



Jornadas Técnicas de Ciencias Ambientales

Título

***ERICA ANDEVALENSIS*: UN BREZO ENDÉMICO Y EN PELIGRO DE EXTINCIÓN DE LA ZONA MINERA DE HUELVA**

Área

ÁREA

Autor

Belén Márquez¹, Pablo J. Hidalgo¹, M^a Ángeles Heras¹, Rosario Velasco² y Francisco Córdoba¹.

Institución

1.- Departamento de Biología Ambiental y Salud Pública. Universidad de Huelva

2.- Jardín Botánico 'El Robledo'. Red de Jardines Botánicos en Espacios Naturales. Consejería de Medio Ambiente





(Introducción de una breve reseña y datos del autor)



RESUMEN

Erica andevalensis es un brezo endémico de la zona minera de la provincia de Huelva. En esta zona existen unas condiciones de acidez y contenido en metales pesados que hacen que sea un hábitat hostil para la mayoría de las especies vegetales, sin embargo, este brezo sí que consigue establecerse allí. Las características tan peculiares del hábitat han llevado a la realización de diversos estudios para tratar de conocer cuales son los mecanismos que esta especie posee para tolerar dichas condiciones. Mediante estos estudios se ha visto que la planta es capaz de acumular ciertos metales y de excluir otros. Por otro lado se trata de una especie catalogada en peligro de extinción, y que por tanto debe ser objeto de planes de recuperación, los cuales, por la particularidad del hábitat, no deberían alterarlo. En este trabajo recogemos una amplia recopilación bibliográfica de la especie, los últimos estudios realizados y la distribución de las distintas poblaciones en una cartografía georreferenciada.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La zona minera de Huelva

La provincia de Huelva se encuentra situada al suroeste de la Península Ibérica, en la frontera con Portugal. En esta provincia se encuentra la comarca del Andévalo, una importante zona minera, situada en una zona que geológicamente se denomina Faja Pirítica del Suroeste de la Península Ibérica, que es rica en yacimientos de pirita y mineralizaciones de manganeso. La importante cantidad de metales aquí existentes han hecho que estas minas hayan sido explotadas desde la prehistoria, aunque fue a partir de la segunda mitad del siglo XIX cuando comenzó la explotación masiva. Desde la época de los romanos, hace unos 2000 años, se han estado extrayendo cobre, plata y oro. Esta actividad minera ha tenido como consecuencia importantes impactos ambientales, como son la acidificación del suelo (con pH cercano a 3 en algunas zonas, que es muy ácido e intolerable para la mayoría de las especies) y un alto contenido en metales pesados como son cobre, zinc y hierro. (Soldevilla, 1992).

La comarca del Andévalo es atravesada por dos ríos, el Tinto y el Odiel, que recorren prácticamente la provincia de Huelva de norte a sur. Se trata de dos ríos contaminados, aunque dicha contaminación tiene un origen diferente. La contaminación del río Tinto es en gran medida de origen natural, consecuencia de los procesos geológicos naturales que se dan en la cabecera del río. El agua de lluvia hace que los sulfuros piríticos del suelo se transformen en óxidos de hierro, que a su vez se enriquecen en metales nobles como son oro y plata; este proceso origina un mineral que es conocido como Gossan, y es el responsable de la contaminación natural del río, ya que genera lixiviados que son ricos en ácido sulfúrico y en trazas de metales pesados. A esta contaminación natural que tiene el río desde su nacimiento hay que añadir la contaminación debida a la acción humana, ya que la minería ha provocado que el agua se ponga en contacto con más cantidad de mineral. Por otro lado, la contaminación del río Odiel es de origen antrópico, debido a la actividad minera, a pesar de que en la actualidad ya no se encuentra ninguna explotación minera activa. El primer tramo del cauce de este río no está contaminado, y comienza la contaminación tras atravesar las zonas mineras (Informe de Medio Ambiente, 1996).

El río Tinto es un río cuyas aguas tienen un pH muy ácido, sin embargo, estas características que hacen que el río Tinto sea tan peculiar no son únicas en el planeta, y existen otros ríos de características similares, con aguas de color rojas, ácidas y elevado contenido en metales, como el caso del Río Rojo (*Red River*), que se encuentra en Nuevo México, en Estados Unidos. En el río Tinto se están realizando estudios sobre los microorganismos que allí habitan, pues se piensa que, debido a las condiciones tan extremas del medio, podrían estar relacionados con las posibles formas de vida del planeta Marte. No



obstante, no sólo existen formas de vida procariota, sino que en este particular medio también son capaces de desarrollarse organismos eucariotas que van desde microalgas hasta plantas superiores. Es en este ambiente donde se desarrolla la especie objeto de nuestro estudio: *Erica andevalensis*.



Fig. 1: *Erica andevalensis* en la ribera del río Tinto

1.2. *Erica andevalensis*

Erica andevalensis (Fig. 1) es un brezo que fue descrito por primera vez por Cabezudo & Rivera en el año 1980 y tiene como característica que siempre aparece en suelos alterados (Nelson, 1985, Aparicio 1996). Es una especie que está considerada como un edafoendemismo (Aparicio, 1996, Asensi, 1999). Los edafoendemismos aparecen cuando las plantas se desarrollan bajo unas condiciones físico-químicas peculiares (Macnair, 1997). Bajo estas condiciones peculiares, el ecotipo original puede evolucionar mediante un proceso de divergencia, forzado por la presión evolutiva de las condiciones limitantes del suelo para el crecimiento de la planta, y esto, junto con el aislamiento reproductivo pueden llevar al nacimiento de nuevas especies.

Erica andevalensis queda restringida a la comarca del Andévalo, en el sector Mariánico-Monchiquense de la provincia Luso-Extremadurensis (Rivas *et al.*, 1977). La especie se encuentra distribuida por un área relativamente extensa. Se localiza fundamentalmente en las zonas de actividad minera de Nerva y Riotinto, y desde ahí se extiende por los cauces de los ríos Tinto y Odiel hasta tan al sur de la provincia como Gibrleón y Niebla. Su distribución se localiza en las hojas 937, 938, 939, 959, 961, 981, 999 y 1000 de la cartografía militar escala 1:50.000. Respecto a la proyección UTM, toda la distribución se encuentra dentro del huso 295 entre las coordenadas PB60-QB38 de longitud y PB60-PB35 de latitud (Aparicio, 1999).



