

Aplicación de métodos físico-químicos en arqueología

MANUEL DÍAZ VÁZQUEZ *

1. INTRODUCCIÓN

En la prospección intensiva, realizada en el marco del proyecto «Arqueología del Paisaje: estudio de la Sierra del Bocelo y del valle del río Furelos (Melide-Toques, A Coruña)»¹ (CRIADO BOADO *et alii* 1991), se observó que la mayoría de los restos arqueológicos de ciertos momentos culturales (Calcolítico y Bronce) aparecían vinculados a remociones del terreno y diseminados en áreas más o menos extensas. Esta diseminación, junto con la ausencia de estructuras visibles, es un problema a la hora de planificar una campaña de excavaciones, que lleva a recurrir, muchas veces, a un conjunto de observaciones e inducciones en los que se basa el planteamiento del trabajo de excavación, y cuyo resultado depende, las más de las veces, del factor suerte.

Partiendo de estos hechos intentamos buscar unos métodos que permitieran de alguna forma ayudar a planificar las excavaciones y reducir de forma considerable la dependencia del azar. Dichos métodos deberían cumplir las siguientes condiciones: ser fiables, poco costosos y rápidos.

Diversas investigaciones (ARRHENIUS 1931) demostraron la utilidad del análisis de fosfatos en arqueología. Dicho método cumplía sólo una de las condiciones que nos proponíamos: la fiabilidad. Necesitábamos buscar un método de campo que permitiera realizar el análisis de fosfatos con

* Universidad de Santiago. (Tercer Ciclo)

¹ Este proyecto, en el que se enmarca este trabajo, se viene desarrollando desde el año 1987, dirigido por Felipe Criado Boado, en el marco del Departamento de Historia 1 de la Universidad de Santiago y con financiación de la Consellería de Cultura de la Xunta de Galicia. El trabajo concreto que se expone en este texto fue financiado por la Dirección Xeral de Patrimonio de la Consellería de Cultura.

rapidez y con un bajo coste, sin dejar de tener fiabilidad. El método de campo spot-test (EDIDT 1973) permitía analizar el contenido de fosfatos con un método rápido y poco costoso, pero con menor fiabilidad que el análisis de laboratorio. Una vez que decidimos usar el método spot-test (mejorado por BAKKEVIG 1980), debíamos resolver, en la medida de lo posible, el problema de la menor fiabilidad del mismo, en relación con el análisis de laboratorio. Utilizamos dos caminos que podían paliar este problema: «la exhaustividad y la calibración».

El primer camino supone que se llevarían a cabo una gran cantidad de análisis en zonas relativamente pequeñas. El segundo nos lleva a contrastar los datos de los análisis del spot-test con los del laboratorio. Esta calibración sirve para ver la aplicabilidad del método de campo a las condiciones edafológicas de Galicia (TABOADA CASTRO *et alii* 1991).

Los fosfatos son indicadores de la actividad humana que deja restos orgánicos. Pero necesitábamos algún método que detectase restos no orgánicos, pues en algunos yacimientos son escasos, por lo que precisábamos utilizar algún otro método que cumpliera las condiciones que requeríamos para localizar otro tipo de restos.

La susceptibilidad magnética se empleó en arqueología (SCOLLAR 1965; MULLINS 1974; GRAHAM 1976) para detectar restos vinculados al fuego, basándose en el magnetismo del suelo. La susceptibilidad es la relación existente entre la intensidad de imanación producida en una sustancia y la intensidad del campo magnético a que está sometida. Consideramos idónea la utilización de este método por cumplir las condiciones que en un principio nos marcáramos y por no precisar de personal técnico muy cualificado para la interpretación de resultados.

2. METODOLOGÍA

La metodología empleada para llevar a cabo la investigación fue básicamente la misma en los dos métodos de prospección, comprendiendo en ambos casos dos fases: toma de muestras y análisis e interpretación de resultados.

