

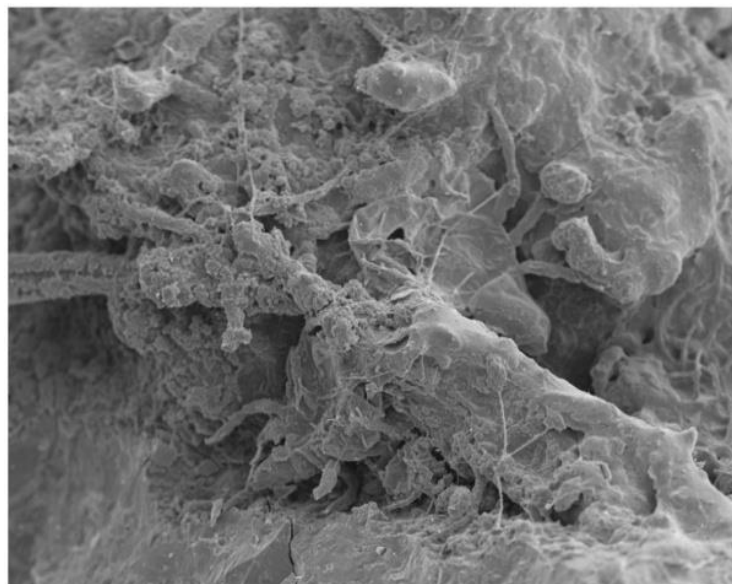
Grado en Bioloxía

Memoria do Traballo de Fin de Grao

**Proyecto de investigación en cuevas graníticas de las
Islas Atlánticas**

**Proxecto de investigación en covas graníticas das
Illas Atlánticas**

**Investigation project in granitic caves of Atlantic
Islands**



500µm

Sergio Vilaboa Galán

Septiembre 2017

ÍNDICE

Resumen/Resumo/Summary

C.1. Propuesta científica.....	1
1. Los antecedentes y estado actual de los conocimientos científico-técnicos de la materia específica del proyecto	1
Bibliografía	5
2. La hipótesis de partida y los objetivos generales perseguidos	7
3. Los objetivos específicos	7
4. Metodología y plan de trabajo	8
4.1 Estudio de cuevas y de espeleotemas.....	8
4.2 Cartografía de precisión de las cavidades	8
4.3 Geocronología de depósitos.	8
4.4 Microscopia electrónica de Barrido (SEM).....	11
4.5. Biología molecular y secuenciación de ADN.	12
5. La descripción de los medios materiales, infraestructuras y equipamientos singulares....	13
5.1 Estudio de las cuevas.....	13
5.2 Cartografía de precisión de las cavidades	13
5.3 Geocronología de depósitos.	13
5.4 Microscopia electrónica de Barrido (SEM).....	14
5.5 Biología molecular y secuenciación de ADN.	14
6. Un cronograma claro y preciso de las fases e hitos previstos en relación con los objetivos planteados en la propuesta.....	14
Bibliografía:	15
C.2. IMPACTO ESPERADO DE LOS RESULTADOS	16
1. Descripción del impacto científico-técnico social y/o económico que se espera de los resultados del proyecto, tanto a nivel nacional como internacional.....	16
2. El plan de difusión e internacionalización en su caso de los resultados.....	16
C.3. IMPLICACIONES ÉTICAS Y/O DE BIOSEGURIDAD.....	18
C.4. CONCLUSIONES/CONCLUSIÓN/CONCLUSIONS.....	19

RESUMEN

La costa gallega se caracteriza por su contorno recortado y la existencia en ella de numerosas cuevas (furnas). A pesar de su posición geográfica estas cavidades se deben considerar como pertenecientes a un medio continental. Sin embargo la posición del nivel del mar ha variado mucho a lo largo del Cuaternario, ya que durante las fases marinas regresivas cuaternarias descendió hasta 120 m por debajo del nivel actual transformando las cuevas en un medio subterráneo terrestre. Esto significa que desde hace 150.000 años, al comienzo de la última etapa glacial, hasta el actual período interglacial que comienza hace 15.000 años (Holoceno), los cambios en el nivel del mar han determinado que las furnas pasaran de ser un típico ecosistema subterráneo de agua dulce a otro, en regresión, en el que aun persistiendo condiciones propias de un pseudocárst continental de agua dulce está interferido ahora por el medio marino litoral estacionado a la entrada de la cueva. En las cuevas (graníticas en nuestro caso) se forman un tipo específico de depósitos que se conocen como espeleotemas. Poseen gran interés geológico y biológico y son los únicos registros de datos sedimentarios, ambientales, climáticos y microbiológicos propios de estas cavidades que se conservan desde hace 150.000 años.