Erica andevalensis es un arbusto que puede llegar a medir hasta 1,5 m. (Blanca, G. et al., 1999). La especie se describe como: " Perenne, arbustiva de 20 a 120 cm, ramificación densa y ascendente; al menos las ramas jóvenes con indumento puberulento y con pelos glandulares cortos de 0,2-0,3 mm. Hojas de 2-5mm, en verticilos de 4, muy densos en las ramas jóvenes y laxos en el resto; las superiores lineares totalmente revolutas, las inferiores ovadas con la base truncada y débilmente revolutas, dejando el envés claramente visible; al menos las jóvenes laxamente puberulentas y todas con pelos glandulares de 0,2-0,3 mm. Flores en umbela terminal; pedicelos puberulentos de 4-5 mm; bracteolas próximas al cáliz. Sépalos de 1,5-2 mm, puberulentos, pelos glandulares marginales. Corola urceolada de 5-6 mm, rosa fuerte, persistente, con 4 lóbulos revolutos. Anteras incluidas, apendiculadas. Ovario glabro, estigma capitado exerto. Fruto cápsula, semillas numerosas de 4mm." (Cabezudo y Rivera, 1980).



Fig. 2: Imagen de *Erica andevalensis*

La biología reproductiva de la especie ha sido estudiada por Aparicio y García-Martín (1996), tanto en condiciones naturales como en condiciones de invernadero, y llegan a la conclusión de que se trata de una especie autocompatible aunque no se autopoliniza, y utiliza como agentes polinizadores a los insectos, concretamente a *Apis mellifera*, *Anthidium* sp., *Andrena* sp., y *Lusandra* sp. Las flores son bastante duraderas y con baja cantidad de néctar, siendo la tasa de fertilización dependiente de las poblaciones, de las plantas e incluso de las inflorescencias, cerrándose en un 85% en el campo. Las semillas al ser liberadas presentan dormancia fisiológica que se rompe masivamente tras el frío y la humedad del invierno. Esto ha sido probado en condiciones de laboratorio por Aparicio (1995), que llega a la conclusión de que " los porcentajes de germinación son dependientes de si las semillas reciben un tratamiento de frío o no. Las semillas sin pretratamiento de frío poseen un bajo rango de germinación (6-21%), mientras que las que son pretratadas con frío tienen un rango de germinación superior (alrededor del 86%)".



En cuanto a la fenología floral, las observaciones de nuestro grupo de investigación coinciden con lo visto por Nelson et al., (1985) y es que “posee un largo periodo de floración, que dura desde el principio del verano hasta el final del otoño, siendo también acentuado el hecho de que florece cuando el resto de la flora silvestre con la que convive está en fruto”. Una característica de las especies de la familia Ericaceae, y también de *Erica andevalensis*, es que tienen capacidad de rebrotar tras la destrucción de su parte aérea (Arroyo, 1988).

Según Nelson (1985) “las poblaciones monoespecíficas que se encuentran de *Erica andevalensis* en las escombreras y cercanías de las minas no pueden ser indígenas, ya que el sustrato en el que se asientan es el resultado de la actividad antrópica llevada a cabo durante siglos pasados; sin embargo, es un brezo que coloniza suelos altamente tóxicos, con elevadas concentraciones de metales como hierro, magnesio, cobre, etc. Ninguno de los metales pesados que se han encontrado en los suelos de la zona parecen tener efectos negativos en la planta, a pesar de las elevadas concentraciones a las que se encuentran algunos. Por otro lado, en los alrededores de las minas donde se encuentra *E. andevalensis* no crece ningún otro arbusto, ni de forma natural o ni seminatural, como consecuencia del alto grado de degradación que tienen estos suelos”. La razón para que sea en este medio en el que aparece la especie y no otro es porque en este peculiar medio no tiene competencia con otras especies. Nuestro grupo de investigación piensa que el hábitat natural de la especie serían las laderas pizarrosas donde actualmente se ubica, pero que por competencia con otras especies y tolerancia al nuevo medio, se ha ido desplazando hacia zonas más contaminadas. No obstante, la especie no sólo aparece en estos hábitats tan perturbados, sino que también se han encontrado poblaciones en hábitats naturales, creciendo en asociación con otras especies en las riberas del río Odiel, como son *Arbustus unedo*, *Cistus ladanifer*, *Quercus coccifera*, *Erica scoparia*, *Erica australis* y *Pyrus pyraeaster*; además *E. andevalensis* es la especie dominante en la ribera del río, cuyo sustrato está formado por arena y grava, aunque no se extiende más allá de ésta (Nelson, 1985). Estas poblaciones de la ribera del río representan una población natural de la especie, aunque tampoco se puede afirmar que sea su hábitat original, ya que las riberas son zonas que siempre han estado sometidas a una gran presión humana, y en este caso, las lluvias que se producen principalmente en invierno han arrastrado los desechos de las minas al río (Nelson, 1985). Se ha observado que *Erica andevalensis* aparece donde el aporte de agua es abundante durante la mayor parte del año, aunque tolera variaciones en las concentraciones de sales de minerales tóxicos, que aumentan en verano, al aumentar la evaporación (Nelson, 1985). Además también se ha observado que la especie aparece en las cunetas de algunas carreteras, y el origen en este caso sería el transporte por los camiones que entran y salen de las minas (Nelson, 1985). *Erica andevalensis* también aparece en la ribera del río Tinto (Aparicio, 1996). La distribución de la especie no parece estar condicionada por la concentración de ninguno de los metales presentes, frente a los cuales se comporta como una especie tolerante (Blanca et al, 1999).

Erica andevalensis se suele encontrar formando poblaciones monoespecíficas. Pero también se puede encontrar en los lugares más secos y desfavorecidos formando la comunidad fitosociológica *Ericetum australi – andevalensis* (Figura 3) y en los lugares con más aporte de agua forma la comunidad *Junco rugosi – Ericetum andevalensis* que es hidrófila (Figura 4). Haciendo un recorrido esquemático, como si fuese un transecto, desde el curso de agua a nivel de depresión y subiendo en altura a lo largo de la ladera, se distingue una zonación en función de la presencia-ausencia de las comunidades. Así, a nivel del agua, se encuentran poblaciones más o menos densas de *Erica andevalensis*, en ocasiones de forma monoespecífica, y en otras acompañada de especies de la comunidad higrófila. Después, y coincidiendo con la zona más contaminada, por tratarse de escombreras de minas abandonadas, se encuentran individuos aislados de *Erica andevalensis* de gran tamaño, que pueden estar acompañados o no por otras especies. Al seguir subiendo, sigue una comunidad homogénea de *Erica andevalensis*, para posteriormente estos mezclarse en una zona de transición con *Erica australis*, que van siendo cada vez más abundantes, hasta que *Erica andevalensis* llega a desaparecer. Por último, en la cima, aparece *Erica australis* acompañado de *Quercus suber*, *Genista*



polyanthos, *Cistus ladanifer* y *Pinus halepensis* procedentes de repoblaciones hechas en la zona.