2.1. Toma de muestras

Se realizó la toma de muestras en dos fases. En la primera se recogieron las muestras de forma extensiva, esto es, pocas muestras, abarcando mucho terreno; usamos una malla cuadrada de 20 por 20 metros, tomando las muestras en la intersección.

Una vez analizadas, se desenvuelve una segunda fase, tomándose las muestras en las zonas con mayores indicios de fósforo de la fase anterior. Usamos mallas de 5 por 5 metros y de 3 por 3 metros. De ser necesario se puede hacer una tercera toma de muestras con mucho más detalle usando mallas pequeñas, dependiendo de los objetivos que se persigan y del tipo de yacimiento en que nos encontremos.

2.2 Análisis e interpretación

Para el análisis de las muestras se usó el método del «spot-test» propuesto por Bakkevig (BAKKEVIG, S. 1980). Una vez que conocemos los resultados de los análisis a través de un programa de tratamiento cartográfico por ordenador, se representan los datos de los análisis físico-químicos, así como todos los datos de que dispongamos.

La interpretación de los resultados es la siguiente fase de la investigación. Para esto se tienen en cuenta factores como la topografía, la relación de concentración de fosfatos con los restos arqueológicos encontrados en superficie, el uso de la tierra (agrícola, ganadería,...), los fenómenos erosivos y sedimentarios, factores que puedan perturbar el magnetismo, como pueden ser la presencia de minerales de hierro u otros minerales magnéticos; así como los resultados alcanzados por el uso de otros métodos de prospección arqueológica (susceptibilidad magnética, fotografía aérea...).

Con todos estos datos, el excavador tiene delimitada la zona con más probabilidad de contener restos de actividad humana, procedentes de la acumulación de materiales orgánicos (zona de desperdicios, hábitats, ganado estabulado...) y de zonas de anomalías magnéticas.

3. ANÁLISIS DE FOSFATOS

3.1. Introducción

A pesar de que el análisis de fosfatos se utilizó en arqueología desde la década de los años treinta la aplicación del mismo fue más bien escasa, utilizándose principalmente en Norteamérica, Centroeuropa y las Islas Británicas.

Para nosotros, son dos los factores que impidieron que el análisis de fosfatos fuera empleado con más asiduidad en arqueología. El primero fue la utilización de métodos no idóneos para la prospección. Así se em-

plearon métodos de campo, desarrollados para fines agrícolas, sin tener en cuenta el diferente interés de agricultores arqueólogos, pues mientras los primeros no se preocupan por la distribución vertical del fósforo ni por los fosfatos insolubles que no pueden asimilar las plantas, es esto lo que centra el interés de los arqueólogos. Si sumamos el interés de la arqueología en los años centrales del siglo por la cronología y la mera tipología, obtendremos un cuadro poco esperanzador para la aplicación del análisis de fosfatos en arqueología.

El reciente énfasis en el estudio de la paleoecología y en la arqueología espacial precisa el desarrollo de la prospección, con la consiguiente necesidad de buscar métodos alternativos que completen la misma. Este cambio va a potenciar el interés hacia la paleoecología y el estudio del registro arqueológico desde un punto de vista espacial-distributivo, y, en este contexto, se ve la necesidad de contar con el método de campo, fiable y rápido para completar la prospección². Este interés se va a potenciar aún más desde la perspectiva de la Arqueología del Paisaje, que intenta ver la relación entre el hombre y el paisaje que lo rodea, para lo cual precisa un conocimiento, lo más amplio posible, de los asentamientos (CRIADO BOADO *et alii* 1991). En los últimos años se comienzan a aplicar, con más asiduidad, métodos físico-químicos al trabajo arqueológico en la Península Ibérica (MORENO SANZ y RUIZ GÁLVEZ 1989; PÉREZ LOSADA, ALMEIDA, SENOS MATÍAS 1989).

