

ABSTRACT

Quarries, traditionally perceived as scars on the landscape, are revealing a surprising potential as refuges of biodiversity and spaces of ecological regeneration, where new habitats and diverse forms of life emerge. This article examines the ecological values arising in stone and aggregate quarries, both abandoned and active, and analyses how these landscapes, originating from processes of extraction and material subtraction, can be transformed into spaces of high environmental interest. The study is approached from a dual perspective: on the one hand, spontaneous rewilding processes, in which nature reclaims the territory with little human intervention; on the other, planned restoration initiatives that foster the creation of ecosystems of high ecological quality. Through a comparative analysis of four representative case studies, the research seeks to identify recurrent processes, emerging environmental values, and key lessons that may help guide future strategies for the reclamation and management of extractive territories. Within this framework, the paper offers a critical reflection on the role of quarries as laboratories of emerging ecologies and as strategic arenas that invite us to rethink intervention practices in these transforming landscapes.

Key words: stone and aggregate quarries, ecological values, reclamation, transforming landscapes, territorial regeneration

RESUMEN

Las canteras, tradicionalmente percibidas como cicatrices en el territorio, están revelando un enorme potencial como refugios de biodiversidad y escenarios de regeneración ecológica, donde emergen nuevos hábitats y formas de vida diversas. Este artículo examina los valores ecológicos que surgen en canteras de piedra y áridos, tanto abandonadas como en explotación, y analiza cómo estos paisajes, originados en procesos de extracción y sustracción de materia, pueden transformarse en espacios de alto interés ambiental. El estudio se aborda desde una doble perspectiva: por un lado, los procesos de recuperación espontánea, en los que la naturaleza coloniza el territorio sin relevante intervención humana; por otro, las experiencias de recuperación planificada, que impulsan la creación de ecosistemas de elevada calidad ecológica. A partir de un análisis comparativo de cuatro casos de estudio representativos, el trabajo busca identificar procesos recurrentes, valores ambientales emergentes y aprendizajes clave que contribuyan a orientar futuras estrategias de regeneración y gestión de territorios extractivos. En este marco, se plantea una reflexión crítica sobre el papel de las canteras como laboratorios de ecologías emergentes y como escenarios estratégicos que llevan a repensar las prácticas de intervención en estos paisajes en transformación.

Palabras clave: canteras de piedra y de áridos, valores ecológicos, recuperación, paisajes en transformación, regeneración territorial

CHIARA CARAVELLO

chiara.caravello@uliege.be

DOCTORANDA EN ARQUITECTURA

UNIVERSITÉ DE LIÈGE & POLITECNICO DI MILANO

ANDRI TSIOUTI

andri.tsiouti@upc.edu

ARQUITECTA, DOCTORADO EN URBANISMO

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Doi: 10.5821/id.13781

1. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos inmemoriales, el ser humano ha explotado el subsuelo para obtener las materias primas necesarias para desarrollar sus actividades. A lo largo del tiempo, las prácticas extractivas han sido una parte integral de la existencia humana, desde la prehistoria hasta la actual búsqueda de materiales para la transición hacia las energías renovables (Young et al., 2022). Minas y canteras atraviesan sucesivas fases que suelen conllevar transformaciones drásticas e, incluso, irreversibles en la morfología del terreno y en sus procesos ecológicos, configurando paisajes de fuerte impronta extractiva (Tandy, 1975). Estas dinámicas, profundamente entrelazadas con las largas historias del capitalismo y del colonialismo, inciden en los territorios y las comunidades –humanas y no humanas– tanto en las áreas de extracción como en aquellas donde se almacena y reconfigura la materia (Hutton, 2019; Bhatia et al., 2025).

El inicio de la actividad extractiva supone una alteración sustancial del terreno, que pasa a estar condicionado por la lógica de la explotación. El grado de incidencia de esta transformación sobre el territorio depende, entre otros, del tipo de recurso extraído, las técnicas y tecnologías empleadas, la extensión y la intensidad de la explotación, y la duración del proceso extractivo. Todos estos factores inciden en la configuración de los impactos ambientales, paisajísticos y socioculturales, así como en las posibilidades de recuperación o reconversión de los espacios intervenidos, en adelante denominados *paisajes extractivos*.

Este estudio se centra en las explotaciones de cantera, especialmente de áridos y piedra. El término cantera designa un «sitio donde se saca piedra, greda u otra sustancia análoga para obras varias» o «lugar donde se extrae y labra la piedra en formas geométricas o cantos con destino a la construcción» (RAE, 2021). A diferencia de las minas, cuya finalidad principal es la extracción de minerales metálicos, carbón u otros materiales de valor estratégico, las canteras se orientan fundamentalmente al suministro de materias primas para el sector de la construcción. Más allá del tipo de material extraído, canteras y minas también presentan diferencias significativas en cuanto a su estatus jurídico, los métodos de explotación y los impactos ambientales. Mientras que las canteras suelen estar sujetas a derechos de propiedad privada, las minas suelen considerarse parte del patrimonio estatal, por lo que generalmente están sujetas a concesiones o títulos habilitantes específicos, tal como establece la Ley de Minas (BOE, 1973). Estas distinciones influyen directamente en las

políticas de distribución, organización y recuperación de aquellos paisajes.

Nos centramos en las canteras de áridos y de piedra por tres motivos. Primero, porque constituyen la mayor parte de los paisajes extractivos activos, tanto en el contexto español como a nivel europeo (Trío y Guillermo, 2022). Segundo, porque su impacto sobre el territorio, aunque significativo, resulta relativamente menor en comparación con otros escenarios extractivos como las explotaciones a cielo abierto de carbón o de metales. Tercero, porque muestran un potencial emergente como reservorios de biodiversidad, entendida como la “variedad de especies animales y vegetales en su medio ambiente” (“bio” < vida + diversidad), refiriéndose tanto a la diversidad de especies y ecosistemas como a sus interacciones con el entorno (RAE, 2024). Diversos estudios evidencian la capacidad de las canteras para sustentar comunidades biológicas, diversificar hábitats y reactivar procesos ecosistémicos de alto valor ambiental, ya sea mediante procesos de colonización espontánea o a través de intervenciones planificadas, como se abordará más adelante.

La extracción, la transformación y el transporte de materiales continúan siendo esenciales para sostener nuestro modo de habitar el planeta. En la Unión Europea, las explotaciones de áridos y piedra representan el 75-80% del total de explotaciones activas en el sector de minería y canteras, tanto en términos de número de yacimientos (más de 26.000 sitios) como de empresas implicadas (Eurostat (a), s/f)¹. En el contexto español, las explotaciones de cantera representan el 76 % del total de explotaciones activas. En particular el sector de los áridos, principal suministrador de materias primas para la industria de la construcción, constituye el recurso más consumido del país, lo que le confiere la condición de industria estratégica (Trío y Guillermo, 2022).

Por otro lado, en Europa Occidental el número de canteras abandonadas no deja de crecer. Solo en Italia se contabilizan más de 14.000 (Zanchini y Nanni, 2021). Tendencias similares se observan en España, Bélgica y los Países Bajos, donde ya sólo entre Limburgo belga y holandés se encuentran varios cientos de canteras

subterráneas de piedra caliza actualmente fuera de operación (Walschot, 2021) (Fig. 01). En España, estadísticas regionales y estimaciones permiten dimensionar el fenómeno de canteras abandonadas: más de 2.000 se han identificado en Cataluña (Giralt, 2025); en Canarias, se documentan décadas de explotaciones de canteras de rocas, y en las Islas Baleares, de canteras



FIG. 01 Cantera de piedra caliza Grote Berg, Municipio de Riemst, Limburgo belga

Fuente: Chiara Caravello (2024)

FIG. 02 Antigua cantera de marès en Menorca

Fuente: Andri Tsiouti (2021)

de marés (Fornós, 2003), además de numerosos casos en otras zonas de la península (Fig. 02, 03). Estos datos ponen de manifiesto que el abandono de canteras es un fenómeno ampliamente extendido en Europa, ocupando vastas áreas del territorio y constituyendo un desafío pendiente en términos de gestión integral.

En los últimos años, frente a la visión negativa de las canteras como marcas indeseables que la normativa minera instaba a eliminar o disimular (BOE, 1982), se aprecia un cambio de actitud que reconoce en estos espacios valores múltiples: socioculturales, como componentes de la identidad del territorio y testimonios materiales de procesos históricos y productivos; ecológicos, por su potencial para funcionar como refugios de ecosistemas y hábitats locales; o paisajísticos, por su notable valor estético y la posibilidad de albergar distintos usos (Tsiouti, 2024).

En este contexto, la recuperación ambiental de canteras ha evolucionado –desde intervenciones centradas principalmente en el relleno de los huecos de la explotación, la estabilización geomorfológica y la cobertura vegetal– hacia un paradigma que prioriza la restauración funcional de los ecosistemas, la biodiversidad y la integración sociocultural. Este enfoque se refleja en proyectos diversos orientados a repensar las canteras, integrarlas paisajísticamente, reforzar sus valores ecológicos y socioculturales. Paralelamente, las modificaciones del terreno originadas por la explotación, cuando se gestionan adecuadamente, favorecen a menudo la aparición de hábitats nuevos y diversificados, que proporcionan refugio a diversas especies animales y vegetales (ANEFA, 2025).

Este artículo explora el potencial de las canteras de piedra y áridos, en actividad o en desuso, como espacios capaces de sustentar biodiversidad mediante procesos de recuperación vinculados a la gestión territorial. Se examina cómo estos espacios pueden ser reconocidos, integrados y potenciados dentro de un enfoque proyectual multidisciplinar que combine perspectivas arquitectónicas, paisajísticas y urbanísticas, entre otras.

El texto se organiza en dos partes. La primera ofrece una visión general del ciclo de vida de las canteras de piedra y áridos, abordando los impactos ambientales, económicos y socioculturales que generan, los cambios en la percepción de su devenir y los potenciales de

desarrollo asociados. La segunda se centra en los procesos de recuperación ecológica, tanto espontáneos como inducidos, que tienen lugar durante o tras la explotación, ejemplificados en cuatro estudios de caso. El análisis comparativo de estos casos permite identificar procesos recurrentes, valores ecológicos emergentes y aprendizajes clave para orientar intervenciones.

2. EL CICLO DE VIDA DE LAS CANTERAS; IMPACTOS, VALORES Y EVOLUCIÓN DE ACTITUDES

2.1 Procesos de extracción en canteras de piedra y de áridos

A lo largo de su ciclo de vida, las canteras atraviesan diversas etapas que condicionan de manera significativa tanto la morfología del territorio como los procesos ecológicos que en ellas se desarrollan. La naturaleza y la metodología de la extracción varían en función del material explotado.

Las canteras de piedra pueden clasificarse en dos grandes tipologías: a cielo abierto, donde la extracción se realiza al aire libre, y subterráneas, donde se trabaja bajo una capa de tierra y otros materiales. Esta distinción trasciende las diferencias técnicas u operativas, pues determina configuraciones espaciales específicas, genera impactos ambientales diferenciados y plantea prácticas de gestión divergentes.