Fig. 3: *Erica andevalensis* creciendo sobre una escombrera





Fig. 4: *Erica andevalensis* distribuida en la ribera del río Odiel

Muestros realizados por nuestro grupo de investigación han observado que las poblaciones son homogéneas y suelen seguir un patrón común, con una disposición homogénea de los individuos, que además se caracterizan por ser casi del mismo tamaño e igual aspecto, lo que no significa que no haya individuos de diferentes edades, que indica un adecuado reclutamiento (Heras, 2001).

Una característica importante a resaltar de *Erica andevalensis* es la capacidad que tiene para vivir en medios muy ácidos y en los que la concentración de metales es elevada. Los



metales pesados son elementos químicos que se encuentran en el medio de forma natural en distintas concentraciones. Cuando la concentración de la disponibilidad de estos metales rebasa unos límites, se vuelven tóxicos para los seres vivos. La contaminación debida a metales pesados puede tener un origen tanto natural, debido a procesos geológicos, como antrópico, debido a actividades mineras, agrícolas e industriales. La contaminación debida a los metales pesados provoca en las plantas un estrés que puede llevar a la extinción local de una especie, o al desarrollo de mecanismos de tolerancia a estos metales (Macnair, 1997). En este segundo grupo de plantas es en el que se incluye a *Erica andevalensis*, pues es capaz de crecer en lugares donde ninguna otra especie lo hace. Los estudios realizados por nuestro grupo demuestran que la planta tiene un sistema de defensa basado en elevados niveles de ácido ascórbico (Heras et al., 2004).

1.3. El marco legal

La presente revisión trata de una especie que está catalogada en la legislación autonómica andaluza como en peligro de extinción; por lo tanto incluimos en esta revisión un breve repaso de la normativa de carácter medioambiental que le puede afectar, desde la escala europea a la local.

A nivel europeo, la **Directiva 92/43/CEE**, del Consejo de 21 de mayo e 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, conocida como Directiva Hábitats, tiene como principal objetivo la creación de una red de Zonas de Especial Conservación (ZEC), denominada Red Natura 2000. Esta red debería garantizar la biodiversidad de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres del territorio de la Unión Europea y obligar a que los Estados miembros a tomar medidas para su conservación. En esta red se incluyen todas las zonas declaradas anteriormente ZEPAS (Directiva 74/409/CEE, relativa a la conservación de las Aves Silvestres, Directiva Aves), y además cada Estado miembro debe proponer nuevos espacios, denominados Lugares de Interés Comunitario (LIC). Los LIC deben cumplir una serie de condiciones que aparecen en los anexos de la Directiva, relativos al tipo de hábitats naturales, especies animales de interés comunitario que requieren zonas de especial conservación, los criterios de selección de los lugares de interés comunitario, especies animales y vegetales que requieren de una protección estricta y especies animales y vegetales de interés comunitario cuya recogida de la naturaleza y cuya explotación pueden ser objeto de medidas de gestión.

La Directiva se traspuso al ordenamiento jurídico español en el **Real Decreto 1997/95**, y en este Real Decreto se especifica que es competencia de las comunidades autónomas la realización de las propuestas de las zonas LIC. Posteriormente ha sido modificado por el **Real Decreto 1193/1998**.

La normativa vigente a nivel estatal es la **Ley 4/1989** de 27 de marzo, de Conservación de Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres. Lo más destacable de esta ley es que representa una nueva visión en la protección de las especies vegetales, ya que protege de forma genérica a todas las especies silvestres, la creación de un Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, da una atención preferente a la protección de los hábitats y amplía la lista de actividades que deben ser sometidas a evaluación de impacto ambiental. Por otro lado esta ley establece con carácter obligatorio que se elaboren Planes de Recuperación para las especies catalogadas en "peligro de extinción", Planes de Conservación del Hábitat para las catalogadas "sensibles a la alteración de su hábitat", Planes de Conservación del Taxón para las "especies vulnerables" y Planes de Manejo para las "de interés especial".

Esta Ley se desarrolla en lo relativo al Catálogo de Especies Amenazadas posteriormente en el **Real Decreto 439/1990**, regulador del Catálogo Nacional de Especies Amenazadas. Este Real Decreto es modificado por la Orden de 9 de junio de 1999 por la que se incluyen en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas determinadas especies de cetáceos, de



invertebrados marinos y de flora y por la que otras especies se excluyen o cambian de categoría.

A nivel autonómico, Andalucía se regía por la **Ley 2/1989**, de 18 de julio, por la que se aprobó el inventario de Espacios Nacionales Protegidos de Andalucía, y se establecieron medidas adicionales para su protección. Mediante esta ley se aprobó el inventario de los Espacios Naturales y se incluyeron nuevas figuras de protección (Paraje Natural, Parque Periurbano y Reserva Natural Concertada) además de las establecidas en la ley estatal.

Era en el **Decreto 104/1994**, de 10 de mayo, por el que se establecía el Catálogo Andaluz de Especies de la Flora Silvestre Amenazada. En el catálogo estatal, solo una pequeña parte de la flora de la Comunidad estaba incluida, quedando el resto sin ningún tipo de protección, y en algunas especies, debido a la necesidad de actuación, se iniciaron Planes de Recuperación. En el presente decreto se incluían los contenidos mínimos que estos planes debían contemplar.