La formación y mineralogía de los espeleotemas están directamente relacionados con las infiltraciones desde la superficie hasta el interior de la cueva. La mineralogía y composición química de los espeleotemas es ópalo amorfo, pigotita y alofanos lo que permite su datación por radiocarbono, U/Th y OSL. Adicionalmente estos espeleotemas contienen restos de los macroorganismos (colémbolos, isópodos, tisanuros, arácnidos, lepidópteros) y microorganismos (bacterias, cianobacterias, actinobacterias, amebas testáceas, hongos) que forman la fauna troglobia del sistema subterráneo junto con otros macroorganismos de la cueva como anfibios, reptiles y quirópteros.

Este estudio permitirá caracterizar los cambios producidos no solo en el microambiente de las cuevas sino también desde el comienzo de la última glaciación hasta la actualidad. El estudio de estos medios precisa de técnicas específicas que se detallan en el proyecto.

Palabras clave: Furnas, Cuevas graníticas, Holoceno, Cuaternario, Espeleotemas, Datación, troglobios.

RESUMO

A costa galega caracterízase polo contorno descrito e pola existencia de numerosas covas (furnas). A pesar da súa posición xeográfica, estas cavidades deben considerarse pertencentes a un medio continental. Con todo, a posición do nivel do mar variou moito ao longo do Cuaternario, como durante as fases mariñas regresivas cuaternarias que diminuíu a 120 m por baixo do nivel actual transformando as covas nun medio subterráneo terrestre. Isto quere dicir que dende fai 150.000 anos, ao comezo da última etapa glacial, ata o actual período interglacial que comeza fai 15.000 anos (Holoceno), os cambios no nivel do mar determinaron que as furnas pasaran de ser un típico ecosistema subterráneo de auga doce a outro, en regresión, no que a pesar de persistir condicións propias dun pseudocárst continental de auga doce está interferido agora polo medio mariño litoral estacionado á entrada da cova. Nas covas (graníticas no noso caso) se forman un tipo específico de depósitos que se coñecen como espeleotemas. Poseen gran interese xeolóxico e biolóxico e son os únicos rexistros de datos sedimentarios, ambientais, climáticos e microbiolóxicos propios de estas cavidades que se conservan dende fai 150.000 anos.

A formación e a mineraloxía dos espeleotemas están directamente relacionados coas infiltracións desde a superficie ata o interior da cova. A mineraloxía e composición química dos espeleotemas é ópalo amorfo, pigotita e alofóns, o que permite a súa datación radiocarbónica, U / Th e OSL. Adicionalmente estes espeleotemas conteñen restos dos macroorganismos (colémbolos, isópodos, tisanuros, arácnidos, lepidópteros) e microorganismos (bacterias, cianobacterias, actinobacterias, amebas testáceas, hongos) que forman a fauna troglóbica do sistema subterráneo xunto con outros macroorganismos da cova como anfibios, réptiles e quirópteros.

Este estudo permitirá caracterizar os cambios producidos non só no microambiente das covas senón tamén dende o comezo da última glaciación ata a actualidade. O estudo destes medios precisa de técnicas específicas que se detallan no proxecto.

Palabras clave: Furnas, Covas graníticas, Holoceno, Cuaternario, Espeleotemas, Datación.

SUMMARY

The Galician coast is characterized by its irregular contour and the existence of numerous caves (*furnas*). Despite their geographical position these cavities are considered to belong to the continental medium. However, sea level has varied greatly throughout the Quaternary. During the quaternary regressive marine phases sea level descended up to 120 m below the current level, transforming the caves into a terrestrial underground environment. This means that from 150,000 years ago, at the beginning of the last glacial phase, up to the current interglacial period that began 15,000 years ago (Holocene), changes in sea level have determined that the *furnas* have evolved from being a typical underground fresh water ecosystem to one in regression where, even with the persistence of the typical conditions of a continental fresh water pseudokarst it interferes with the coastal marine environment at the entrance of the cave. In granitic caves a specific type of deposits are formed, which are called speleothems. They have great geological and biological interest and are the only records of sedimentary, environmental, climatic and microbiological data of these cavities that have been preserved for 150,000 years.

