

## ANÁLISIS DE LOS MATERIALES ESCOMBRADOS

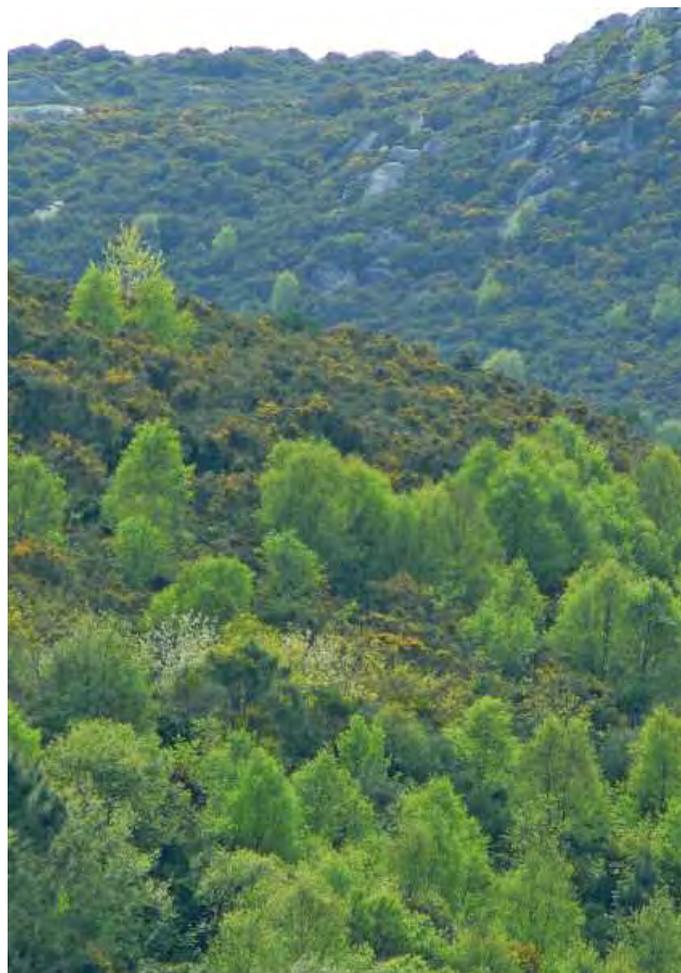
Una vez ejecutadas las infraestructuras y conseguidas las geometrías de proyecto de las superficies finales de la escombrera, fue preciso confirmar la calidad de los estériles que forman dichas superficies para proceder a la revegetación directa sobre los mismos, si así lo permitían, o al aporte de otros materiales (tierra vegetal, estériles seleccionados, cenizas, etc.), si presentaban características negativas, como altos contenidos en azufre, texturas muy finas, etc.

En este sentido y con el objeto de confirmar calidades en las superficies finales de la escombrera y antes de cualquier tratamiento, se tomaron muestras de los diferentes sustratos, realizándose los correspondientes análisis. El número de muestras por hectárea ascendió a ocho cuando las superficies presentaban elevada heterogeneidad, y bajó a cuatro cuando existía cierta uniformidad en la composición de los sustratos. Los parámetros que inicialmente se analizaron fueron: pH, pH de oxidación, azufre total, materia orgánica, complejo de cambio y saturación de aluminio.

En general, los sustratos presentan una estructura deficiente y un elevado grado de compactación. Las texturas dominantes son franco-arenosas en los suelos construidos con pizarras, arcilloso-limosas o arcillosas en los elaborados con sedimentos terciarios y franco-limosas en los de mezcla de estériles.

En los suelos construidos con pizarras, la reserva de agua útil es muy baja, aumentando ésta según la presencia de arcilla, tierra vegetal o cenizas. También el contenido de materia orgánica resulta muy bajo o bajo en todos los sustratos, incluida la tierra vegetal, consecuencia de una pérdida significativa de carbono orgánico durante el manejo de la misma.

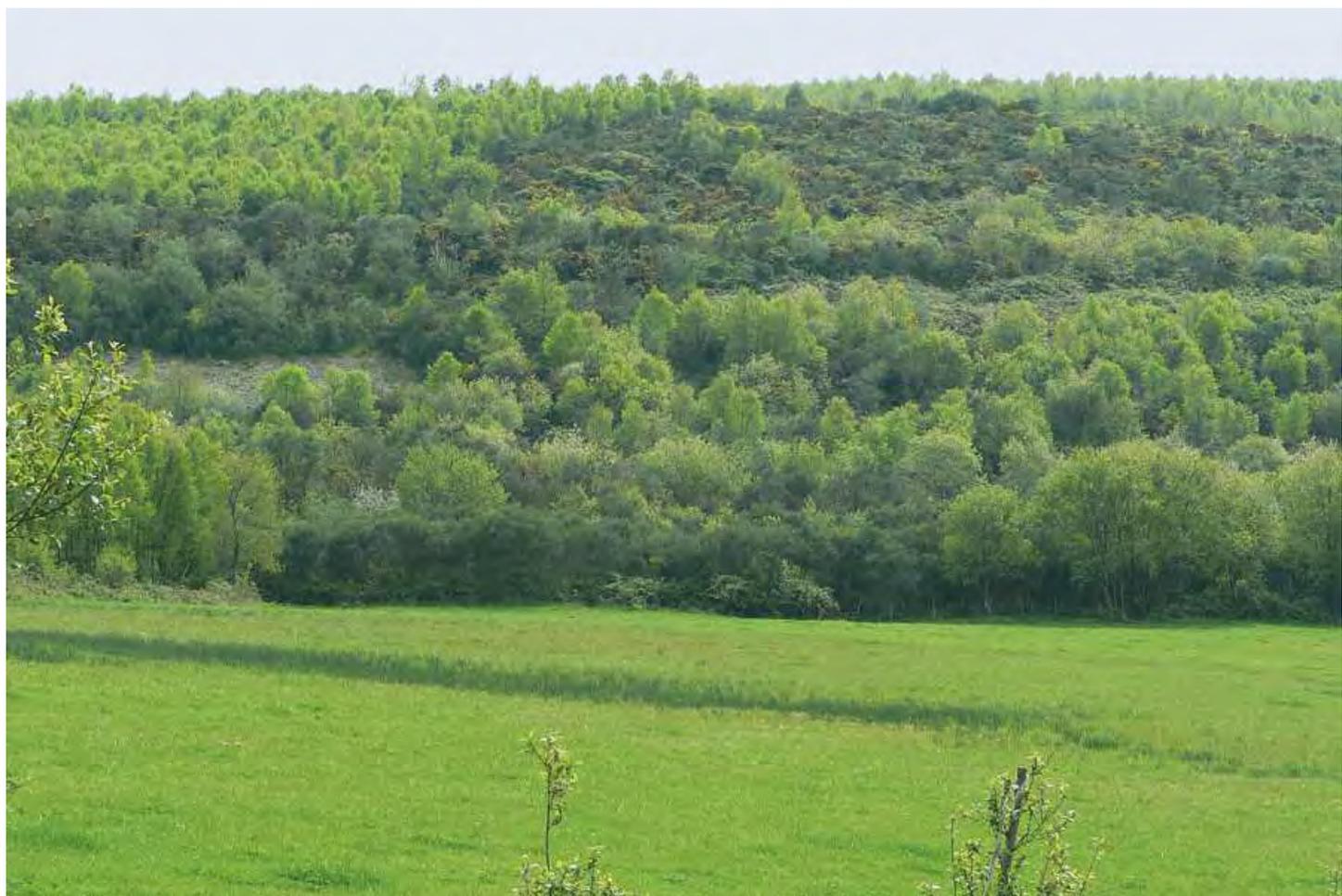
La capacidad de intercambio catiónico efectiva se considera, en general, baja en todos los sustratos de la escombrera, lo que se vincula a las características de textura de los suelos, la naturaleza de la fracción arcilla y el escaso contenido de materia orgánica. En relación a los macronutrientes básicos, los sustratos presentan una deficiencia generalizada de K, Mg y Ca en las zonas más ácidas. Lo mismo ocurre con el nitrógeno y el fósforo.





Ejecución de dique de pizarra (escombrera F), 1989

El mismo dique una vez restaurado, 2005



## ACONDICIONAMIENTO DEL SUBSTRATO

Las superficies finales generadas durante el proceso de apilado pueden presentar muy diversas calidades dependiendo del material que las conforma. En función del tipo de material que quedó en superficie, se llevaban a cabo diversos tratamientos consistentes en el aporte de otros materiales para modificar las características físico-químicas del sustrato o aislarlo en profundidad si se trataba de propiedades muy negativas.

Los análisis de laboratorio y ensayos de campo evidenciaron las posibilidades que ofrecen algunos de los estériles para el establecimiento de una cubierta vegetal cuando se seleccionaban y sometían a un adecuado tratamiento de enmienda y fertilización. Estos materiales son pizarras ocres y arcillas, utilizables individualmente o mezcladas entre sí o con cenizas.

Cuando las superficies finales estaban conformadas con estériles de mala calidad pero con conteni-



Excavación de material seleccionado y apilado del mismo en la zona de Saa, 1993



dos reducidos de azufre, se cubrían con espesores variables de tierra vegetal o estériles seleccionados en función del material y del uso asignado. Dada la limitada disponibilidad de tierra vegetal, este recubrimiento oscila entre 20-30 centímetros cuando lo subyacente es pizarra, alcanzando los treinta centímetros en caso de material arcilloso.

Si se trataba de cubrir arcillas carbonosas o similares con elevados contenidos en azufre, se incorpo-

raba una capa de 40-50 cm de tierra vegetal o, más frecuentemente, una de 20-25 cm de cenizas o material seleccionado y encima otra capa de igual espesor de tierra vegetal.

En algunos casos se utilizaron directamente sobre los estériles ácidos materiales correctores, como la caliza y las cenizas procedentes de la combustión del lignito. La aplicación de uno u otro estaba en función de la menor o mayor presencia de



Preparación de un nivel, 1991



Implantación de la 1ª cubierta vegetal, 1992

Colonización por matorral, 1994



Estado de la zona en 2006



sulfuros y, por tanto, del riesgo de acidificación potencial.

En síntesis, cuando los materiales que conforman las superficies que debían tratarse presentaban niveles de azufre inferiores al 0,1 % y reacción entre neutra y básica, el tratamiento era a base de caliza con dosis que podían llegar a veinte toneladas por hectárea para una neutralización de la acidez hasta quince centímetros de profundidad, y a 35 t/ha para

neutralizaciones hasta cuarenta centímetros de profundidad. En la práctica no se precisaban neutralizaciones de cuarenta, dado el descenso de aireación del sustrato con la profundidad y la consecuente bajada de la cinética del proceso oxidante y de generación ácida.

Cuando los niveles de azufre de los sustratos superaban el 0,1%, el aporte de caliza tenía un efecto neutralizante muy poco efectivo a medio y largo



Superficie tratada con estériles seleccionados. Preparación del talud inferior de la vertiente oeste. Monte Forgoselo a la derecha, 1992

Primera cubierta vegetal, 1993



Incorporación de pizarras ocre, 1993

Colonización por matorral, 1996



plazo, al margen de que las dosis de cal potencialmente necesarias para un contenido de azufre del 2,5-3% tenían que llegar al orden de 500 t/ha, cantidad inabordable tanto técnica como económicamente. En consecuencia, en el supuesto de que quedasen en superficie materiales con elevados contenidos en sulfuros, se utilizaban las cenizas como neutralizante alternativo a la caliza.