En el año 2003 se aprueba una nueva ley, la **Ley 8/2003**, de flora y fauna silvestres, que tiene como objetivos "la ordenación de la protección, conservación y recuperación de la flora y la fauna silvestres y sus hábitat, así como la regulación y fomento de la caza y la pesca para la consecución de fines de carácter social, económico, científico, cultural y deportivo." Esta ley, en su exposición de motivos, muestra la necesidad de tener una ley en la que los distintos aspectos medioambientales (espacios protegidos, ley forestal, caza, pesca) queden unificados en un único texto. Se crea un Catálogo de Especies Amenazadas a partir de las especies que aparecen en el Anexo II de esta Ley. Es en este anexo y en este Catálogo de Especies Amenazadas en el que se incluye a *Erica andevalensis*, en la categoría de en peligro de extinción, que aunque sí que estaba también incluida en el anterior Catálogo andaluz, no está presente en el Libro Rojo de España. Esta catalogación hace que tenga que realizarse un Plan de Recuperación de *Erica andevalensis*.

Una vez vista la legislación relativa a la conservación de espacios y especies, la zona de estudio es una zona minera y sobre este tipo de medios también hay una legislación específica a aplicar, la relativa a la restauración del espacio natural afectado por actividades mineras, que viene recogida en el **Real Decreto 2994/1982**, de 15 de octubre. En este Real Decreto queda recogido que antes de la obtención de una concesión para una explotación minera debe presentarse un Plan de Recuperación del espacio natural afectado por las labores.

2. OBJETIVOS

Los objetivos que se pretenden conseguir con el presente trabajo es realizar una recopilación bibliográfica de diferentes aspectos sobre *Erica andevalensis*. Por un lado se pretende recopilar los distintos estudios que se están llevando a cabo relacionadas con distintos aspectos de la especie, como son la resistencia a los metales pesados y el papel que las micorrizas pueden ejercer para que los individuos sean tolerantes a tales concentraciones. Por otro lado se quiere hacer una recopilación sobre la normativa que rige el estado de conservación de la especie, así como las normativas que existen sobre el hábitat en el que se encuentra, y del mismo modo, ver los programas y planes de recuperación en los que la especie está incluida. Un segundo objetivo que se persigue es describir la distribución que la especie tiene a escala de detalle.



3. RESULTADOS

3.1. Investigación

La peculiaridad del hábitat en el que se encuentra la especie ha llevado a la realización de diversos estudios sobre los metales acumulados, las partes de la planta en la que se acumulan y los mecanismos por los cuales los metales entran a la planta; por otro lado, también se han estudiado los metales que la planta excluye y los mecanismos empleados para esta exclusión.

Uno de los primeros estudios sobre el contenido en metales en *Erica andevalensis* se realizó por Soldevilla *et al.* (1992). En este estudio se tomaron muestras de suelo en tres zonas diferentes: una situada a unos 500 m de las chimeneas de los hornos de la quema de la pirita, en la que no existía vegetación alguna, una segunda en la que la vegetación presente era de reciente colonización, y una tercera zona situada en los bosques de los alrededores de la mina. En estos puntos a su vez también fueron tomadas muestras de la vegetación presente. Los resultados obtenidos tras los análisis realizados fueron que los suelos de las tres zonas seleccionadas tenían un pH extremadamente ácido, baja disponibilidad de nutrientes y concentraciones de cobre y plomo muy elevadas. Posteriormente se realizaron análisis de la vegetación y se vio que las laderas y terrazas más próximas a las antiguas chimeneas estaban ocupadas por *Erica andevalensis*, que además crecía adecuadamente junto a pinos y eucaliptos que presentaban un crecimiento reducido. Del análisis del contenido de metales en las hojas de *Erica andevalensis* se concluyó que la planta era capaz de acumular manganeso, mientras que excluía al zinc. Otros metales que la planta acumula, aunque a concentraciones inferiores al manganeso son cobre, aluminio y hierro.

Con anterioridad a este estudio, se habían realizado estudios analizando el contenido de metales pesados presentes en el suelo, pero no se habían analizado éstos en el interior de las plantas (Nelson, 1985).

Una vez que se conoce que *Erica andevalensis* es una planta que es capaz de acumular algunos metales pesados, se han seguido realizando nuevos estudios. Uno de estos estudios fue realizado por Asensi *et al.*, (1999) y tuvo como principales objetivos el establecimiento de la tolerancia al cobre de la especie, así como la comparación con otras especies que no fuesen acumuladoras; ver si se podía considerar a la especie como hiperacumuladora y por último determinar la relación existente entre el cobre que es asimilado por la planta y el que esta disponible en el suelo. No se encontró que existiese ninguna correlación entre el contenido de cobre en el interior de la planta y el suelo, pero esto era algo esperable, pues se trata de un elemento esencial en la nutrición de las plantas y las concentraciones internas tienden a ser constantes. Las principales conclusiones a las que este estudio llegó fueron que *Erica andevalensis* tiene una elevada tolerancia al cobre, aún comparándola con otras especies que también son acumuladoras, pero a pesar de esto, no se puede considerar que sea hiperacumuladora de este metal; la cantidad de cobre que la planta toma depende de la cantidad que exista en forma asimilable y no del contenido total en el suelo; la asimilación del cobre además sigue el mismo patrón que el de las plantas que lo excluyen, dejando de tomarlo una vez que se sobrepasa un determinado umbral. Este estudio además pone de manifiesto que la especie no puede ser empleada como un indicador para prospecciones biogeoquímicas, porque su contenido en cobre no está relacionado con la cantidad total del metal que existe en el suelo, aunque si que es un buen indicador geobotánico, pues crece restringida en medios en los que la concentración de este metal es elevada.

Posteriormente, nuestro grupo de investigación (Heras, M.A., 2002) ha realizado nuevos estudios sobre los metales que *Erica andevalensis* acumula, pero teniendo ahora también en cuenta en que parte de la planta son éstos acumulados. Para ello, se realizó un análisis de una población situada en el término municipal de Nerva. Además de analizar las muestras de suelo, se procedió al análisis del contenido en metales en raíz, tallo y hojas. Nuevamente se



observa que la planta muestra un comportamiento diferente que depende del metal, acumulando algunos a concentraciones superiores a las que existen en el sustrato, incorporando otros a concentraciones que son inferiores a las presentes en el suelo, y por último excluyendo a otros, los cuales están a concentraciones elevadas en el suelo y en la planta apenas se detectan. Los resultados que este estudio obtiene son que en la raíz se acumulan a concentraciones más elevadas que en el suelo el manganeso, cobre, cromo, níquel, cobalto, plata, molibdeno y cadmio. Aunque el manganeso había sido descrito como metal que se acumula en las hojas, también se han encontrado concentraciones elevadas en las raíces (Heras, M.A., 2002). Estudios realizados anteriormente consideraron que el zinc era un metal que quedaba excluido (Soldevilla, 1992), sin embargo, este nuevo análisis encontró que la planta tiene zinc en sus tejidos en un gradiente que va desde el suelo a las hojas, a una concentración similar a la que esta presente en el suelo. También se encontró que existían gradientes con otros metales, como arsénico, plomo, galio, bario. Como conclusiones, este estudio llega a que *Erica andevalensis* se comporta de diferente manera dependiendo del metal. Es una especie que puede ser empleada para eliminar metales del medio, aunque para esto hay que tener en cuenta la fracción de la planta en la que el metal se acumula, para poder obtener una eliminación que sea máxima. Los fines concretos con los que la planta puede ser utilizada son como planta selladora de escombreras de minas y suelos contaminados con metales pesados y por otro lado para recuperar estos suelos, mediante su cosecha y posterior retirada y eliminación.

