

Resumen de Tesis Doctoral:

**Caracterización mineralógica y geoquímica
de los lignitos de la cuenca Terciaria de As Pontes
(Provincia de la Coruña)**

**Mineralogical and geochemical features of the lignites
of the Tertiary As Pontes Basin (NW Spain)**

ÁNGEL HUERTA

Departament d' Estratigrafia i Paleontologia. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona.

Grup de Recerca de Qualitat consolidat de "Geodinàmica i Anàlisi de Conques".

Universitat de Barcelona. Campus de Pedralbes. 08028 Barcelona

ABSTRACT

The basin infill of the As Pontes Tertiary strike-slip basin (A Coruña, NW Spain) mainly consists of terrigenous sediments and lignites. This contribution deals with establishing the depositional environment of these lignites, as well as with the analysis of their range, maceral composition and paragenetic mineral sequence. The major and trace elements in the lignites and their affinities were also determined. The integration of the available sedimentological, stratigraphical, petrographical, mineralogical and geochemical data allowed to establish: a) The depositional and geochemical controlling features on sulphur accumulation. b) A model for the lignite formation and evolution.

The successive, tectonically forced evolutionary stages in the basin generated diverse lignite kinds with different characteristics. The lower coal seams are characterised by highest sulphur and early diagenetic mineral content. These coals were formed in small size, restricted swamp-lacustrine environment with alkaline and highly mineralised syngenetic pore solutions. The basin evolved later to more pore-water dilute low-lying swamps with larger areal extent and lower mineralised syngenetic solutions. As a consequence, the middle and upper coalseams were deposited under decreasing alkalinity and sulphur content, closely related with the basin evolution. The upper coal seams show lower sulphur content and the highest detritical mineral content, in comparison to the underlying seams.

The correlation between the mineralogical and geochemical parameters of the As Pontes lignites showed the following element associations: a) major organic affinity for Ca and Mg, and minor affinity for S, Mn and B; b) major aluminosilicate affin-

ity for Al, K, Na, Ti, Bi, Cr, Cs, Cu, Ga, Hf, Li, Mo, Nb, Pb, Rb, Sn, Th, Tl, U, V, Zr and REE, and minor affinity for As, B, Ba, Be, Ge, Mn, P, Sb, Sc, Sr and Se; c) sulphide affinity for Fe, S, As, Co, Ni and Zn; and d) phosphate affinity for P, Ba and Sr.

The evolution and the quality of the coal was controlled mainly by: a) Tectonic activity, which controlled subsidence, drainage evolution and basin infill trends. b) Climate, which controlled water supply and evaporation. c) Parent rock, which influenced on detrital mineral supply and water hydrochemistry. d) Syngenetic solutions pH and $\text{Fe}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$ rate, which influenced diagenetic minerals formation and sulphur content and forms in the lignites.

INTRODUCCIÓN

La cuenca de As Pontes (A Coruña, NW de España) se formó en una zona de relevo compresivo de fallas direccionales dextrógiras. El relleno sedimentario es sintectónico y abarca desde el Oligoceno superior al Mioceno inferior. La cuenca tiene unos 7 Km de longitud, entre 1,5 y 2,5 Km de ancho y es paralela a las fallas direccionales principales de orientación NW-SE. Estas fallas direccionales controlaron el desarrollo de sistemas de cabalgamientos, fallas inversas y normales situadas principalmente en el margen Norte de la cuenca. Estas fallas controlaron el relleno sedimentario, formado principalmente por lutitas y arenas aluviales que alternan con capas de lignito de potencia variable (entre 1 y 30 m). En este trabajo se ha estudiado el lignito con el fin de establecer su modelo de formación y evolución. Para ello se han determinado el ambiente de formación, el rango, la composición maceral, la secuencia paragenética mineral, la composición y asociación de los elementos mayores y traza, además de sus variaciones verticales y laterales. Se ha desarrollado una metodología analítica que incluye el muestreo, el análisis sistemático y puntual de la mineralogía y de la composición petrográfica del carbón, la determinación de la composición en elementos mayores y traza a partir de la disolución total ácida del carbón y el tratamiento numérico de los resultados. Esta metodología analítica puede ser empleada para cualquier tipo de carbón.