The formation and mineralogy of speleothems are directly related to infiltrations from the surface to the interior of the cave. The mineralogy and chemical composition of the speleothems is amorphous opal, pigotite and allophane, which allows its radiocarbon dating, U/Th and OSL. These speleothems also contain remains of macroorganisms (collembola, isopoda, zygantoma, arachnida, lepidoptera) and microorganisms (bacteria, cyanobacteria, actinobacteria, amoebas, fungi) that form the troglifauna of the subterranean system along with other macroorganisms of the cave like amphibians, reptiles and chiroptera.

This study will characterize the changes produced not only in the microenvironment of the caves but also from the beginning of the last glaciation to the present day. The study of these environments needs specific techniques that are depicted in the project.

Palabras clave: *Furnas*, Granitic caves, Holocene, Quaternary, Speleothems, Dating.

C.1. PROPUESTA CIENTÍFICA

1. LOS ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LOS CONOCIMIENTOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE LA MATERIA ESPECÍFICA DEL PROYECTO

Consideraciones generales

Una de las peculiaridades de la costa de Galicia es la existencia de cuevas marinas (furnas). Tan solo en el archipiélago de las Islas Cíes existen 22 cuevas con 594 m de galerías y en el de Ons son 33 cuevas con 1.210 m de galerías. Pero también hay cuevas en la zona continental tanto al borde del mar como por encima de este (Vaqueiro 2017). Las cuevas se formaron por la erosión marina o en su caso continental aprovechando las discontinuidades o fallas existentes de la roca.

La situación del nivel del mar no es constante sino que ha variado mucho a lo largo del tiempo por lo que en el caso de las cuevas marinas durante las etapas marinas transgresivas el nivel del mar se situó a una cota ligeramente superior a la actual inundando las cuevas en su totalidad, mientras que durante las fases marinas regresivas el nivel del mar descendió hasta una cota de 120m por debajo del nivel actual transformando las cuevas en un medio subterráneo continental. Estos cambios se han producido varias veces durante el Cuaternario (últimos 2,58 millones de años) alternándose aproximadamente 14 fases interglaciares durante las que se inundaron las cuevas por el mar con otras 14 fases glaciares que dejaron las cuevas libres de aguas marinas. Estos cambios de marino a continental en el ecosistema cavernario se han sucedido con una cadencia aproximada de 100.000 años. Esto significa que hace aproximadamente 150.000 años, desde el comienzo de la última etapa glacial, y que hace 15.000 años que esta termina y las cuevas o furnas pasaron a ser cuevas continentales con todas las características propias de esos ambientes (la más decisiva fue la de actuar como zonas de captación de agua dulce). Desde hace 15.000 años, con el mar inicialmente situado a unos 6 m por debajo de su cota actual y debido al Cambio Climático se ha producido un ascenso continuo de su nivel determinando que las furnas se transformaran de un ecosistema de agua dulce típico a otro en regresión donde la salinidad se va incrementando gradualmente. A pesar de ello en su interior aun persisten condiciones propias de un medio pseudocárstico continental de agua dulce interferido por un ambiente marino litoral situado ahora a la entrada de la cueva. Para el caso de las cuevas continentales no existen interrupción de los procesos espeleogénicos siendo el registro biosedimentario continuo durante todo el Cuaternario (Vaqueiro 2017).

Características de los espeleotemas de las cuevas marinas de Galicia

Los únicos registros de este prolongado período de tiempo son los sedimentos (espeleotemas) conservados en el interior de estas cavidades. Su estudio permite obtener, no solo datos de tipo ambiental y climático referidos

tanto al momento actual como al pasado inmediato, sino que también estos depósitos contienen restos de los microorganismos (troglóbios) que habitaron las cuevas durante ese intervalo de tiempo (Vidal Romaní et al., 2003, 2010; Twidale y Vidal Romaní 2005). Considerando que las cuevas marinas de Galicia pueden tener una edad de hasta 150.000 años de antigüedad los organismos troglóbios microscópicos presentes en los espeleotemas tienen un gran valor paleoecológico y también paleontológico. La infiltración del agua dulce en las cuevas graníticas ha generado unos depósitos muy característicos (espeleotemas) en estos medios, aunque por sus pequeñas dimensiones hasta hace pocos años no se les ha prestado demasiada atención. Su aspecto es similar a los mejor conocidos espeleotemas de las cuevas calcáreas aunque los de las cuevas graníticas tienen mineralogía diferente y menor tamaño, algunos mm o cm de espesor o longitud. Se forman esencialmente por meteorización química, biológica o la combinación de ambos procesos de la roca granítica. Su mineralogía es muy variada habiéndose descrito minerales como evansita, struvita, pigotita, taranakita, alofano, hematites, etc. aunque el más generalizado y de mayor interés es el ópalo A, un polimorfo de baja temperatura de la sílice.