El último estudio realizado por nuestro grupo de investigación (Heras *et al.*, 2003, Heras *et al.*, 2004) tenía como objetivo cuantificar los metales que existen en el medio y definir la relación existente entre dichos metales y la planta. El estudio, por otro lado también analizó el ácido ascórbico y la actividad de la enzima guayacol peroxidasa, así como los pigmentos fotosintéticos como biomarcadores de defensa frente al estrés oxidativo que la planta emplea para poder vivir en un medio tan hostil como en el que se desarrolla. Se recolectaron plantas de dos poblaciones, una de una escombrera de una mina abandonada y otra de las márgenes del río Odiel. De este modo se pretendía comparar el comportamiento en dos hábitats diferentes. Como en estudios anteriores, se tomaron muestras de suelo y de raíz, tallo y hojas. Los metales que se acumulan, como ya se había visto en otros estudios, se vieron que eran hierro, manganeso, cadmio, molibdeno, rubidio, zinc, níquel, cobalto, cromo y litio, siendo el único que se hiperacumula el manganeso. Muchos de estos metales son esenciales para las plantas, pero cuando ciertos límites son rebasados, se producen efectos perjudiciales, generándose radicales libres y especies reactivas del oxígeno, que dan lugar a estrés oxidativo a nivel celular (Dietz *et al.*, 1999). Los resultados que se obtuvieron fueron que no había diferencias significativas entre las dos poblaciones en la medida de la actividad guayacol peroxidasa. Esto indica que las enzimas degradativas del peróxido de hidrógeno no utilizan ni éste ni sus análogos, por lo que no es un indicador de estrés oxidativo en el caso de esta especie. En los pigmentos fotosintéticos tampoco se apreciaron diferencias, lo que indica que el metabolismo fotosintético no está resultando dañado. En cambio, sí se vieron diferencias en las medidas de ascorbato, siendo los niveles más altos en la población de la escombrera de la mina, que es donde la concentración de metales es superior, y por tanto la planta está expuesta a mayores niveles de estrés oxidativo.

Otro tipo de estudios que se están llevando a cabo son los relacionados con las micorrizas y el papel que esta simbiosis puede suponer en los mecanismos de resistencia a metales (Bradley, 1981; Bradley, 1982; Leyval, 1997; Cairney, 2003; Midgley, 2004). Aunque no se han realizado hasta el momento estudios sobre la función que las micorrizas pueden tener en las raíces de *Erica andevalensis*, sí que se han estudiado en otra especie de la misma familia, en *Calluna vulgaris*. Este estudio fue realizado por Bradley (1981) y se vio que la especie, cuando crece en ausencia de micorrizas presenta una menor tolerancia a los metales. Por otro lado, en los ejemplares que poseen micorrizas, se observa que la concentración de metales en las raíces es superior que en los brotes, lo que lleva a suponer que los metales sean retenidos a nivel de raíz por las micorrizas, las cuales por tanto, se cree que están relacionadas con la exclusión de los metales evitando de ese modo su toxicidad. Bradley (1981) ha sido el primero en relacionar el papel que las micorrizas tienen en la resistencia a metales, y explica de este modo la capacidad adquirida mediante la



simbiosis con las micorrizas por las plantas de la familia de las Ericáceas para evitar la acumulación de metales en su interior y el éxito que tienen para crecer en suelos en los que plantas de diferentes familias no pueden, debido a que los bajos niveles de pH hacen que la disponibilidad de algunos metales en forma catiónica sea elevada, como es el caso del aluminio y del manganeso.

La simbiosis con micorrizas también se ha visto en otras dos especies, *Vaccinium macrocarpon* y *Rhododendron ponticum*, pertenecientes a la misma familia que *Erica andevalensis*, además de en la expuesta anteriormente, *Calluna vulgaris*, llegándose a la misma conclusión, es decir, que es la asociación con este tipo de hongos la que permite que vivan en medios cuya concentración de metales es elevada, pues quedan excluidos a nivel de raíces (Bradley, 1982).

Nuestro grupo de investigación sigue realizando estudios sobre la acumulación de metales en los tejidos de *Erica andevalensis*. Igualmente se están cultivando individuos en el laboratorio para poder realizar estudios controlando la cantidad de metales que se añaden al medio, para ver como los asimila la planta y también ver los efectos que los metales pesados tienen en relación al estrés oxidativo y los mecanismos particulares que esta especie posee para su defensa, estudiando los sistemas antioxidantes de la planta, entre los que destaca el sistema ascorbato/glutatión. Se sabe que el ácido ascórbico tiene un importante papel en la defensa vegetal frente al estrés oxidativo, pero no se conocen la regulación de su síntesis y la degradación en condiciones de estrés. Por otro lado, empleando microscopía óptica y electrónica se pretenden realizar estudios sobre la existencia de micorrizas en las raíces, así como estudiar la distribución de los metales en el interior de las células.



