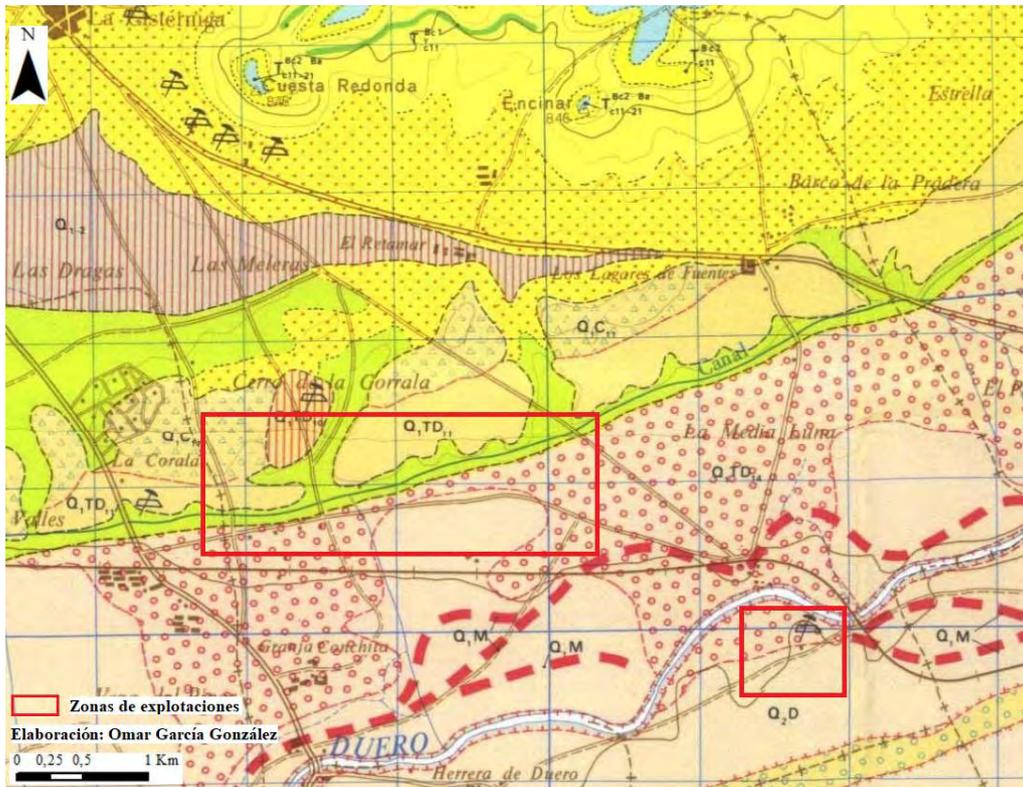


Elaboración propia

Como se puede ver en el mapa geológico del área de estudio (Figura 7), en esta dominan las gravas cuarcíticas sueltas, presentes en la matriz limo-arenosa de la terraza del interfluvio Duero-Pisuerga, de origen Cuaternario, así como las arenas eólicas de cuarzo, sueltas, redondeadas y bien seleccionadas, situadas en el manto eólico tras haber sido transportadas por el río y posteriormente removidas por actividad eólica. Cabría añadir los depósitos aluviales recientes -limos y arcillas- de las orillas del Duero, si bien tienen muy poca entidad, dado que éste circula en una estrecha trinchera o cañón fluvial dibujando un trazado meandriforme encajado en la terraza más baja. En cualquier caso, la existencia de pequeñas canteras y graveras como las de La Cistérniga es bastante frecuente en los cuerpos arenosos localizados, entre otros lugares, en las terrazas de los ríos Duero y Pisuerga, y hoy en día están siendo explotadas para la obtención de áridos para la construcción (IGME, 2021).

En definitiva, el ámbito de estudio en el que se encuentran las explotaciones corresponde a una llanura aluvial arenosa, sin ningún tipo de estructura, y se caracteriza, además, por un clima mediterráneo frío o de interior. Respecto a los suelos, predominan los arenosoles y fluvisoles, cuyo régimen térmico es méxico o isoméxico, y su régimen hídrico, xérico. En cuanto a la vegetación, la gran mayoría de especies han sido o están intervenidas por el hombre, destacando el pino piñonero (*Pinus pinea*), y también, aunque en menor cantidad, la encina (*Quercus ilex*), el quejigo (*Quercus faginea*) y el pino resinero (*Pinus pinaster*), además del tomillo, el cardo y otras herbáceas, gramíneas y leguminosas. No obstante, a orillas del río Duero la variedad de especies aumenta (sauces, chopos, álamos, alisos...), formando un bosque galería de gran continuidad y calidad, favorecido por las condiciones geomorfológicas. Por lo demás, se observa de manera muy clara la intensísima acción humana sobre el medio, ya sea en forma de cultivos, infraestructuras, caminos, cortafuegos o en la propia vegetación.

Figura 7. Mapa geológico del ámbito de estudio (MAGNA 50, Hoja 372)



LEYENDA

TERCIARIO	NEOGENO	CUATERNARIO		DESCRIPCIÓN	
		PLEISTOCENO	HOLOCENO		
NEOGENO	MIOCENO	SUPERIOR	VILLANYENSE	T ₁₅₅	
			RUSCIENSE	T ₁₅₅	
	MIOCENO	SUPERIOR	TUROLIENSE	T ₁₅₅	
			ASTARACENSE VALLESIENSE	T ₁₅₅	
	MIOCENO	INF. MEDIO	SUPERIOR	T ₁₅₅	
			INFERIOR	T ₁₅₅	
	MIOCENO	INF. MEDIO	ORLEANIENSE SUP.	T ₁₅₅	
				T ₁₅₅	
	CUATERNARIO	PLEISTOCENO	SUPERIOR	Q ₂ L	Fondos de charcas. Arenas, limos y arcillas con sales solubles
				Q ₂ A ₁	Aluviones del Pisuerga y Duero
Q ₂ C				Coluviones, limos, arcillas y cantos de caliza	
Q ₂ L ₂				Fondos de valle, limos, arcillas y gravas de caliza	
MEDIO			Q ₂ D	Manto eólico. Arenas de cuarzo redondeadas bien seleccionadas	
			Q ₂ S ₁₆	Superficie de Coca. Anévalo. Arcosas blanqueadas fluviales con gravilla de cuarzo	
			Q ₂ TP ₅₀	Gravas cuarcíticas con matriz arenolimos (Río Pisuerga)	
			Q ₂ M	Meandros abandonados sobre Q ₂ TD _{1,2} y Q ₂ TP ₁₆	
			Q ₂ TD ₁ y Q ₂ TP ₁₆	Terrazas del interfluvio Duero-Pisuerga. Gravas cuarcíticas sueltas. Matriz arenolimos	
			Q ₂ G ₁₂	Gravas y bloques de caliza con matriz arcillo-limoso-cementadas	
INFERIOR	Q ₂ TD ₁₂	Terraza del interfluvio Duero-Pisuerga. Gravas cuarcíticas y de caliza matriz arenolimos (Proporción de caliza menor del 20%)			
	Q ₂ C ₁₁	Coluviones antiguos de gravas calizas sueltas con matriz limo-arcillosa			
	Q ₂ TP ₁₁	Gravas cuarcíticas y de caliza más abundantes en las proximidades del río Esgueva, frecuentes encostramientos			
	Q ₂ TD ₁ Q ₂ TD ₁₁	Gravas cuarcíticas y de caliza con matriz limo-arenosa. Río Duero			
	Q ₂ TP ₅ Q ₂ TP ₆ Q ₂ TP ₁₁	Terrazas de gravas cuarcíticas frecuentemente encostradas. Gravas de caliza en proporción menor del 10% (Río Pisuerga)			
	T ₁₅₅	Calizas gris oscuro con gasterópodos, a techo limos arenosos rojos y costras calcáreas			
MIOCENO	SUPERIOR	T ₁₅₅₋₁₅₆	Margas y limos arenosos		
		T ₁₅₅₋₁₅₆	Calizas con gasterópodos muy kaestificadas		
	MIOCENO	SUPERIOR	T ₁₅₅	Calizas, dolomías y margas con pseudomorfofos de cristales de yeso diagenético	
			T ₁₅₅	Arcillas calcáreo limolíticas y margas. (Fangos poco salinos) calizas	
	MIOCENO	MIOCENO	T ₁₅₅	Niveles de concentración de yesos	
			T ₁₅₅	Arcillas calcáreo limolíticas y fangos salinos. intercalaciones calizas	
	MIOCENO	MIOCENO	T ₁₅₅	Nivel de fangos oscuros (Ciénagas)	
			T ₁₅₅	Suelo marmorizado (Pseudogley)	
	MIOCENO	MIOCENO	T ₁₅₅	Paleocanales de arena solados, intercalaciones de fangos ocre	
			T ₁₅₅	Fangos ocre, paleocanales de arenas y gravillas de costras calcáreas	
MIOCENO	MIOCENO	T ₁₅₅	Margas y arcillas grises, calizas		
		T ₁₅₅	Fangos arcóicos y arcosas rojizas y gris verdosas, con algún nivel de gravas cuarcíticas		