En cuanto a su impacto, las canteras a cielo abierto se configuran como grandes vacíos que pueden alcanzar varios cientos de metros de profundidad, modificando de manera directa la estructura morfológica y perceptiva del paisaje (Fig. 04). En contraste, las canteras subterráneas se configuran como complejas redes de galerías, con extensiones de varios kilómetros y alturas que pueden superar los diez metros, dando lugar a paisajes singulares ocultos bajo la superficie.

En las canteras de áridos, la explotación se orienta a la obtención de materias primas para la construcción, principalmente arenas, gravas y rocas fragmentadas. Estas explotaciones suelen desarrollarse a cielo abierto, a partir de macizos rocosos, mediante voladuras

¹ En 2022, alrededor de 17.000 empresas operaban en el sector de la minería y las canteras en la U.E., generando 371.000 empleos y un valor añadido de 64.100 millones de euros, un 71,2% más que el año anterior (Eurostat (b), s/f).

controladas con explosivos que, bajo estrictas medidas de seguridad, permiten fragmentar la roca de forma eficiente para su posterior transporte a la planta de tratamiento y preparación del material (ANEFA, 2000).

El impacto medioambiental más significativo de la extracción a cielo abierto, tanto de áridos como de piedra, proviene de la alteración y pérdida de hábitats durante la fase productiva, consecuencia directa de la eliminación de la cobertura vegetal, la desaparición de la fauna asociada y la intensa transformación del paisaje. A ello se suman la emisión de polvo y ruido, así como la generación de residuos derivados del proceso extractivo, impactos que tienden a reducirse y cesar una vez finalizada la actividad.

No obstante, la gestión de los impactos ambientales y la implementación de medidas correctoras desde la fase productiva permiten controlar los efectos de la actividad extractiva y facilitar las etapas de recuperación. En España y en la Unión Europea, la normativa exige la elaboración y ejecución de planes de restauración al finalizar la explotación, para minimizar los impactos, favorecer la integración paisajística del terreno, promover la regeneración ecológica y el uso posterior del área intervenida (ANEFA, 2000).



FIG. 03 Cantera Can Rovira, antigua explotación de granito en Barcelona
Fuente: Andri Tsiouti (2021)

2.2 Marco teórico y normativo: Evolución de actitudes hacia el devenir de las canteras

La percepción y gestión de las canteras en Europa ha evolucionado en paralelo a los cambios en las concepciones sobre el paisaje y sus procesos de transformación. Durante gran parte del siglo XX, y especialmente hasta finales de la década de 1960, predominaba una visión estrictamente instrumental de estos espacios: las canteras se concebían como infraestructuras productivas destinadas exclusivamente a la extracción de materias primas, sin una consideración sistemática de sus efectos a largo plazo sobre el territorio ni de la necesidad de planificar su recuperación. La ausencia de normativa ambiental específica provocaba que, una vez agotados los yacimientos, las explotaciones quedaran abandonadas, configurando paisajes degradados que se percibían como huellas visibles de un proceso intrínsecamente negativo.

El cambio que se produce a partir de la década de 1980, en un contexto internacional marcado por una creciente sensibilidad ambiental, se gesta al compás del auge de los movimientos ecologistas y la incorporación



FIG. 04 Cantera de piedra a cielo abierto, en explotación (Sant Fost, Barcelona)
Fuente: Andri Tsiouti (2021)

progresiva de normativas más estrictas². En el marco normativo español, la obligatoriedad de elaborar planes de restauración de los espacios afectados por la actividad extractiva se introduce en 1982. Esto supone un giro sustancial al reconocer que tal actividad debe contemplar no solo la fase productiva, sino también la gestión posterior del espacio, planificada desde el inicio de la explotación (BOE, 1982). La incorporación de España a la Unión Europea en 1986, junto con la obligación de transponer las directivas comunitarias, marca un hito en el control legislativo de las prácticas extractivas, reflejándose en los procesos de recuperación y acelerando los avances en esta materia. Desde ese mismo año, la realización de un estudio de impacto ambiental se establece como requisito previo para autorizar cualquier explotación (BOE, 1986), impulsando la idea de prevenir antes que corregir y sustituyendo las estrategias reactivas por políticas de prevención.

Cabe considerar también las normativas comunitarias de protección de la biodiversidad y de los hábitats naturales aprobadas desde los años noventa (DOCE, 1992; EUR-Lex, 1993), que en numerosas ocasiones promueven actuaciones de restauración y reparación de ecosistemas degradados por actividades extractivas. Este marco se ve reforzado por estrategias y reglamentos europeos recientes que inciden directamente en la recuperación de paisajes extractivos. La *Hoja de Ruta para la gestión sostenible de las Materias Primas Minerales* (MITERD, 2022) introduce criterios para integrar la restauración en todas las fases del ciclo productivo, desde la planificación hasta el cierre, destacando la necesidad de enfoques territoriales. El *Reglamento (UE) de Materias Primas Fundamentales* (BOE, 2024) consolida este compromiso al promover la restauración como componente esencial de la sostenibilidad del sector. De especial relevancia es el *Reglamento (UE) de Restauración de la Naturaleza (2024)*, que fija objetivos jurídicamente vinculantes para recuperar ecosistemas degradados en Europa y exige a los Estados miembros elaborar Planes Nacionales de Restauración, con implicaciones directas para la restauración ecológica de minas y canteras.

² Los países con larga tradición extractiva, especialmente Gran Bretaña, Bélgica y Alemania, establecen normativas que contemplan la necesidad de restaurar los terrenos explotados mucho antes que en España, desde mediados de los años 50 (Tandy, 1975). Para un análisis más detallado sobre la evolución de los procesos de recuperación, véase: (Tsiouti, 2024), 2.1 De la corrección de la morfología alterada a la recuperación de la calidad ambiental.

En conjunto, esta evolución normativa desplaza la visión utilitaria y efímera de la cantera hacia un enfoque integrado, que incorpora mitigación de impactos y reinserción territorial. A medida que crece la preocupación por los efectos ambientales de la actividad extractiva y aumenta la sensibilidad hacia la calidad ecológica del paisaje, se consolida una comprensión más profunda de los problemas ambientales en los ámbitos político, administrativo y empresarial. Este cambio se ve reforzado por el compromiso creciente de las empresas con las comunidades locales, la optimización de las técnicas de explotación y restauración, el intercambio de conocimiento entre estados y la consolidación de prácticas que buscan compatibilizar actividad extractiva y protección de los ecosistemas (ANEFA, 2025). Así, mientras las primeras intervenciones en paisajes extractivos se centran en mitigar el impacto visual de la explotación y recuperar la morfología del terreno, van surgiendo gradualmente iniciativas más ambiciosas que los conciben como espacios con potencial para nuevas calidades ecológicas, paisajísticas y socioculturales.

La evolución de las intervenciones en canteras se refleja en décadas de proyectos desarrollados en todo el territorio español. Entre las actuaciones más tempranas destacan, entre otras, la cantera de La Revilla (Segovia, 1995), la Vallensana (Barcelona, 2001) y la de Arrasate-Mondragón (Gipuzkoa, 2001), todas intervenidas tras su cierre con el objetivo de mitigar la morfología del terreno y el impacto visual generado por la explotación. Proyectos de mayor alcance se llevan a cabo, entre otros, en el Turó de Montcada (Barcelona, desde los años ochenta), la cantera de Cuchía (Cantabria, 1991), la de El Porcal (Madrid, 2002) y las de CEMEX en Campredó (Tarragona), que son objeto de planes de restauración orientados a integrar los espacios explotados en su entorno, mejorar sus calidades ecológicas y fomentar la biodiversidad. Destacan asimismo por su sensibilidad y carácter pionero los proyectos de recuperación del volcán del Croscat, en el Parque de la Zona Volcánica de la Garrotxa - Olot (Girona, 1994, Fig. 05); de las canteras de S'Hostal, en Menorca (1996), convertidas en un espacio cultural, con dimensiones sociales, ecológicas y didácticas; y del volcán de Cerro Gordo (Ciudad Real, 2016, Fig. 06), recuperado como reclamo geoturístico mientras coexiste con la explotación de puzolana para la producción de cemento (HOLCIM (a), 2025), entre varios otros.



FIG. 05 Recuperación de la antigua cantera del volcán Crosca por ASPECTE Paisatge
Fuente: Andri Tsiouti (2020)



FIG. 06 Recuperación del volcán Cerro Gordo por HOLCIM
Fuente: (Jerez, 2018)

Paralelamente, en la arquitectura, el paisaje, el urbanismo y el arte, surge un enfoque que interpreta estos paisajes como huellas de los procesos que han transformado el espacio, constituyendo señas de identidad y memoria colectiva, y portando valores socioculturales, históricos y estéticos que merecen atención (Fiori et al., 2020; Foote et al., 2024). Desde la geografía cultural, Sauer (1925) ya planteaba que el paisaje debe entenderse como el resultado de la interacción entre la cultura y el medio natural, abriendo la posibilidad de interpretar los espacios extractivos como expresiones materiales de procesos productivos. Décadas más tarde, el Convenio Europeo del Paisaje supone un punto de inflexión al definir el paisaje como “cualquier parte del territorio tal como la percibe la población”, dando paso a la incorporación de las canteras —así como de otros paisajes ordinarios y cotidianos— al imaginario colectivo, y a su reconocimiento como espacios con dimensiones socioculturales que trascienden su función estrictamente económica (Council of Europe, 2000).

Desde la ecología, la teoría de la sucesión ecológica formulada por Clements (1916) proporciona un marco esencial para comprender cómo los terrenos perturbados, como las canteras, pueden evolucionar

espontáneamente hacia nuevas formas de equilibrio biológico. Esta idea se revisa y se matiza por otros autores como Tansley (1935), quien introduce el concepto de ecosistema, destacando que el paisaje está en constante cambio, criticando la idea de clímax como objetivo final único. Más adelante, figuras como Whittaker (1975) presentan avances en la comprensión de la sucesión ecológica, aportando herramientas clave para analizar comunidades vegetales y ecosistemas en transición. Estudios recientes han relacionado la literatura de los últimos cinco siglos sobre este tema, poniendo de relieve el papel de los marcos regulatorios en la restauración de las áreas extractivas (Harries et al., 2024; Ballesteros et al., 2025).

El surgimiento del concepto de restauración ecológica a principios del siglo XXI constituye un hito fundamental en la evolución de las estrategias de intervención en espacios degradados y en las áreas extractivas en particular. Definida como “el proceso de asistir al restablecimiento de un ecosistema degradado, dañado o destruido, con el fin de recuperar su estructura, función e integridad” (SER, 2004), esta perspectiva supone un cambio de enfoque respecto a las técnicas convencionales utilizadas en las décadas anteriores. Frente a los antiguos modelos de recuperación centrados

en la restitución formal o meramente paisajística, la restauración ecológica propone intervenir en espacios alterados mediante actuaciones destinadas a activar, iniciar o acelerar los procesos naturales de regeneración, teniendo en cuenta la capacidad del ecosistema para estabilizarse y autorregularse a corto, medio y largo plazo. Este enfoque promueve la recuperación natural como principio rector, complementando la intervención humana únicamente cuando el potencial de regeneración se encuentra comprometido (Fig. 07).