Fig. 5: Fotografía de *Erica andevalensis* creciendo en condiciones de laboratorio



3.2. Legislación

Puesto que la elección de Lugares de Interés Comunitario (Zonas LIC) pasa a ser competencia de las comunidades autónomas, según el Real Decreto 1997/95, que transpone a la Directiva Hábitats, la Junta de Andalucía ha propuesto zonas con tal fin, y una de estas zonas coincide en parte con el área objeto de nuestro estudio, es decir, la cuenca del río Tinto. En el río Tinto se han propuesto tres zonas LIC, tanto por los hábitats y especies que alberga, que están incluidos tanto en la Directiva Aves como Hábitats; como por ser una comunicación entre Doñana y Sierra Morena y por poseer formas de vida que se desarrollan bajo condiciones extremas y adversas para la mayoría de los seres vivos. Las tres zonas que se proponen son el Corredor ecológico del río Tinto; el Estuario del río Tinto; y las marismas y riberas del río Tinto. Además el Corredor ecológico del río Tinto tiene parte de su superficie solapada con un área propuesta como Paisaje Protegido (*"cualquier parte del territorio, tal como es percibida por las poblaciones, cuyo carácter resulta de la acción de factores naturales y/o humanos y de sus interrelaciones"* definición de la Convención Europea del Paisaje). Es una zona, que por poner en contacto Doñana con Sierra Morena, es de interés para la conservación del lince. Además posee hábitats que son considerados prioritarios, como son los bosques en galería de *Salix alba* y *Populus alba*, prados húmedos mediterráneos de hierbas altas Molinion-Holoschoenion, dehesas perennifolias de *Quercus* sp. y brezales secos europeos. Además de esto, la zona posee unos valores estéticos únicos, fruto de la actividad minera. En la propuesta de declaración de Paisaje Protegido se ha también tenido en cuenta la existencia de *Erica andevalensis*, que es endémico de la zona. Este Paisaje Protegido es el segundo de Andalucía, después del Corredor Verde del Guadiamar (Rodríguez de los Santos et al., 2004).

En la figura 6 se muestra la propuesta de Diciembre de 2002 de zonas LIC de Andalucía en la provincia de Huelva. En esta figura podemos comprobar que la mayoría de la zona minera y las cuencas contaminadas del río Tinto se incluyen en dicha propuesta.



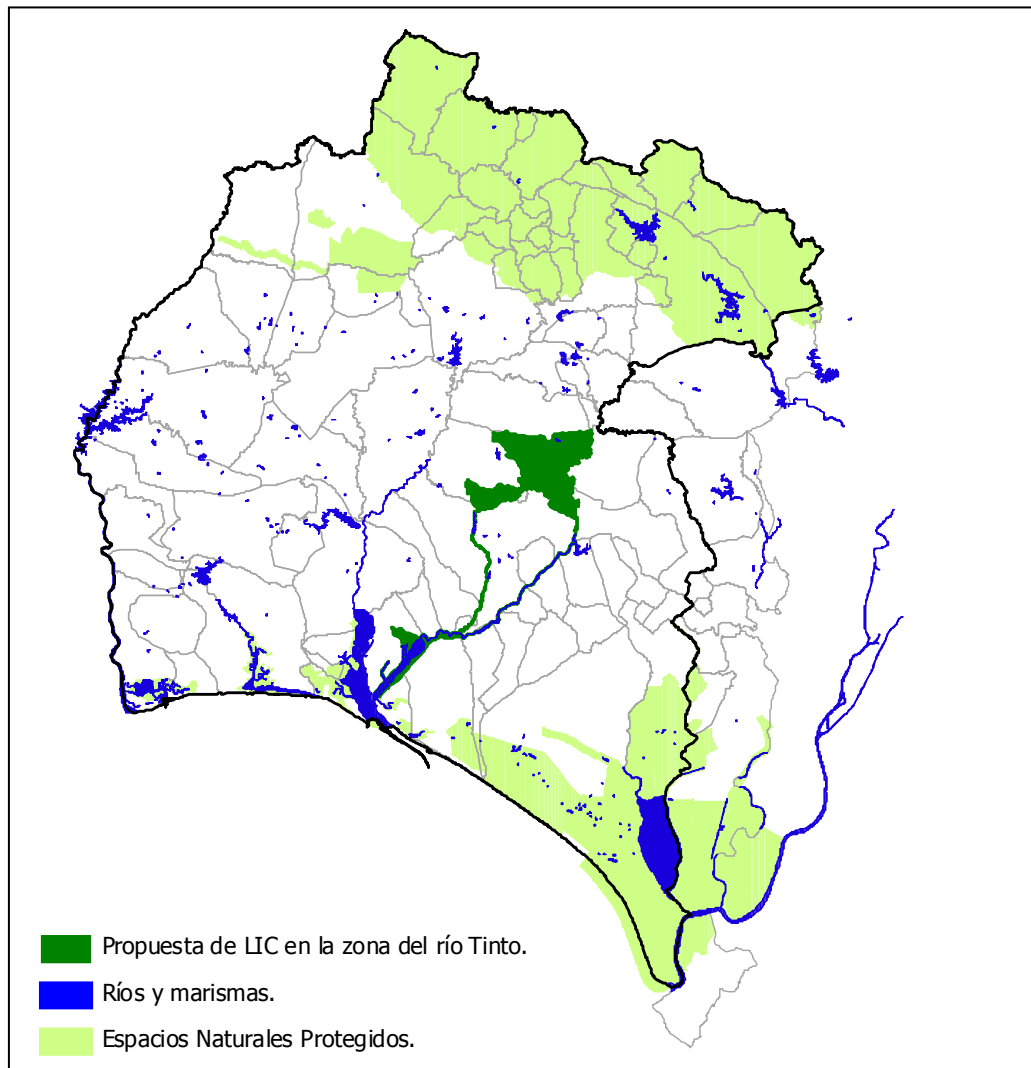


Fig.6 : Mapa de la propuesta de zona LIC de la zona del río Tinto.

Tras haber realizado un análisis de la legislación vigente, se plantea un problema con respecto a la conservación de *Erica andevalensis*, pues se trata de una especie que catalogada en peligro de extinción por la legislación andaluza, pero que a su vez tiene su hábitat en una zona que por ley debería someterse a Planes de Recuperación, como son las escombreras de las minas.

Aparicio (1996) propone que para poder plantear medidas de conservación adecuadas para la especie es necesario primero realizar estudios que permitan averiguar cuales son las amenazas biológicas intrínsecas que le acechan, para lo cual también es necesario el conocimiento de la historia natural de la especie y la identificación de los principales riesgos.

Las principales medidas de conservación propuestas en el Libro Rojo de la Flora Amenazada de Andalucía para esta especie se basan en la conservación de su hábitat, del cual es altamente dependiente. Deben conservarse las escasas piedras de Gossan existentes, a lo que debe añadirse el impedir la reutilización de las escombreras así como el evitar que se lleven a cabo ningún tipo de actuación en las cuencas de los ríos Tinto y



Odiel, que puedan suponer una variación en la dinámica anual de los cauces, cuyas riberas son parte del hábitat de la especie.