Fuente: IGME, 2021. Elaboración propia

En lo relativo a las características socioculturales del área de estudio, este es esencialmente rural, con un claro predominio de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, además de la extracción de áridos propiamente dicha. Las explotaciones, pese a pertenecer al municipio de La Cistérniga, se encuentran a mucha menor distancia de la urbanización de La Corala, a 1-2 km al oeste de las graveras de Áridos Sanz, y que contaba con una población de 86 habitantes en 2020; y de Herrera de Duero, a 2-3 km al oeste de la Cantera de Áridos de HERGON S.A., y con un total de 981 habitantes en 2020 (INE, 2021).

Por último, las zonas de graveras no se encuentran en ningún lugar protegido de Castilla y León, ni cerca de ninguna Zona de Especial Conservación (salvo el río Duero). No obstante, en una de las áreas de la gravera de Áridos Sanz considerada, según el SIOSE, de uso minero, se encuentra el Lago de Maito (visible en la Figura 5), considerado como una Laguna de La Cistérniga. Este, como se verá posteriormente, es una Zona Húmeda Catalogada que presenta un suelo rústico con protección natural, agropecuaria y de infraestructuras. Además, junto al mismo hay otra laguna, de menor superficie, que se utiliza para actividades recreativas como el golf.

5.4.2.- Origen y evolución de las explotaciones

La empresa constructora Áridos Sanz S.L.U. pertenece al Grupo HANSON HeidelbergCement, cuya historia se remonta al año 1967, momento en el que comenzó sus operaciones en España. Tras la adquisición de varias graveras en este país, es en 2002 cuando adquiere la recién creada gravera de Valladolid, en La Cistérniga, y que ahora es explotada por la primera empresa mencionada. Más adelante, en el año 2007, el HeidelbergCement Group adquiere el Grupo Hanson y, posteriormente, ha acabado convirtiéndose en el mayor productor de áridos del mundo, el segundo de cemento y el tercero de hormigón premezclado. Su red industrial suma 638 centros de producción de áridos, 1.786 plantas de hormigón y 163 fábricas de cemento, y es además el proveedor líder integrado verticalmente de materiales de construcción. Uno de sus principales objetivos es la calidad y la competencia en el sector de los materiales de construcción, manteniendo, a su vez, el carácter local de las empresas que lo conforman (Grupo Hanson, 2021).

Las graveras de La Cistérniga pertenecientes a esta empresa son por primera vez visibles en la foto del Vuelo Quinquenal 1998-2003. A partir de este momento, van aumentando su superficie y, en el año 2004, el terreno relativo al actual lago de Maito comenzó a conformarse como tal. Este último, haya tenido o no un uso minero con anterioridad, según el SIOSE más actual lo sigue conservando a día de hoy, aunque se trate, al parecer, de un área rehabilitada. Más adelante, en el año 2009, las explotaciones y lagos ya alcanzan la superficie actual, no habiendo cambiado prácticamente nada en esta última década. Cabe mencionar que, tras varios años de inactividad, la gravera principal reanudó su actividad en el año 2011 (Figuras 8-13).

Figura 8. Zona de explotaciones de Áridos Sanz, aún inexistentes (Vuelo Interministerial, 1973-1986)



Fuente: Fototeca Digital de Iberpix

Figura 9. Zona de explotaciones de Áridos Sanz (Vuelo Quinquenal, 1998-2003)



Fuente: Fototeca Digital de Iberpix

Figura 10. Zona de explotaciones de Áridos Sanz (Vuelo PNOA, 2004)



Fuente: Fototeca Digital de Iberpix

Figura 11. Zona de explotaciones de Áridos Sanz (Vuelo PNOA, 2009)



Fuente: Fototeca Digital de Iberpix

Figura 12. Zona de explotaciones de Áridos Sanz (Vuelo PNOA, 2014)



Fuente: Fototeca Digital de Iberpix

Figura 13. Zona de explotaciones de Áridos Sanz (Vuelo PNOA, 2019)



Fuente: Fototeca Digital de Iberpix

En el caso de la empresa de HERGON SA, esta se fundó en 1965 en Valladolid, contando en la actualidad con delegaciones en Castilla y León y Barcelona para el desarrollo de su cartera de obras y la búsqueda de nuevos negocios. También llamada Hergonsa, surgió como una empresa familiar y, gracias a una experiencia de más de 45 años de actividad, posee una cultura empresarial consolidada, basada en la sostenibilidad económica y ambiental (Hergonsa, 2021).

La gravera de Herrera de Duero -pero ubicada realmente dentro del término municipal de La Cistérniga-, que actualmente funciona como planta de tratamiento en la que se trabaja en la transformación de la materia prima, se creó en la década de los sesenta-setenta, siendo por primera vez visible en la foto del Vuelo Interministerial 1973-1986. A principios del siglo XXI alcanzó su máxima superficie, y durante las dos últimas décadas prácticamente la ha conservado (Figuras 14-20). Antes de que esta existiera, el uso de los terrenos iba destinado al cultivo agrícola de secano, viñedo, pinar y monte bajo.

Figura 14. Zona de explotaciones de Hergonsa, aún inexistentes (Vuelo Americano Serie B, 1956-1957)



Fuente: Fototeca Digital de Iberpix

Figura 15. Zona de explotaciones de Hergonsa (Vuelo Interministerial, 1973-1986)



Fuente: Fototeca Digital de Iberpix

Figura 16. Zona de explotaciones de Hergonsa (Vuelo Quinquenal, 1998-2003)



Fuente: Fototeca Digital de Iberpix

Figura 17. Zona de explotaciones de Hergonsa (Vuelo PNOA, 2004)



Fuente: Fototeca Digital de Iberpix

Figura 18. Zona de explotaciones de Hergonsa (Vuelo PNOA, 2009)



Fuente: Fototeca Digital de Iberpix

Figura 19. Zona de explotaciones de Hergonsa (Vuelo PNOA, 2014)



Fuente: Fototeca Digital de Iberpix

Figura 20. Zona de explotaciones de Hergonsa (Vuelo PNOA, 2019)



Fuente: Fototeca Digital de Iberpix

A lo largo del siglo XXI, se han producido conflictos y derivadas urbanísticas destacables en La Cistérniga, al igual que en otros municipios. No obstante, los más graves no han tenido lugar en las explotaciones analizadas, sino en la finca Fuentes del Duero, justo al norte de la gravera de Hergonsa, en la otra margen del río Duero. Así, se han puesto varias denuncias, como la del año 2006, por parte de la asociación de Ecologistas en Acción, con motivo de la infracción del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, contra la empresa Áridos Rodisán S.A. o, en ese mismo año, alegaciones de dicha asociación a la modificación de las Directrices de Ordenación del Territorio de Valladolid y su entorno en la finca anteriormente mencionada.