Se demostró de forma práctica que la adición de

cenizas a las superficies de mayor acidez mejoraba sustancialmente el sustrato y facilitaba el establecimiento de la cubierta vegetal. El carácter alcalino y la elevada capacidad de neutralización de ácidos que presentan las cenizas aseguraba un efecto corrector a más largo plazo que el de la caliza.

Además de sus cualidades como enmiendas básicas, las cenizas mejoran la textura de muchos materiales, aumentando así su capacidad de retención



Zona de la antigua escombrera Calvo Sotelo, 1986



La misma zona en 1988

Situación en 1992



Estado actual



de agua. No obstante, la disposición de una capa de cenizas en superficie, sin una adecuada mezcla con el estéril, crea importantes riesgos de erosión mientras no se estabiliza la vegetación. Por otra parte, el uso de cenizas no reviste riesgo alguno de toxicidad por metales ya que estabiliza el pH del suelo evitando que se den condiciones de solubilización metálica.

Junto a la presencia de sulfuros metálicos, los principales problemas de los estériles mineros para un idóneo desarrollo vegetal derivan de la carencia de estructura, la baja capacidad de retención de agua, el escaso contenido en materia orgánica y los niveles deficitarios de elementos nutritivos. El aporte de materia orgánica introduce mejoras importantes,

Tratamiento con cenizas de una plataforma de arcillas carbonosas, 1987



Tratamiento con caliza de una plataforma de pizarras, 1988



Talud de la escombrera Calvo Sotelo, 1988

tanto en las propiedades físicas como químicas y biológicas, ya que:

- Propicia la agregación entre las partículas minerales del suelo, favoreciendo el desarrollo de la estructura, aireación y capacidad de retención de agua.
- Constituye una reserva nutritiva de liberación lenta a través del proceso de mineralización.
- El alto contenido en carbono orgánico ofrece una fuente de energía inmediata para el desarrollo microbiológico del suelo que ayuda a la recuperación de los ciclos nutritivos.

En este sentido, el aporte de fertilizantes orgánicos a las diferentes superficies de la escombrera constituye una operación imprescindible para la implantación y el futuro desarrollo de la cubierta vegetal. Los ensayos llevados a cabo pusieron de manifiesto la riqueza de estos productos en elementos nutritivos y su lenta liberación, que asegura su regular suministro a lo largo de un prolongado período. Es por esto por lo que se aplicaron de manera



El mismo talud tratado con cenizas, 1992

generalizada como abonado de fondo en la mayoría de la escombrera. Los productos empleados fueron purines, estiércol y lodos de depuradoras, siempre en dosis controladas para evitar sobrecarga con metales pesados, sustancias contaminantes y brotes patógenos.



La incorporación de materia orgánica siempre ha estado presente en la restauración. Al principio los medios eran limitados, 1987



Estos trabajos se mecanizaron a partir de 1989



## CUBIERTA VEGETAL

Una vez acondicionado el sustrato e independientemente del uso que pudiere asignarse en función de su evolución, en todas las superficies se sembraban herbáceas con el fin de tapizar de forma rápida el suelo, evitar la puesta en marcha de procesos erosivos, contribuir a mejorar la calidad del agua de escorrentía e iniciar la asociación suelo-vegetación.

Esta primera implantación vegetal se efectuaba con especies de importante capacidad de adaptación y supervivencia, como el dactylo, la festuca, el ray-grass y el trébol. Se trata de las más apropiadas

para los suelos de la escombrera. Las especies espontáneas representativas de prados naturales tipo holco y agrostis acostumbran a invadir estas superficies conviviendo con las introducidas y formando al final las praderas permanentes que, en su conjunto, constituyen un ecosistema que destaca por sus características biológicas y paisajísticas.

Esta primera cubierta vegetal, imprescindible en la fase inicial, da paso, de acuerdo con la evolución natural, a comunidades más avanzadas que contribuyen a dinamizar los procesos evolutivos del suelo.

Implantación de la cubierta de herbáceas, 2004



Cuando el suelo, como en el caso que nos ocupa, es potencialmente erosionable, pobre en nutrientes, carente de materia orgánica y en taludes con pendiente acusada, no basta con la cubierta de herbáceas. Se precisa introducir una segunda a base de matorral con especies frugales que colonicen el medio y pongan las bases para que se instalen las

especies principales. Esta cubierta se forma con especies espontáneas, pioneras, persistentes, a poder ser leguminosas y con una capacidad de regeneración importante, porque en ocasiones se desarrollan en situaciones de extrema dificultad, como taludes con pendiente superior al 40% y sustratos inadecuados.



Preparación e implantación de herbáceas en una zona de la vertiente sur, 1995



Acondicionamiento y primera cubierta de herbáceas en la vertiente oeste, 2005



En la escombrera de la mina de As Pontes se introdujeron mediante siembra directa el tojo (*Ulex*) y la retama (*Cytisus*) que, por tratarse de leguminosas, presentan la particularidad de fijar nitrógeno atmosférico potenciando la fertilidad del suelo. En este caso, el matorral representa la vegetación madura y opera como un elemento clave en la protección del suelo, constituyendo, por tanto, un ecosistema de gran valor ecológico.

Las cubiertas de herbáceas y matorral, imprescindibles en las fases iniciales, abren paso, de acuerdo con la evolución natural, a comunidades más avanzadas que contribuyen a dinamizar los procesos evolutivos del suelo y mejoran la diversidad. Por ello en numerosas superficies, especialmente aquellas que se encuentran en talud, se introdujeron distintas especies de arbolado en mezcla o por rodales con el fin de potenciar la diversidad florística.

Las especies implantadas eran las que, en principio, ofrecían más garantías para su adaptación a las condiciones singulares de la escombrera, buscando siempre la compatibilidad entre el entorno, las limitaciones del lugar y los árboles elegidos. Dentro de las coníferas, se introdujo *Pinus pinaster* y *Pinus radiata*, así como *Pseudotsuga douglasii*, con resultados muy positivos en cuanto a su adaptación y desarrollo.

En relación a las frondosas, se hizo hincapié en el abedul y el aliso. El primero porque, aparte de estar muy presente, tiene propiedades singulares en su relación con el suelo y un poder de adaptación importante; el segundo, por ser capaz de enriquecer la cubierta forestal aumentando la productividad del lugar en función de su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico. Son dos especies que mejoran claramente los suelos y siempre deben estar presentes en masas monoespecíficas o mixtas.

Preparación de superficie e implantación de la vegetación en una zona del sector este de la escombrera, 2000-2004



Puesto que se persigue la diversidad, también se optó por especies más exigentes, como robles, castaños, arces y servales, que generalmente se mezclan con otras frondosas ubicándose en áreas de características compatibles con la ecología de estos árboles.

Se ha comprobado a nivel general, incluso en zonas con altas precipitaciones, que la introducción en suelos de mina (escombreras) de plantas a raíz desnuda no constituye un sistema válido por el gran número de marras que se producen. Al margen de las mutilaciones y desperfectos que sufren las raíces du-

#### IMPLANTACIÓN DE MATORRAL EN UN TALUD DE LA ESCOMBRERA F. AL FONDO EL MONTE FORGOSELO



Preparación



Implantación de herbáceas

Desarrollo de tojo y retama



Colonización por abedules, alisos y sauces





Primera plantación de alisos en un talud de la escombrera E-2, 1989

Primera plantación de pinos en la escombrera E-2, 1989



rante el desarraigo, transporte y plantación, lo que influye en los resultados, hay un factor clave que condiciona el éxito de la plantación: la humedad del suelo.

Los suelos de mina están conformados por los propios estériles que se extraen o por estos y una capa más o menos importante de tierra vegetal. En ambos casos, estos materiales son arrancados, cargados, transportados, apilados y compactados, por lo que pierden la estructura original. La consecuencia inmediata es que la capacidad de retención de agua del nuevo suelo resulta muy baja, hasta el punto de que un solo mes sin lluvias, en época esti-

Coníferas: pino de Monterrey y pino de Oregón, 2005







Serval de cazadores, 2007



Castaño, 2007



Masa de alisos, 2006



Masa de abedules, 2006

Masa mixta de frondosas, 2005



val, basta para provocar la mortandad del 100% de las plantas introducidas a raíz desnuda, incluso en regiones atlánticas.

La solución está en la utilización de plantas con cepellón, que aseguran los resultados al paliar en gran medida el problema anteriormente citado. Las plantas así obtenidas tienen mejor calidad que a raíz desnuda si se utilizan los sustratos y envases adecuados y se cultivan correctamente.

Masa mixta de frondosas, 2005





Preparación para la producción de plantas en una plataforma de la escombrera E-1, 1987



Situación en 1988



Los medios para la producción de plantas evolucionaron a lo largo de los años. Vivero ubicado en la central térmica, 2002

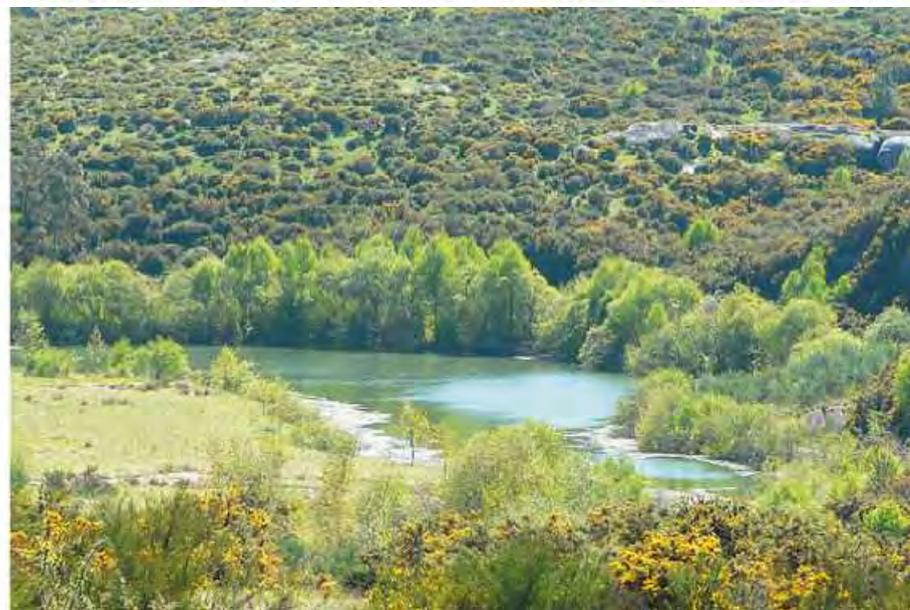
## ZONAS HÚMEDAS

Las zonas húmedas comprenden un conjunto de ecosistemas donde el elemento principal es el agua, de procedencia natural o artificial y con régimen temporal o permanente. Se consideran ecosistemas ricos y productivos debido a que se trata de áreas de transición entre sistemas terrestres y acuáticos donde existen, por tanto, comunidades vegetales y animales de gran diversidad y complejidad.

Los humedales artificiales tienen una gran importancia ecológica al sustituir a los desaparecidos en las rutas de emigración de las aves, constituyendo en estos casos hábitats temporales, bien de nidificación o de invernada.