En este sentido, la incorporación de la restauración ecológica como estrategia de gestión en las actividades extractivas y como instrumento de planificación territorial implica una evolución tecnológica y metodológica relevante en el ámbito ambiental. Ejemplos como la cantera de Somolinos en Guadalajara (2012) o el proyecto de restauración de Yupes-Ciruelos en Toledo (2006), ilustran la eficacia de estas estrategias, actualmente en desarrollo en distintos enclaves extractivos. En todos los casos, la intervención se fundamenta en estudios detallados de las condiciones ambientales de partida, en la definición de objetivos ecológicos realistas y en una gestión adaptativa que reconduce los procesos naturales en lugar de sustituirlos (Mola et al., 2018; Young et al., 2022).

En el ámbito del paisaje, diversos autores y corrientes teóricas han contribuido a revalorizar los espacios degradados y marginales como territorios de oportunidad. La noción de Tercer paisaje (Clément 1997), subraya el potencial de los espacios abandonados como reservorios de biodiversidad y lugares de libertad biológica, donde la naturaleza despliega autónomamente sus procesos. Desde la disciplina del urbanismo y el paisajismo, Berger (2008) introduce el concepto de waste landscapes, identificando los ámbitos mineros como reclaimed landscapes y defendiendo su recuperación a través de la puesta en valor de las huellas de la alteración. En la misma línea, Meyer (2007) reconoce valores ecológicos en los procesos de transformación de paisajes industriales contaminados (disturbed sites) y propone su reaprovechamiento en la creación de parques contemporáneos. Asimismo, Bargmann (2003) ofrece una perspectiva innovadora sobre la “belleza tóxica” de los extensos paisajes contaminados estadounidenses, defendiendo su recuperación mediante la preservación de las evidencias de su pasado.

Estas aproximaciones se inscriben en una genealogía más amplia que se remonta a los años sesenta, cuando los paisajes deteriorados comenzaron a atraer la atención de artistas, especialmente en Estados Unidos

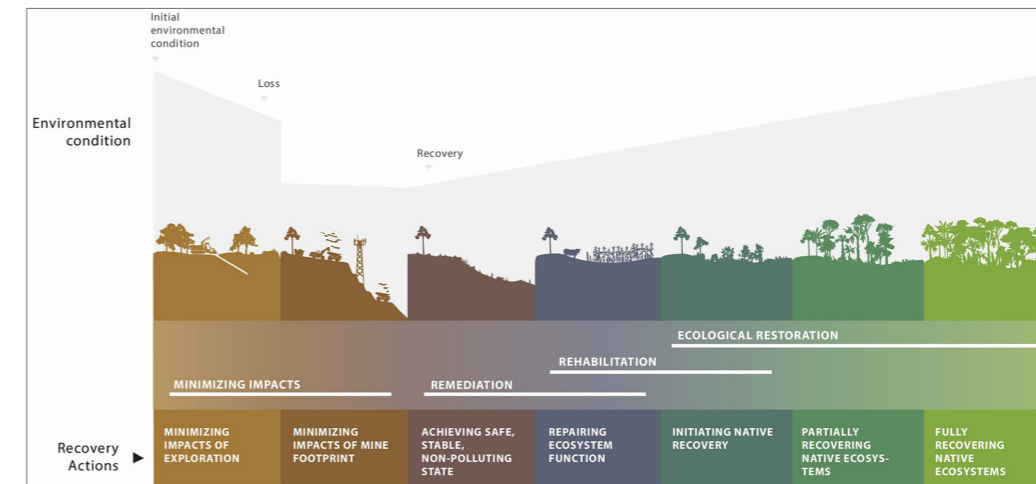


FIG. 07 Aplicación de los principios de restauración ecológica en paisajes extractivos
Fuente: (Young et al., 2022)



FIG. 08 Robert Smithson, Asphalt Rundown (1959)
Fuente: Holt/Smithson Foundation

y Gran Bretaña. Frente al rechazo generalizado de la época, el movimiento Earthworks o Land Art reivindica las cualidades estéticas de estos territorios mediante intervenciones a gran escala en desiertos, minas y canteras, como las célebres obras de Robert Smithson: Asphalt Rundown (1969), en una antigua cantera de toba y puzolana a las afueras de Roma (Fig. 08), y Broken Circle/Spiral Hill (1971), en una cantera activa de arena en Emmen (Holanda).

En conjunto, estas miradas han legitimado el potencial de las canteras como escenarios de innovación ecológica y sociocultural, propiciando enfoques proactivos que las conciben tanto como espacios susceptibles de reaprovechamiento como oportunidades para potenciar sus ecosistemas singulares. Así, lo que se consideraba un problema se convierte en laboratorio de biodiversidad y territorio estratégico dentro de las políticas contemporáneas de gestión integral del paisaje.

En este contexto, en los últimos años se llevan a cabo numerosos estudios y proyectos de investigación³ centrados en la mejora de las prácticas extractivas bajo criterios ambientales y ecológicos, con especial atención a la gestión de la biodiversidad en canteras, así como diversos proyectos piloto orientados a su aplicación práctica. Estos esfuerzos son impulsados por equipos interdisciplinarios y surgen de la colaboración entre empresas extractoras, administraciones públicas, asociaciones sectoriales e instituciones académicas, entre otros agentes implicados. Los resultados de estas iniciativas se han materializado en numerosas guías y manuales técnicos que facilitan la transferencia y aplicación del conocimiento generado (Gillet & Mahy, s/f; ANEFA, 2025; Mola et al., 2018). Dichos avances se están incorporando progresivamente en las estrategias de recuperación, dando lugar en muchos casos a resultados prometedores.

3. ECOLOGÍAS EMERGENTES EN CANTERAS: JUSTIFICACIÓN A PARTIR DE CUATRO ESTUDIOS DE CASO

La evolución ecológica de las canteras sigue dos vías diferenciadas pero complementarias. La primera corresponde a la aparición de valores ecológicos en espacios activos o abandonados, resultado de procesos ecosistémicos espontáneos que se desarrollan con mínima intervención humana. La segunda se vincula a proyectos de recuperación planificada, orientados a mitigar los impactos de la actividad extractiva y a garantizar una adecuada integración paisajística. Ambas aproximaciones ofrecen lecciones valiosas para la gestión de los paisajes extractivos, proporcionando modelos que favorecen la biodiversidad y facilitan la reinserción de las canteras en la dinámica territorial.

3.1 Ecosistemas espontáneos en canteras abandonadas y activas

En varios casos, el cese de la actividad extractiva permite que ecologías emergentes tomen protagonismo. Al quedar al margen de los circuitos económicos y urbanísticos, estas áreas se configuran como territorios de libertad biológica donde la biodiversidad encuentra condiciones propicias para expandirse. La interrupción de las dinámicas extractivas favorece la regeneración y la aparición de hábitats pioneros, a menudo poco representados en los paisajes circundantes (Novák y Prach, 2003). La heterogeneidad topográfica y edáfica resultante de la extracción genera una amplia variedad de microambientes colonizados por múltiples especies vegetales y animales, incluidas algunas de interés comunitario o en riesgo de conservación (Tropék et al., 2010). Estos enclaves pueden desempeñar un papel estratégico como corredores ecológicos y reservorios de biodiversidad en territorios intensamente transformados por la acción humana. No es una simple coincidencia que numerosas canteras subterráneas abandonadas formen parte de la red europea de áreas protegidas Natura 2000. Su entorno oscuro, húmedo y constante constituye el hábitat ideal para la hibernación y reproducción de varias especies de murciélagos, entre las que se incluyen *Rhinolophus ferrumequinum*, *Myotis emarginatus*, *Myotis dasycneme* y *Myotis myotis*. Además, otras criaturas, tales como lepidópteros, anfibios, arácnidos, himenópteros parásitos y otros

invertebrados, se ven favorecidos por dichas condiciones (Vergoossen y Hageman, 2020).

Asimismo, estudios recientes evidencian la presencia de calidades ecosistémicas en canteras activas, lo que contrarresta la percepción negativa que suele asociar prácticas extractivas y pérdida de biodiversidad. Incluso durante la fase de explotación, estos espacios pueden contribuir de manera significativa a la formación de comunidades biológicas. Las alteraciones continuas del terreno generan mosaicos dinámicos de hábitats abiertos, taludes, acumulaciones de agua y suelos desnudos, que son colonizados por especies propias de ambientes pioneros. En un simple frente de explotación, pueden coexistir distintos biotopos donde se desarrollan anfibios, reptiles, insectos, aves y especies vegetales. Numerosas especies permanecen desde el inicio de la explotación de las canteras o las colonizan posteriormente, conviviendo habitualmente con los equipos de trabajo (ANEFA, 2025).

Diversos estudios confirman este potencial ecológico. En canteras de caliza activas se ha documentado una riqueza de abejas silvestres y especies indicadoras, favorecida por la disponibilidad constante de fuentes de polen y por las condiciones soleadas favorables para la anidación (Kettermann et al., 2022). De manera similar, estos hábitats facilitan la oviposición de mariposas específicas, beneficiadas por el microclima térmico y la presencia dispersa de leguminosas (Münsch, 2022). Asimismo, la creación periódica de superficies de agua efímeras resulta crucial para determinadas especies de anfibios, que encuentran en estas charcas entornos seguros para su reproducción (BirdLife International, 2024).

Por tanto, la presencia frecuente de flora y fauna en canteras activas indica que la extracción, cuando se gestiona adecuadamente, no sólo no perjudica su entorno, sino que puede ser beneficiosa. Diversos estudios y experiencias en toda Europa muestran que especies en peligro de extinción encuentran refugio en estos espacios, tal como sucede en Cataluña con la presencia del águila perdicera (*Aquila fasciata*) en distintas canteras, junto con otras especies de

alto interés ecológico⁴. De este modo, las canteras activas pueden contribuir al mantenimiento de nichos ecológicos poco frecuentes, enriquecen la diversidad del territorio y generan oportunidades para la coexistencia de comunidades biológicas distintas a las originales.

Exploramos esta tendencia en dos proyectos representativos del contexto europeo, que ponen de relieve la biodiversidad emergente en canteras de piedra y áridos con el propósito de definir estrategias propias para su conservación y promoción.

3.1.1 Biodiversidad en canteras de áridos en Chipre

Un estudio reciente en diez canteras de áridos de Chipre, encargado por la Asociación Chipriota de Productores de Hormigón y realizado por un equipo de investigación de la Universidad de Chipre, constituye el primer intento sistemático de documentar científicamente la contribución de estas explotaciones a la biodiversidad local. Finalizado en marzo de 2025, tras un año de trabajo de campo en dos campañas estacionales (primavera y otoño), el estudio se centra en zonas extractivas inactivas, ya sea con intervenciones puntuales de restauración o bien abandonadas a la sucesión espontánea, comparándolas con ecosistemas adyacentes no perturbados (Sfendourakis et al, 2025).

La singularidad del proyecto reside en su enfoque territorial, ya que no se circunscribe a un enclave concreto, sino que abarca el conjunto de áreas extractivas activas en Chipre, ofreciendo una visión global de la situación ecológica del sector. A diferencia de muchos proyectos europeos, habitualmente centrados en casos piloto con un seguimiento intensivo a largo plazo, esta investigación se concibe como un estudio preliminar orientado a sentar las bases de futuras políticas.