Más adelante, el Consejero de Fomento promovió la descatalogación de dos espacios protegidos a instancias de otra gravera, la cual pertenecía a Áridos Sanz y era considerada ilegal, a lo cual la Junta ordenó la paralización inmediata de la actividad en la misma.

Posteriormente, en el año 2010, la Junta descatalogó la finca Fuentes del Duero para legalizar esta gravera, frente a lo cual, un año después, el Tribunal Superior de Justicia (TSJ) respondió suspendiendo dicha descatalogación. Así, “(...) de forma incomprensible, el Consejero de Fomento de la Junta de Castilla y León, en lugar de velar por el respeto a las Directrices de Ordenación del Territorio, aprobó de forma concertada con la empresa infractora mediante Decreto 45/2008 la segunda modificación de las DOTVAENT que permitía descatalogar aquellos terrenos que, previamente a la aprobación de las Directrices, tuvieran otorgada licencia de actividad para la explotación de áridos, supuestamente el caso de Áridos Sanz” (Ecologistas en Acción de Valladolid, 2013).

“Amparándose en este Decreto autonómico, el Ayuntamiento de La Cistérniga inició la modificación de su PGOU para descatalogar los terrenos protegidos, obteniendo el visto bueno de la Junta de Castilla y León a través de la Comisión Territorial de Urbanismo de Valladolid, cuyo acuerdo es ahora suspendido. De esta manera, Áridos Sanz ve de momento frustrado su proyecto para que 245 hectáreas de vega protegidas por su valor paisajístico, histórico y agrícola puedan ser excavadas para la extracción de áridos” (Ecologistas en Acción de Valladolid, 2013). Finalmente, en el año 2013, el TSJ anuló de manera definitiva la descatalogación previamente mencionada.

Actualmente, existen nuevas graveras activas en la finca, las cuales forman parte del nuevo proyecto de explotación que está desarrollando la empresa Áridos Sanz (Imagen 14).

Imagen 14. Graveras activas en la finca Fuentes del Duero



Fotografía propia, 2021

5.4.3.- Estado actual de las explotaciones

En la actualidad, la empresa Áridos Sanz presenta un total de dos graveras activas (Imágenes 15 y 16) en el área de estudio analizada correspondiente a La Cistérniga (ver Anexo I). Por una parte, los principales impactos ambientales que se pueden generar son la contaminación del aire (emisión de partículas de polvo y gases contaminantes debido al uso de la maquinaria y a la propia extracción de áridos), impactos sobre el suelo (posible ocupación irreversible de suelo fértil o pérdida definitiva de la masa de suelo orgánico, como consecuencia de las excavaciones, escombreras o vertidos), empobrecimiento del subsuelo (contaminación de los estratos más superficiales) o impactos sobre el agua superficial (contaminación de las aguas del canal del río Duero) y subterránea. También podrían darse impactos sobre la fauna y la flora, así como riesgos geofísicos, relacionados con la propia inestabilidad del terreno, debido al proceso de excavación o del uso de maquinaria pesada. La alteración sobre el paisaje es evidente, si bien no demasiado significativa. Por otra parte, también pueden darse peligros para la salud humana, ya sea a través de las partículas emitidas por el aire (exposición por inhalación), o por la existencia de peligros en la seguridad personal (caídas o desprendimientos, o riesgos derivados del tráfico).

En cualquier caso, son varias las medidas correctoras que ya se han puesto en marcha en dichas explotaciones. En primer lugar, existen métodos de limpieza para evitar la formación de polvo, mediante el barrido del material derramado por medios mecánicos, utilizando riego de agua o sistemas de aspiración localizada. En segundo lugar, se imponen unos límites de exposición laboral, de acuerdo a la normativa, con el fin de reducir el polvo transportado por el aire (total, respirable o de sílice cristalina respirable). En tercer lugar, frente a los problemas en la seguridad personal, los trabajadores utilizan gafas de seguridad con protecciones laterales, guantes mecánicos, protección respiratoria y un equipo para la protección de las vías respiratorias (Grupo Hanson, 2018).

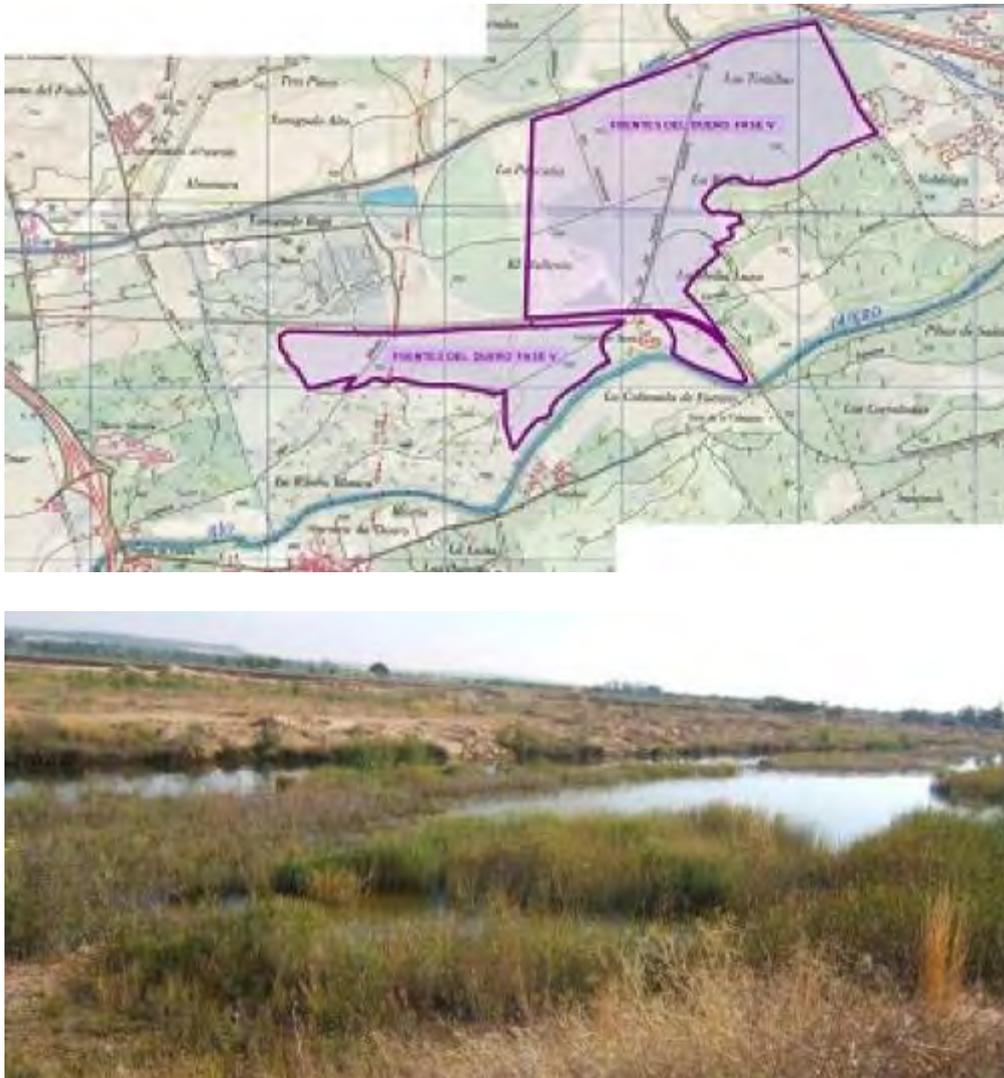
Imagen 15 y 16. Graveras activas de Áridos Sanz



Fotografías propias, 2021

Entre los principales planes de acción para la biodiversidad e iniciativas por el clima, destaca la plantación de 60 árboles, más concretamente plantones de sauco negro (*Sambucus nigra*) y fresno de hojas estrechas (*Fraxinus angustifolia*), en una de las futuras graveras, por parte del Grupo Hanson, y la cual está prevista dentro de un nuevo proyecto de explotación, al este de las otras explotaciones (Figura 21 & Imagen 17). Gracias a esta iniciativa, se dotará de una mayor funcionalidad ecológica a la revegetación planteada en las graveras (Imagen 18) (La Cistérniga Digital, 2020).