Las numerosas charcas presentes en la escombrera se construyeron en los últimos diez años y por su formación pertenecen al grupo de zonas húme-

Las charcas son importantísimas como hábitat y reservorio de agua, 2005



das artificiales. Presentan un balance hídrico positivo, por lo que las oscilaciones de los niveles de agua carecen de importancia.

La relevancia de estas charcas depende inevitablemente del agua y de sus condiciones. La calidad del líquido y su disponibilidad determinan el futuro de estos sistemas lacustres. Por otra parte, esta calidad se relaciona con las características de los mate-

riales que conforman la cubeta y con el grado de restauración alcanzado en la correspondiente cuenca de captación.

En este sentido, hay que resaltar que las charcas de la escombrera tienen una calidad similar a las aguas naturales, como ponen de manifiesto los controles químicos y la presencia de comunidades de animales y plantas asociadas a estas charcas.









El agua de las charcas también se utiliza en casos de emergencia

Al igual que otros habitat, las charcas se colonizan de manera natural





Construcción de una charca en el último nivel de la escombrera y situación final, 2003-2004





Vista de un sector de la escombrera desde los tubos armco, 1995. El mismo sector en 2005



## LABORES DE MANTENIMIENTO

En los años siguientes a la implantación de los diferentes estratos vegetales, se efectúan campañas de seguimiento para conocer la evolución de las superficies restauradas. En función de los resultados, y siempre con el objetivo de realizar la menor intervención posible, se aplican las enmiendas y abonos necesarios hasta que se aprecia una estabilización de la vegetación.

Donde hay una cubierta de herbáceas, con el fin de mantener la pradera, se impide la colonización del matorral mediante siegas anuales, cuando se comprueba que la vegetación se encuentra estabilizada y que las producciones son adecuadas.

Respecto al matorral, puesto que su conservación se considera fundamental por el aspecto estabilizador y formador de suelo, su manejo depende



Siega de herbáceas, 2005



Desbroce entre líneas de plantación, 2001



Hierba empaquetada para su traslado, 2005



del uso que, en principio, se haya pensado para cada superficie:

- En taludes con pendientes superiores al 30%, el matorral se mantiene de forma permanente.
- En superficies de menor pendiente y no tratadas con tierra vegetal, se desbroza al tercer año, con la finalidad de incorporar al suelo su biomasa como materia orgánica.
- En lugares donde se introduce arbolado, y dado que es incompatible su presencia con la del matorral por la agresividad de este último, se procede a desbroces entre líneas cada tres años, hasta que los árboles alcanzan un desarrollo adecuado. Es a partir del octavo o noveno año de plantación cuando se deja de actuar sobre el matorral, permitiendo que este evolucione en asociación con la cubierta arbórea.

Trabajos en el vivero



Colmenas en la escombrera, 2005

Respecto al arbolado, y puesto que el objetivo final no es la producción sino la diversidad, la estabilización y la protección del sistema, no se llevan a cabo cuidados culturales tales como aplicación de herbicidas, riegos, abonados, podas, etc., de modo que las especies evolucionan de manera natural.



La hierba se regenera perfectamente después de la siega y los desbroces, 2004





La presencia de setas es un buen indicador de la evolución de la escombrera, 2006

## SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA

Actualmente, la escombrera exterior ocupa una superficie de 1.150 hectáreas, tiene un volumen de 720 millones de metros cúbicos y se eleva 160 metros. A diciembre de 2006 había sido tratada en su totalidad, dando por finalizada su rehabilitación en los aspectos de movimiento de tierras, infraestructuras, implantación de la vegetación, etc.

Desde entonces, solo se llevan a cabo algunos trabajos de mantenimiento y programas de seguimiento sobre el suelo, el agua, la vegetación y la fauna.

La restauración de estas 1.150 hectáreas implicó que se realizasen del orden de 6.000 análisis físico-químicos de muestras de tierra y de agua, que se utilizasen más de dos millones de metros cúbicos de tierra vegetal o estériles seleccionados y que se construyeran 67 kilómetros de pistas y 56 de cunetas. Asimismo, se aplicaron 40.000 metros cúbicos de abonos orgánicos, 500.000 kilogramos de abonos químicos y 120.000 kilos de semillas. Se plantaron del orden de 600.000 árboles.





La población de corzos de la escombrera es la más numerosa de la comunidad gallega. Pareja de corzos, 2005



La restauración finalizará cuando los programas de seguimiento confirmen una correcta evolución del suelo, una buena calidad de las aguas de escorrentía y una vegetación autosostenible y diversa que evolucione de forma natural y sirva como sustento y refugio de la fauna.

De esta manera, la escombrera será un gran ecosistema global que englobará a otros cuatro específicos, estructurados del siguiente modo: pradera (34%), matorral (20%), arbolado (40%) y zonas húmedas (6%).

Los estratos vegetales: herbáceas, arbustos y arbolado junto al elemento agua conforman un ecosistema estable y autosostenible, 2005





## LA FLORA

En la escombrera se han identificado 220 taxones (especies) pertenecientes a 49 familias, de los cuales un 75% se corresponden con plantas herbáceas mientras que el porcentaje restante incluye la flora leñosa (25%) de la cual 24 especies constituyen la flora arbustiva (c. 11%).

El grupo predominante son cotiledóneas seguido de las monocotiledóneas.

Nueve familias: Gramineae, Leguminosae, Compositae, Juncaceae, Caryophyllaceae, Scrophulariaceae, Umbelliferae y Labiatae, recogen más de la mitad de los géneros y de los taxones catalogados.

La familia con más riqueza específica de las dicotiledóneas son las leguminosas, junto con las compuestas, seguidas de las ericáceas y las cariofiláceas. El resto de las familias tienen 5 o menos taxones.

La familia con mayor riqueza específica de las mo-

nocotiledóneas es, sin duda, las gramíneas con 29 taxones diferentes. También es destacable la abundancia de especies de la familia de las juncáceas, con 8 taxones que han aparecido en su totalidad de manera espontánea.

Del análisis de la procedencia de los taxones se obtiene que del orden del 85% de los taxones catalogados han surgido de manera espontánea, bien por encontrarse en el banco de semillas de la capa de tierra vegetal empleada en la restauración, o proceder de los alrededores por diversos mecanismos de dispersión, mientras que el 15% están presentes al haber sido introducidos de manera artificial.

Por estratos vegetales se agrupan en tres grupos:

- Estrato herbáceo: 165 taxones
- Estrato arbóreo: 31 taxones
- Estrato arbustivo: 24 taxones

Es precisamente en la flora arbustiva, donde además de las retamas como *C. scoparius* y *C. striatus*, utilizadas en la restauración, se encuentran otras singulares por ser elementos endémicos exclusivos de la Cornisa Cantábrica como *Cytisus commutatus* o bien con área de distribución algo más amplia. Tal es el caso de *Genista berberídea*, exclusiva del noroeste ibérico, o bien *Pterospartum tridentatum* subsp. *cantabricum* o *Erica mackaiana* que llegan a alcanzar otros territorios fuera del ámbito ibérico. Esta flora, así como otras incluidas en el listado de especies arbustivas aportan al área no solo diversidad, sino naturalidad y un mayor interés paisajístico del área ocupada por la escombrera exterior.

*Cytisus commutatus*, arbusto endémico de la subprovincia Cántabro-Atlántica





*Genista berberidea*, arbusto espinoso de pequeño porte, endémico del NW ibérico

Otro de los arbustos característicos es el caméfito endémico *Genista berberidea* Lange, leguminosa espinosa de pequeño porte (no suele sobrepasar el 1,50 m de altura), característico de turberas, bordes de arroyo, etc.



*Erica mackaiana*, caméfito de pequeño porte, endémico del Atlántico, con distribución en el NW ibérico desde Galicia hasta Cantabria, además de Irlanda

Esta planta, *G. berberidea*, generalmente se presenta asociada a la ericácea, también endémica, *Erica mackaiana* Bab. con la que forma comunidades características de matorral higrófilo/higroturboso del norte de Galicia.



Inflorescencias de *Erica ciliaris*. Constituye brezales siempre sobre sustratos ácidos y oligotróficos, higrófilos y/o encharcados, netamente atlánticos

En estas formaciones de matorral bajo, conocidas como "brañas", es frecuente la participación de otra planta característica de la Subprovincia Cántabro-Atlántica como el brezo *Erica ciliaris* L., con distribución mas amplia que los arbustos anteriores, encontrándose en áreas de influencia atlántica en todo el oeste de Europa.

Esta flora, así como otras especies arbustivas de la escombrera, están incluidas en el Anexo-I de la Directiva 92/43/CEE del Consejo, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestre. Diario Oficial de las Comunidades Europeas.

Según lo expuesto, se aprecia una total integración de la escombrera en el medio, favorecida por una potente sucesión ecológica, de tal manera, que actualmente existe un proceso de colonización mutuo entre la propia escombrera y el entorno que la rodea.

## LA FAUNA

La escombrera no sólo está cubierta por una rica biocenosis vegetal, sino también por una abundante y variada fauna. Los animales la fueron colonizando paulatinamente, según iba avanzando la restauración. Ninguna de las especies de fauna que pueblan la escombrera fue introducida. Llegaron invertebrados y vertebrados. Primero la colonizaron los herbívoros y siguiendo a éstos, en un proceso casi simultáneo, los carnívoros.

Hay que tener en cuenta que la colonización de la escombrera por la fauna, ha sido un proceso espontáneo, absolutamente natural. También debe ser tenido en cuenta que, la fauna de vertebrados se encuentra en la cúspide de los procesos naturales y que, por lo tanto, su diversidad y abundancia ponen de manifiesto la calidad de los ecosistemas que la albergan.

Una adecuada colonización de la escombrera por la fauna autóctona, es la mejor prueba de la calidad de los trabajos de restauración llevados a cabo sobre la misma. Y tanto más, cuanto mayor sea el rango de las especies colonizadoras, como ocurre con los vertebrados en general, y especialmente con los vertebrados carnívoros.

A partir de los inventarios realizados sobre vertebrados se han detectado la presencia de un total de 180 especies, de las cuales 9 corresponden a anfibios, 6 reptiles, 131 aves y 34 mamíferos. Una fauna tan rica, para un espacio concreto, como la que es posible en función de la propia diversidad de especies que constituye la fauna autóctona gallega.

Cernícalo patirrojo, muy raro en Galicia. Visto en la escombrera en la primavera del 2011



En relación a la importancia de las diferentes especies, puede afirmarse que el número de aves, "que deben ser objeto de medidas de conservación especiales en cuanto a su hábitat, con el fin de asegurar su supervivencia y su reproducción en su área de distribución que ha sido registrado en la escombrera, es considerablemente más alto que en todos los espacios naturales protegidos no costeros que la rodean.

En comparación con todos los espacios naturales protegidos, si no fuesen tenidas en cuenta las especies de aves marinas o de litoral, la escombrera alcanzaría con claridad los valores más altos.

Es de destacar el elevado número de especies de aves rapaces detectado en la escombrera. Teniendo en cuenta que cada especie tiene unos requerimientos ecológicos específicos, un elevado número de especies cazadoras, presupone un elevado número de especies presa.