Espeleotemas con ópalo amorfo.

De todos los espeleotemas de las cuevas graníticas los de ópalo A son los que proporcionan más información, (Twidale & Vidal Romaní 2005; Vidal Romaní et al., 2010, Sallstedt et al. 2014, Vidal Romaní et al. 2014). Se componen principalmente de sílice amorfa (ópalo A) formada por la disolución del Si de los silicatos después de la meteorización biogénica por bacterias y hongos que degradan los silicatos movilizándolo, fácilmente, en disolución (Bennet, 1991; Ehrlich, 1996). El depósito del Si disuelto se produce esencialmente por sobresaturación por evaporación (Vidal Romaní et al., 1998, 2003, 2010) lo que produce un enterramiento de los microorganismos que ocupan la cavidad y que se conservan, bien en la superficie del espeleotema o bien en su interior.

Espeleotemas de pigotita.

Otros espeleotemas característicos de las cuevas marinas son los formados por pigotita, muy frecuentes como biofilms con colores abigarrados en las paredes de las cuevas marinas. La pigotita descrita por primera vez por Johnston en 1840 es un compuesto orgánico derivado de la percolación desde suelos encima de las cavidades o fisuras en donde se encuentra. Durante la circulación de agua ésta se combina con alumina procedente de los feldespatos meteorizados. Este tipo de espeleotemas son los de mayores dimensiones (hasta 1 m de largo por 20 a 30 cm de diámetro). La datación por radiocarbono de algunos ejemplares procedentes del NO de España ha dado una edad desde 1.500 a 3.000 años de antigüedad, lo que confirma una gran continuidad en el proceso de deposición (Vidal Romaní et al., 2010). La datación de estos espeleotemas muy abundantes en las cuevas marinas del litoral de Galicia, puede proporcionar los registros paleoambientales y paleoclimáticos más prolongados existentes en estas cuevas marinas.

Espeleotemas de evansita.

Los espeleotemas de evansita son más escasos (Vidal Romaní et al., 2010). Tienen una estructura en capas de varios centímetros de espesor, y los depósitos cubren varios metros cuadrados de superficie. Aunque la evansita es amorfa, contiene Al, Si, H₂O y materia orgánica, se caracterizan además por una elevada concentración en grupos uranilo y es posible que se forme por disolución y reprecipitación de depósitos primarios de evansita de origen químico (Sanjurjo-Sánchez y Vidal Romaní, 2011). La elevada concentración de radioisótopos de éstos abre las posibilidades para una datación de este tipo de espeleotemas.

Datación de los espeleotemas.

Tiene un especial interés la datación de estos espeleotemas. Existen muy pocos datos acerca de su cronología y tasas de crecimiento, fundamentalmente se han datado hasta el momento por radiocarbono dependiendo de su contenido en materia orgánica (Vidal Romaní et al., 2010), por luminiscencia (en microclastos depositados en la matriz de los mismos) (Sanjurjo-Sánchez y Vidal Romaní, 2011) y en algún caso por U/Th (Lundberg et al 2010).

Identificación de microorganismos asociados a los espeleotemas.

Los espeleotemas contienen una gran abundancia de material biológico bien en su superficie o en su interior (fossilizado) que es fácilmente accesible bien por su estudio al Microscopio Electrónico de Barrido o bien por disgregación de los espeleotemas utilizando las técnicas usadas en el análisis de palinomorfos. Su estudio proporcionará información primero de identificación de macroorganismos (colémbolos, ácaros) y microorganismos (microalgas – incluidas diatomeas-, bacterias, amebas testáceas (González *et al.* 2013), hongos) que permiten caracterizar el microambiente donde se desarrollan los espeleotemas en la actualidad y en el pasado (Vidal Romaní et al., 2010). La identificación de otros componentes biológicos (polen, esporas) permite también obtener información ambiental o paleoambiental del entorno externo de las cavidades. Debe añadirse que debido a que las previsiones para la subida del nivel del mar producida por el Cambio Climático serán de aproximadamente 0.5m de aquí a fin de siglo este tipo de medios cavernarios tan específicos se hallan en una etapa crítica dado que en el interior de las cuevas se desarrolla una interferencia entre organismos marinos y continentales relictos que han quedado atrapados sin posibilidad de migrar a entornos más favorables. Por esa razón este proyecto tiene justificación con vista a evaluar la protección de la flora y fauna troglobia que existe en este tipo de medios.