RESULTADOS

Origen de los lignitos

Los lignitos de As Pontes se formaron en pantanos retróficos con turberas bajas, donde se formaron *lignitos pardos*, que son las litofacies más abundantes en las capas de carbón de la cuenca. Estas turberas incluían lagunas de mayor profundidad de agua, donde se formaban *lignitos claros o piropisíticos*, la segunda facies de ligni-

tos de mayor importancia en la cuenca. La desaparición de las facies de lignitos piropisíticos en los carbones de la parte alta de la sucesión, además del registro paleobotánico y la composición maceral de los lignitos, indican la desaparición de las lagunas en los estadios evolutivos intermedios y finales de la cuenca. Hacia techo de la sucesión, se produce un incremento en la influencia detrítica que afecta a las capas de lignito.

Tipología y características mineralógicas y geoquímicas

Los carbones de As Pontes son mayoritariamente *lignitos de tipo B*, producto de una baja maduración. El bajo rango, bajo poder calorífico y alto contenido en cenizas y azufre hace que la calidad del carbón de As Pontes sea baja. Los lignitos claros tienen un mayor poder calorífico y un rango algo mayor, debido a que contienen importantes cantidades de liptinita además de huminita. Petrográficamente, los lignitos pardos están compuestos casi exclusivamente por *huminitas*, principalmente *humodetrinitas*, con *liptinitas* e *inertinitas* como componentes minoritarios. Los lignitos claros son bimacerales compuestos de huminita, cantidades accesorias de inertinita y más de un 5% de liptinita. Las liptinitas principalmente son de tipo *suberinita* aplanada, que son producto de la maduración del tejido cortical de plantas acuáticas y subacuáticas acumulado en lagunas.

Mineralógicamente no hay diferencias entre los dos principales tipos de lignitos, siendo las fases minerales más abundantes cuarzo, caolinita, piritita e illita. La mayoría de las fases minerales se acumularon y se formaron durante la etapa singenética temprana: a) *Fase detrítica*: cuarzo, caolinita de baja cristalinidad, illita, esmectita aluminica, feldspatos, plagioclasa y clorita; b) *Fase biogénica*: apatito, ópalo y calcita; y c) *Fase diagenética*: piritita, cuarzo pseudomorfizando el tejido vegetal, siderita, hidroxi fluorapatito y calcita. Durante la etapa singenética media y tardía se formaron: piritita, marcasita, caolinita de al-

ta cristalinidad y carbonatos férricos. Las fases minerales epigenéticas son muy escasas y las de alteración son sulfatos.

Los minerales diagenéticos son mayoritarios en los lignitos de la parte inferior de la sucesión. Sólo en los lignitos inferiores se detecta presencia de hidroxifluorapatito y troncos silicificados que se caracterizan por formarse bajo condiciones alcalinas (pH superior a 9). Hacia techo de la sucesión, disminuye el pH y aumenta la influencia detrítica, incrementándose el contenido en caolinita de baja cristalinidad, illita, feldespato y plagioclasas.

CONCLUSIONES

El contenido en elementos traza se enmarca en el rango usual de los carbones estándar, con variaciones verticales y laterales relacionadas con la influencia de los aportes detríticos procedentes de los abanicos aluviales. Las asociaciones de elementos mayores y traza para todos los lignitos de As Pontes son: a) *Asociación orgánica* para Ca y Mg; b) *Asociación orgánica menor* para S, Mn y B; c) *Asociación con los aluminosilicatos* para Al, K, Na, Ti, Bi, Cr, Cs, Cu, Ga, Hf, Li, Mo, Nb, Pb, Rb, Sn, Th, Tl, U, V, Zr y Tierras Raras; d) *Asociación aluminosilicatada menor* para As, B, Ba, Be, Ge, Mn, P, Sb, Sc, Sr y Se; e) *Asociación con los sulfuros* para Fe, S, As, Co, Ni y Zn; y f) *Asociación con fosfatos* para P, Ba y Sr. Estas asociaciones varían ligeramente desde la base hasta el techo de la sucesión con lignitos, lo que permite la subdivisión de éstos en cuatro grupos relacionados con su posición estratigráfica.

La integración de los resultados sedimentológicos, estratigráficos, petrográficos, mineralógicos y geoquímicos ha permitido establecer: a) Los controles deposicionales y geoquímicos de la acumulación de azufre en el lignito. b) El modelo de formación y evolución de los lignitos. c) Parámetros para calibrar el sistema de análisis *on line* que ENDESA-Mina As Pontes ha instalado para optimizar la mezcla del carbón empleada en la central térmica.