Es importante destacar que el área en la que se encuentra *Erica andevalensis* es una de las zonas que la Junta de Andalucía propone como zona LIC (Lugar de Interés Comunitario), para pasar a formar parte de la Red Natura 2000, según lo establecido en la Directiva Hábitats. Esta declaración supone la obligatoriedad de tomar medidas para su conservación; por otro lado, la declaración ha sido realizada tanto por los valores paisajísticos que posee el lugar, como por las especies tan peculiares allí presentes. La zona será catalogada bajo alguna figura de protección de espacios naturales y de este modo, el paisaje se conservará casi como se encuentra en la actualidad, sin ser sometido a actuaciones de mejora ni restauración, lo que es beneficioso para el caso de *Erica andevalensis*, pues requiere de las condiciones del medio actual para vivir.

3.3. Distribución

El estudio de la distribución se ha realizado empleando un GPS (Garmin E-trex Summit). Para poder realizar la cartografía de la distribución de la especie, se fue recorriendo el área de distribución y se fue registrando la localización de las distintas poblaciones, subpoblaciones o de los individuos aislados existentes. Se visitaron tanto las zonas mineras y sus escombreras, como las riberas de los ríos Tinto y Odiel y algunos de sus afluentes.

Tras realizar el trabajo de campo se confirmó lo que ya era conocido, es decir, que la especie crece asociada a lugares contaminados por metales (figura 7). Se observa que el grueso de las poblaciones se encuentra en la provincia de Huelva, coincidiendo con las zonas mineras. Una pequeña parte de la distribución de la especie se enmarca en la provincia de Sevilla aunque siempre asociada a suelos contaminados. En este mismo mapa se puede observar, comparándolo con el anterior (Figura 6) como existe una correlación entre las poblaciones de *Erica andevalensis* que se encuentran en la cuenca del río Tinto y la zona LIC propuesta en el mismo, lo que favorecerá la conservación de la especie en dicho lugar. Es interesante destacar por otro lado como en la zona del río Odiel *Erica andevalensis* llega casi a la zona de marisma, incluida dentro del Paraje Natural Marismas del Odiel, donde existen condiciones de cierta salinidad. Cuando esta salinidad aumenta *Erica andevalensis* es sustituida por especies halofitas como *Spartina densiflora*. En el río Odiel, se observa como aparece prácticamente por toda la ribera, una vez que es atravesada la zona minera, cosa que no ocurre en el caso del Tinto, donde las poblaciones van desapareciendo al alejarse la zona de influencia de las minas. Se puede ver igualmente, como en la zona del río Odiel no existe ninguna figura de protección lo supone un riesgo para los individuos asentado en este cauce.



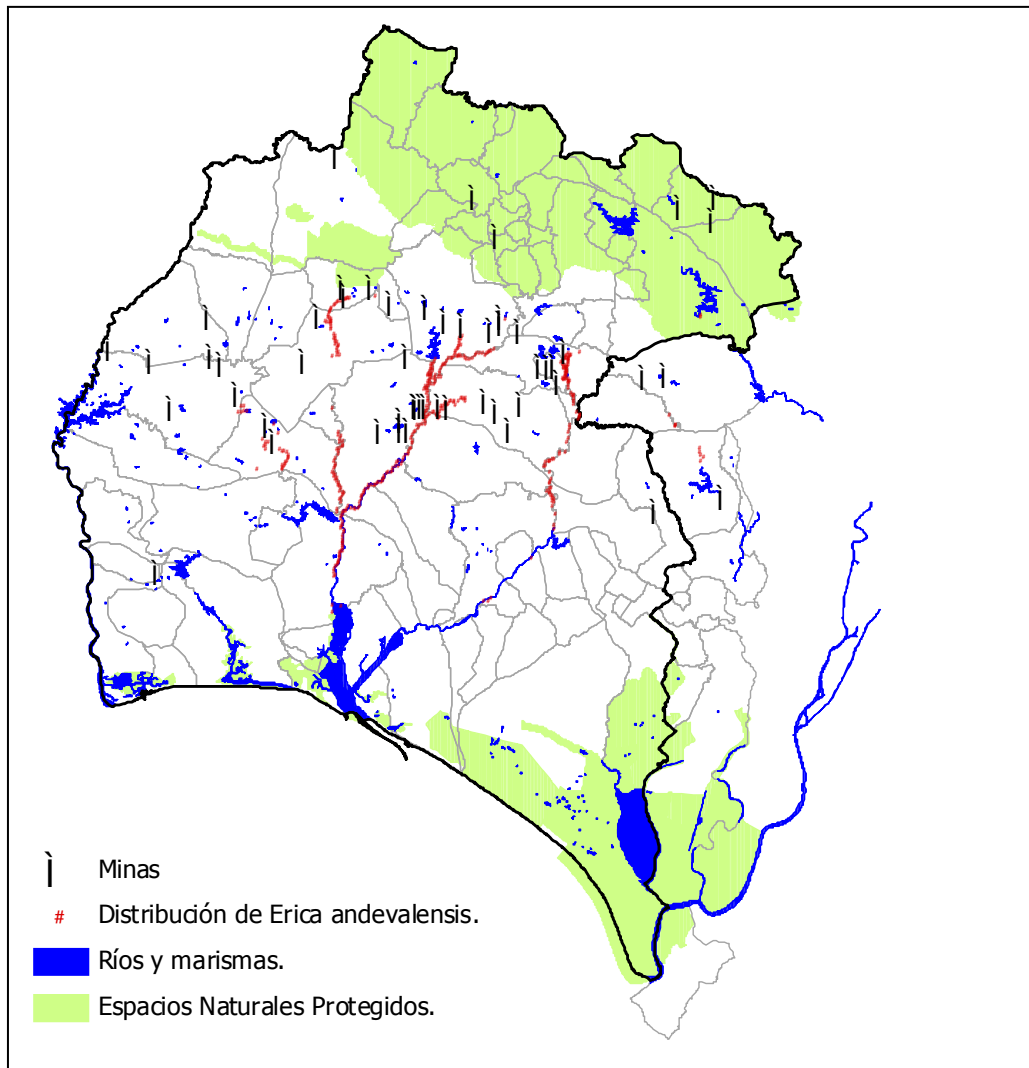


Fig. 7: Mapa de la distribución georreferenciada de *Erica andevalensis*.