Entre las especies de aves protegidas, que han sido detectadas en la escombrera pero no así en los LIC (Lugares de Interés Comunitario) que la rodean, destacan las rapaces: elanio azul y esmerejón. Con respecto a la primera, aunque hasta la fecha no ha sido confirmada su reproducción, ha sido observada desde 2005. En cuanto al esmerejón, un pequeño halcón cazador de pájaros, es frecuente verle cazando en el cielo de la escombrera. Por su parte el chorlito dorado, un ave limícola de tamaño medio, es un invernante regular, habiendo sido censados contingentes de más de trescientos individuos.



Águila ratonera



Elanio azul



Chorlito dorado

Cormoranes





Lechuza común

Entre las veintitrés especies de aves protegidas, que han sido registradas en la escombrera, además de nueve rapaces diurnas, es de destacar algunas especies que se han asentado de forma permanente llegando a reproducirse de forma constante año tras año. Se ha constatado la presencia de parejas de lechuza campestre, numerosas parejas de chotacabras gris, poblaciones de curruca rabilarga frecuentes en manchas de matorral y alcaudón dorsirrojo del que han sido registradas colonias de entre tres y cuatro parejas reproductoras en varias zonas de la escombrera.

Machos de curruca zarcera y capirota

Curruca rabilarga



Otras especies de interés comunitario que requieren zonas especiales de protección y que han sido registradas en la escombrera son: la nutria, el lagarto verdinegro y el sapillo pintojo. De forma regular, pero particularmente cuando los anfibios abundan, las nutrias recorren los canales y visitan todas las lagunas y charcas de la escombrera. El lagarto verdinegro ha sido registrado tanto en el norte como en el sur de la escombrera, siempre en puntos próximos al canal perimetral. Sapillo pintojo tiene un rango de distribución amplio, aunque es menos abundante que otras especies de anfibios.



Lagarto verdinegro

Nutria en una charca





Ánade real

Ciervo con cria de jabalí



Rana común

Los anfibios constituyen un grupo especialmente abundante y diverso en toda la escombrera, gozando la mayoría del estatus de especie estrictamente protegida. Algunas de las poblaciones de anfibios, como es el caso de la ranita de San Antonio o del sapo corredor, alcanzan densidades muy altas, habiendo colonizado toda la escombrera. Otras, como el sapo partero común, son todavía escasas pero se registra un paulatino incremento de año en año.

Los carnívoros también son un grupo que cuenta con numerosas especies en la escombrera, lo que, del mismo modo, pone de manifiesto la abundancia y diversidad de presas que alberga. Por su singularidad, destaca el gato montés, especie estrictamente protegida, de hábitos discretos, cuya presencia, aunque irregular, es frecuente, detectándose sus rastros a lo largo de las pistas; ha sido observado directamente y fotografiado. Otras especies de carnívoros que pueblan la escombrera y que son considerados animales de interés comunitario y objeto de medidas de gestión son la jineta, que abunda particularmente en las áreas boscosas, y el lobo. La presencia de éste último ha experimentado sensibles fluctuaciones a lo largo de los años, aunque generalmente la escombrera suele encontrarse enclavada dentro del área de campeo de alguna manada.



Jineta

Lobo



Pero la escombrera no sólo está habitada por especies protegidas, sino que un gran número de toda clase de vertebrados pueblan sus diferentes hábitats. La presencia de grandes poblaciones de corzo, jabalí, zorro, liebre y ciervo atestiguan que estos animales encontraron un lugar idóneo donde asentarse que les proporciona protección, alimento y agua en abundancia para poder desarrollarse.

También es muy elevado el número de diferentes especies de pájaros (62), lo que resulta indicativo de la gran diversidad de hábitats que se dan en la escombrera, ya que cada especie tiene unos requeri-

mientos ecológicos distintos. Veintidós especies de larolimícolas, nueve de anseriformes y otras tantas de anfibios resaltan no sólo cantidad, sino también la calidad, del ecosistema dulceacuícola.

Hay que concluir que la escombrera está ocupada por una rica zoocenosis de gran valor ecológico, dado el sorprendente grado de biodiversidad alcanzado. Y ello tanto por el elevado número de especies presentes (prácticamente las que a causa de la distribución natural es posible encontrar), como por la amplia gama de nichos a que pertenecen, y como por la presencia de especies predatoras de los nive-

Ánades en la charca superior



les más altos de las cadenas tróficas. Esto último significa que han sido restablecidos los procesos y funciones ecológicas, y hace que la fauna de vertebrados presente, constituya un valioso ejemplo de la comunidad de vertebrados y de las cadenas alimentarias del noroeste ibérico.

Las razones que explican la existencia de un nivel tan alto de biodiversidad en la escombrera y que sus poblaciones de vertebrados alcancen densidades tan altas, básicamente son tres: diversidad de hábitats, recursos alimentarios suficientes y escasa competencia.

Piara de jabalíes



Zorro

Corzos al amanecer





# EL LAGO MINERO



# EL LAGO MINERO

Mientras que la solución adoptada para la restauración de la escombrera consistió en la creación de una cubierta vegetal autosostenible y susceptible de albergar vida animal, la rehabilitación del espacio afectado por el hueco minero se lleva a cabo mediante la formación de un lago y dos islas dentro de la nueva masa de agua y la revegetación de los taludes emergentes.

Esta solución ya se recogía en el “Estudio de Impacto Ambiental de la Mina de Puentes de García Rodríguez (La Coruña)” presentado y aprobado por la administración correspondiente en 1983.

La construcción del lago de As Pontes supone la formación de un espacio rehabilitado en el que se puedan implantar de forma natural la flora y la fauna acuática, de manera análoga a lo ocurrido en la escombrera exterior. Para lograrlo conviene que el área restaurada se integre perfectamente en el entorno natural existente, lo cual solo resulta posible si sus características son equiparables a las del lugar. Así pues, se precisa que los parámetros hidroquímicos del lago se asemejen a los de las aguas naturales existentes en la cuenca en que se encuentra.

La inundación del hueco minero constituye la única solución viable para rehabilitar la zona afectada por la excavación. Sus enormes dimensiones y el elevado régimen de pluviosidad de la zona impiden contemplar otra opción, ya que la inundación se producirá, tarde o temprano, en cualquier caso. Por lo tanto, se hace preciso definir un proceso controlado de llenado que garantice que el resultado final sea un lago integrado en el medio y compatible con cualquier uso que la Administración le pueda asignar.

Octubre, 2011





La explotación de As Pontes reúne las características geográficas y geológicas ideales para la creación de un lago artificial como rehabilitación del hueco. Por un lado, la alta pluviosidad de la comarca y la situación de la explotación en una zona baja del valle próxima al río permiten la captación de un volumen elevado de agua, procedente de tres cuencas distintas: la escorrentía del propio hueco, la correspondiente a la escombrera exterior y el río Eume. Por otro, la baja permeabilidad de los materiales que conforman el vaso de la explotación confina el agua en el propio hueco e impide su infiltración en los acuíferos circundantes.

El primer paso en la definición del proyecto de llenado consistió en la estimación de las disponibilidades hídricas de las diferentes cuencas susceptibles de ser derivadas. Además de establecer el caudal correspondiente, se caracterizaron químicamente las diferentes aguas. Con los datos de caudal y calidad química, se estudió el modelo hidroquímico del lago, tanto en su etapa de llenado como en su situación final, una vez alcanzada la cota de rebose. Este modelo hidroquímico se utilizó para conocer cuál de los escenarios considerados era compatible con el objetivo final establecido que, como se citó anteriormente, no es otro que crear

Fase inicial de llenado inundando el campo oeste, sector 500 y campo este, 2008



un lago de aguas comparables a las naturales próximas.

Los resultados obtenidos de la aplicación del modelo indicaban que la calidad del agua depende fundamentalmente de dos factores: la proporción de aguas naturales empleadas durante el llenado y la velocidad de la operación. La posible captación del río Eume se mostró fundamental para cumplir estas condiciones básicas para establecer el ecosistema acuático que se plantea como objetivo.

Los informes relativos al modelo hidroquímico y sus resultados, los proyectos relacionados con las obras necesarias para acometer el llenado y los es-

tudios justificativos de la conveniencia del empleo del Eume como aportación principal se presentaron ante la Administración para obtener las autorizaciones y concesiones correspondientes, de las que cabe destacar:

- Declaración de Impacto Ambiental, formulada mediante resolución de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental de la Consellería de Medio Ambiente de fecha 8 de julio de 2005, publicada en el D.O.G. de 11 de octubre de 2005, con corrección de errores de 18 de julio de 2005.



- Concesión para la captación de agua del río Eume en el azud de la central térmica en As Pontes para el llenado del hueco de la mina, otorgada por resolución del organismo autónomo Aguas de Galicia, de 10 de agosto de 2005, publicada en el B.O.P. de A Coruña de 31 de agosto de 2005, con corrección de errores de 27 de septiembre de 2005.
- Autorización de vertido de aguas residuales procedentes del rebose producido por la creación de un lago en el hueco de la mina de As Pontes, otorgada por resolución de Aguas de Galicia de 10 de agosto de 2005.

Asimismo, Aguas de Galicia impuso la necesidad de elaborar e implantar un "Plan de vigilancia ambiental" que afectase tanto al control del vertido como al medio receptor afectado. Dicho Plan de vigilancia fue presentado ante Aguas de Galicia y la resolución de aceptación por parte de este organismo fue emitida el 20 de junio de 2007.

Por otra parte, se solicitó a la Consellería de Innovación e Industria de la Xunta de Galicia el abandono y cierre de la explotación minera "Mina de As Pontes", que fue autorizado el 10 de noviembre de 2008. Dicho cierre debía realizarse en base a un segundo Plan de seguimiento y control del "Proyecto de cierre de la explotación de lignito de As Pontes" que fue presentado el 12 de febrero de 2009 y aprobado el 20 de abril del mismo año por la Consellería de Innovación e Industria de la Xunta de Galicia.

Una vez conocidos los requisitos y condicionantes recogidos en los diferentes Planes de vigilancia emitidos por la Administración, se procedió a definir y ejecutar las obras necesarias para desarrollar el proyecto con el objetivo de comenzar el llenado del lago en cuanto se retirasen los equipos mineros situados en las zonas más profundas de la explotación.

El proceso de inundación comenzó en enero de 2008.





## EL LAGO COMO SOLUCIÓN AMBIENTAL DEL HUECO MINERO

Como resultado de las labores de excavación, transporte y vertido, en todas las obras de movimiento de tierras se exponen ante los agentes atmosféricos materiales que en su estado original se encontraban confinados. En nuestro caso, estos materiales cuentan entre sus componentes con minerales susceptibles de ser atacados por el aire, el agua, los microorganismos o la acción conjunta de varios de ellos, provocando alteraciones en su composición y la generación de compuestos químicos.

Consecuentemente, la actividad minera propicia las denominadas “aguas ácidas de mina” y es la búsqueda de la mejor solución para este problema lo que condiciona el modo en que se debe producir el llenado del hueco.

Bajo la denominación “aguas ácidas de mina” se engloban los flujos afectados por la actividad minera y que muestran, como característica común, una fuerte acidificación y un alto contenido en metales. El proceso de acidificación comienza de manera na-

tural cuando se exponen al contacto con el aire los materiales excavados. A partir de ese instante, los minerales sulfurados que forman parte de dicho material sufren una serie de alteraciones químicas cuyo resultado es la liberación de protones y la consiguiente lixiviación de los metales presentes.