La cantidad de azufre total en los lignitos de As Pontes y la formación de pirita, dependió de: a) La cantidad de azufre en forma de sulfato disuelto en el agua que aportó el área fuente a la cuenca. b) La extensión y características paleogeográficas de los pantanos donde se desarrolló el lignito. Las zonas pantanosas pequeñas e hídricamente cerradas facilitaron la acumulación de azufre. c) La concentración de Fe^{2+} en las aguas de la

turbera, ya que es imprescindible un mínimo de concentración de Fe^{2+} para que se puedan formar piritas. d) El marco sedimentológico, ya que en los márgenes fue favorecida la fijación de azufre en forma de pirita. e) El ambiente hidrogeoquímico de la turbera, ya que la alcalinidad favoreció la fijación de azufre en la materia orgánica.

La formación y evolución de los lignitos de la cuenca se ha dividido en cuatro etapas con significación estratigráfica. Las etapas más diferenciadas corresponden a las etapas 1 y 4 (lignitos inferiores y superiores, respectivamente) mientras que los lignitos de la parte media de la sucesión tienen características intermedias entre los extremos.

Los carbones inferiores de la sucesión se caracterizan por tener el máximo contenido de la cuenca en azufre y en minerales diagenéticos (principalmente caolinita de alta cristalinidad, pirita, troncos silicificados e hidroxifluorapatito), formados en áreas pantanosas restringidas con presencia de lagunas y con soluciones singenéticas alcalinas, altamente mineralizadas. Hacia la parte alta de la sucesión se produjo una disminución de la alcalinidad y del contenido en azufre de las aguas singenéticas, en relación con la evolución de la cuenca desde un ambiente pantanoso-lacustre restringido hacia pantanos de turberas bajas (sin presencia de lagunas) con una mayor extensión y unas aguas singenéticas menos mineralizadas. Los carbones de la parte alta de la sucesión de As Pontes se caracterizan por un bajo contenido en azufre y un alto contenido en minerales detríticos (principalmente caolinita de baja cristalinidad, illita y otros aluminosilicatos). En los lignitos inferiores el alto contenido en azufre está asociado a la materia orgánica (aproximadamente un 5% db) y a la pirita (cuando el contenido en azufre es superior al 5% db). En los lignitos medios y superiores los contenidos altos en azufre se asocian a la presencia de pirita, aunque siempre hay un contenido bajo asociado a la materia orgánica (inferior al 2%).

Los factores de control en la evolución y desarrollo de facies de lignito fueron: a) *La actividad tectónica*, que controló la subsidencia, la paleogeografía, la evolución del drenaje y los aportes de los abanicos aluviales que alimentaban la cuenca. b) *El clima*, que controló el balance hídrico. c) *La composición del área fuente*, que controló los minerales detríticos aportados y la hidroquímica de las aguas que alimentaron la cuenca. d) *El pH y la relación Fe^{2+}/SO_4^{2-}* de las aguas singenéticas, que controlaron la formación de minerales diagenéticos y el contenido en azufre y sus formas en los lignitos.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis doctoral fue realizada gracias al disfrute de una beca de FPI del Ministerio de Educación y Ciencia, en el marco de los proyectos AMB 92-0311 "Modelización del yacimiento de lignitos cenozoicos de As Pontes, A Coruña), y DGICYT PB94-286 "Respuesta secuencial de dispositivos aluviales-lacustres en cuencas contractivas: discriminación de las influencias tectónica y climática". Asimismo se contó con la financiación de un Proyecto de Cooperación Universidad empresa entre ENDESA y la Universidad de Barcelona (Proyecto Bosch i Gimpera 2149) y con el soporte del Grup de Recerca de Qualitat consolidat GQ97SGR-73.

Fecha de lectura:

30 de Junio de 1998

Tesis Doctoral original

Petrografía, Mineralogía y Geoquímica de los lignitos de la cuenca oligo-miocena de As Pontes (A Coruña): control geológico sobre la calidad del carbón.

Directores

Alberto Sáez Ruiz

Departament d'Estratigrafia i Paleontologia
Universitat de Barcelona

Xavier Querol

Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera
CSIC (Barcelona)