3.2. *El ciclo del fósforo en el suelo*

El efecto de la adición de fósforo al suelo dependerá del tipo de «material añadido», del «crecimiento de las plantas» y de la «naturaleza del suelo». El fósforo de origen biológico forma fosfatos insolubles, sobre todo con componentes de calcio, hierro y aluminio. Una vez incorporado al suelo, sufre distintos procesos físicos y químicos. Procesos de «adsorción» (fijación de una sustancia en la superficie de otra) y «absorción» (función por la cual penetran los nutrientes en los organismos vegetales o animales) ocurren en el fósforo del suelo (GIL SOTRES y DÍAZ FIERROS 1982).

Cuando el fósforo añadido al suelo es de origen orgánico, debido a restos de plantas o animales, ocurre una descomposición y comenzará

² Ver el trabajo de G. Ruiz Zapatero y F. Buriillo Mazota, «Metodología para la investigación en arqueología territorial» que enfatiza la importancia de la prospección como aspecto básico para la investigación en arqueología.

una conversión del fósforo orgánico presente en fosfatos minerales (GIL SOSTRES y DÍAZ-FIERROS 1980). Esta visión general de que los fosfatos orgánicos son convertidos en formas inorgánicas con el paso del tiempo nos lleva a la conclusión de que las formas de fósforo orgánico descenderán proporcionalmente en el suelo y aumentarán las formas de fósforo insoluble, permaneciendo en el suelo una gran cantidad de tiempo.

Una vez incorporado al suelo, el fósforo sufre una cierta movilidad que lo redistribuye vertical y horizontalmente. La distribución del fósforo a través del perfil varía con la composición del mismo. El crecimiento de las plantas en el suelo puede causar un movimiento ascendente del fósforo, todo el fósforo asimilable por las plantas está implicado en este movimiento ascendente. El ratio de movimiento depende de la cantidad de fósforo tomado por las raíces, transportado a través de la planta y devuelto a la capa superior del suelo. En un perfil de estas características en el que el factor más importante sea la vegetación, se producirá una concentración de fósforo en la superficie del perfil, decreciendo su presencia en profundidad.

Este perfil ideal estará modificado por otros procesos del suelo. Un proceso importante que afecta al fósforo del suelo, en zonas húmedas, es el lavado, que tiende a concentrar el fósforo en la parte baja del perfil. La cantidad de fosfato presente en el suelo depende también de otros factores, como el tamaño de las partículas del suelo, esperándose una cantidad menor de fósforo en suelos con material grueso, debido a que el lavado es más importante. También en suelos arenosos y turbosos, que tienen una pequeña tendencia a absorber fósforo, puede ser lavado rápidamente, desapareciendo del suelo.

Por lo que respecta al comportamiento del fósforo en suelos de Galicia, aunque no se tienen hechos estudios exhaustivos (MUÑOZ TABOADELA 1965; GIL SOTRES, DÍAZ-FIERROS 1979, 1980, 1982), teniendo en cuenta las condiciones naturales y edafológicas dominantes, debemos señalar que si los fosfatos se fijan al suelo a causa de la presencia de oxidróxidos de aluminio e hierro, que forman parte de los geles del suelo, de los cationes de Al e Fe llamados activos y, en general, de la arcilla; y que en los suelos muy ácidos se asiste a la disociación de los minerales de arcilla, esto es a la destrucción del suelo y, paralelamente, a la fijación creciente del fósforo soluble. Es probable, por lo tanto, que los suelos muy ácidos presenten cada vez menos minerales de arcilla y cada vez mayor capacidad de fijación del fósforo (MUÑOZ TABOADELA 1965).

Las condiciones naturales de Galicia favorecen la concentración de fósforo, en forma de fosfatos, por lo que es de esperar la conservación de los fosfatos orgánicos en la mayoría de los yacimientos arqueológicos.

Como se demostró en el estudio llevado a cabo, en diversos yacimientos arqueológicos gallegos, por M.^a J. Aira, P. Saa y T. Taboada, en el que encontraron concentraciones altas de fosfatos en zonas de habitación de dichos yacimientos que las diferenciaban claramente de las zonas superiores e inferiores del perfil sin ocupación (AIRA, SAA y TABOADA 1989).