Los resultados son significativos: se identifican siete tipos de hábitats dentro y en el entorno de las canteras, tres de ellos de interés comunitario, así como 435 especies de flora, de las cuales 27 son endémicas, además de una notable diversidad faunística (Fig. 09). Destacan

3 Un ejemplo reciente es el proyecto europeo en curso ROTATE, así como las publicaciones que ha generado hasta la fecha, algunas de ellas dedicadas a la biodiversidad en canteras. Ver en: <https://rotateproject.eu/media/> (Consulta: 3/11/25).

4 Ver para más información en: <https://gruporcomunicacion.com/un-estudio-revela-que-las-canteras-generan-habitats-acogedores-para-el-aguila-perdicera/> (Consulta: 10/11/25).

104 especies de aves, con elevada riqueza tanto en las áreas restauradas como en el exterior de los recintos, incluyendo especies nidificantes y limícolas asociadas a balsas de agua generadas por la propia actividad extractiva. Aunque inicialmente temporales, estas formaciones hídricas desempeñan un papel relevante

en la atracción de especies específicas. También se registran nueve especies de reptiles y dos de anfibios, cinco de ellas endémicas y tres estrictamente protegidas, junto con la presencia de mamíferos y una amplia diversidad de insectos y mariposas (Sfendourakis et al., 2025). Estos datos evidencian que las canteras

albergan comunidades ecológicas significativas y, en muchos casos, generan hábitats ausentes en los paisajes circundantes, como acantilados verticales y cuerpos de agua estacionales, que constituyen factores clave de biodiversidad. Asimismo, un hallazgo destacado es la rapidez con que la vegetación coloniza los espacios abandonados, siempre que exista conectividad con áreas no perturbadas. Este fenómeno relativiza la necesidad de intervenciones costosas de revegetación y sugiere la adopción de estrategias de restauración ecológica más adaptativas y económicamente eficientes.

efectiva integración de estas pautas en los marcos normativos y en la práctica empresarial.

Comparado con la experiencia española, donde existen redes consolidadas de buenas prácticas y ejemplos de restauración con décadas de monitorización, el caso chipriota se encuentra en una fase preliminar. España ha demostrado que la incorporación temprana de criterios de biodiversidad en la planificación y gestión minera, junto con la colaboración estable entre empresas, administraciones y entidades científicas, genera resultados verificables a largo plazo. En Chipre, la iniciativa depende todavía de proyectos puntuales y carece de una estrategia nacional integrada. La inclusión de todas las zonas extractivas de la isla le confiere una representatividad inédita que podría convertirse en base para un modelo insular de restauración minera adaptado a la alta endemidad biológica del país.

En suma, el proyecto ofrece evidencias científicas que cuestionan la visión de las canteras como espacios degradados y las posicionan, en cambio, como potenciales aliados en la conservación de la biodiversidad. Su carácter preliminar, sin embargo, exige traducir estos hallazgos en políticas estables, garantizar su replicabilidad y establecer programas de monitorización de largo plazo, con el fin de afrontar el desafío de consolidar un marco comparable al de otros contextos europeos y transformar las canteras chipriotas en verdaderos activos ecológicos y socioculturales.

3.1.2 LIFE in Quarries: sinergias entre canteras activas y conservación de la biodiversidad

El proyecto «LIFE in Quarries», desarrollado entre 2015 y 2021 en el marco del Programa LIFE de la Unión Europea⁵, abarca 27 canteras activas en la región de Valonia (Bélgica), caracterizadas por una notable diversidad de explotaciones y tipos litológicos (caliza, dolomita, pórfido, arenisca, grava y arena). Esa iniciativa colaborativa y transdisciplinar reúne a actores privados, administraciones públicas, organizaciones no gubernamentales e instituciones académicas. Su fin es generar sinergias entre la industria extractiva y la conservación de la biodiversidad a largo plazo desde la

5 Life in quarries, <https://www.lifeinquarries.eu/en/> (Consulta: 29/8/25).

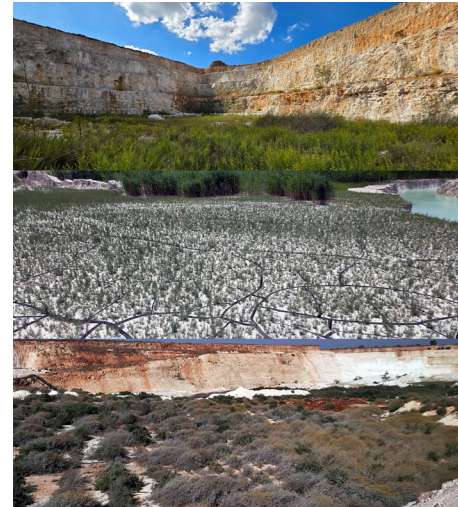


FIG. 09 Vegetación espontánea en canteras de áridos en Chipre
Fuente: Michalis Chrysostomou

FIG. 10 El humedal generado en la cantera "Elmeni", en las afueras de Nicosia
Fuente: Andri Tsiouti (2025)

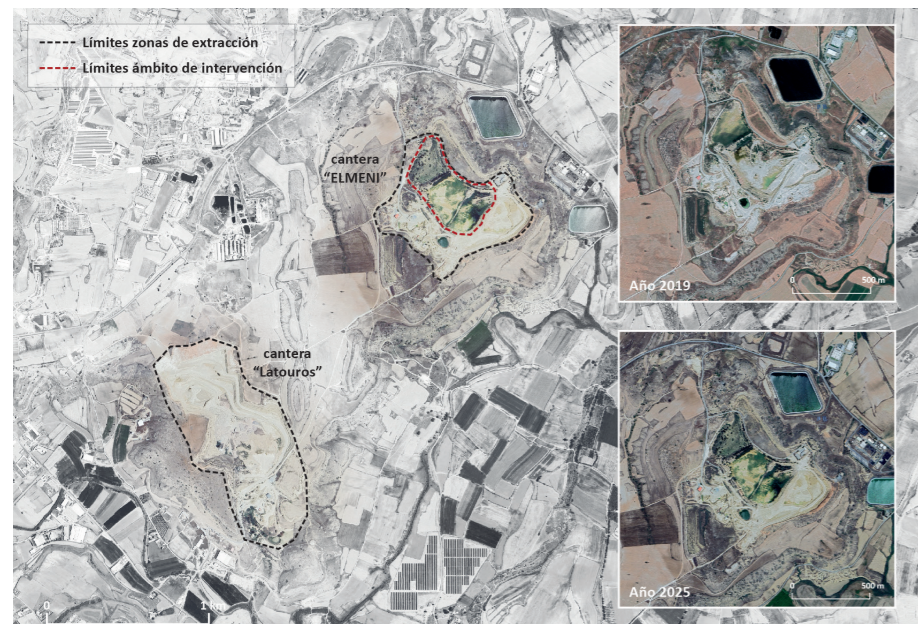


FIG. 11 Situación de la cantera "Elmeni"; estado previo y posterior a la recuperación
Fuente: Andri Tsiouti, elaboración propia a partir de Google Earth

Una buena muestra de esta tendencia es la cantera "Elmeni", en las afueras de Nicosia, donde la aplicación de medidas correctoras sencillas desde el 2020 ha dado lugar a ecosistemas con niveles de biodiversidad superiores a los existentes antes de la actividad. Según estudios e informes previos, la zona presentaba originalmente una flora y fauna muy escasas, con un índice de biodiversidad bajo y poblaciones reducidas. Sin embargo, las actuaciones de la empresa —especialmente la creación de cuerpos de agua y la generación de nuevos hábitats— han favorecido la aparición de un humedal de alto valor ecológico, hoy colonizado por decenas de especies de aves autóctonas y migratorias, además de un notable aumento en la diversidad y densidad de flora y fauna que siguen creciendo (Kitsis y Nicolaidis, 2022). Este caso demuestra que las transformaciones inducidas por la actividad extractiva, cuando se gestionan adecuadamente, pueden no sólo minimizar sus impactos, sino también mejorar la calidad ecológica del territorio y contribuir de manera significativa a la conservación de la biodiversidad (Fig. 10,11).

El valor del proyecto sobre las canteras de Chipre reside en las oportunidades que ofrece para redefinir la relación entre minería y biodiversidad en el país; no obstante, los resultados se ven todavía limitados por el corto horizonte temporal y por la ausencia de inventarios sistemáticos en determinados grupos faunísticos, aspectos que se abordarán y ampliarán en la segunda fase del proyecto. Aun así, el estudio aporta valiosas recomendaciones de gestión, entre ellas la necesidad de potenciar la conectividad ecológica, preservar y crear balsas de agua, favorecer la heterogeneidad de hábitats y recurrir a plantaciones selectivas únicamente cuando resulte estrictamente necesario. Con todo, resulta imprescindible establecer mecanismos institucionales que garanticen la continuidad del seguimiento y la

fase operativa de las canteras.

El proyecto nace como respuesta a la carencia de conocimiento sobre el potencial biológico de las canteras. Su premisa es que este tipo de actividad extractiva genera entornos singulares y tal vez poco frecuentes en Bélgica, como superficies rocosas o arenosas, láminas temporales de agua, pastizales calcícolas o praderas abiertas. Estos favorecen el desarrollo de comunidades de alto valor biológico, incluida varias especies protegidas y en peligro de extinción. Entre ellas el avión zapador (*Riparia riparia*), distintas especies de lagartos (*Timon lepidus* y *Podarcis muralis*), el sapo corredor (*Epidalea calamita*) y determinadas algas típicas de medios oligotróficos, como las caráceas.

El proyecto busca fomentar la resiliencia ecológica de las canteras operativas en Bélgica conciliando la actividad extractiva con la restauración ecológica. Por un lado, se apuesta por la gestión dinámica de los hábitats temporales que se generan en paralelo a la explotación: medidas de conservación durante la fase extractiva aseguran la presencia constante de entornos que favorezcan el desarrollo de las especies protegidas. Por otro lado, se busca garantizar la biodiversidad a largo plazo mediante la definición de medidas de restauración ecológica que consoliden los logros alcanzados durante la explotación. Estos objetivos se materializan mediante la implementación de once acciones clave, cuatro de carácter temporal y las restantes de carácter permanente. Las acciones temporales, enfocadas en especies pioneras, tienen una duración de dos a cinco años y requieren un mantenimiento regular para controlar la vegetación y la llegada de depredadores. En contraste, las medidas permanentes buscan perdurar en el espacio y el tiempo, favoreciendo hábitats diversificados que albergan especies raras o amenazadas, fortalecen la red ecológica regional y permiten la recolonización natural de áreas en desuso (Calozet et al., 2022) (Fig. 12).

Se contemplan diversas líneas de actuación que abarcan la experimentación y definición de métodos para la restauración, el mantenimiento y la gestión de hábitats en canteras activas (Fig. 12). Estas incluyen la identificación de limitaciones legales, socioculturales y de gestión que puedan condicionar la sensibilización de las partes interesadas durante todas las etapas del proceso extractivo. Finalmente, se plantea la

demostración de la eficacia de las prácticas propuestas mediante la adaptación continua de la gestión de las canteras a lo largo de todo su ciclo de explotación⁶.