Figura 21 & Imagen 17. Graveras previstas por el nuevo proyecto de explotación de Áridos Sanz



Fuente: HeidelbergCement, 2021

Imagen 18. Plantación de árboles como iniciativa por el clima en la futura gravera de Áridos Sanz



Fuente: La Cistérniga Digital, 2020

Además, otra iniciativa muy interesante fue la clase práctica sobre biología, geología y ecología en otra de las antiguas graveras del Grupo Hanson, y la cual se impartió, en marzo de 2018, a un grupo de 104 escolares de dos colegios de La Cistérniga. Así, no solo se dio a conocer el trabajo sobre la explotación y extracción de áridos, sino también diversas labores relacionadas con las ciencias previamente mencionadas, entre ellas la plantación de 80 árboles y la colocación de nidos para aves. Dichas actividades fueron convocadas por la ANEFA, en honor al Día de los Árboles, los Áridos y la Biodiversidad (Imagen 19) (La Cistérniga Digital, 2018).

Imagen 19. Clase práctica a escolares en una antigua gravera de Hanson



Fuente: La Cistérniga Digital, 2018

Además de las explotaciones activas, también existen una serie de terrenos de graveras que han sido restaurados, creándose principalmente lagunas artificiales rodeadas de vegetación ripícola y rodeadas por encinares. Todos ellos son fincas de carácter privado, y entre ellas destaca el Lago de Maito, catalogado como Zona húmeda y Laguna de La Cistérniga, y con un suelo rústico con protección natural, agropecuaria y de infraestructuras. Además, otra de las lagunas, de menor superficie, se utiliza para actividades recreativas como el golf. Así, los principales usos derivados de la restauración de estos espacios son, fundamentalmente, recreativos, y es posible que también agrícolas y forestales (Imágenes 20 y 21).

Imagen 20. Lago de Maito



Fotografía propia, 2021

Imagen 21. Terreno restaurado convertido en una pequeña laguna



Fotografía propia, 2021

El Lago de Maito, que comenzó siendo un terreno de labranza, actualmente es un vergel privado con un lago de ocho hectáreas y un campo de golf, así como un espacio de alta calidad en el que se celebran bodas, si bien de manera muy limitada con el fin de preservar su paisaje (Lago de Maito, 2021). No obstante, en diciembre de 2020 se produjo un conflicto como consecuencia de la autorización de una ampliación de uso excepcional de suelo rústico para un restaurante camuflado como espacio ambiental, frente a lo cual se pidió la nulidad de la misma (Ecologistas en acción, 2020b). Además, ya en julio de este mismo año se presentaron alegaciones contra el intento de hacer pasar este restaurante en funcionamiento por un aula de la naturaleza. Así, en la web del Lago de Maito ya se mostraba que las instalaciones existentes se estaban dedicando a un uso muy diferente al destino que se señalaba en la solicitud de uso excepcional tramitada en el año 2017, el cual iba a ser, en teoría, para un centro educativo, cultural y de ocio, así como para naves y almacén vinculado a la explotación agrícola.

De esta manera, las instalaciones se dedican actualmente, como refleja la web, a la celebración de eventos tales como reuniones, comidas o banquetes, o incluso a actividades como el golf, pero en ningún caso existe un centro cultural y educativo, ni tampoco ninguna nave ni almacén relacionados con la explotación agrícola. Al contrario, estas instalaciones albergan celebraciones y eventos como bodas, y sus destinatarios son en todo caso familias y grupos con un poder adquisitivo relativamente alto. En definitiva, las instalaciones actualmente existentes no se corresponden con el uso autorizado (Ecologistas en Acción, 2020a). Por todo ello, la ampliación de uso excepcional solicitada en diciembre, “(...) no se trata pues de una ampliación de lo autorizado, sino de una sustitución de lo autorizado, para, además, ajustarlo a lo ilegalmente ya ejecutado. El Aula de la naturaleza se reconvierte en una espléndida sala comedor y la actividad cultural pasa a un plano residual, secundario, y anecdótico” (Ecologistas en Acción, 2020b).

Con respecto a la gravera de Hergonsa, esta se encuentra activa en la actualidad, si bien lo que se realiza en ella es, principalmente, el tratamiento y transformación de la materia prima (Imágenes 22-24). En cualquier caso, la empresa se encarga particularmente de todo lo relacionado con las infraestructuras viarias, ya sea mediante la construcción y conservación de obras públicas, ejecución de urbanizaciones, extracción y tratamiento de áridos, o estabilizado y mejora de suelos. Además, también se dedica a proyectos

medioambientales tales como el reciclado de pavimentos asfálticos, depuradoras u otros relacionados con la energía eólica y solar (Hergonsa, 2021).

Imagen 22-24. Gravera de Hergonsa en La Cistérniga



Fotografías propias, 2021

Así, los principales impactos ambientales que pueden dar lugar son la contaminación del aire y del suelo orgánico, el empobrecimiento del subsuelo y, posiblemente, la polución de las aguas del río Duero y de las aguas subterráneas. También podrían darse impactos sobre la fauna, flora y procesos ecológicos, así como riesgos geofísicos y riesgos en la seguridad personal. El impacto paisajístico es moderado, por su cercanía a Herrera de Duero y, más aún, al Puente de Hierro por el que pasan las antiguas vías del ferrocarril Valladolid-Ariza, ya que su entorno se encuentra destinado al ocio y tiempo libre.

Algunas medidas correctoras que se llevan a cabo son las relacionadas con la reducción al mínimo de las emisiones contaminantes, el reciclaje y reutilización de residuos, la protección de suelos y aguas, o la restauración del terreno -suavización de taludes y revegetación, conforme al asesoramiento e indicaciones técnicas del Servicio Territorial de Medio Ambiente de Valladolid-. También se efectúan medidas de seguridad vinculadas a la prevención de daños o del deterioro de la salud de las personas que participan directa o indirectamente en las actividades de la empresa.