La principal reacción química que tiene lugar es la oxidación de los sulfuros metálicos. Dicho proceso de oxidación constituye una reacción biológicamente catalizada por diversos microorganismos, entre los cuales destaca la bacteria *Thiobacillus ferrooxidans*. En presencia de esta, la velocidad de la reacción aumenta hasta 32 veces. Esta reacción presenta la particularidad de que se potencia con el tiempo, debido a que se generan las condiciones de acidez favorables a la proliferación bacteriana.

Así pues, para que impedir la oxidación de los sulfuros metálicos se precisa eliminar alguno de los elementos que participan en la reacción, o bien modificar las condiciones en las que esta tiene lugar.

Río Eume



Con el fin de disminuir al máximo las condiciones generadoras de acidez, se han adoptado todas las medidas preventivas posibles:

- Llenado rápido del hueco para interrumpir cuanto antes el proceso de acidificación de las aguas.
- Empleo en alta proporción de aguas naturales. Esto permite alcanzar el objetivo de calidad previsto al final del llenado, ya que en la mezcla prevalecen las características naturales.
- Sellado con arcillas de los materiales aflorantes susceptibles de generar acidez. Impide el contacto de la escorrentía con los sulfuros y, por lo tanto, su contaminación.
- Construcción de filtros biológicos para la neutralización de las surgencias ácidas que drenan

hacia el lago, con el fin de mejorar la calidad de las aguas.

- Instalación de un dispositivo de adición de cal para controlar el proceso mediante la corrección de la acidez del caudal de llenado.
- Incorporación de parte del efluente de la planta TEL, debido a que presenta unas características químicas que ayudan a mejorar la calidad final del lago.

Entre estas acciones preventivas, la que más influye en el resultado es la captación de un caudal importante del río Eume que permite finalizar el llenado en un periodo corto, lo que conlleva que las piritas generadoras de acidez estén expuestas muy poco tiempo. Así pues, con el fin de que la calidad del lago alcance valores asimilables a los de los caudales naturales, se precisa la mayor aportación posible de estos.

Río Eume



## ORIGEN DE LAS AGUAS DE LLENADO

Las aguas utilizadas para el llenado tienen tres orígenes distintos:

- **Aguas del área de mina:** la eliminación del drenaje superficial de la mina permite incorporar directamente al llenado la escorrentía sobre el hueco.

Durante la explotación de la mina, el agua se presentó como un problema que se debía resolver. Por una parte, la alta pluviosidad de la zona y, por otra, el emplazamiento del yacimiento en

la parte baja del valle del río Carracedo obligaron a la construcción de depósitos y canales que permitiesen derivar las aguas de escorrentía fuera de la explotación. De esta manera, tanto la mina como la escombrera exterior se encontraban protegidas por una serie de canales que las bordeaban y que conducían las aguas hasta la planta de depuración (Planta T.E.L.).

Para lograr que las aguas de escorrentía del hueco participasen en el llenado, bastó con interrumpir el drenaje superficial que evacuaba

El lago se inició con la inundación de tres huecos a diferentes niveles



dichas aguas hacia los canales perimetrales. El área que abarca el hueco minero alcanza los 11,96 km<sup>2</sup> y aporta al llenado 21 hm<sup>3</sup>/año, en año hidrológico medio.

- **Aguas del área de la escombrera exterior:** se derivaron hacia el hueco los canales que conducían las aguas superficiales de la escombrera exterior a la planta depuradora.

Los canales que rodean la escombrera captan la totalidad de las aguas correspondientes a su

cuenca, que engloban tanto la escorrentía de la propia escombrera como la correspondiente a los terrenos naturales circundantes que conformaban el valle del río Almigonde.

Para incorporar estas aguas al hueco, se construyó el llamado “canal oeste de llenado” de 800 metros de longitud y capacidad de 30 metros cúbicos por segundo.

La superficie total de esta área es de 22,14 km<sup>2</sup>, y aporta al llenado un volumen de 24 hm<sup>3</sup>/año.

Las aguas de escorrentía de la escombrera constituyeron otra aportación importante



- **Aguas del río Eume:** se construyó un canal que permite la captación de parte del caudal excedente del río Eume.

La aportación principal de agua al llenado, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, es la captación de excedentes del río Eume. Las aguas derivadas del río se conducen desde el azud de la central térmica hasta el fondo del campo este mediante un canal de 3.335 metros de longitud denominado “canal este de llenado”.

Las especiales características de la cuenca del río Eume hacen posible captar agua sin afectar a los ecosistemas ribereños. El caso del río Eume es el de un cauce que presenta bruscas variaciones de caudal, debidas a la configuración geométrica de la cuenca, con fuertes pendientes, y a su situación geográfica en una zona con alta pluviosidad. Esto se traduce en elevadas concentraciones de caudal en breves periodos de tiempo, lo que conlleva importantes crecidas en el río. Es en estos periodos de crecida en los que se captará la mayor parte del volumen de agua necesaria para el llenado.

Canal perimetral de la escombrera



Canal oeste de llenado



Construcción del canal este de llenado



Descarga del canal este



En los informes presentados ante la Administración se definía un régimen de aprovechamiento del río que tenía en cuenta tanto las servidumbres como el caudal ecológico, que suponía el 30% del valor medio anual.

Todo el estudio de caudales se basó en los datos de aportaciones medidas en el embalse de A Ribeira, extrapolando dichos valores al resto de cuencas que confluyen en el azud de la central térmica, punto de partida del canal este de llenado.

En el proyecto del llenado se definía el canal este de llenado con un caudal máximo de 20 m<sup>3</sup>/s, que es el punto óptimo de funcionamiento si se consideran tanto el régimen del río como un coste razonable en la construcción del canal. Esto significa que más allá de este caudal no se producen aumentos significativos en el volumen anual derivado aunque se incrementa la capacidad del canal.

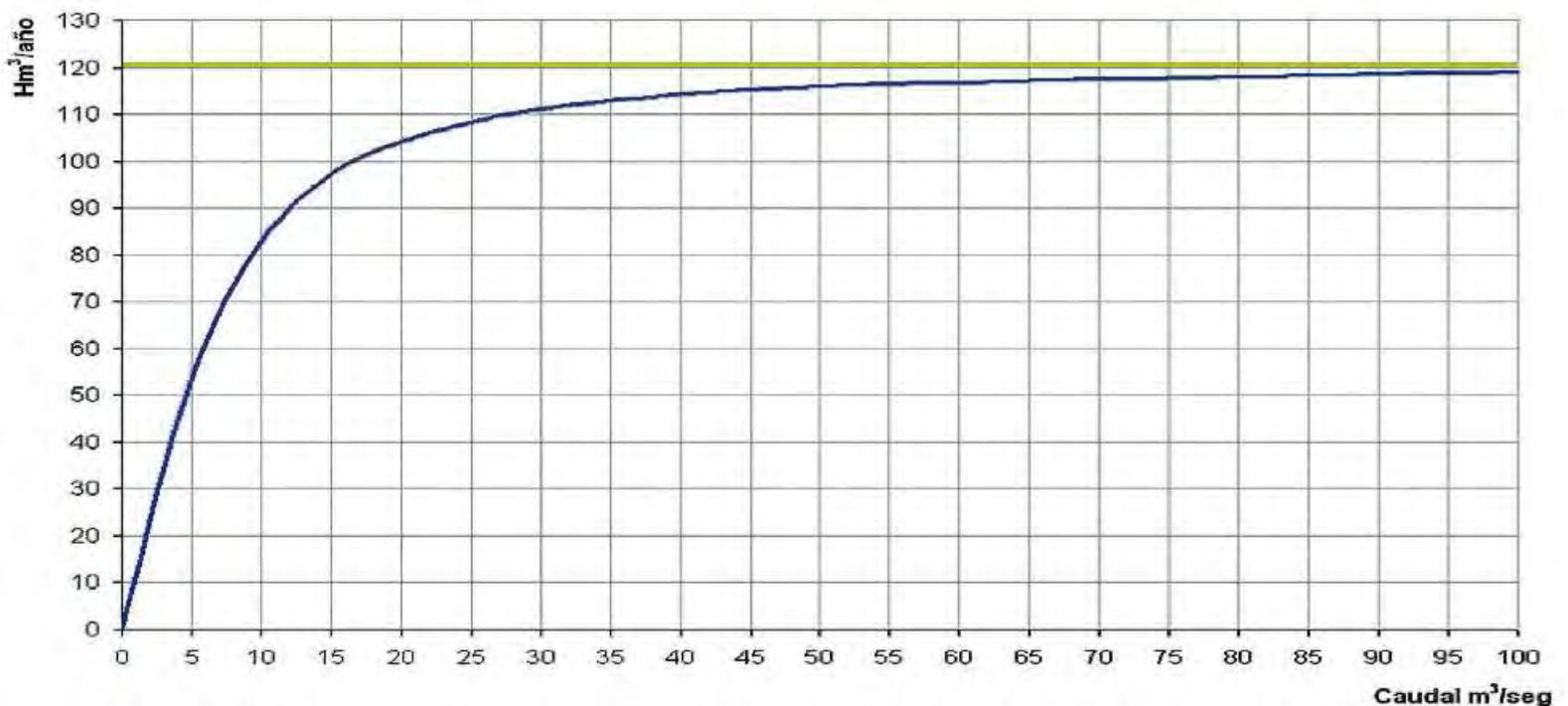
Por su parte, la Xunta de Galicia estableció en la autorización de captación de agua del río Eume emitida por Aguas de Galicia un caudal ecológico mínimo que varía a lo largo del año adaptándose, de esta manera, al régimen fluvial natural.