Dichas estrategias se materializan en intervenciones in situ orientadas al fomento y evolución de los hábitats, que incluyen la creación y gestión dinámica de estanques temporales y permanentes (Fig. 13, 14), la restauración de praderas mediante prácticas de siega y pastoreo, y el refrescamiento periódico de acantilados de arena para mantener su valor ecológico. Asimismo, se contemplan actuaciones como la instalación de refugios para fauna, la gestión de los taludes y la habilitación de cursos de agua permanentes, para diversificar los ambientes disponibles y garantizar la continuidad de especies asociadas a estos entornos.

Los beneficios derivados de las intervenciones implementadas incluyen resultados tanto cuantitativos como cualitativos en los ámbitos medioambiental, económico y social (Calozet et al., 2022). A nivel ecológico, el proyecto ha logrado potenciar la biodiversidad en un área extensa que trasciende los límites de la zona protegida por la Red Natura 2000. Así, las acciones emprendidas garantizan la disponibilidad de hábitats para especies incluidas en dicha red, como las poblaciones pioneras de sapo corredor (*Bufo calamita*) y chorlito chico (*Charadrius dubius*), además de proporcionar refugio a otras especies locales amenazadas, entre ellas varios taxones de libélulas. Desde la perspectiva económica, si bien no se aporta una valoración monetaria exacta, se constata que la implementación de medidas permanentes de conservación en canteras resulta más rentable que las actuaciones de restauración posteriores a la extracción, ya que estas últimas implicarían costos adicionales asociados a la movilización de recursos humanos y maquinaria.

Cabe destacar también el valor sociocultural del proyecto, ya que contribuye a generar una mayor concienciación dentro de la industria extractiva sobre la importancia de conservar y poner en valor la biodiversidad. Este objetivo se alcanza mediante

la implicación activa de las partes interesadas en distintos niveles, incluyendo la formación específica de 70 empleados de cantera. Paralelamente, el proyecto impulsa la creación de nuevos vínculos y redes de intercambio entre las industrias extractivas participantes y los actores locales y regionales, favoreciendo el diálogo y la comprensión mutua entre todos los implicados.

Asimismo, su carácter innovador lo convierte en un referente para otras regiones de la Unión Europea. Para facilitar su réplica, un compendio de buenas prácticas ofrece un modelo operativo para la gestión de la biodiversidad en canteras activas. Este se acompaña de material explicativo sobre las técnicas aplicadas (LiQ, 2018) y de fichas informativas dedicadas a los hábitats presentes en estas explotaciones (Mercken et al., 2019). Para asegurar la continuidad del proyecto a largo plazo, se han establecido planes de gestión con carácter

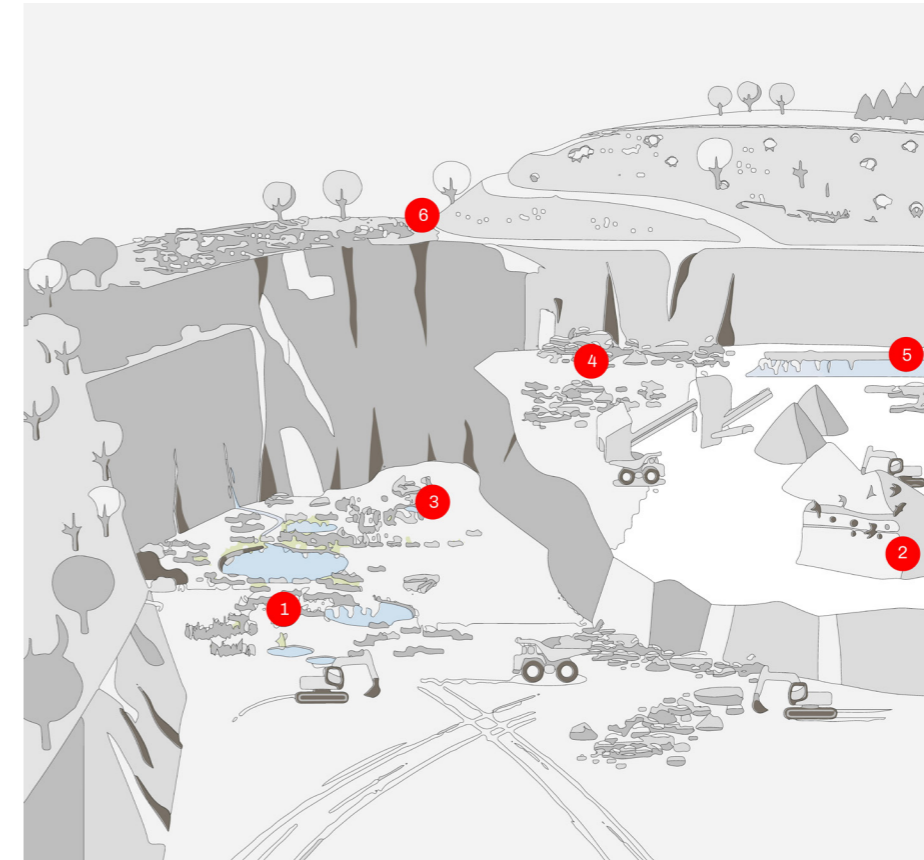


FIG. 12 Esquema explicativo de las 11 acciones clave implementadas en el proyecto LIFE in Quarries: medidas temporales (de 1 a 4) y permanentes (de 5 a 11)
Fuente: Calozet et al., 2022 y Chiara Caravello (adaptación gráfica y traducción)



FIG. 13 Presencia de agua y vegetación en la cantera activa de Loën (Valonia, Bélgica)
Fuente: Chiara Caravello (2025)

FIG. 14 Gestión de la biodiversidad en cuerpos de agua temporales (Life in Quarries, 2017)
Fuente: <https://www.lifeinquarries.eu/>

⁶ LIFE14 NAT/BE/000364 (2022), "LIFE in Quarries: Final Report Covering the project activities from 01/10/2015 to 31/12/2021". https://www.lifeinquarries.eu/wp-content/uploads/2022/06/2022_04_06_Life-in-Quarries_Final-report_Abbreviated_FINAL.pdf (Consulta: 28/8/25).

jurídicamente vinculante. Entre ellos destaca un acuerdo de 15 años suscrito entre el Département de la Nature et des Forêts (DNF) de la Région Valona, FedieX, los operadores de canteras y el Ministerio de Medio Ambiente, mediante el cual las partes se comprometen a implementar los planes de gestión de cada explotación, respaldados por auditorías e informes periódicos (Comisión Europea (a), s/f).

El proyecto demuestra que las canteras generan una amplia diversidad de hábitats temporales, capaces de evolucionar hacia comunidades permanentes y de funcionar como redes interconectadas. Asimismo, pone de relieve que las soluciones operativas orientadas a la conservación y mejora de los ecosistemas se pueden implementar en favor tanto de la biodiversidad como de la propia industria, en un escenario de beneficio mutuo. Este enfoque innovador evidencia que la actividad extractiva puede coexistir con la conservación de la biodiversidad, consolidando las canteras como refugios para especies valiosas y contribuyendo a la conectividad ecológica en estos paisajes.

3.2 Recuperación ecológica planificada en canteras

En determinadas circunstancias, la intervención humana permite reconvertir las canteras en ecosistemas funcionales y de elevada riqueza biológica. A través de estrategias de restauración ecológica y procesos frecuentemente complejos, se pueden alcanzar resultados paradigmáticos que incluso superan los valores ecológicos previos a la explotación. Por lo general, se trata de iniciativas impulsadas por distintos agentes, tanto públicos como privados que muestran un compromiso activo con el territorio y sus comunidades, yendo más allá de las obligaciones legales de restauración. En este contexto, se desarrollan proyectos pioneros que dotan a los espacios de nuevas calidades ecológicas y de hábitats favorables para la biodiversidad, mediante actuaciones como la corrección y estabilización del suelo, su preparación para la revegetación con especies autóctonas, la creación de balsas y humedales que albergan vida acuática, así como la incorporación de senderos y rutas que permiten el acceso público y fortalecen el vínculo sociocultural con el lugar.

En Europa, diversas experiencias demuestran que la restauración de canteras puede generar resultados ecológicos y socioculturales sobresalientes, transformando antiguos espacios extractivos en hábitats funcionales y en áreas de valor paisajístico y educativo. Se analiza esta tendencia en dos proyectos, en Maastricht (Países Bajos) y en Madrid (España). Ambos permiten ilustrar enfoques complementarios y ofrecer un análisis comparativo sobre las posibilidades de gestión eficiente de canteras.

3.2.1 Plan de transformación de las canteras de piedra "ENCI" en Maastricht

El Plan de Transformación del área ENCI se establece en 2009 y se actualiza en varias ocasiones (Natuurmonumenten, 2023). El plan abarca la cantera ENCI y el paisaje adyacente de Sint-Pietersberg, en Maastricht (Países Bajos), un emplazamiento históricamente vinculado a la extracción de piedra caliza, tanto a cielo abierto como mediante canteras subterráneas. El proyecto constituye una iniciativa colaborativa e interdisciplinar que busca armonizar los valores ecológicos, culturales y socioeconómicos en un paisaje de propiedad privada con acceso público limitado. Su objetivo principal es establecer un área de uso mixto que combine las cualidades de una reserva natural con la preservación y reutilización adaptativa de la cantera como del polígono industrial adyacente, integrando a las principales partes interesadas en la planificación y gestión de la transformación. El plan sigue tres criterios fundamentales: generar beneficios significativos más allá del cese de la extracción potenciando los valores ecológicos, recreativos, económicos y patrimoniales; responder a las aspiraciones de la comunidad mediante la creación de espacios de contacto con la naturaleza y el paisaje, sin comprometer el carácter distintivo del área industrial; y ofrecer pautas viables que equilibren ambición y factibilidad. Su implementación se desarrolla en dos fases: la primera incluye medidas básicas de diseño y gestión, mientras que la segunda ofrece directrices adicionales para orientar la configuración futura del sitio (Mans, 2009).