3.3. *El fósforo y la actividad humana: consideraciones para la arqueología*

La actividad del hombre en el pasado rompe el ciclo natural del fósforo, provocando un aumento en la concentración de fosfato orgánico o disminuyendo la cantidad total de fósforo.

Los fosfatos se acumulan muy rápidamente en el suelo, tienen una solubilidad baja y una gran facilidad para fijarse en los perfiles del suelo, pudiendo permanecer durante milenios en los yacimientos arqueológicos. Los fosfatos derivados de la actividad humana tienen principalmente tres orígenes: excrementos de hombres y animales, desperdicios (huesos, carne, pescado, plantas, enterramientos...) y abonado. El grado de concentración y la extensión y espesor de los fosfatos en el perfil nos pueden indicar la extensión y la intensidad de la ocupación.

Un factor que afecta al ciclo natural del fósforo, que podemos denominar «cultural», es la utilización del campo circundante a los asentamientos. La forma de explotación del mismo puede aumentar o disminuir la cantidad de fósforo en el subsuelo, permitiéndonos inferir la naturaleza agrícola o pastoril de la misma. Una explotación agrícola aumentará la concentración de fósforo en el abonado de los campos. La ganadería, por su parte, disminuye la cantidad de fósforo acumulada en el suelo natural, debido al continuo crecimiento de la vegetación, que aprovecha la mayor parte del fósforo asimilable, provocaría un efecto contrario si la explotación ganadera se hiciese en campos cercados y con una densidad de animales alta, que nos llevaría casi a hablar de estabulación.

Un trabajo meticuloso en la estrategia de muestreo y en los análisis permitiría inferir esta naturaleza agrícola o pastoril de las prácticas agrarias. Y en los casos más favorables pueden representar las parcelaciones antiguas de los campos agrícolas (EDWARDS 1983).

Otro factor «cultural» que influye en el ciclo del fósforo, sobre todo en las regiones atlánticas de Europa, es la «agricultura de roza»³ y quema

³ Consistente en quemar, previamente al cultivo de cereal, la capa orgánica del suelo para fertilizar el mismo.

de pastizales, práctica esta que se desenvuelve en esta área por lo menos desde la protohistoria. La quema de la vegetación añade ceniza al suelo, y como ésta es un material básico produce un efecto de encalado en el mismo, causando disturbios en el ciclo orgánico del fósforo. Un efecto secundario es el cambio en la comunidad de plantas que puede afectar en la concentración de fosfatos del suelo. Un efecto directo es que en la quema se pierde en el humo del 0,6 al 3,5 por 100 de fósforo, y, a su vez, la ceniza y la madera quemada forman sustancias con los elementos del suelo, ocasionando un aumento del fósforo (BAKKEVIG 1980).

Estas modificaciones del ciclo natural del fósforo dejan una impronta en el suelo que permanece durante muchos años y que nos permite, con una adecuada estrategia de investigación, obtener datos que, integrados en una estrategia correcta de investigación arqueológica, permitan reconstruir el modo de vida del hombre en el pasado y su relación con su entorno.

4. DETERMINACIONES DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA

4.1. Magnetismo del suelo y arqueología

4.1.1. Introducción

La aplicación de las propiedades magnéticas a la investigación arqueológica comenzó a mediados de siglo, especialmente con los trabajos de investigación de Le Borgne, que estudió las propiedades magnéticas del suelo superficial (LE BORGNE 1955), así como los efectos del fuego en las propiedades magnéticas del suelo (LE BORGNE 1960). Las investigaciones sobre las propiedades magnéticas del suelo aplicadas a la arqueología continuaron, aunque no abundantemente, pudiendo destacar los trabajos de Scollar, sobre la prospección magnética en yacimientos arqueológicos (SCOLLAR 1965).