**Caudal ecológico instantáneo (m<sup>3</sup>/s)**

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
3,50	3,50	3,00	2,50	2,00	1,50
Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1,40	1,20	1,70	2,20	3,50	3,50

Además de tener que preservar este caudal ecológico instantáneo, la autorización de captación no permite la detracción de agua del río Eume para el

Curva que optimiza las capturas del río



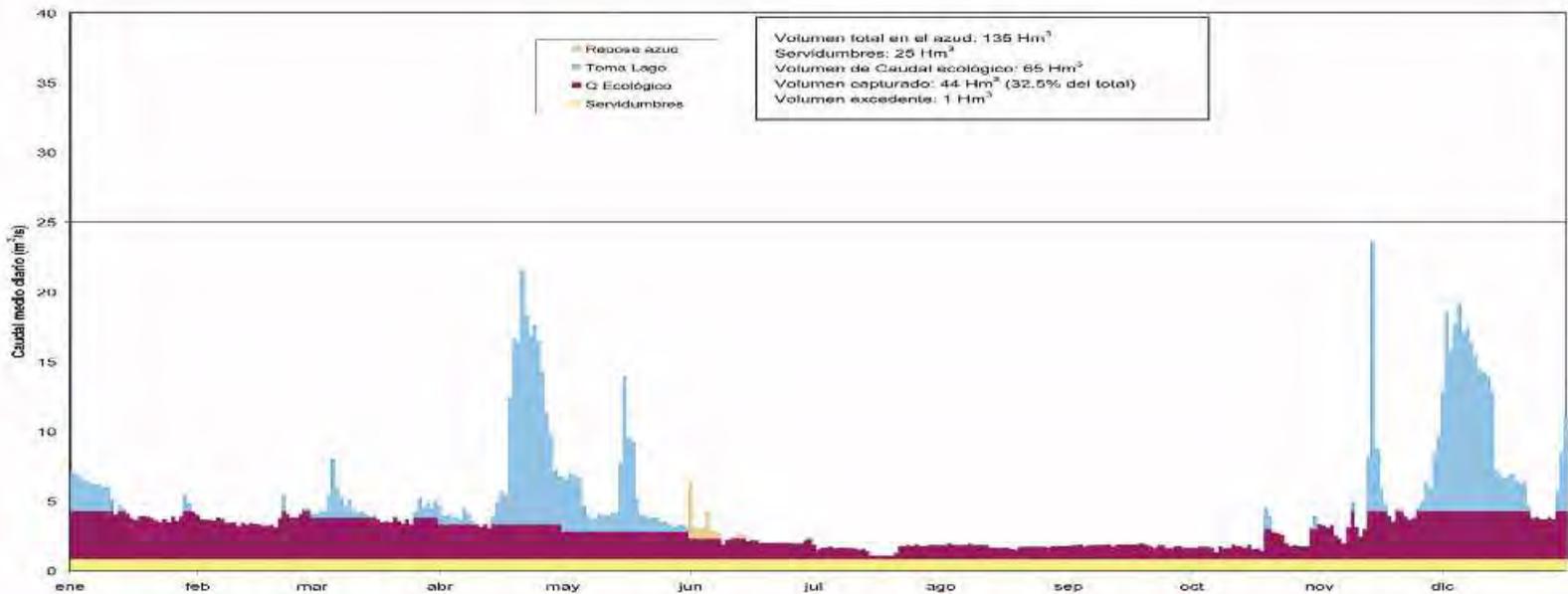
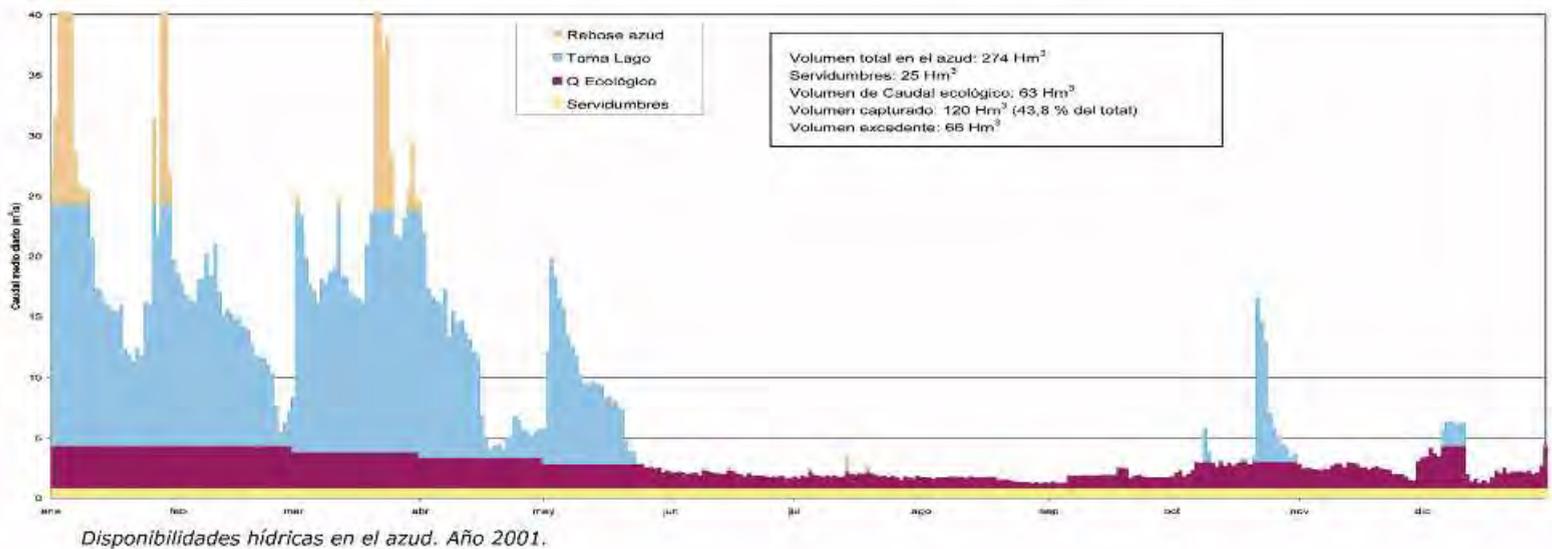
llenado durante los meses de julio, agosto y septiembre.

Considerando el caudal máximo del canal de captación (20 m<sup>3</sup>/s) y el caudal ecológico impuesto por la Administración, el volumen anual medio que se puede extraer del río Eume alcanza los 96 hm<sup>3</sup>/año. Este valor medio se puede ver superado en años de intensa pluviosidad como el 2001, en el que se alcanzaría el máximo permitido de 120 hm<sup>3</sup>/año, mientras

que en años secos, como el 2005, no se llegaría a 44 hm<sup>3</sup>/año.

Otra aportación muy importante en términos cualitativos es la incorporación de parte de las aguas tratadas en la planta T.E.L., correspondientes a la central térmica y al ciclo combinado. Estas aguas tienen unas características marcadamente básicas que inciden positivamente en la calidad temporal y final de las aguas del lago.

### Disponibilidades hídricas en el azud. Año 2005



## TIEMPO DE LLENADO

El lago de As Pontes alberga un volumen de 547 hm<sup>3</sup>. El periodo de llenado abarca desde los primeros días de enero de 2008 hasta que la lámina de agua alcance la cota +332 m.s.n.m., momento en el cual el lago comenzará a verter en el cauce del río Carracedo, afluente del Eume.

Es evidente que la velocidad del llenado y, por lo tanto, el tiempo empleado en ello dependerá fundamentalmente de la pluviosidad de los años durante los cuales se lleve a cabo. Analizando las aportacio-

nes de cada una de las cuencas en el año hidrológico medio y considerando la captación definida del río Eume (caudal máximo de 20 m<sup>3</sup>/s y caudal ecológico establecido por Augas de Galicia) se determinó el volumen anual de agua que se introducirá en el hueco minero.

En el siguiente cuadro se muestran las diferentes cuencas de aportación y el caudal anual asociado a cada una de ellas:

	Superficie	Aportación anual
Área de Mina	13,40 km <sup>2</sup>	21 hm <sup>3</sup>
Escombrera Exterior	21,63 km <sup>2</sup>	24 hm <sup>3</sup>
Río Eume	192,81 km	96 hm <sup>3</sup>
Efluente de la Planta TEL		8 hm <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>		<b>149 hm<sup>3</sup></b>

Descarga del sector 500 al campo oeste

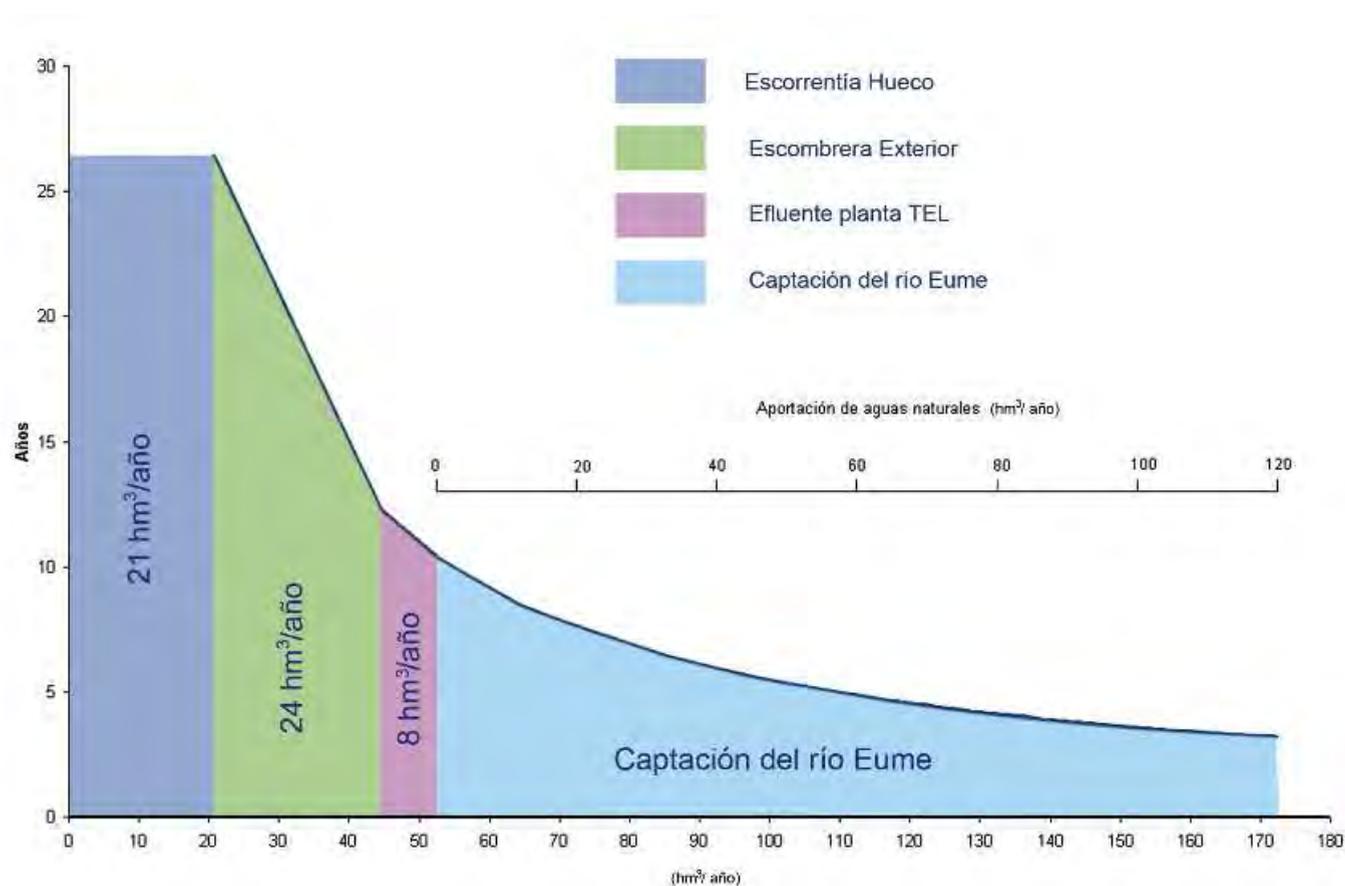




De esta manera se puede establecer un tiempo de llenado de 3,7 años como un horizonte realista para la finalización del proceso.

En el siguiente gráfico se representa la disminución del tiempo de llenado a medida que se han incorporado las diferentes cuencas, pudiéndose apreciar la importancia que tiene la captación del río Eume en los términos en los que se ha proyectado.

Descarga del sector 500 al campo oeste





## LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL LAGO

La calidad de las aguas del lago depende de los tipos de aguas que participan en el proceso, del volumen aportado por cada cuenca, su distribución en el tiempo y las reacciones químicas con los materiales del yacimiento.