El plan contempla una reorganización del sitio en seis zonas claramente diferenciadas: una franja de transición entre el polígono industrial y la propia

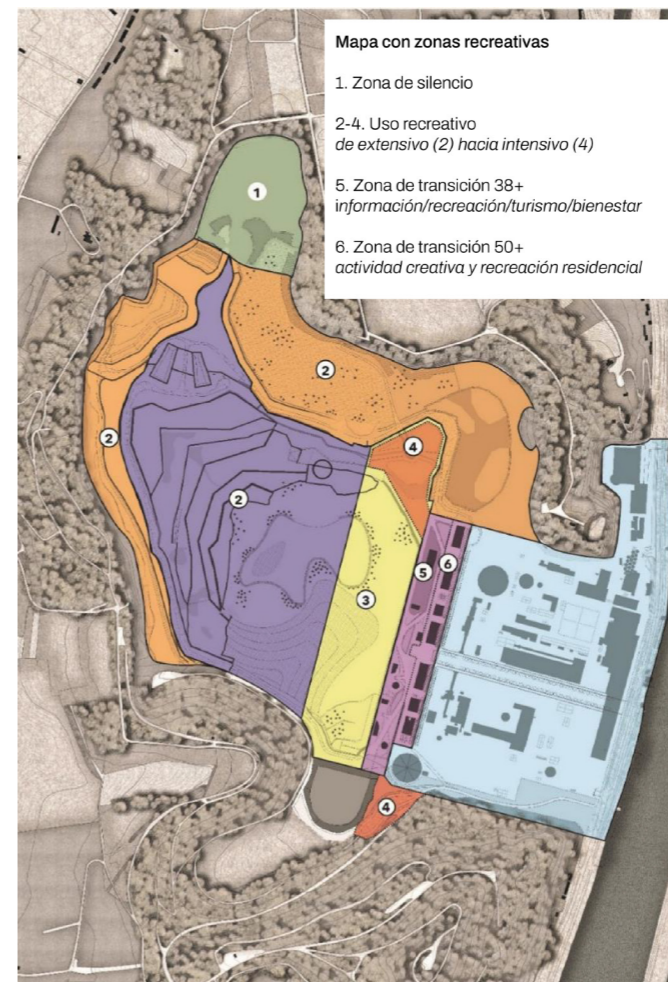


FIG. 15 Masterplan de zonificación recreativa de la cantera ENCI según el Plan de Transformación del Área ENCI (Actualización 2021) Fuente: Gemeente Maastricht, Provincie Limburg, ENCI Heidelberg, Natuurmonumenten, Stichting Sint Pieter Adembenemend SPA (ed.) (2021) 'Actualisatie Plan van Transformatie ENCI-gebied 2021'; Chiara Caravello (traducción y elaboración gráfica)



FIG. 16 Los bloques de piedra definen las zonas identificadas en el Plan de transformación Fuente: Chiara Caravello (junio 2024)

FIG. 17 Luikerweg, Plan de transformación de las canteras de piedra "ENCI" (Maastricht) Fuente: Chiara Caravello (junio 2025)

explotación; un área recreativa con lago y actividades al aire libre; una zona de “inmersión en la naturaleza”; un espacio de tranquilidad y dos áreas de uso compartido de carácter extensivo y natural (Fig. 15). Además, el proyecto incluye la creación de varias hectáreas de biotopos naturales, el aclarado de los márgenes de la cantera con vegetación espontánea y la formalización de una masa de agua central que contribuye al crecimiento de los hábitats.

La cantera se transforma así en una reserva natural singular, accesible mediante senderos, miradores y elementos interpretativos, con zonas amplias donde coexisten terrazas de piedra caliza, paredes escarpadas, laderas calcáreas y un lago central. Además, se conservan varios bloques de piedra caliza de gran tamaño que marcan los límites entre las diferentes zonas (Fig. 16).

El plan de transformación se extiende más allá de la cantera, articulando de manera integral la zona de transición adyacente a la cantera, el polígono industrial y las conexiones del sitio. La zona de transición de aproximadamente 70.000 m², se convierte en un espacio recreativo. El emplazamiento industrial se orienta hacia la conservación y la reutilización adaptativa, incluyendo la reurbanización con fines culturales, residenciales, empresariales e innovadores; su valor cultural e histórico se reconoce mediante la declaración de cinco monumentos nacionales en 2024 (Ministerie van Onderwijs, C. en W., 2024; Hoogeboom y Zwijnenburg, 2025). Para garantizar la accesibilidad y la conexión entre las distintas áreas, se construye una carretera y zona de aparcamiento, y se habilitan múltiples entradas mediante escaleras y senderos vinculados a las redes existentes. Destaca la ruta escénica *Luikerweg* con una escalera adosada a la pared rocosa, que desciende 50 metros hasta el interior de la cantera, con paradas de descanso alineadas con las transiciones geológicas estratigráficas (Fig. 17) (Rademacher de Vries Architects, s/f).

Para potenciar y complementar las intervenciones realizadas, se contemplan iniciativas que abarcan la recreación, la educación y la cultura mediante la introducción de elementos arquitectónicos, como escaleras y miradores, la integración de la cantera con los lugares histórico-culturales cercanos y la implementación de distintas conexiones. En este

contexto, el plan funciona como directriz para los proyectos implementados tras el cese de las actividades extractivas, ofreciendo un modelo eficaz de gestión del paisaje post-extractivo, cuyo mérito principal radica en haber logrado reunir a distintos actores tras un prolongado proceso de cooperación entre las partes interesadas.

Por otro lado, a modo de crítica, a pesar de la calidad del plan y de su capacidad para impulsar colaboraciones transdisciplinarias, la propuesta parece orientar los procesos de reconversión hacia fines principalmente funcionales, manteniéndose dentro de una lógica de explotación del lugar con una marcada impronta comercial. Mientras antes parte de la montaña era habitada por comunidades autóctonas, esta zona, vaciada durante siglos por la extracción, parece hoy objeto de un proyecto que, más que revertir, perpetúa las dinámicas de privatización y artificialización del territorio al sustituir una posible reapropiación libre y espontánea por simulacros de procesos naturales y culturales.

3.2.2 Reconversión de la cantera La Chanta en un humedal de alto valor ecológico

En el ámbito español, destaca el modelo de recuperación que la empresa HOLCIM aplica desde 2016 en sus explotaciones de cantera, con más de 1.300 hectáreas restauradas hasta la fecha. Este enfoque supone un cambio de paradigma respecto a los modelos tradicionales de restauración, históricamente centrados en la mera reposición morfológica del terreno. Su principal desafío consiste en incorporar objetivos de conservación alineados con las directrices de la Red Natura 2000. La restauración se concibe, por tanto, como una estrategia activa que busca revertir la pérdida de biodiversidad, para devolver a los espacios mineros una diversidad biológica superior a la preexistente. Este modelo busca integrar intereses ambientales y socioculturales, consolidando la restauración minera como instrumento de innovación ecológica y responsabilidad social⁷.

7 HOLCIM (b), <https://www.holcim.es/premiado-nuestro-modelo-de-restauracion-de-canteras> (Consulta: 27/8/2025).

Un ejemplo paradigmático y reciente es la reconversión de la antigua cantera de caliza La Chanta, en Corpa (Madrid), de 20 hectáreas, en un humedal de alto valor ecológico. Finalizado en 2020, el proyecto transforma aproximadamente una hectárea en un ecosistema húmedo que funciona como refugio para fauna acuática y aviar, consolidándose como un área clave de alimentación y reproducción para diversas especies. Su emplazamiento, alejado de otras masas de agua, aumenta su atractivo para aves acuáticas y rapaces, al tiempo que ofrece hábitat a anfibios y a pequeños mamíferos.

La intervención comprende una remodelación integral del terreno a partir de metodología *GeoFluv*⁸, la que ha permitido reforzar la estabilidad del terreno y preservar taludes rocosos de elevado valor geológico y ecológico, empleados como refugio por el águila real, al tiempo que se previene la aparición de procesos erosivos. En cuanto a la revegetación, se ha llevado a cabo una selección cuidadosa de especies autóctonas y semillas nativas de la región, alcanzando más de 100 especies entre herbáceas, arbustivas y arbóreas.

Se han implementado estrategias específicas para potenciar la biodiversidad, centradas tanto en la mejora del hábitat como en la provisión de refugios para la fauna. En primer lugar, el diseño morfológico del humedal incorpora orillas suavizadas, variaciones de profundidad y la generación de microambientes diferenciados, lo que resulta especialmente beneficioso para los anfibios. A ello se añade la construcción de numerosas charcas temporales, que amplían la heterogeneidad ecológica del enclave y son utilizadas no solo por anfibios, sino también por libélulas y mariposas, así como por aves y pequeños mamíferos que encuentran en estos espacios puntos estratégicos de abastecimiento de agua. En paralelo, se han instalado refugios y nidos artificiales destinados a una amplia diversidad de especies, incluyendo vivares para conejo de monte; nidos artificiales para golondrinas, aviones comunes y vencejos; hoteles para abejas; cajas nido para paseriformes, autillo, mochuelo y cernícalo primilla; así como distintos tipos de refugios para murciélagos,

8 Técnica de restauración aplicada en minas y canteras que diseña formas del terreno basadas en los patrones geomorfológicos existentes del lugar, imitando la dinámica de cuencas hidrográficas para favorecer la estabilidad y la regeneración ecológica. (<https://geofluc.com/>, Consulta: 27/8/25).



FIG. 18 El humedal formado de manera natural en la cantera La Chanta tras la finalización de la explotación

Fuente: <https://goo.su/VW8Mm>

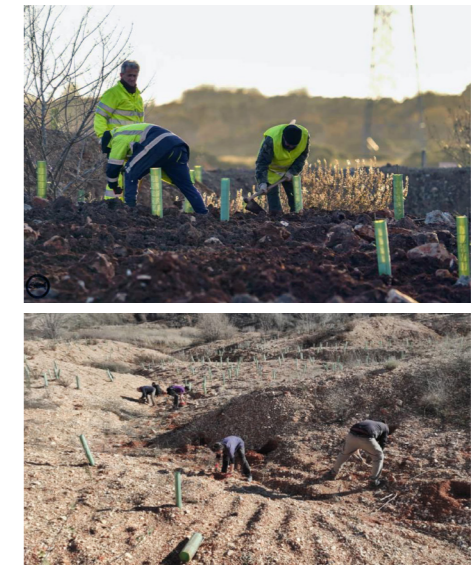


FIG. 19 Trabajos de restauración en La Chanta

Fuente: (CONAMA, 2024)



FIG. 20 Estado de La Chanta después de la intervención
Fuente: <https://goo.su/AoNXXcB>

distribuidos estratégicamente en el entorno, junto con un nido específico para grandes águilas. Un rasgo particularmente singular del proyecto es la conservación del muro donde se situaba la antigua máquina machacadora de la explotación. Este elemento industrial, en lugar de demolerse, se utiliza como soporte ecológico: alberga nidos para aves hirundínidos coloniales, vencejos, cernícalos y murciélagos, mientras que en su parte inferior se ha habilitado una colonia artificial para el avión zapador, especie fuertemente vinculada a los ambientes de cantera en la región⁹ (Fig. 19, 20).

Un aspecto particularmente relevante del proyecto es la sensibilidad mostrada hacia la biodiversidad ya presente al finalizar la explotación (Fig. 18). Para ello, la empresa modifica el Plan de Restauración inicial y constituye un equipo multidisciplinar integrado por expertos de diversas organizaciones, empresas y ámbitos académicos —incluyendo a la ONG conservacionista Brinzal, que aportó asesoramiento técnico en biodiversidad—, con el fin de definir estrategias de recuperación adecuadas (Sánchez et al., 2023). Esta aproximación permite implementar un enfoque de restauración ecológica innovador, que va más allá de la mera compensación del impacto extractivo y aprovecha las oportunidades que la propia cantera había generado para la vida silvestre. La estrategia no compensatoria consolida y potencia los procesos naturales existentes, al tiempo que pone en valor los atributos ecológicos y socioculturales del espacio restaurado.

Además de los objetivos medioambientales, La Chanta promueve un compromiso social orientado a conciliar el uso público, educativo y científico del lugar. En 2021 se firma un acuerdo de custodia con la ONG Brinzal, responsable de la gestión del sitio, la infraestructura educativa y la promoción de cursos, talleres y actividades dirigidas tanto al público general como a especialistas, con más de 2.000 visitas desde la inauguración del centro de interpretación. Esta estrategia refuerza la vocación pública del espacio, subrayando su potencial en educación y turismo ambiental.