En la década de los años setenta destacaremos los trabajos de Tite y Longworth sobre susceptibilidad magnética en suelos y sedimentos arqueológicos (LONGWORTH and TITE 1977) y Mulling, que dirigió sus estudios a investigar las propiedades magnéticas aplicadas a la prospección arqueológica (MULLINS 1974). Los trabajos de Kopper y Creer se orientaron hacia el paleomagnetismo y la interpretación estratigráfica en arqueología (KOPPER and CREER 1976).

En los últimos años se observa una orientación de los trabajos relacionados con las propiedades magnéticas de los suelos y sedimentos

hacia una vertiente ecológica y paleoecológica, así tenemos los trabajos desarrollados por Kent sobre el registro climático relacionado con el paleomagnetismo (KENT 1982).

Desde mediados del presente siglo las propiedades magnéticas originaron multitud de estudios e investigaciones que tienen una gran aplicación industrial, pero también en muchos campos de la ciencia. Así, en geofísica, gracias a las notables propiedades de los granos de hierro o ferrimagnéticos de conservar el campo magnético que reinaba en el momento en que su temperatura, durante su enfriamiento, descendía un poco por debajo del «punto de Curie», se descubrieron el centenar de inversiones sufridas por el campo magnético terrestre desde hace cien millones de años y se determinó el desplazamiento de los polos a partir del Carbonífero.

Estas propiedades de los minerales magnéticos son la base de los estudios paleomagnéticos. Que, a su vez, determinaron la aplicación del magnetismo a la arqueología, distinguiéndose ambos sólo en el tipo de registro, pues mientras el primero se observa, principalmente, en las rocas sedimentarias, el segundo se interesa por los residuos del magnetismo originado por la actividad del hombre en el pasado (especialmente a través del fuego).

4.1.2. Incidencia de la actividad humana en el magnetismo

El fuego es una de las actividades que más afecta al magnetismo; es el causante de que los óxidos de hierro del suelo se conviertan en otros minerales más magnéticos, como la magnetita y la magemita; esta conversión tiene lugar, según qué materiales, a partir de los 200 °C. Este incremento del magnetismo puede permanecer durante muchos años y ser detectado por el contraste existente con el magnetismo de los minerales que lo rodean.

Además de la utilización del fuego dentro de los sedimentos tuvo una gran importancia en la actividad agrícola, ya que, al menos desde la protohistoria, se usó la «roza» como técnica agrícola principal. Esta actividad supuso un crecimiento importante del magnetismo en zonas extensas al alcanzarse durante la combustión de la «roza» temperaturas bastante elevadas. Todas estas actividades relacionadas con el fuego nos permiten tener una amplia definición de las áreas de ocupación primitiva que se pueden detectar haciendo las oportunas determinaciones de susceptibilidad magnética.

Otra actividad que se traduce de alguna forma en el magnetismo es la construcción de pozos y zanjas que se rellenan de suelo de ocupación,

más magnético, así como de desperdicios, lo que produce un incremento del magnetismo.

Pero no sólo es significativo el incremento de la susceptibilidad magnética, también puede ser revelador una disminución de la misma. Así, se puede detectar la existencia de estructuras de piedra por la baja susceptibilidad magnética de la misma. Normalmente la roca, así como el «xabre»⁴, tiene una susceptibilidad magnética menor que el suelo natural (al menos en los granitos gallegos). Este contraste del magnetismo se acentúa si está rodeada por suelo de ocupación. Hay entonces una disminución acentuada del magnetismo que se puede corresponder con estructuras pétreas o pavimentos. No hay que olvidar que la susceptibilidad depende de la intensidad y densidad de la ocupación del sitio. Así, yacimientos ocupados durante un tiempo muy corto es difícil que dejen una gran anomalía en las propiedades magnéticas de los suelos.