A modo de síntesis, hoy en día se pueden encontrar, a lo largo del área de estudio, graveras activas y en pleno proceso de explotación, graveras inactivas o incluso abandonadas, terrenos que están siendo preparados para la apertura de nuevas graveras, y terrenos restaurados, con usos principalmente recreativos, y en los que abundan las lagunas y la vegetación ripícola. En el caso de las graveras activas, se debe poner siempre especial atención en si dicha actividad se lleva a cabo correctamente y sin generar alteraciones ambientales graves o no contempladas en la legislación -competencia de los agentes medioambientales de la Junta de Castilla y León, geógrafos destinados a la ordenación del territorio y medioambiente, asociaciones ecologistas...-, pero también resulta esencial hoy en día la propia responsabilidad y gestión de las empresas, que deberían actuar con el fin de alcanzar dichos objetivos y no solo por la simple obligación de cumplirlos. En el área de estudio, por lo menos, no se han detectado casos graves derivados de su incumplimiento. No obstante, en lo que respecta a los terrenos restaurados, el mantenimiento de algunos de ellos no está siendo adecuado -algunas superficies se encuentran más bien abandonadas y se están convirtiendo en vertederos y escombreras, como se puede ver en el Anexo I-, y, en el caso del Lago de Maito, aún no se ha

solucionado el conflicto vinculado al uso al que se encuentran destinadas las instalaciones. En cualquier caso, incluso en este ámbito territorial analizado, que no ha resultado ser ni mucho menos de los más conflictivos de Valladolid en cuanto a incumplimientos de la ley o de los límites ambientales, se sigue considerando necesaria, según criterios personales, la vigilancia y seguimiento de los trabajos de extracción de áridos y sus repercusiones en el medio físico, y de la evolución y gestión de las parcelas que se encuentran restauradas -o parcialmente abandonadas- con objeto de prevenir futuros impactos sobre el mismo.

6.- Conclusiones y reflexiones finales

La industria de los áridos es indispensable para el desarrollo económico y social de la población, al mismo tiempo que un sector estratégico capaz de suministrar una gran cantidad de materiales imprescindibles para el sector de la construcción. No obstante, las alteraciones e impactos medioambientales que esta actividad genera son numerosos y de muy distintos tipos, siendo capaces de repercutir en la mayoría de los factores del medio físico. Por ello, la única manera de viabilizar el uso de las canteras y graveras, sin renunciar al desarrollo socioeconómico y previniendo la degradación de la biosfera, consiste en compatibilizar su necesaria coexistencia mediante la búsqueda del equilibrio y la aplicación de criterios creativos de desarrollo sostenible en aquellos terrenos que puedan ser, potencialmente, yacimientos de áridos; todo ello en función de los planes de ordenación territorial que contemplen esta clase de usos del suelo, y en base al marco legislativo vigente.

No obstante, toda posibilidad de revertir la situación actual referida a la gran cantidad de problemas ambientales existente pasa por la propia responsabilidad y compromiso de las empresas y entidades que llevan a cabo la extracción de áridos, y por la mayor o menor eficiencia del seguimiento, control y actuación de los encargados de velar por la seguridad del medioambiente, entre los cuales se vuelve imprescindible la figura del geógrafo como profesional del territorio y conocedor de todas las actividades relacionadas con el ser humano, así como de su relación e integración en los diferentes ámbitos y escenarios existentes.

Volviendo al punto de partida, es decir, a las hipótesis planteadas al inicio del trabajo, se puede afirmar, en primer lugar, que la aplicación de medidas correctoras posibilita de forma evidente, si bien en mayor o menor medida, la minimización de los efectos derivados de las alteraciones ambientales en términos generales. No obstante, se ha comprobado que en la práctica muchas veces no se llevan a cabo de manera adecuada, como puede ser en el caso de Valladolid y, seguramente, de muchas otras provincias y comunidades autónomas. En segundo lugar, la actitud y responsabilidad de las empresas puede variar en función de las mismas, pero por lo que se ha investigado, en la mayoría de ellas se limitan a cumplir con las exigencias de la Declaración de Impacto Ambiental,

es decir, solamente los mínimos exigidos, y no se ha observado que exista, a nivel general, una gestión para nada óptima de las explotaciones de áridos. En tercer lugar, en lo relativo a los planes de acción por la biodiversidad, no parecen muy frecuentes en el ámbito provincial, al igual que sucede con las iniciativas por el clima, siendo estas escasas y muy puntuales.

Finalmente, a modo de reflexiones personales, se ha notado también una cierta falta de interés por parte de las empresas de áridos en el presente trabajo de investigación, las cuales han mostrado una cierta reticencia y desatención a la hora de dar a conocer sus actividades y diferentes iniciativas, por lo menos de cara al ámbito académico o universitario. Las asociaciones ecologistas y entidades vinculadas a la defensa por la naturaleza, por el contrario, sí que han manifestado interés y atención por dar a conocer esta realidad tan actual y extendida, aportando para ello su visión particular de la misma. Del mismo modo, los agentes medioambientales de la Junta de Castilla y León se han mostrado muy dispuestos en todo momento en dar a conocer casos y ejemplos relacionados con estos temas en cuestión, mientras que, sin embargo, se ha advertido nuevamente una cierta indiferencia por parte de los cargos superiores por tratar dichas cuestiones.

Por último, otra de las conclusiones personales a las que se ha llegado tras la investigación de este tema de estudio es la relacionada con el cambio que en los últimos años están experimentando las empresas en lo referente a la importancia concedida, cada vez mayor, a la imagen que proyectan. En cualquier caso cabe insistir en que, a pesar de mostrar esa gran variedad de iniciativas por el clima y planes para la biodiversidad, mismamente a través de sus páginas web, las empresas han mostrado un claro desinterés a la hora de darlas a conocer en la realización de este Trabajo de Fin de Grado; mientras tanto, en el caso de otras empresas, se ha comprobado que varias de las iniciativas mencionadas no solo no se llevan a la práctica, sino que ni siquiera resulta de su interés, primando por encima de todo los beneficios derivados de la extracción y venta de áridos.

ANEXO I: Fichas descriptivas

Con el fin de ampliar y sintetizar la información referente al ámbito de estudio analizado, en este primer anexo se han elaborado una serie de fichas descriptivas con los principales rasgos, por parcelas, del mismo, a partir de los resultados obtenidos de la investigación y el posterior trabajo de campo.

DATOS DE LA EXPLOTACIÓN			FICHA N°01
Promotor:	Áridos Sanz, S.L.	Nombre del proyecto:	FUENTES DE DUERO FASE V
Tipo de explotación:	Gravera	Año en el que comenzó la actividad:	2002
Localización:	La Cistérniga (Valladolid) Carretera Segovia, Km 8.3, 47193, Valladolid		
Coordenadas:	X: 360 784,56 Y: 4 604 748,37		
Estado:	Activa	Superficie de la explotación:	17,36 ha
Principales usos:	Zona de extracción. Maquinaria en funcionamiento y movimiento de trabajadores.		
Principales alteraciones o impactos ambientales:	Contaminación atmosférica y acústica, ocupación irreversible del suelo fértil o pérdida definitiva de la masa de suelo orgánico, empobrecimiento del subsuelo, impactos sobre el agua del canal del Duero y subterránea, impactos sobre la fauna y la flora, alteración paisajística, peligros para la salud humana.		
Medidas correctoras:	Barrido del material derramado por medios mecánicos -riego de agua o sistemas de aspiración- y equipos de protección y seguridad para los trabajadores.		