Por otra parte las técnicas de trabajo utilizadas requieren un muestreo en muy pequeñas cantidades que no supondrían ningún riesgo para la preservación de los depósitos en el sistema cavernario. Una de las mayores dificultades a la hora de identificar los microorganismos que habitan en este tipo de cavidades es del desconocimiento que existe del medio y las dimensiones de los organismos. En algunos casos, amebas, colémbolos, diatomeas y ácaros es factible una identificación al microscopio esteoroscópico

o al Microscopio Electrónico de Barrido. Pero para el caso de organismos de dimensiones menores se ha sugerido y se están empezando a utilizar con éxito los estudios de DNA metabarcoding para la identificación genética de especies y por tanto en la caracterización de la biodiversidad de los ecosistemas. Hebert et al. (2003) propusieron estandarizar la utilización de una región del genoma mitocondrial de animales (metazoos) para su identificación, metodología conocida como DNA barcoding, que permite conocer a qué especie pertenece un espécimen sin un conocimiento taxonómico mediante secuenciación y bioinformática. Esto requiere que previamente se han obtenido las secuencias del grupo taxonómico en cuestión, y se ha registrado en bases de datos genéticas. El denominado DNA metabarcoding a partir de muestras ambientales supone un paso más en el que se extrae el ADN y se secuencia la región (o regiones) genómicas de interés, para comparar las secuencias obtenidas con aquellas depositadas en las bases de datos internacionales. Esta técnica es especialmente útil para caracterizar comunidades microbianas de ambientes poco o nada estudiados, ya que se estima que tan solo el 1% de las bacterias son capaces de crecer en condiciones de laboratorio. La metodología permite detectar múltiples especies bacterianas en una misma muestra, sin necesidad de cultivarlas en el laboratorio, lo que es especialmente favorable para nuestra investigación.

Para finalizar este apartado decir que, el interés de la prospección de las cuevas y el estudio de sus microorganismos, es debida a que una de las mayores cuestiones no resueltas en geomicrobiología es la implicación de la actividad microbiológica en la formación de depósitos minerales secundarios en cuevas (espeleotemas) y su novedosa aplicación para la caracterización de nuevas comunidades troglobióticas, minerales, bacterias para la síntesis de nuevos antibióticos (Cheeptham 2013) y estudios de exobiología para mejorar las hipótesis sobre la existencia de formas de vida en ambientes fuera de la Tierra (Boston, 2006; Northup *et al.* 2011). Por esto, son muchos los autores que se han dedicado a estudiar cuál es su importancia en ambientes cavernícolas de rocas solubles (Barton and Northup 2007; Cañaveras *et al.* 2006; Engel *et al.* 2004; Riquelme y Northup 2013), aunque muy pocos han estudiado el papel de los organismos en la construcción de los depósitos de las cuevas desarrolladas en rocas magmáticas (Miller *et al.* 2014; Sallstedt *et al.* 2014; Sanjurjo, J. et al 2007; Vidal Romaní *et al.* 2003; 2014) lo que hace más relevante este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Barton H.A. and Northup, D.E. 2007. Geomicrobiology in cave environments: Past, current and future perspectives. *J.Cave Karst Stud.* 69(1), pp.163-178.

Bennett, P. C. (1991). Quartz dissolution in an organic-rich aqueous system. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55, pp.1781- 1797

Boston, P. H., Northup, D. and Spilde M. (2006). The microbial communities of sulfur caves: A newly appreciated geologically driven system on Earth and potential model for Mars. *Special paper - Geological Society of America.* 404, 331-344.

Cañaveras J.C., Cuezva S., Sanchez-Moral S., Lario J., Laiz L., Gonzalez J.M., Saiz-Jimenez C. (2006). On the origin of fiber calcite crystals in moonmilk deposits. *Naturwissenschaften* 93, pp.27–32.

Cheeptham, N., Sadoway, T., Rule, D., Watson, K., Moote, P., Soliman, L., Azad, N., Donkor, K. and Horne, D. (2013). Cure from the cave: volcanic cave actinomycetes and their potential in drug discovery. *International Journal of Speleology*, 42(1), pp.35-47.

Ehrlich, H. (1996). *Geomicrobiology*. New York: Marcel Dekker. p.719

Engel, A., Stern, L. and Bennett, P. (2004). Microbial contributions to cave formation: New insights into sulfuric acid speleogenesis. *Geology*, 32(5), pp.369-372.