4.1.3. Otras aplicaciones

Las propiedades magnéticas también se pueden usar para resolver problemas puntuales durante la excavación. Así puede interesar, por ejemplo, saber si cierto artefacto fue quemado «in situ». Una forma de averiguarlo sería hacer una lectura de susceptibilidad magnética en el suelo que lo rodea. Si tuvo lugar el proceso de quemado «in situ», sería mayor la susceptibilidad magnética en los materiales en contacto con el artefacto, ya que en el proceso de combustión los óxidos de hierro del suelo se convertirían en materiales ferri o ferromagnéticos, como la magnetita o la magemita. También se pueden utilizar las propiedades magnéticas para ayudar a distinguir estratos y niveles arqueológicos, cuando éstos se encuentran cortados por estructuras u otros motivos. Un análisis de la susceptibilidad magnética de los estratos puede ayudar a determinar si se trata o no del mismo estrato.

Otros caminos abiertos para la investigación de las propiedades magnéticas de los suelos aplicadas a la arqueología están dirigidos hacia los estudios de erosión en procesos de formación y destrucción de yacimientos, estrechamente relacionados con estudios sedimentológicos. También sería interesante relacionar las propiedades magnéticas con los procesos climáticos en la prehistoria, asociados con estudios palinológicos.

⁴ Zona de transición entre la roca madre y el horizonte C.

En definitiva, la aplicación de las propiedades magnéticas a los estudios arqueológicos no tienen por qué estar necesariamente restringidos a la prospección. Aunque paradójicamente este trabajo se centre exclusivamente en ellas, más por estar en una fase inicial que por limitaciones del método.

5. TRABAJO DE CAMPO

Del trabajo realizado en diversos yacimientos de la Sierra del Bocelo reseñaremos someramente⁵ los resultados obtenidos en los yacimientos de Requeán y A Lagoa.

En el yacimiento de Requeán, adscrito al Calcolítico, se realizaron dos campañas de toma de muestras durante los años 1989 y 1990. Los resultados señalaron que las zonas de máxima concentración de fosfatos y valores de susceptibilidad magnética se asocian con la máxima concentración de material arqueológico.

Así, a partir de los datos obtenidos en las diferentes prospecciones se diseñó la excavación en área de dos zonas, con mayores indicios de concentración de fosfatos y S.M., localizándose en los mismos varios huecos para la sujeción de postes que forman parte de la base de varias estructuras de habitación. En el otro sector se localizó una hoguera con un aumento de la concentración de material arqueológico.

Por su parte, en el yacimiento de A Lagoa las mayores concentraciones de fosfatos y S.M. definen claramente cinco sectores bien individualizados. Los dos primeros, situados en la parte N. de la zona de trabajo, se asocian con estructuras arqueológicas: el foso oriental, por una parte, y un agujero de poste por otra. En el sector W. se intensificó la prospección físico-química, localizándose en el mismo una estructura de habitación, excavada en el xabre, con presencia de abundante material y una hoguera.

En resumen, las actuaciones llevadas a cabo en estos yacimientos demostraron que las concentraciones de fosfatos y los valores de S.M. se asocian claramente con las áreas más fecundadas, desde la óptima arqueológica, asociándose con estructuras arqueológicas o bien con concentraciones altas de material arqueológico.

⁵ Para un conocimiento más detallado de los resultados de las excavaciones me remito a las memorias preliminares de las mismas, presentadas en la Dirección Xeral de Patrimonio de la Consellería de Cultura de la Xunta de Galicia.

6. CONSECUENCIAS

A tenor de los resultados obtenidos en la prospección físico-química en la Sierra del Bocelo observamos que los resultados de los análisis de fosfatos y de las determinaciones de susceptibilidad magnética presentan una gran concordancia con los datos arqueológicos, por lo que es posible concluir que dichos métodos de prospección son de plena aplicabilidad a los trabajos arqueológicos de Galicia.

Ahora bien, no intentan sustituir a los métodos de prospección arqueológica habituales, son un complemento de los mismos que ayudan a determinar las áreas de mayor actividad humana en los yacimientos y a dirigir las excavaciones arqueológicas.