9 La Chanta, <https://lachanta.org/proyecto-de-restauracion/> (Consulta: 29/8/25).

El éxito del proyecto se reconoce a partir de diversos premios, y su calidad ecológica se ve reflejada en la inclusión de La Chanta en el Catálogo de Humedales de la Comunidad de Madrid. Asimismo, cobra valor añadido por generar conocimiento útil para la aplicación de procesos similares en otras canteras, consolidándose como un referente para la gestión responsable de paisajes extractivos en España. Junto a otros ejemplos comparables en distintas zonas extractivas, contribuye al cambio de percepción de las canteras como espacios degradados, abriendo posibilidades de aprovechamiento, integración en objetivos ambientales y reintegración con el entorno, reforzando su conexión con el territorio.

Por último, La Chanta pone de manifiesto el potencial de los espacios mineros para la conservación del patrimonio geológico y la educación científica. Al servir como punto de encuentro y espacio de debate en el marco de la Resolución WCC-2020-Res-088 de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) sobre la protección de la diversidad natural y el patrimonio en entornos mineros, consolida su papel como modelo de referencia en la innovación y gestión de canteras¹⁰.

4. A MODO DE CONCLUSIÓN: COMPARACIÓN DE PROCESOS, VALORES EMERGENTES Y LECCIONES APRENDIDAS

El análisis comparativo de los cuatro estudios de caso evidencia que las canteras, lejos de ser meros espacios degradados, constituyen territorios de elevado potencial ecológico, paisajístico y sociocultural. Tanto los ecosistemas espontáneamente generados en las canteras de áridos analizadas en Chipre y en el marco del proyecto LIFE in Quarries, como los procesos de recuperación planificada llevados a cabo en la cantera ENCI de Maastricht y en La Chanta (Madrid), demuestran que estos entornos favorecen la aparición de valores ecológicos significativos y ofrecen oportunidades singulares para la consolidación de hábitats diversos.

10 La Chanta, <https://lachanta.org/proyecto-de-restauracion/> (Consulta: 29/8/25).

Los estudios sobre biodiversidad espontánea ponen de relieve la capacidad de las canteras para albergar especies y comunidades singulares sin necesidad de intervenciones intensivas, subrayando el valor de acompañar y potenciar los procesos naturales en lugar de sustituirlos. En paralelo, los proyectos de recuperación planificada demuestran que la acción humana puede canalizar y amplificar estos procesos, incorporando objetivos ecológicos junto con dimensiones socioculturales, educativas e incluso económicas. Conviene, no obstante, matizar que esta aparente recuperación espontánea es, en muchos casos, el resultado de una gestión intensiva en la que los procesos ecológicos son deliberadamente orientados y moldeados por la intervención humana (Amendt et al., 2024).

El Plan de Transformación de ENCI, especialmente en sus revisiones más recientes (2023; 2025), evidencia una clara orientación hacia la mejora de la “atractividad” del sitio como estrategia para generar ingresos destinados a su mantenimiento. No obstante, la solidez de este planteamiento resulta cuestionable cuando se compara con otras iniciativas, como LIFE in Quarries, que priorizan modelos colaborativos dirigidos a garantizar la conservación a largo plazo de hábitats y especies amenazadas. Si bien los costes de gestión son inevitables, es previsible que estos aumenten significativamente cuando las intervenciones se orientan principalmente hacia usos promocionales, turísticos o de mercantilización del espacio, en detrimento de una gobernanza ecológica sólida.

La comparación de los proyectos pone de relieve la necesidad de integrar ambas estrategias: favorecer la dinámica espontánea de los ecosistemas, al mismo tiempo que se implementan medidas de gestión que aseguren la conservación, accesibilidad y continuidad de los valores ecológicos emergentes. Los proyectos planificados, como ENCI y La Chanta, muestran que la recuperación puede trascender la mera compensación de los impactos extractivos, incorporando innovaciones técnicas y ecológicas, tales como la creación de hábitats específicos, la gestión de humedales, la instalación de refugios y nidos artificiales, y la preservación de estructuras industriales con funciones ecológicas.

En este marco, las buenas prácticas orientadas a la biodiversidad pueden integrarse de manera armoniosa

en la planificación y recuperación de canteras, incluso mientras estas permanecen activas, generando beneficios ambientales y sociales sostenibles sin comprometer la eficiencia operativa. Esto requiere una visión estratégica y un compromiso constante por conciliar la explotación de materias primas con los servicios ambientales que la naturaleza proporciona, asegurando que la actividad extractiva y la conservación de la biodiversidad se complementen de manera mutuamente beneficiosa (Fig. 21).

Los ejemplos analizados, entre otros similares, ofrecen varias lecciones clave que pueden ser replicadas en contextos comparables. En primer lugar, las canteras deben considerarse como sistemas abiertos y dinámicos, interrelacionados con el territorio circundante y capaces de generar conectividad ecológica. En segundo lugar, la planificación y la intervención deben ser sensibles a la biodiversidad preexistente, aprovechando las oportunidades que los propios procesos extractivos crean para la vida silvestre (Fig. 22). En tercer lugar, la participación de múltiples actores —instituciones académicas, empresas, organizaciones conservacionistas y comunidades locales— es esencial para garantizar la coherencia de las estrategias



FIG. 21 Servicios ecosistémicos en canteras, representación gráfica
Fuente: (Mola et al., 2018, p.38)



FIG. 22 Acantilados, humedales, estanques y zonas húmedas generadas por la actividad minera coexisten con la explotación en la cantera "Les Petons" (Bélgica, 2020)
Fuente: <https://superjeanmarc.com/project/life-in-quarries>

ecológicas y socioculturales. Por último, los proyectos post-extracción pueden convertirse en catalizadores del desarrollo territorial y social a largo plazo, consolidando el papel de las canteras como espacios de innovación ecológica y educación ambiental.

En suma, los paisajes extractivos, cuando se gestionan de manera adecuada, actúan como nodos de interacción que facilitan la integración de la biodiversidad, la investigación aplicada y la planificación estratégica del territorio. La consideración de estos espacios como sistemas complejos y multifuncionales trasciende la visión tradicional de la cantera como lugar residual y abre nuevas vías para su regeneración, interpretación y valorización en el contexto contemporáneo.

Estos paisajes facilitan la interacción entre comunidades heterogéneas, con estructuras y funciones diferenciadas, pero unidas por fuertes lazos espaciales, medioambientales y socioculturales. Constituyen, por tanto, recursos espaciales y ecológicos críticos para las comunidades locales, que deben valorarse y protegerse como portadores de significados profundos y de mecanismos vinculados a la evolución del territorio a lo largo del tiempo. Representan un hilo conductor

que interpreta una historia compartida de desarrollo económico y social (Helms y Varcin, 2011), con su legado cultural inscrito desde la superficie hasta el subsuelo profundo en el espesor del «suelo viviente» (Bava et al., 2021).

La regeneración y el desarrollo de las canteras, tanto en activo como tras su abandono, dependen en gran medida de la comprensión de sus elementos constitutivos y de su potencial interpretativo a lo largo del tiempo. Una visión más amplia de estos espacios, que vaya más allá de la mera conservación o la simple reutilización funcional, permite concebirlos como sistemas vivos en continuo cambio, o como un «paisaje en movimiento» (Clément, 1997; Occhiuto, 2006). Este enfoque multiplica las posibilidades asociadas a los paisajes de cantera y abre vías originales de co-construcción local sin perder la visión de conjunto, habilitando múltiples formas de valorar, regenerar y conectar estos lugares con su entorno territorial (Council of Europe, 2000).

En última instancia, estos paisajes testimonian cómo los materiales de la tierra han sido transformados al servicio del tejido urbano y del desarrollo territorial, reflejando el complejo proceso de interacción entre distintas comunidades, humanas y no humanas. Así, minas y canteras poseen un potencial singular para promover la cooperación transdisciplinaria y transfronteriza, alimentando la conciencia sobre las redes de interdependencia en las que se base el consumo de materias primas que sustenta la sociedad contemporánea.

El texto subraya la importancia de que la atención a las canteras no se limite a intervenciones posteriores al abandono, sino que constituya una práctica continua. Desde el inicio de las actividades extractivas, las estrategias regenerativas y las prácticas de cuidado del paisaje deben integrarse como constantes, promoviendo una coexistencia armoniosa entre especies, hábitats y comunidades humanas y no humanas que comparten y dependen mutuamente del territorio. A través de enfoques de gestión adaptativa y diseño del paisaje, se evidencia la posibilidad de valorar las características morfológicas de los sitios extractivos —pendientes, cavidades, espejos de agua, vegetación espontánea— acogiendo procesos ecológicos y sociales emergentes.

En este proceso, el paisaje nunca regresa a un estado anterior, ni pretende restaurarlo, sino construir continuamente equilibrios ecológicos y sociales dinámicos. De este modo, el proyecto establece un diálogo entre las prácticas extractivas —aun cuestionando su necesidad y su intensidad— y los imaginarios regenerativos, promoviendo el establecimiento de relaciones de cuidado mutuo, respeto y aprendizaje compartido. Así, los paisajes extractivos, especialmente aquellos que siguen operativos, pueden transformarse en lugares vitales de convivencia, que fomentan la reflexión crítica y catalizan procesos de transformación constante del territorio, convirtiéndose en detonantes de una regeneración ecológica y social continua y evolutiva.

BIBLIOGRAFÍA

- AMENDT, K., CARAVELLO, C., & OCCHIUTO, R. (2024). Green-covered: The Sint-Pietersberg as a terrarium of cultures. In SANTUS, K.; SAPONE, S. & MUNDULA, S. (Eds.). *TERRARIUM Earth Design: Ecology, Architecture and Landscape* (pp. 402–411). Mimesis Edizioni.
- ANEFA (2000). Explotación de Áridos y Medio Ambiente. Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos. <https://conocelosaridos.org/pdfs/AridosyMA.pdf>
- ANEFA (2025). Gestión de la biodiversidad en explotaciones de áridos. Actuaciones en Red Natura 2000 y otros espacios protegidos. https://rotateproject.eu/wp-content/uploads/2025/10/Biodiversidad_ROTATE.pdf
- BALLESTEROS, M. et al. (2025). Maximising biodiversity potential in Europe's mines and quarries: A key role for EU Nature Restoration Regulation targets. *Ambio* [Preprint]. <https://doi.org/10.1007/s13280-025-02235-4>.