4. CONCLUSIÓN

Tras analizar toda la documentación que hasta el momento existe sobre *Erica andevalensis*, se ve que aún quedan por estudiar muchos aspectos relacionados con los mecanismos que la planta posee para poder vivir en un medio tan hostil. El conocimiento de estos mecanismos de tolerancia sería muy importante para poder utilizar a la especie en la recuperación de zonas afectadas por contaminación como la que en su medio existe, ya que la planta tolera altos niveles de metales, y cuando estos fuesen disminuyendo, la zona, de forma natural iría siendo colonizada por otras especies, que poco a poco irían desplazando a *Erica andevalensis* por competencia. Sin embargo, es muy importante destacar la gran importancia que tiene la conservación del hábitat actual, que podría verse afectado por diversas actuaciones de mejora paisajística y restauración de escombreras y zonas mineras. Es un gran paso la propuesta de declaración de Paisaje Protegido en la zona del río Tinto, lo que supone en cierta manera una garantía de que se van a conservar los valores que la zona posee en la actualidad, y de este modo se conserva el particular hábitat de la especie objeto de nuestros estudios. También sería interesante que se conservase la cuenca del río Odiel, donde se encuentra la grueso de las poblaciones detectadas en nuestro estudio.



5. BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio, A. (1995), Seed germination of *Erica andevalensis* Cabezudo & Rivera (Ericaceae), an endangered edaphic endemic in southwestern Spain, *Seed Sci. & Technol.* 23: 705-713.
- Aparicio, A. & García-Martín, F. (1996), The reproductive biology and breeding system of *Erica andevalensis* Cabezudo & Rivera (Ericaceae), an endangered edaphic endemic of southwestern Spain. Implications for its conservation, *Flora*. 191: 345-351.
- Arroyo, J. & J. Herrera (1988). Polinización y arquitectura floral en Ericaceae de Andalucía Occidental. *Lagascalia*. 15: 615-623.
- Asensi, A., Bennett, F., Brooks, R., Robinson, B. & Stewart, R. (1999), Copper Uptake Studies on *Erica andevalensis*, a metal-tolerant plant from Southwestern Spain, *Commun. Soil Sci.Plant Anal.* 30: 1615-1624.
- Informe de Medio Ambiente. (1996). Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- G. Blanca, G., Cabezudo, B., Hernández-Bermejo, J. E., Herrera, C. M., Molero Mesa, J., Muñoz, J. y Valdés, B. (1999). Libro rojo de la Flora Amenazada de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Bradley, R., Burt A.J., & Read, D.J. (1981). Mycorrhizal infection and resistance to heavy metal toxicity in *Calluna vulgaris*. *Nature*. 293: 335-337.
- Bradley, R., Burt A.J., & Read, D.J. (1982). The biology of micorrhiza in the Ericaceae. VIII. The role of micorrhizal infection in heavy metal resistance. *New Phytol.* 91: 197-209.
- Cairney, J.W.G., Meharg, A.A. (2003). Ericoid mycorrhiza: a partnership that exploits harsh edaphic conditions. *European Journal of Soil Science*. 54: 735-740
- Dietz, K.J., Baier, M. & Krämer, U., (1999). Free radicals and reactive oxygen species as mediators of heavy metal toxicity in plants. In: Prasad, MNV, Hagemeyer, J., eds. *Heavy metal stress in plants: from molecules to ecosystems*. Berlin: Springer-Verlag, 73-97.
- Heras, M.A., 2001. Contenido de metales pesados en *Erica andevalensis*. Trabajo de Investigación. Universidad de Huelva.
- Heras, M.A., Hidalgo, P.J., Navarro, F. & Córdoba, F. (2002). Contenido de metales pesados en *Erica andevalensis*, un brezo endémico de la península ibérica. En: *Avances en Calidad Ambiental*. Ed: Pedro Ramos Castellanos y M^a del Carmen Márquez Moreno. Ediciones universidad de Salamanca, Salamanca, pp. 329-333.
- Heras, M.A., Martínez, D., Hidalgo, P.J., Navarro, F. Córdoba, F. (2003) Caracterización del sistema antioxidante de dos poblaciones de *Erica andevalensis*. Environmental problems in an Iberoamerican context. 5th Iberian Congress and 2nd Iberoamerican on Environmental Contamination and Toxicology. 22-24 September. Oporto, Portugal.
- Heras, M.A., Martínez, D., Hidalgo, P.J., Navarro, F. Córdoba, F. (2004). *Erica andevalensis*, un edafoendemismo en peligro de extinción. Enviado a *Ecotoxicology and Environmental restoration*.
- Leyval, C., Turnau, K. Haselwandter, K. (1997). Effect or heavy metal pollution on mycorrhizal colonization and function: physiological, ecological and applied aspects. *Mycorrhiza*. 7: 139-153



- Macnair, M.R. (1997), The evolution of plants in metal-contaminated environments, En R. Bijlsma and V. Loeschcke (ed), *Environmental Stress, Adaptación and Evolution*, 1-24. Birkhauser, Switzerland.
- Midgley, D.J., Chambers, S.M., Cairney, W.G. (2004). Distribution of ericoid mycorrhizal endophytes and root-associated fungi in neighbouring Ericaceae plants in the field. *Plant and Soil*. 259: 137-151.
- Nelson, E. C., McClintock, D. & Small, D. (1985), The natural habitat of *Erica andevalensis* in southwestern Spain, *Kew Mag.*, 2(3): 324-330.
- Rivas-Martínez, S., C. Arnaiz, E. Barreno & A. Crespo (1977). Apuntes sobre las provincias corológicas de la Península Ibérica e Islas Baleares. *Opuscula Botanica Pharmaciae Complutensis*. 1: 1-48.
- Rodríguez de los Santos, M., González Castillo, C., Gómez-Uribarri Serrano, E., Rodríguez Pérez, I. (2004). Paisaje protegido de río Tinto. El origen de la Vida. *Medioambiente* 46: 14-17
- Soldevilla, M., Marañón, T. & Cabrera, F. (1992), Heavy Metal content in soil and plants from a pyrite mining in Southwest Spain, *Commun Soil Sci Plant Anal*. 23: 1301-1319.