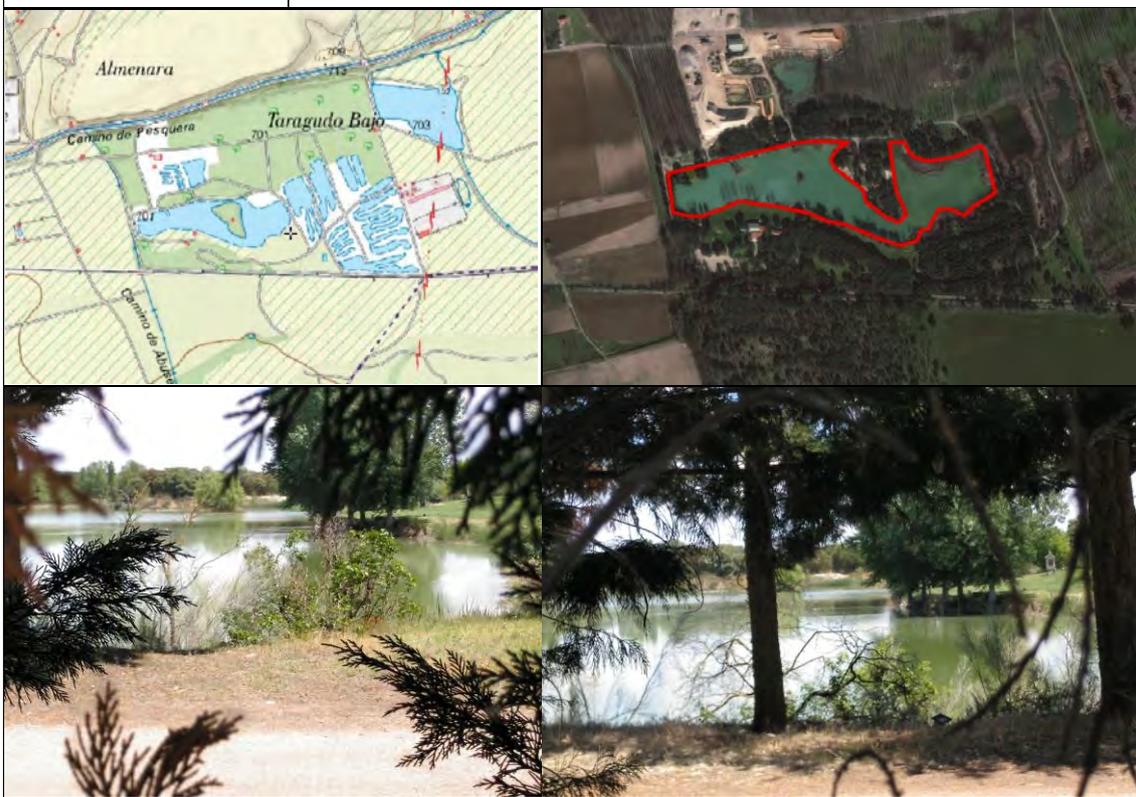


Ficha 1. Elaboración propia

DATOS DE LA EXPLOTACIÓN			FICHA N°02
Promotor:	Áridos Sanz, S.L.	Nombre del proyecto:	FUENTES DE DUERO FASE V
Tipo de explotación:	Gravera	Año en el que comenzó la actividad:	2002
Localización:	La Cistérniga (Valladolid)	Al este de la A-601, siguiendo el Canal del Duero y al norte del Lago de Maito	
Coordenadas:	X: 361 641,87 Y: 4 604 590,28		
Estado:	Activa	Superficie de la explotación:	5,26 ha
Principales usos:	Zona de extracción. Maquinaria en funcionamiento y movimiento de trabajadores.		
Principales alteraciones o impactos ambientales:	Contaminación atmosférica y acústica, ocupación irreversible del suelo fértil o pérdida definitiva de la masa de suelo orgánico, empobrecimiento del subsuelo, impactos sobre el agua del canal del Duero y subterránea, impactos sobre la fauna y la flora, alteración paisajística, peligros para la salud humana.		
Medidas correctoras:	Barrido del material derramado por medios mecánicos -riego de agua o sistemas de aspiración- y equipos de protección y seguridad para los trabajadores.		
			
			

Ficha 2. Elaboración propia

DATOS DE LA EXPLOTACIÓN			FICHA N°03
Promotor:	Sanz Ramos Gestión SL	Nombre del proyecto:	-
Tipo de explotación:	-	Año en el que comenzó la actividad:	2001
Localización:	La Cistérniga (Valladolid)	Al este de la A-601, siguiendo el Canal del Duero	
Coordenadas:	X: 361 689,25 Y: 4 604 374,55		
Estado:	Terreno restaurado	Superficie de la explotación:	6,13 ha
Principales usos:	Terreno privado con usos destinados a la recreación, ocio, entretenimiento y diversión, y en el que se celebran bodas de carácter particular.		
Principales alteraciones o impactos ambientales:	No se han detectado alteraciones ni impactos ambientales.		
Medidas correctoras:	-		



Ficha 3. Elaboración propia

DATOS DE LA EXPLOTACIÓN			FICHA N°04
Promotor:	Áridos Sanz, S.L.	Nombre del proyecto:	-
Tipo de explotación:	-	Año en el que comenzó la actividad:	2002
Localización:	La Cistérniga (Valladolid)	Al este de la A-601, siguiendo el Canal del Duero y al este del Lago de Maito	
Coordenadas:	X: 362 358,61 Y: 4 604 416,80		
Estado:	Terreno parcialmente restaurado	Superficie de la explotación:	15,27 ha
Principales usos:	Terreno alisado, pero no completamente restaurado. Se encuentra más bien abandonado, ya que no se observa maquinaria ni movimiento, ni crece apenas vegetación. Tampoco se aprecia ninguna clase de cultivo, solamente alguna laguna creada artificialmente. Debido al abandono de la explotación, gran parte se ha convertido en un vertedero y escombrera, con zonas erosionadas y suelo desnudo.		
Principales alteraciones o impactos ambientales:	Ocupación irreversible del suelo fértil o pérdida definitiva de la masa de suelo orgánico, empobrecimiento del subsuelo, alteración paisajística y problemas ambientales derivados de los vertidos y escombros.		
Medidas correctoras:	No hay evidencias de ninguna medida correctora, salvo la restauración del terreno de la laguna.		
			

Ficha 4. Elaboración propia

DATOS DE LA EXPLOTACIÓN			FICHA N°05
Promotor:	Áridos Sanz, S.L.	Nombre del proyecto:	-
Tipo de explotación:	-	Año en el que comenzó la actividad:	2002
Localización:	La Cistérniga (Valladolid)	Al este de la A-601, siguiendo el Canal del Duero y al noreste del Lago de Maito	
Coordenadas:	X: 362 605,81 Y: 4 604 767,19		
Estado:	Terreno restaurado	Superficie de la explotación:	5,51 ha
Principales usos:	Desconocido. Posiblemente agrario y destinado al ocio. En cualquier caso, de uso privado.		
Principales alteraciones o impactos ambientales:	No se han detectado alteraciones ni impactos ambientales.		
Medidas correctoras:	-		



Ficha 5. Elaboración propia

DATOS DE LA EXPLOTACIÓN			FICHA N°06
Promotor:	Obras Hergon, S.A.	Nombre del proyecto:	LA CABEZADA
Tipo de explotación:	Gravera	Año en el que comenzó la actividad:	1965
Localización:	La Cistérniga (Valladolid)	Calle de Tudela, 47193, Valladolid	
Coordenadas:	X: 364 300,78 Y: 4 603 556,96		
Estado:	Activa	Superficie de la explotación:	9,9 ha
Principales usos:	Zona de extracción. Maquinaria en funcionamiento y movimiento de trabajadores. La parte norte corresponde a una antigua gravera, del mismo propietario, en la que no se llevaron a cabo las labores de restauración, quedando la maquinaria abandonada y el terreno ondulado.		
Principales alteraciones o impactos ambientales:	Contaminación atmosférica y acústica, ocupación irreversible del suelo fértil o pérdida definitiva de la masa de suelo orgánico, empobrecimiento del subsuelo, impactos sobre el agua del río Duero y subterránea, impactos sobre la fauna y la flora, alteración paisajística, peligros para la salud humana.		
Medidas correctoras:	Reducción de emisiones contaminantes, reciclaje y reutilización de residuos, suavización de taludes, revegetación y medidas de seguridad destinadas a los trabajadores.		
			