La inundación del hueco minero no sería una buena solución restauradora si el resultado final no se pudiese integrar en el entorno natural existente, de forma que el sistema generado sea autosostenible. Esto significa que las aguas del lago deben tener una calidad similar a las aguas naturales.

Dado que el principal problema en la fase de llenado era la posible acidificación de las aguas por

contacto con determinados materiales aflorantes, se establecieron una serie de medidas para corregir el problema y facilitar la consecución del objetivo final: una calidad de las aguas del lago adecuada al fin previsto.

La más relevante de estas medidas fue la incorporación al llenado de aguas naturales procedentes del río Eume.

Su importancia radica en dos aspectos diferentes:

- Un volumen elevado de agua disminuye el tiempo de llenado y, por tanto, el tiempo du-

La transparencia de las aguas es uno de los indicadores de su calidad. 2010





Río Eume

rante el cual los materiales están en contacto con el agua en presencia de oxígeno.

- Una alta proporción de aguas naturales en el llenado hace que estas prevalezcan en la mezcla de las diferentes aguas que participan en el proceso, consiguiéndose niveles de calidad similares a ellas.

La importancia que la captación del Eume tiene en el resultado final se determinó mediante el empleo de diferentes modelos matemáticos desarrollados anteriormente al inicio del llenado. Dichos modelos relacionan la química de las aguas de las cuencas participantes en el llenado, los caudales aportados por cada una de ellas y las reacciones químicas que tienen lugar en la masa de agua. El resultado son diferentes escenarios de llenado a partir de los cuales se puede definir la evolución de los parámetros químicos estudiados, a medida que el llenado progresa.

Las conclusiones obtenidas de la aplicación del modelo indicaban claramente que la solución idónea era aquella en la que la captación del río Eume supusiese el 63% del caudal de aportación. Bajo este supuesto, captación de 96 hm<sup>3</sup>/año de aguas naturales e implantación de otras medidas preventivas, la calidad de las aguas del lago en el momento de la finalización del llenado alcanzaría los valores impuestos por la Administración.



Vistas parciales en diferentes momentos del llenado



## MEDIDAS PREVENTIVAS

Una de las actuaciones preventivas más importantes en relación a la calidad de las aguas fue el recubrimiento de 225 hectáreas de superficies carbonosas con una capa de arcilla de entre 50 y 70 cm de espesor que evitase el contacto de las aguas con el carbón, principal fuente de acidez de las mismas.

Puede asegurarse que esta medida fue el complemento perfecto a la incorporación de las aguas naturales para conseguir los objetivos de calidad propuestos.



Sellado de la escombrera interior con arcillas blancas





Sector 500 antes y después de su sellado con arcillas blanca



Una medida preventiva de gran importancia, que se encuentra en fase de implantación es la restauración de los taludes emergentes de la mina. De la experiencia obtenida de la restauración de la escombrera exterior se puede asegurar que la implantación de una cubierta vegetal permanente en las superficies mejora la calidad de las aguas de escorrentía y, por tanto, su aportación al lago.

Otra medida que tiene por objeto mejorar las aguas de aportación al llenado es la construcción de humedales. Estos sistemas tratan las aguas procedentes de surgencias, neutralizándolas y depurándolas por la acción conjunta de lechos calizos y la actividad de plantas macrofitas tipo typhas. El primer humedal se creó en el año 2005 y desde entonces se han ejecutado cuatro más, todos ellos situados en el talud norte del campo oeste.

Taludes revegetados en el campo oeste





Evolución del  
proceso de  
generación de un  
humedal





Humedales en el talud norte del campo oeste, 2010

Por último, se ha construido una instalación de adición de cal que permite agregar este producto si las condiciones del lago así lo demandan. Se considera fundamental como acción controladora del proceso de llenado.

## CONTROL DE LAS AGUAS

La primera actuación encaminada a definir el proyecto de creación del lago de As Pontes fue la realización del estudio de evaluación del impacto ambiental, que Endesa presentó a la Administración en septiembre de 2004. Se basaba en los modelos químicos realizados y en él se establecían unas medidas preventivas necesarias para evitar posibles afecciones al medio natural, que estaban relacionadas principalmente con el control de la aportación al llenado.

Con el fin de comprobar en cada etapa del proceso la adecuación del modelo químico planteado frente a la realidad existente, se redactó un plan de vigilancia ambiental que fue autorizado por Augas de Galicia el 20 de junio de 2007. Este programa distingue tres fases durante las cuales se realizan diferentes controles, principalmente de seguimiento de la calidad de las aguas, aunque también incluye otros sobre la fauna, la vegetación y las obras.

Las tres etapas en las que se dividió el plan de vigilancia son las siguientes:

- **Primera fase:** plan de seguimiento para establecer el "estado cero". Se desarrolló durante los dos años previos al comienzo y estableció los valores de referencia de las aguas superficiales y subterráneas en los alrededores del lago.
- **Segunda fase:** plan de seguimiento durante el llenado. Se lleva a cabo durante el tiempo que dura la formación del lago (cuatro años, aproximadamente) y se controlan todos los aspectos relacionados con el proyecto: las aguas superficiales, las subterráneas, las obras que se realizan y la colonización de la flora y la fauna de las áreas rehabilitadas. Mención aparte merecen las aguas del lago, donde se aplica un control periódico en superficie y profundidad.
- **Tercera fase:** plan de seguimiento durante el funcionamiento del lago. Durará diez años y se iniciará una vez que se alcance la cota de rebose. Al igual que en las etapas anteriores se controlarán las aguas superficiales y subterráneas, pero también las del rebose, cuyo pH y caudal serán monitorizados de forma continua.



Desde el primer momento, los datos de la calidad del agua fueron satisfactorios

El plan de vigilancia es la herramienta principal para alcanzar el objetivo de calidad final del caudal establecido por la Xunta en la resolución de vertido emitida por Augas de Galicia el 10 de agosto de 2005. Este objetivo se refiere a la consecución de unos valores límite de los parámetros químicos de las aguas, que deberán cumplir para poder ser dirigidas hacia el río Eume tras el rebose. En el cuadro siguiente se reflejan los límites impuestos a los parámetros químicos principales:

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR LÍMITE
pH	pH	5,7 - 9
Aluminio	mg/l	1
Hierro total	mg/l	1
Manganeso	mg/l	2
Sulfatos	mg/l	250
Sólidos en suspensión	mg/l	25
Conductividad	µS/cm	500
Fosfatos	mg/l	0,2
Amonio total	mg/l	1
Sulfuros	mg/l	1



Toma de muestras de agua en profundidad

En el segundo cuadro se presenta la situación final con los cinco parámetros más importantes establecidos en los dos modelos estudiados. La diferencia entre uno y otro modelo es que en el primero se supone mezcla perfecta y en el segundo las aguas se consideran estratificadas.



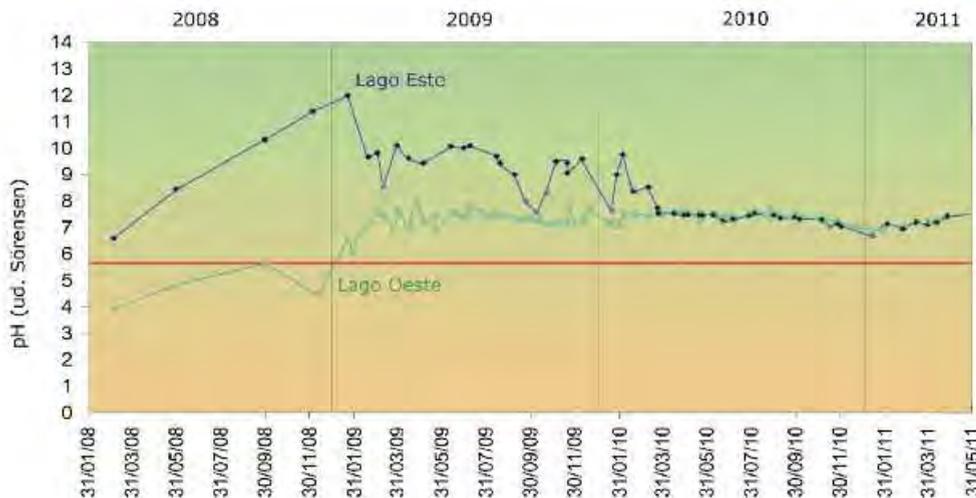
CALIDAD EN EL REBOSE				
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR LÍMITE AGUAS DE GALICIA	MODELO WATERPALL	MODELO UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA
pH	pH	5,7	5,8	6,16
Aluminio	mg/l	1,0	0,7	0,588
Hierro total	mg/l	1,0	0,01	0,010
Manganeso	mg/l	2,0	1,0	0,685
Sulfatos	mg/l	250	170	128

En el tercer cuadro se presentan los valores de los mismos parámetros en muestras de agua tomadas a distintas profundidades, cuando el lago tenía un volumen de 505 millones de metros cúbicos y una profundidad de 201 metros, (31.06.11). En esta situación, cuando faltan 40 millones de metros cúbicos para completar el llenado, todo el sistema cumple con las condiciones de vertido.

Esta tendencia se puede considerar estabilizada y puede asegurarse que al final del llenado, las aguas que viertan desde el lago al río Eume, cumplirán sobradamente los límites del vertido.

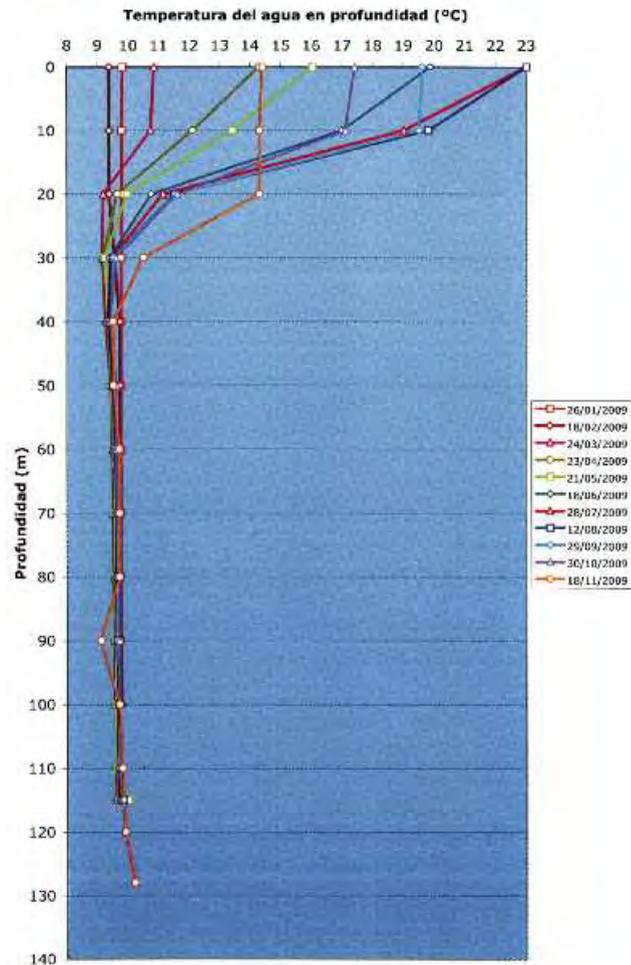
CALIDAD DEL AGUA EN SUPERFICIE Y PROFUNDIDAD					
DATOS A SEPTIEMBRE DE 2011	superficie (cota 327)	-25	-50	-75	-100
pH	7.24	6.78	6.77	6.75	6.70
Aluminio (ml/l)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Hierro disuelto (ml/l)	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Manganeso (mg/l)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Sulfatos (mg/l)	88	82	85	90	108

En el siguiente gráfico se puede comprobar como un parámetro como el pH está estabilizado en un rango muy pequeño y siempre por encima del límite establecido.