Otro factor que facilita su utilización es el escaso coste económico y la rapidez con que se conocen los resultados, que los hacen idóneos para su utilización en el campo, pudiendo ayudar a resolver problemas puntuales durante la excavación de cualquier yacimiento.

De lo dicho hasta ahora se puede extraer la conclusión de que estos métodos permiten solucionar una gran parte de los problemas de la prospección y excavación arqueológica. Sin embargo, son simplemente una ayuda para poder definir la configuración y la extensión de un yacimiento, pero no hay que concederles una importancia desmesurada, no mayor de la que le corresponde como técnicas auxiliares de la arqueología. Como toda técnica, aplicada para conocer la realidad humana, y mucho más si ésta no es conocida, tiene una serie de limitaciones, dependiendo de lo que se trate de averiguar con su uso.

Desde nuestro punto de vista, las limitaciones de la aplicación de los métodos de prospección físico-química a la arqueología, se pueden agrupar en dos apartados. El primero tiene como referencia las «limitaciones de los propios métodos usados»; el segundo, «su aplicación a la arqueología». Con respecto a las primeras, son consecuencia de la conservación de los indicadores necesarios (fosfatos y susceptibilidad magnética), que en determinadas circunstancias desaparecen, y en la aplicación arqueológica las limitaciones son debidas a la situación y carácter de los restos arqueológicos (profundidad, relación de los indicadores físico-químicos con el asentamiento...).

Otros factores limitantes, que se olvidan con mucha frecuencia, son los «culturales». El comportamiento del hombre en el pasado influye de una forma directa en la concentración de fosfato y de susceptibilidad magnética. Si no conocemos ese comportamiento, como sucede en la mayoría de los casos, se nos escapará la incidencia de esas prácticas culturales tanto en la concentración como en su distribución.

ABSTRACT

This paper deals with the application of phosphate analysis and magnetic susceptibility measurements to archaeological surveying. They were used and contrasted on archaeological sites of Bocelo area (Coruña, Spain). These were mostly Late Neolithic and Bronze age open-air sites. Because their inner characteristics, it is difficult to define the boundaries and internal structures of this kind of sites. In such situation, both techniques have provided detailed data about the areas of human and domestic activity what gave useful information to conduct archaeological diggings.

RESUMEN

Este artículo presenta la aplicación de análisis de fosfatos y determinaciones de susceptibilidad magnética a la investigación arqueológica. Fueron usados y contrastados en diversos yacimientos de la sierra de O Bodelo (Melide-Toques, A Coruña). Principalmente yacimientos al aire libre del Calcolítico y Edad del Bronce, con dificultad para definir sus límites y estructuras internas. En esta situación, ambas técnicas ofrecieron datos valiosos sobre áreas de actividad humana que fueron de gran utilidad durante la excavación arqueológica.

Palabras clave: Fosfatos. Susceptibilidad Magnética. Prospección. Calcolítico. Edad del Bronce. Spot-test.

BIBLIOGRAFÍA

- AIRA RODRÍGUEZ, M.^a J.; SAA OTERO, P.; TABOADA CASTRO, T. (1989): «Estudios paleobotánicos y edafológicos en yacimientos arqueológicos de Galicia». *Arqueoloxía/Investigación*, n.º 4. Consellería de Cultura e Deportes, Xunta de Galicia.
- ARRHENIUS, O. (1931): «Markanalysen i arkeologiens tjänst», *Geol. Fören. Förhandlingar*. Stockholm.
- BAKKEVIG, S. (1980): «Phosphate analysis in archaeology, Problems and Recent Progress», *Norw. Arch. Rev.* Vol. 13, n.º 2.
- CRÍADO BOADO, F.; BONILLA RODRÍGUEZ, A.; CERQUEIRO LANDÍN, D.; DÍAZ VÁZQUEZ, M.; GONZÁLEZ MÉNDEZ FERNÁNDEZ, F.; PENEDO ROMERO, R., & RODRÍGUEZ PUENTES, E. (1991): «Arqueología del paisaje en Galicia», *Arqueoloxía/Investigación* 6. Santiago. Dirección Xeral de Patrimonio, Consellería de Cultura e Xuventude.
- DÍAZ VÁZQUEZ, M.; GIL SOTRES, F., y TABOADA CASTRO, T. (1991): «Aplicacións de métodos químico-físicos a prospección arqueolóxica: análise de fosfatos e determinacións de susceptibilidade magnética». Memoria presentada en la Dirección Xeral de Patrimonio Histórico e Documental (Consellería de Cultura e Benestar Social, Xunta de Galicia) (inédita).
- EDWARDS, K. J. (1983): «Phosphate analysis of soil associated with the Old Kinord field and Settlement system, Muir of Dinnet, aberdeenshire», *Proc. Soc. Antiq. Scot.*, 113, 620-627.
- EIDT, R. (1973): «A Rapid Chemical Field Test for Archaeological Site Surveying», *American antiquity*, n.º 38,2.