			

Ficha 6. Elaboración propia

ANEXO II: Entrevistas

1. Agentes medioambientales de la Junta de Castilla y León

- ¿La industria de los áridos está ganando o perdiendo importancia en Valladolid a lo largo de los últimos diez-veinte años?

RE: La ralentización de la economía también ha influido mucho en este sector, muy directamente relacionado con el de la construcción; por tanto, obviamente, el sector de los áridos ha ido perdiendo importancia en los últimos años.

En estos momentos vuelve a observarse algo de actividad, pero muy poca.

- ¿Están aumentando los planes de acción por la biodiversidad e iniciativas por el clima de manera generalizada o solo en algunas empresas muy concretas? ¿Cuáles son algunas de estas iniciativas?

RE: Si nos seguimos refiriendo al sector de la explotación de áridos, no entra en sus planes eso de la biodiversidad, se limitan a cumplir con las exigencias de la Declaración de Impacto Ambiental, solamente aquello que se les exija. Y aquello en lo que se sientan vigilados.

No observo iniciativas a mayores por parte de las empresas.

Opino personalmente que les tiene sin cuidado lo de la biodiversidad y “esas cosas”. Todavía no he encontrado un solo caso en que dejen alguna superficie sin extraer por el bien de la flora o la fauna, todo lo contrario; por ejemplo, si se observa una zona húmeda con vegetación en una antigua gravera es porque en su día se afectó al nivel freático para extraer una grava de mejor calidad; si en un frente de extracción abandonado hace tiempo anidan aviones o abejarucos, no dudan en destruir sus nidificaciones llegado el momento de retomar la actividad. Eso es lo que suele ocurrir.

- ¿Se han producido últimamente atascos o congestión vehicular en las carreteras próximas a las canteras/graveras debido a los camiones y demás maquinaria pesada? ¿Se ha producido algún accidente en los últimos años?

RE: No tengo conocimiento de problemas de circulación ocasionados por esta actividad. Creo que no. Tampoco sé de accidente ocurrido alguno.

- ¿Se tiene pensado utilizar en un futuro maquinaria menos contaminante para llevar a cabo los distintos procesos relativos a la explotación de las canteras/graveras?

RE: No me consta que esté en los planes empresariales emplear maquinaria menos contaminante. En todo caso, en mi opinión, tampoco considero que la maquinaria empleada sea significativamente contaminante.

- ¿Existen medidas de minimización de alteraciones o impactos ambientales en las canteras/graveras? ¿Y suficientes medidas correctoras para las que ya se han producido?

RE: Esas medidas aparecen reflejadas en los Planes de Restauración que se les exige (basados en la Declaración de Impacto Ambiental también exigida).

Por mi parte, las medidas correctoras sí son suficientes si se realizan y se ejecutan correctamente.

- ¿Se puede considerar, en términos generales, que Valladolid es una ciudad con una gestión óptima de sus canteras y graveras y respetuosa con el medioambiente?

RE: No. No podemos decir que se realice una gestión óptima en las explotaciones de áridos (entendiendo que estamos generalizando al común de todas las empresas). Mi contestación se circunscribe a la comarca forestal de Valladolid; no obstante, opino que en el resto de la provincia la situación es similar.

2. Ecologistas en Acción de Valladolid

- ¿Son muchas las alteraciones ambientales que se han producido en Valladolid en los últimos años derivadas de la industria de los áridos? ¿Cuáles son las más frecuentes? ¿Y las más graves?

RE: Las canteras a cielo abierto de calizas, que son las que yo conozco, producen graves alteraciones en múltiples ámbitos. La destrucción de arbolado parece la más evidente, sobre todo cuando hablamos de un LIC como es "el Carrascal" con ejemplares hermosos de encina y enebro que son talados sin pudor. Pero es todo un sotobosque el que desaparece y un suelo vivo, repleto de fauna desde la microscópica, a los tamaños pequeños (larvas de insectos) y medianos (roedores y otros). Todo ello en una extensión que puede verse desde cualquier mapa aéreo. Pero no se puede olvidar la contaminación acústica y las vibraciones del suelo que alteran todo el ecosistema, que repito, forma parte de un LIC que debería estar especialmente protegido.

- ¿Las empresas del sector de los áridos demandan profesionales cada vez más cualificados en tecnologías innovadoras para optimizar y controlar los procesos?

RE: Yo dudo que esos profesionales cualificados tengan formación ni concienciación, ni información medioambiental. Estarán encaminados a obtener el máximo rendimiento económico, pero sin pensar en el futuro. La recuperación de las huellas de las canteras, reguladas por ley, es paupérrima.

- ¿Se están llevando a cabo últimamente muchas denuncias desde asociaciones ecologistas u otras empresas a las empresas de áridos?

RE: Por desgracia hay tantos frentes abiertos, que pienso que es un tema un poco abandonado. Se que en un pasado hubo movimiento sobre vertederos en las canteras, pero sobre la extracción de piedra y sus consecuencias no hay realmente acciones de envergadura. Siendo, a mi criterio, un daño puntual pero certero.

- ¿Se han producido muchas quejas/denuncias en los últimos años por parte de la población que reside en las proximidades de las zonas de explotación de áridos?

RE: La población que reside cerca ni denuncia ni se queja porque muchos viven de ello. Yo, mismamente, me encuentro en un eterno dilema, porque la población rural tiene que poder llevar una vida digna. Por otro lado, hay un enorme desconocimiento del daño ecológico y paisajístico que se produce.

- ¿Se están adaptando las plantas de tratamiento de áridos a las nuevas tecnologías por el ahorro energético y disminución de emisiones a la atmósfera?

RE: Las únicas adaptaciones de ahorro energético son las que vienen impuestas por ley, ya que la amortización económica de esas adaptaciones es bastante dudosa.

- ¿Se puede considerar, en términos generales, que Valladolid es una provincia con una gestión óptima de sus canteras y graveras y respetuosa con el medioambiente?

RE: Valladolid no es una provincia especialmente concienciada ni informada. Si no hay presión social, poco se puede hacer. Manda don dinero y don poder.

Fuentes utilizadas

La bibliografía consultada se ha estructurado en dos apartados: referencias bibliográficas (publicaciones con autoría) y otras fuentes (organismos oficiales, visores cartográficos, páginas de descarga de información geográfica, noticias de periódicos y páginas web).

Referencias bibliográficas

Ashby, W. C. (1991). Surface mine tree planting in the midwest pre- and post- Public Law, 95-87. In Oaks, W., & Bowden, J. (Eds.), *Technologies for success. Proceedings of the American Society for Surface Mining and Reclamation*, (Vol. 2, pp. 617-623). Durango, CO, 14-17 May. American Society for Surface Mining and Reclamation, Lexington, kentucky, USA.

Bradshaw, A. (1993). Restoration of mined Lands-Using Natural Processes. *Ecological Engineering*, (8), 255-269.

Codd, G. A. (2000). Cyanobacterial toxins, the perception of water quality, and the prioritisation of eutrophication control. *Ecol. Eng*, 16(1), 51-60.

Díaz, L. (2019). *Las minas de carbón que resisten*. LNE. <https://www.lne.es/cuencas/2019/01/04/minas-carbon-resisten-18565725.html>

García-Piñón, F., Sanfeliu, T., Meseguer, S., & Jordán, M. M. (2008, July 23-24). Restauración de canteras para su aprovechamiento como vertederos. *I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos*.