- BAVA, H., HÖSSLER, M., & PHILIPPE, O. (2021). *Sols vivants: Socles de la nature en ville*. Paris: Agence Ter.
- BARGMANN, J. (2003). *Toxic Beauty: A Field Guide to Derelict Terrain*. New York: Princeton Architectural Press.
- BERGER, A. (2008). *Designing the reclaimed landscape*. London: Routledge.
- BHATIA, N. et al. (2025). From the Ground. *Journal of Architectural Education*, 79(1), 2–8. <https://doi.org/10.1080/10464883.2025.2463288>.
- BOE (1973). Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas. Núm. 176.
- BOE (1982). Real Decreto 2994/1982, de 15 de octubre, sobre restauración de espacio natural afectado por actividades mineras.
- BOE (2024). Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril de 2024, por el que se establece un marco para garantizar un suministro seguro y sostenible de materias primas fundamentales y por el que se modifican los Reglamentos (UE) n.º 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1724 y (UE) 2019/1020.
- CALOZET, M. et al. (2022). *Layman's report—LIFE in Quarries: Management of Biodiversity in active Quarries*. FEDIEX, Belgium. <https://hdl.handle.net/2268/268355>
- CLÉMENT, G. (1997). Jardins en mouvement, friches urbaines et mécanismes de la vie. *Journal d'agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 39(2), 157–175.
- CLEMENTS, F. (1916). *Plant succession: an analysis of the development of vegetation*. Carnegie Institute, Washington, DC (242).
- CONAMA (2024). *La Chanta (Corpa, Madrid): de cantera restaurada a espacio natural protegido*. Memoria. <https://www.fundacionconama.org/wp-content/uploads/conama/premios/23/La-Chanta.pdf>
- DOCE (1992). Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Núm. 206, 7-50.
- EUR-Lex (1993). 93/626/CEE: Decisión del Consejo, de 25 de octubre de 1993, relativa a la celebración del Convenio sobre la diversidad biológica.
- FIORI, S., MARIOLLE, B. & POLI, D. (2020). Réparer les territoires post-miniers. *Cahiers de la recherche architecturale, urbaine et paysagère*, 7. <https://doi.org/10.4000/craup.4162>.
- FORNÓS, J. J. (n.d.). Lithica: La explotación del “marès”. En *Introducción a la geografía física de Menorca*. AGE, Universitat de València, Universitat de les Illes Balears, Societat d'Història Natural de les Balears, 203–205.
- FOOTE, J., KOZMINSKA, U. & GJORGJIEVSKI, N. (2024). Post-extractive Material Practice: The Case of Quarried Stone. In M.R. Thomsen, C. Ratti, and M. Tamke (eds) *Design for Rethinking Resources*. Cham: Springer International Publishing, 11–19, https://doi.org/10.1007/978-3-031-36554-6_2.
- GILLET, L. & MAHY, G. (s/f). *Quarries and Pollinators: Recognize and Welcome Them*. University of Liège. Traducción en español por la Federación de Áridos, FdA
- GIRALT EL MONTMELL, E. (2025). Plan para renaturalizar setenta canteras abandonadas. *La Vanguardia*, 14 mayo 2025. <https://goo.su/G4yQ4C>
- HARRIES, K.L. et al. (2024). Characteristics and gaps in the assessment of progress in mine restoration: insights from five decades of published literature relating to native ecosystem restoration after mining. *Restoration Ecology*, 32(1), e14016. <https://doi.org/10.1111/rec.14016>.
- HELMS, K., & VARCIN, A. (2011). *Une métropolisation sans métropole: Grünmetropole (Henri Bava, agence Ter, Paris-Karlsruhe)*. Rapport de recherche AGE-2009-JAQ. Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Belleville; Ministère de la Culture et de la communication / Bureau de la recherche architecturale, urbaine et paysagère (BRAUP), 107–125. <https://hal.science/hal-02989988/document>
- HOOGEBOOM, M. K., & ZWIJNENBURG, S. (2025). De Eerste Nederlandse Cement Industrie Cementmonumenten. *Tijdschrift van de Rijksdienst Voor Het Cultureel Erfgoed*, 2, 4–7.
- HUTTON, J. (2019). *Reciprocal Landscapes: Stories of Material Movements (1st ed.)*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315737102>
- KETTERMANN, M., PONIATOWSKI, D., & FARTMANN, T. (2022). Active management fosters species richness of wild bees in limestone quarries. *Ecological Engineering* (182).
- KITSIS, P. & NICOLAIDES, A. (2022). *Biodiversity. The creation of new habitats at the quarry pit. UEPG Sustainable Development Awards ELMENI (QUARRIES) LTD, Cyprus. Report*.
- LIFE14 NAT/BE/000364. (2022). *LIFE in Quarries: Final Report Covering the project activities from 01/10/2015 to 31/12/2021*.
- MANS, J. (2009). *Plan van Transformatie ENCI-gebied*. Gemeente Maastricht, Provincie Limburg, ENCI.
- MERCKEN, K. et al. (2019). *Factsheets—Projet LIFE in Quarries*. <https://hdl.handle.net/2268/242451>
- MEYER, E. K. (2007). Uncertain Parks: disturbed sites, citizens, and risk society. In: CZERNYAK, J., & HARGREAVES, G. (eds.). *Large Parks*. New York: Princeton Architectural Press, 59–85.
- MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (2022). Hoja de Ruta para la Gestión Sostenible de las Materias Primas Minerales. Madrid: : Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- MOLA, I., SOPEÑA, A. y DE TORRE, R. (ed) (2018). *Guía Práctica de Restauración Ecológica*. Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. <https://ieeb.fundacion-biodiversidad.es/content/guia-practica-de-restauracion-ecologica>.
- MÜNSCH, et al. (2022). *Limestone quarries are the most important refuge for a formerly widespread grassland butterfly*. *Insect Conservation and Diversity*.
- NOVÁK, J., & PRACH, K. (2003). Vegetation succession in basalt quarries: Pattern on a landscape scale. *Applied Vegetation Science*, 6(2), 111–116.
- OCCHIUTO, R. (2006). L'architecture du paysage: Dimension globale traversant les disciplines de l'espace. In LOUGUET, P.; TIRY, C. & VERMANDEL, F. (Eds.). *L'espace de la grande échelle/Space on a Large Scale: Vol. Cahiers thématiques (1st ed.)*. Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris.
- SÁNCHEZ, R., ALONSO, R., & GARCÍA, I. (2023). La Chanta: mucho más que una antigua cantera restaurada. *Quercus: Revista decana de información ambiental*. <https://goo.su/jlfAwW>
- SAUER, C. O. (1925). *The morphology of landscape*. University of California Publications in Geography, 2(2), 19–54.
- SFENDOURAKIS, S. et al. (2025). *Registro y evaluación de la biodiversidad en canteras de áridos de Chipre* [trad. del griego]. Laboratorio de Ecología y Biodiversidad, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de Chipre.
- SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION (SER) INTERNATIONAL, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. www.ser.org.
- TANDY, C. (1975). *Landscape of Industry*. Great Bentley: TBS The Book Service Ltd.
- TANSLEY, A. G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16(3), 284–307.
- TRIO, M., y GUILLERMO, M. (2022). *Panorama minero 2022*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC).

- TROPEK, R. et al. (2010). Spontaneous succession in limestone quarries as an effective restoration tool for endangered arthropods and plants. *Journal of Applied Ecology*, 47, 139–147.
- TSIOUTI, A. (2024). *Generando patrimonio a partir de los escombros: la recuperación de los paisajes mineros en España*. Tesis doctoral, UPC, Departament d'Urbanisme, Territori i Paisatge. DOI 10.5821/dissertation-2117-417802.
- VERGOOSSEN, W., & HAGEMAN, J. (2020). De kleine dieren van de duisternis. In G.D. Majoor et al. (eds) *Natuurlijk Maastricht. Compacte stad in een weids landschap*. Maastricht: Stichting Natuurpublicaties Limburg, 326–333.
- WALSCHOT, L. (2021). *Mergel gebroken. Een inventarisatie van ondergrondse kalksteengroeven in Nederland*. Stichting Ondergrondse Werken.
- WHITTAKER, R. H. (1975). *Communities and ecosystems*. Second edition. Macmillan, New York.
- YOUNG, R. E. et al. (2022). International principles and standards for the ecological restoration and recovery of mine sites. *Restoration Ecology*, 30(S2), pp. 1-47.
- ZANCHINI, E. y NANNI, G. (2021). *CAVE 2021 La transizione dell'economia circolare nel settore delle costruzioni*. Legambiente.
- Council of Europe (2000). European Landscape Convention and reference documents. <https://rm.coe.int/16802f80c6>.
- ENCI Maastricht (s/f), “Homepage, ENCI Maastricht”. <https://www.encimaastricht.com/> (Consulta: 19/8/25).
- Eurostat (a, s/f), “Businesses in the mining and quarrying sector”. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Businesses_in_the_mining_and_quarrying_sector (Consulta: 21/8/25).
- Eurostat (b, s/f), “Enterprises by detailed NACE Rev. 2 activity and special aggregates”. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sbs_ovw_act/default/table?lang=en (Consulta: 21/8/25).
- Geofluv, <https://geofluv.com/> (Consulta: 27/8/25).
- Grupo R Comunicación (30 de mayo de 2024). Un estudio revela que las canteras generan hábitats acogedores para el águila perdicera. <https://gruporcomunicacion.com/un-estudio-revela-que-las-canteras-generan-habitats-acogedores-para-el-aguila-perdicera/>
- HOLCIM (a), Cerro Gordo: Cantera y reclamo geoturístico de la comarca del Campo de Calatrava, <https://www.holcim.es/cerro-gordo-cantera-y-reclamo-geoturistico-comarca-campo-de-calatrava> (Consulta: 6/11/25).
- HOLCIM (b), <https://www.holcim.es/premiado-nuestro-modelo-de-restauracion-de-canteras> (Consulta: 27/8/2025).
- Holt/Smithson Foundation, Asphalt Rundown. <https://holtsmithsonfoundation.org/asphalt-rundown>
- Jerez, A. (2018). Volcán Cerro Gordo. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Volcan_cerro_Gordo,Granatuladecalatrava.jpg (Consulta: 2/11/25).
- LiQ (2018), “LIFE in Quarries”. YouTube. <https://www.youtube.com/channel/UCHsc6LFcocwNf0rVJrTSMVA> (Consulta: 18/8/25).
- LiQ-admin (s/f), “Life in Quarries”. <https://www.lifeinquarries.eu/> (Consulta: 29/7/25).
- Ministerie van Onderwijs, C. en W. (2024), “Monumentale status voor industrieel erfgoed ENCI-gebied”. Nieuwsbericht Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. <https://www.cultureelerfgoed.nl/actueel/nieuws/2024/11/06/enci-monumentale-status> (Consulta: 21/8/25).
- Natuurmonumenten (2023), “Nieuwe samenwerkingsovereenkomst voor transformatie ENCI-gebied”. <https://goo.su/x1OQ> (Consulta: 19/8/25).
- Rademacher de Vries Architects (s/f), “Luikerweg”. <https://www.rademacherdevries.com/luikerweg/> (Consulta: 19/8/25).
- Real Academia Española (2021). “Cantera”. Tesoro de los diccionarios históricos de la lengua española. <https://www.rae.es/tdhle/cantera> (Consulta: 22/8/25).
- Real Academia Española (2024). “Biodiversidad”, Diccionario de la lengua española. <https://dle.rae.es/biodiversidad> (Consulta: 25/8/2025).
- ROTATE Project. <https://rotateproject.eu/media/> (Consulta: 3/11/25).
- Super Jean Marc, Life in quarries. <https://superjeanmarc.com/project/life-in-quarries> (Consulta: 5/11/25).

Fuentes electrónicas

BirdLife International (2024, August 20). Unveiling the hidden world of amphibians in quarries. <https://bit.ly/466PEoZ> (Consulta: 18/8/25).

Comisión Europea (a, s/f), “LIFE 3.0 - LIFE Project Public Page”. <https://bit.ly/3K8mKgR> (Consulta: 15/7/25).

CONAMA (s/f), La Chanta: de cantera restaurada a espacio natural protegido. <https://www.fundacionconama.org/premios/la-chanta-de-cantera-restaurada-a-espacio-natural-protegido/> (Consulta: 19/8/25).