González, L., Vidal Romaní, J.R., López M. J., Vaqueiro M. and Sanjurjo J. (2013). First data on testate amoebae in speleothems of caves in igneous rocks. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 37, pp.37-56.

Johnson, F. W. (1840) *On the Constitution of Pigotite, and on the Mudesous and Mudesic Acids. Abstracts of the Papers Printed in the Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 4, pp. 239-241

Lundberg, J., Brewer-Carias, C. and McFarlane, D. (2010). Preliminary results from U–Th dating of glacial–interglacial deposition cycles in a silica speleothem from Venezuela. *Quaternary Research*, 74(1), pp.113-120.

Northup, D., Melim, L., Spilde, M., Hathaway, J., Garcia, M., Moya, M., Stone, F., Boston, P., Dapkevicius, M. and Riquelme, C. (2011). Lava Cave Microbial Communities Within Mats and Secondary Mineral Deposits: Implications for Life Detection on Other Planets. *Astrobiology*, 11(7), pp.601-618.

Riquelme G. C. and Northup D. E. (2013). Microbial Ecology: Caves as an Extreme Habitat. *Cave Microbiomes: A Novel Resource for Drug Discovery SpringerBriefs in Microbiology.* 1, pp 85-108

Sallstedt T., Ivarsson M., Lundberg J., Sjöberg R. and Vidal Romaní J.R. (2014). Speleothem and biofilm in Granite/Dolerite Cave, Northern Sweden. *International Journal of Speleology*, 43 (3), pp.305-313..

Sanjurjo, J., Vidal Romaní, J.R., Pallí, Ll. and Roqué, C., (2007). Espeleotemas de ópalo y pseudocarst granítico. Cuaternario y Geomorfología, *Rev. C. & G.*, 21 (1-2), pp.123-134

Sanjurjo Sánchez J. and Vidal Romaní J.R. (2011) Luminescence dating of pseudokarstspeleothems: a first approach. *Spectroscopy Letters*, 44(7-8) pp.543-548.

Twidale, C. and Vidal Romaní, J. (2005). *Landforms and geology of granite terrains*. Leiden, Netherlands: A.A. Balkema.

Vaqueiro Rodríguez, M. (2017) *Cavidades naturais en rocas magmáticas. Las cuevas en rocas plutónicas*. Tesis Doctoral. Universidade da Coruña

Vidal Romani, J. R. and Twidale, C.R. (1998). Formas y paisajes graníticos. Servicio de Publicaciones. Universidade da Coruña, 5, pp.411.

Vidal Romaní, J.R., Bourne, J.A., Twidale, C.R., Campbell, E.M., (2003). Siliceous cylindrical speleothems in granitoids in warm, semiarid and humid climates. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 47, 417-437.

Vidal Romaní, J. R., Sanjurjo Sánchez, J., MarcosVaqueiro Rodríguez and Fernández Mosquera, D. (2010). Speleothem development and biological activity in granite cavities. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 16(4), pp.337-346.

Vidal Romaní J. R., Vaqueiro Rodríguez, M., González López, L., Sanjurjo Sánchez, J. (2014). Bioweathering related to groundwater circulation in cavities of magmatic rock massifs. *Environmental Earth Sciences*, 73, pp.2997-3010.

2. LA HIPÓTESIS DE PARTIDA Y LOS OBJETIVOS GENERALES PERSEGUIDOS

Los objetivos generales que perseguimos son: la evaluación, el diagnóstico y el seguimiento a largo plazo de microorganismos en las cuevas marinas de la costa gallega y a los procesos que permiten su conservación en ese tipo de ambientes actualmente en regresión por efecto del cambio climático y el ascenso en el nivel del mar asociado. Existe un buen conocimiento previo en algunos casos de esas cuevas marinas en el que se incluyen algunos datos sobre los espeleotemas desarrollados en ellos. Catálogo de Furnas mariñas. Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia (2010). El catálogo carece sin embargo de los análisis mineralógicos y químicos, y tampoco se han realizado ni estudiado las comunidades de microorganismos contenidos en ellas. Tampoco se conoce la edad de los espeleotemas ni tampoco el espacio de tiempo que representan.

En cuanto al análisis geomicrobiológico se refiere, el objetivo principal de este proyecto, que es la identificación de las comunidades microbianas existentes en las cuevas marinas o furnas. Los resultados de estos estudios podrán ser comparados con otros obtenidos en ambientes similares, es decir en medios pseudocársticos continentales de agua dulce (Aubrecht et al., 2008) desarrollados en rocas cuarcíticas. Este tipo de análisis nos servirá para comprender si el aislamiento de estas comunidades microbianas en las cuevas marinas (furnas) se traduce en cambios en la composición de las comunidades bacterianas o en el grado de evolución de sus linajes.

3. LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Estudiar el sistema de cavidades subterráneas del Parque Nacional Marítimo Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia cartografiando los depósitos sedimentarios preservados en ellos y que corresponden probablemente a los últimos 150.000 años.

-Determinar la cronología absoluta de esos depósitos utilizando la técnica del radiocarbono para los sedimentos recientes y las técnicas de luminiscencia ópticamente estimulada (OSL), mientras que utilizaremos los radioisótopos de las series U/Th para los más antiguos.

-Realizar un inventario de los tipos de espeleotemas existentes, su composición química y mineral, su textura y estructura sedimentarias, los tipos morfológicos existentes con una atención preferente a los espeleotemas de ópalo amorfo y los de pigotita por su estrecha asociación con los troglobios existente en esas cavidades lo que permitirá identificar los microorganismos que ocupan estas cavidades ahora a partir del estudio de los biofilms depositados en las paredes de las cavidades y en el pasado a partir de los espeleotemas utilizando el microscopio electrónico de barrido (SEM).

-Identificar el espectro de especies de organismos existentes en las cuevas mediante el tratamiento de los sedimentos y biofilms por extracción de ADN conservado en ellos procediendo a su secuenciación por metabarcoding.

-El objetivo final es identificar el espectro de microorganismos y también analizar la posibilidad de existencia de especies relictas que ocupan el medio subterráneo con probabilidad desde el comienzo de la última fase glaciaria iniciada hace 150.000 años. Estas especies quedarían atrapadas en el medio por la subida del nivel del mar desde el final de la última glaciación cuaternaria hasta la actualidad (últimos 15.000 años).

4. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

4.1 Estudio de cuevas y de espeleotemas.

Aunque existe una cartografía previa de las cavidades y de la situación de los principales depósitos de espeleotemas la finalidad de esta tarea consiste en seleccionar las mejores opciones: cuevas más largas y aquellas que conserven masas de agua dulce estables en su interior y buenas exposiciones de espeleotemas. Dadas las dificultades de acceso a las islas y a las entradas de las cuevas que deben realizarse coordinando con la bajamar y días tranquilos sin temporales el período de tiempo propuesto es muy prolongado abarcando un año y medio lo que no supone un trabajo continuado durante todo el intervalo señalado.

4.2 Cartografía de precisión de las cavidades

La cartografía de base se realizará tal y como explica Costas et al (2013): manualmente a escala 1:1000 utilizando una equidistancia entre curvas de nivel de 0,5m. Las curvas de nivel las determinaremos por interpolación a partir de los nodos topográficos definido por la red de poligonales. Los contornos y límites se trazarán con grosores de 0,8mm; la simbología y auxiliares serán trazados a 0.4mm; las curvas de nivel auxiliares se trazarán a 0,2 mm (1). Se utilizará como referencia la simbología normalizada internacionalmente UIS-1999. Quizás en caso de ser necesario, también se incluirán símbolos complementarios de la Escuela Española de Espeleología para aquellos casos de símbolos que no aparezcan en la simbología UIS. La simbología de base se digitalizará en modo binario con resolución de 300ppp. Al mismo tiempo, el desarrollo de esta fase de trabajo en digital se evaluará con therion (www.therion.espeleo.sk)

La cartografía geomorfológica principal y auxiliares se elaborará con GIMP (www.gimp.org) para el establecimiento de los recintos de color (formas y depósitos actuales). Para el post-procesado de la cartografía derivada del GIMP se ha usado SCRIBUS (www.scribus.net): Se añaden las capas de símbolos correspondientes a las formas, capas de etiquetas y textos complementarios.

Finalmente será posible la presentación de una maqueta tridimensional a partir de los datos de las dimensiones de las cavidades utilizando el software Compass de FountainComputerProduct (www.fountainware.com).