Hernández, C. M., García-Prieto, J. C., Martín, R., de Tapia, R., García-Roig, M., Silla, F., Núñez, C., & Proal, J. B. (2018). *Efectos de la calidad del agua y la heterogeneidad del hábitat en las comunidades de aves de graveras restauradas y activas*. Congreso Nacional del Medio Ambiente. <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2018/CT%202018/22224153.pdf>

- Herrera, J. (2007). *Diseño de Explotaciones de Cantera*. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas, Madrid. http://oa.upm.es/21839/1/071120_L3_CANTERAS-ARIDOS.pdf
- Hethmon, T. A., & Dotson, K. B. (1998). Minas a cielo abierto. In J. Mager (Dir.), *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (Vol. 3, pp. 74.21). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. <https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+74.+Minas+y+canteras>
- Jennings, N. S. (1998). Visión general de la minería. In J. Mager (Dir.), *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (Vol. 3, pp. 74.2). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Jorba, M., & Vallejo, R. (2008). La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. *Ecosistemas*, 17(3), 119-132. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=577>
- Montes de Oca, A., Ulloa, M., García, S., & Silot, A. L. (2020). Indicadores minero ambientales para la determinación de la degradación en canteras a través de los Sistemas de Información Geográficos. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 40(1), 97-114. <http://dx.doi.org/10.5209/AGUC.69334>
- Orche, E., Amaré, M. P., & García-Taboada, I. (1999). *Metodología para la utilización de canteras abandonadas como vertederos de residuos sólidos urbanos*. Universidad de Vigo. Área de Investigación y Prospección Minera. Vigo.
- Pedrosa, M. J. (2016). *Nuevo sistema de gestión de flotas para minería subterránea*. Minería Pan-Americana. <https://www.mineria-pa.com/productos-y-tecnologia/nuevo-sistema-gestion-flotas-mineria-subterranea/>
- Suárez, O. (2003). *Indicadores e índices ambientales, marco teórico de indicadores*. Programa de información e indicadores de gestión de riesgos de desastres naturales. Banco Interamericano de Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.

Weeks, J. L. (1998). Peligros para la salud en la minería y las canteras. In J. Mager (Dir.), *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (Vol. 3, pp. 74.21). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

Otras fuentes

Asociación Ecologista del Jarama. (2015). *El control ambiental de las graveras*. https://www.elsoto.org/wp-content/uploads/2015/08/folleto_graveras.pdf

Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos. (2020). *Estadísticas del consumo de áridos para la construcción en España*. <https://www.aridos.org/el-sector-de-los-aridos-en-2019-y-perspectivas-2020/>

Convenio Europeo del Paisaje (2000). Consejo de Europa, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/planes-y-estrategias/desarrollo-territorial/090471228005d489_tcm30-421583.pdf

Corine Land Cover. (2018). *Mapa de ocupación del suelo en España escala 1:100.000*. In Centro Nacional de Información Geográfica. <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

Diario de León. (2021). *Cosmos instalará un grupo de colmenas experimentales en la cantera de Corullón*. <https://www.diariodeleon.es/articulo/bierzo/cosmos-instalara-grupo-colmenas-experimentales-cantera-corullon/202104200132182105914.html>

Ecologistas en acción de Valladolid. (2013). *Graveras La Cistérniga*. <https://www.nodo50.org/ecologistas.valladolid/spip.php?mot45>

Ecologistas en acción. (2020a). *Presentan alegaciones contra el intento de hacer pasar un restaurante en funcionamiento como aula de la naturaleza en La Cistérniga*. <https://www.ecologistasenaccion.org/150219/presentan-alegaciones-contra-el-intento-de-hacer-pasar-un-restaurante-en-funcionamiento-como-aula-de-la-naturaleza-en-la-cisterniga/>

Ecologistas en acción. (2020b). *Piden la nulidad de la autorización para un restaurante camuflado como espacio ambiental en La Cistérniga*.

<https://www.ecologistasenaccion.org/159594/piden-la-nulidad-de-la-autorizacion-para-un-restaurante-camouflado-como-espacio-ambiental-en-la-cisterniga/>

El Correo. (2018). *El parque de las graveras de Lasarte frenará la extensión urbana hacia el Sur*. <https://www.elcorreo.com/alava/araba/parque-graveras-lasarte-20180121122540-nt.html>

Environmental Protection Agency. (2002). Environmental Indicators Initiative. <http://www.epa.gov/indicators/>

Grupo Hanson. (2018). *Recomendaciones de uso para el manejo y traslado de áridos*. ANEFA.

Grupo Hanson. (2021). *Hanson HeidelbergCement Group*. <https://www.hanson.es/es>

HeidelbergCement. (2021). *The Quarry Life Award*. <https://www.quarrylifeaward.es/archive>

Hergonsa. (2021). *Hergonsa*. <http://www.hergonsa.com/>

Iberpix (2021). *Fototeca Digital*. Instituto Geográfico Nacional, Centro Nacional de Información Geográfica. <https://fototeca.cnig.es/>

Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. (2008). *La Fuente Santa: leyenda y realidad*. *Tierra y tecnología*, 33. <https://issuu.com/epampliega/docs/tt33>

Instituto Geológico y Minero de España. (2011). *Áridos*. <http://www.igme.es/PanoramaMinero/Historico/2011/%C3%81RIDOS%2011.pdf>

Instituto Geológico y Minero de España. (2018). *Panorama Minero*.

Instituto Geológico y Minero de España. (2019). *Mesa interdisciplinar sobre Piedra Natural y Canteras Históricas*. <https://www.igme.es/divulgacion/congresos/MISPNyCH/>

Instituto Geológico y Minero de España. (2021). *Cartografía del IGME, MAGNA50 - Hoja 372 (Valladolid)*. <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50Hoja.aspx?Id=372&language=es>

- Instituto Nacional de Estadística (2021). *Cifras oficiales de población*. In Padrón, Población por municipios. <https://www.ine.es/dynt3/inebase/es/index.htm?padre=517&capsel=525>
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España. (1994). *Guía de restauración de graveras*.
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España. (1996). *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería* (3rd ed.).
- La Cistérniga Digital. (2018). *Clase práctica sobre biología, geología y ecología en la visita a las canteras de Fuente Duero en la Cistérniga*. http://www.lacisternigadigital.com/reportajes/2018/2018_03_22_explotacion_fuente_sdeduero/
- La Cistérniga Digital. (2020). *Hanson HeidelbergCement plantará 60 plántones repartidos de sauco negro y fresno en su cantera de la Cistérniga en una iniciativa por el clima*. http://www.lacisternigadigital.com/reportajes/2020/2020_02_05_plantacion_arboles/
- Lago de Maito. (2021). *El Lago de Maito*. <https://lagodemaito.com/>
- Organización Internacional del Trabajo (2015). *La minería: un trabajo peligroso*. In OIT. https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/areasofwork/hazardous-work/WCMS_356574/lang--es/index.htm
- RSE. (2011). *Cemex junto a los niños en el Día europeo de los minerales*. <https://www.compromisorse.com/rse/2011/04/15/cemex-junto-a-los-ninos-en-el-dia-europeo-de-los-minerales/>
- Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León. (2008a). *Los recursos mineros de Castilla y León*. In Junta de Castilla y León, Consejería de Economía y Empleo, Dirección General de Energía y Minas. Domènech e-learning multimedia, S.A.
- Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León. (2008b). *Los áridos en Castilla y León*. In Junta de Castilla y León, Consejería de Economía y Empleo, Dirección General de Energía y Minas. Domènech e-learning multimedia, S.A.

Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León. (1997). *Mapa Geológico y Minero de Castilla y León Escala 1:400.000*.
<https://www.siemcalsa.com/index.php/mapa-geologico-y-minero-de-castilla-y-leon-escala-1400000>

Unión Europea de Productores de Áridos (2015). *Canteras, graveras y biodiversidad*.
https://www.aridos.org/wp-content/uploads/2016/04/UEPG_Biodiversidad.pdf