Evolución del pH durante el llenado

En relación al control de calidad de las aguas, otro aspecto a resaltar es la temperatura de las mismas a distintas profundidades. En el gráfico adjunto puede observarse que en invierno toda la columna se mueve en torno a los 9°C y sin embargo en verano, las aguas más superficiales pueden alcanzar los 23°C.



## EL LAGO

Iniciado en los primeros días de enero de 2008, está previsto que la formación del lago se prolongue hasta finales de 2011. Terminada la operación, se reintegrarán los cursos fluviales desviados al comienzo de la explotación, es decir, los ríos Maciñeira e Illade y los arroyos Meidelo, Uz y Chao. El desagüe se llevará a cabo a través del cauce, seco en las décadas anteriores, del Carracedo. Este río drenaba toda el área que ahora ocupa el hueco, por lo que la configuración final es la de un sistema hídrico similar al existente antes del comienzo de la actividad minera.

El llenado finalizará cuando la lámina de agua alcance el punto de rebose, situado en la cota +332

metros sobre el nivel del mar, momento en que se efectuarán diferentes acciones:

- Se interrumpirá la captación del río Eume.
- El canal de llenado este finalizará su misión. El tramo que quede por encima de la cota de rebose deberá ser aterrado y revegetado. El oeste no recibirá ningún tratamiento especial, ya que el tramo situado por encima de la cota +332 se construyó de forma que sirviese en el futuro como obra de descarga del canal sur de escombrera.
- Se abrirá las descarga hacia el lago del canal sur de la escombrera.



### APORTES AL LAGO

Hueco	21 hm <sup>3</sup> /año
Escombrera exterior	24 hm <sup>3</sup> /año
Illade y Meidelo	26 hm <sup>3</sup> /año
Uz y Chao	2 hm <sup>3</sup> /año
Maciñeira	21 hm <sup>3</sup> /año
<b>TOTAL</b>	<b>94 hm<sup>3</sup>/año</b>

- La apertura de las descargas de los cursos de Maciñeira, Meidelo, Illade, Uz y Chao se llevará a cabo a finales de 2011, una vez se obtengan las correspondientes autorizaciones administrativas.

En la situación final, el lago recibirá continuamente las aportaciones de los ríos Illade, Meidelo, Peleteiro y Maciñeira, las procedentes de los arroyos Uz y Chao, la escorrentía de la escombrera y la precipitación sobre la lámina.

Las obras de descarga de los cauces anteriores se proyectaron teniendo en cuenta el caudal máximo captado por cada cuenca para un período de retorno de quinientos años, pero siempre intentando integrar su geometría y apariencia en el entorno natural.

La salida se producirá por el rebose hacia el Eume, a través del Carracedo. Con esta circulación de las aguas se asegura la renovación permanente del lago, cuestión fundamental para garantizar la autosostenibilidad de este ecosistema acuático.



Descarga del río Illade



Descarga del río Meidelo

El diseño del rebosadero favorece la laminación de las avenidas dentro de su cuenca de captación, lo que mejorará el funcionamiento hídrico del Eume al atenuar las puntas de caudal durante las avenidas.

Otras obras de gran envergadura son las acometidas para controlar la erosión que la acción continua del oleaje producirá sobre los taludes. Para ello se dispusieron con suficiente antelación los elementos que disiparán la energía de las olas y evitarán socavones y desprendimientos que afecten al contorno.

Así pues, la creación del lago no solo supone el llenado con agua del hueco y su reintegración en el entorno hídrico, sino que también abarca la restauración de la ribera y su protección.

Dentro de estas últimas actuaciones frente al oleaje se distinguen dos tipos de obras: las relacionadas con la construcción de una playa en la zona más próxima al núcleo urbano de As Pontes y las relativas a la colocación de mantos de escollera a lo largo de los quince kilómetros de perímetro.



Vistas parciales del desagüe





Vistas de la playa

La creación de la playa genera un área muy próxima al pueblo desde la cual se podrán aprovechar las posibilidades recreativas del lago, a la vez que resuelve el problema de la protección de la superficie emergente de la escombrera interior, impidiendo la erosión de los estériles vertidos. Para evitar que el transporte de la arena debido al oleaje destruya la playa, esta se ha construido en el tramo de ribera más adecuado para ello, generando una explanada de pendiente suave protegida en sus extremos por dos cabos entre los que se situará el arenal.





Protección del perímetro del lago con escollera



La colocación de mantos de escollera a lo largo del perímetro del lago evitará la erosión de los taludes, con lo que asegurará su estabilidad. Tanto en el diseño de estas protecciones como en el de la playa se consideró el régimen de vientos imperante.

Entre las actuaciones encaminadas a facilitar la implantación de la flora y la fauna, destaca la construcción de dos islas. Una de ellas, la ubicada en el extremo occidental, tiene una superficie de 55.000m<sup>2</sup> y se destinará a una reserva ornitológica en la que las aves encontrarán las condiciones ideales para su desarrollo. En el caso de la isla localizada enfrente de la zona emergente de la escombrera interior, tiene una superficie de 13.000m<sup>2</sup> y se han acondicionado sus riberas para facilitar su colonización por las diferentes especies vegetales y animales típicas de los ecosistemas de ribera.





Colonización del lago por diferentes especies











Noviembre 2006



Marzo 2008

Volumen= 9,9 hm<sup>3</sup> | Profundidad = 21 m



Mayo 2008

Volumen= 24.8 hm<sup>3</sup> | Profundidad = 54 m



Agosto 2008

Volumen= 34,7 hm<sup>3</sup> | Profundidad = 68 m



Abril 2009

Volumen= 117,9 hm<sup>3</sup> | Profundidad = 118 m



Junio 2010

Volumen= 327.9 hm<sup>3</sup> | Profundidad = 175 m



Diciembre 2010

Volumen= 435.1 hm<sup>3</sup> | Profundidad = 191 m



Septiembre 2011

Volumen= 507.78 hm<sup>3</sup> | Profundidad = 201 m





# LA REINDUSTRIALIZACIÓN



# LA REINDUSTRIALIZACIÓN

El esfuerzo realizado por Endesa para la reparación del impacto ambiental de la explotación del lignito únicamente es comparable con el aplicado para lograr que el fin de la actividad minera se realizase sin traumas sociales. El proceso no solo no requirió el despido de miembros de la plantilla, sino que incluso acabó consolidando y reforzando la permanencia de la compañía en As Pontes a pesar del agotamiento del carbón: la central térmica fue adaptada para consumir exclusivamente hulla importada y se incrementó en 850 megavatios la potencia instalada en la localidad con una nueva central térmica de ciclo combinado de gas natural.

Pero Endesa también pensó en constituir en la comarca un tejido industrial diverso que despejase el futuro de las nuevas generaciones crecidas al amparo de la pujanza del complejo minero-eléctrico. Fue así como nació el Plan de Desarrollo Económico-Industrial de As Pontes.

El referido programa tuvo un precedente en 1991, cuando se creó la Fundación para la Promoción de Empleo. Participaron en ella el Ayuntamiento de As Pontes, Endesa y los sindicatos con presencia en la compañía. Su actividad se extendió hasta 2001 y fue el primer instrumento de fomento de empleo y desarrollo industrial para paliar los efectos sociales del descenso de la actividad minera.

Vista general del polígono industrial de Penapurreira, 2007



En el año 1997 y por iniciativa de Endesa, se firmó un convenio de colaboración entre la Xunta de Galicia, los sindicatos CIG, CCOO y UGT y la propia Endesa para la promoción socioeconómica de la comarca. Denominado oficialmente "Plan de Desarrollo Económico-Industrial para la Comarca de As Pontes", su objeto era propiciar las condiciones favorables para la creación de empresas, en el contexto del cierre de la mina.

Su vigencia inicial se programó hasta finales de 2001, pero fue ampliada hasta diciembre de 2005, si bien posteriormente las tres partes firmantes suscribieron un acuerdo para su continuidad hasta el año

Taller de Mecace



Interior del taller de Mecace

2012, coincidiendo con la vigencia del nuevo Plan de la Minería del Carbón.

Al amparo de estos acuerdos se implantaron los polígonos industriales de Penapurreira y Os Airíos, así como otros en municipios adyacentes. Hasta el momento se crearon cincuenta nuevas compañías y más de 1.200 puestos de trabajo. Los emprendedores empresariales se beneficiaron de un cuantioso paquete de ayudas procedentes de la Administración complementadas con otras de Endesa.

Interior de la nave de EINSA



De este modo, Endesa conformó un plan de cierre de su explotación minera que se abordó con antelación suficiente, planificando los objetivos y aplicando la responsabilidad social de la compañía. En definitiva, el cese de la minería en As Pontes conjuga las soluciones óptimas desde las perspectivas medioambiental, social y económica, abordando una transformación de la actividad minera coherente con los intereses empresariales y sociales que redundará, sin duda, en un alto valor añadido para la zona de As Pontes y para Galicia.









# LOS AUTORES

- **Francisco Aréchaga Rodríguez**

Ingeniero de Minas por la Universidad de Oviedo (1981). En 1982 se incorpora a Endesa en las minas subterráneas de Andorra (Teruel) y desde 1984 trabaja en la Mina de As Pontes, donde ocupa sucesivamente los puestos de responsable de Ingeniería de Mantenimiento y del Departamento de Ingeniería. En noviembre de 1991 es nombrado director de la Mina de As Pontes, puesto que ocupa en la actualidad. También es presidente de la Cámara Oficial Minera de Galicia y director territorial de Endesa para el Noroeste.

- **Toribio Ferrero Botas**

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid (1981). En 1983 se incorpora a Endesa en la Mina de As Pontes realizando trabajos en la Sección de Geotecnia e Hidrogeología, pasando en 1989 a ser responsable de la misma. En 2000 se hace cargo del Departamento de Planificación hasta 2005 en que causa baja por jubilación.

- **Anibal Gil Bueno**

Ingeniero de Montes por la Universidad Politécnica de Madrid (1977) y master en Ingeniería y Gestión Ambiental. En 1985 se incorpora a Endesa como responsable de Restauración y Medio Ambiente de la Mina de As Pontes. Desde 1998 es profesor asociado de la Escuela Superior de Ingenieros de Montes y de la Escuela Técnica de Ingenieros Forestales de la Universidad de Santiago, Campus de Lugo.

- **José Antonio Menéndez Lolo**

Ingeniero de Minas por la Universidad Politécnica de Madrid (2000). En 2000 se incorpora a Endesa en la Mina de As Pontes realizando su trabajo en la Sección de Geotecnia e Hidrogeología y desde 2005 es responsable del Departamento de Ingeniería.

- **Ramón Valle García**

Licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad de Oviedo (1998). Se incorpora a Endesa en el año 2000, desarrollando su trabajo dentro del Departamento de Ingeniería y desde 2008 es responsable de la Calidad de Aguas.