- GIL SOTRES, F.; DÍAZ-FIERROS, F. (1979): «O problema do fósforo na agricultura de Galicia», *Revista Galega de Estudos Agrarios*, 2: 167-184.
- (1980): «El fósforo en suelos forestales de la Sierra del Barbanza (Galicia, España)», *Agrochimica*, XXIV, 5-6: 482-491.
- (1982): «El fósforo en suelos forestales de la Sierra del Barbanza (Galicia, España)», *Agrochimica*, XXVI, 2-3: 213-221.
- GRAHAM, I. (1976): «The investigation of the magnetic properties of archaeological sediments», en D. A. Davison and M. L. Schackley (eds): *Geoarchaeology*. London, Duckworth, págs. 49-63.
- KENT, D. V. (1982): «Apparent correlation of paleomagnetic intensity and climatic records in deep sea sediments», *Nature* 299: 538-9.
- KOPPER, J. S.; CREER, K. M. (1976): «Paleomagnetic dating and stratigraphic interpretation in archaeology», *MASCA newsletter*, 12, 1: 1-4.
- LE BORGNE, E. (1955): «Susceptibilité magnétique anormale du sol superficiel», *Ann. Geophys.*, 11: 399-419.
- (1960): «Influence du feu sur les propriétés magnétiques du sol e du granite», *Ann. Geophys.*, 16: 159-195.
- LONGWORTH, G. and TITE, M. S. (1977): «Mossbauer and magnetic susceptibility studes of iron oxides in soils from archaeological sites», *Archaeometry*, 19: 3-14.
- MORENO SANZ, F. y RUIZ GÁLVEZ, M. (1989): «Método de análisis de fosfato», *Rev. Arqueología*, 94: 39-48.
- MULLINS, C. E. (1974): «The magnetic properties of the soil their application to archaeological prospecting», *Archaeo-Physika*, 5: 143-7.
- MUÑOZ TABOADELA, M. (1965): «Suelos de Galicia: análisis y necesidades de fertilizantes con especial referencia al fósforo», *Monografías Ecológicas y Agrarias 1*. C.S.I.C.
- PÉREZ LOSADA, F.; ALMEIDA, F.; SENOS MATÍAS, M. (1989): «Prospecção geofísica e excavação arqueológica em Noville (Mugardos, A Coruña, Galiza)», *Geociências*, 5, 1: 46-96.
- RUIZ ZAPATERO, G. y BURILLO MAZOTA, F. (1988): «Metodología para la investigación en arqueología territorial», *Munibe* 6: 45-64. San Sebastián.
- SCOLLAR, I. (1965): «A contribution to magnetic prospecting in archaeology», *Archaeo-Physika* 1: 21-92.
- TABOADA CASTRO, T.; GIL SOTRES, F. y DÍAZ VÁZQUEZ, M. (1991): «Análisis de fosfatos en la prospección arqueológica: comparación de métodos de extracción de fósforo». Ponencia presentada a la VIII Reunión Nacional sobre Cuaternario. Valencia, septiembre 1991 (en prensa).