4.3 Geocronología de depósitos.

El objetivo de la datación de los espeleotemas es establecer una cronología para su formación (desconocida hasta ahora) así como un modelo cronológico para su desarrollo, para lo cual es necesario datar muestras en diferentes

etapas de desarrollo, y diferentes capas de acreción en espeleotemas bien desarrollados. Su datación permitirá comparar su composición química y mineral por capas con su cronología para determinar si las variaciones en la composición de las capas de acreción o si los cambios en los componentes biológicos de las diferentes capas (polen, diatomeas y otros organismos) se deben a algún proceso de tipo ambiental (cambios climáticos), o a algún proceso de otro tipo, lo que determinará su posible uso para reconstrucción paleoclimática y paleoambiental. Las dataciones se realizarán utilizando tres técnicas que ya han dado resultado en únicos escasos casos estudiados por el equipo de investigación que propone el proyecto: luminiscencia ópticamente estimulada (OSL) y radiocarbono (Vidal Romaní et al., 2010; Lundberg et al 2010; Sanjurjo-Sánchez y Vidal Romaní, 2011). Se estructura en las siguientes sub-tareas:

4.3.1. Datación por radiocarbono:

Este tipo de datación se realizará principalmente en espeleotemas de pigotita donde ya se ha visto que se obtiene un resultado exitoso (Vidal Romaní et al., 2010). dado que contienen abundante materia orgánica. (Sanjurjo-Sánchez a & Vidal Romaní, 2011). En los espeleotemas de ópalo-A también podría ser posible cuando presenten una abundante cantidad de materia orgánica, aunque aún no se ha puesto a prueba, pero en este proyecto se intentará llevar a cabo. Para realizar este método tomaremos 5 capas diferenciadas de varios espeleotemas de pigotita, analizaremos las diferentes capas y las compraremos entre espeleotemas para comprobar si existe alguna relación cronológica en el desarrollo de las capas.

Es conveniente realizar este proceso con varios espeleotemas procedentes de ambientes diferentes en las cuevas (al menos 3 ambientes diferentes). En el caso de que sea posible realizar el mismo proceso con espeleotemas de otro tipo (p.e. de ópalo-A), con menor contenido en materia orgánica se construirán secuencias similares.

4.3.2 Datación por OSL

La datación por OSL, calcula el tiempo que pasó desde la última exposición a la luz antes del enterramiento (Jorge Sanjurjo-Sánchez a & Juan Ramón Vidal Romaní, 2011). Se utilizará para muestras con bajo contenido de materia orgánica que no se pueda datar por radiocarbono, pero para verificar que su datación es correcta primero analizaremos y compararemos muestras por radiocarbono y OSL para comprobar que los resultados son los mismos con ambos métodos. Este tipo de datación sería el que en un principio usaríamos para datar el ópalo-A. De haber coherencia entre metodologías, la OSL permitirá datar espeleotemas cuyo contenido en materia orgánica sea excesivamente bajo como para aplicar radiocarbono o esta no esté presente. Se aplicará la OSL a varias capas de acreción de espeleotemas de ópalo, pigotita y evansita (4-5 muestras de cada tipo).

4.3.3 Datación por U/Th

Este sería el método a utilizar en caso de que no fuese posible obtener ningún resultado por radiocarbono ni OSL. Principalmente se utilizaría en

espeleotemas de evansita, en los que tal y como recogen Jorge Sanjurjo-Sánchez & Juan Ramón Vidal Romaní, 2011 en la **tabla 1**, las muestras de evansita (EM-1 y EM-2) contienen una gran cantidad de Uranio y Torio, mientras que la de ópalo (SL-1) presenta unas cantidades mucho menores. El excesivo componente detrítico de la mayor parte de espeleotemas de ópalo y pitogita dificulta la aplicación de esta técnica, aunque no se descarta su aplicación si es posible en alguna muestra.

Sample	U (ppm)	Th (ppm)	K ₂ O (%)
SL-1	3.24 ± 0.16	3.32 ± 0.17	2.31 ± 0.02
EM-1	307 ± 15.35	14.50 ± 0.73	2.73 ± 0.03
EM-2	651 ± 32.55	12.05 ± 0.60	1.26 ± 0.01
Underlying rock	23.20 ± 1.16	6.92 ± 0.35	5.25 ± 0.05

Tabla 1. Comparativa mediante análisis de cantidad de Uranio en espeleotemas de evansita (EM-1 y EM-2) frente a uno de ópalo (SL-1) Fuente: Sanjurjo-Sánchez y Vidal Romaní, 2011.

4.4 Microscopía electrónica de Barrido (SEM)

Esta es una de las partes más importantes del proyecto. Su principal ventaja es la gran representatividad de las muestras, pues basta con una pequeña porción del espeleotema para obtener un resultado representativo de la cavidad en el examen al MEB. Durante la preparación del proyecto visualizamos una serie de muestras recogidas de dos cuevas graníticas de bloque no pertenecientes al Parque Natural de las Islas Cíes, y las observamos en el MEB de la UDC. Algunas de las imágenes tomadas fueron las de las figuras 1 y 2.

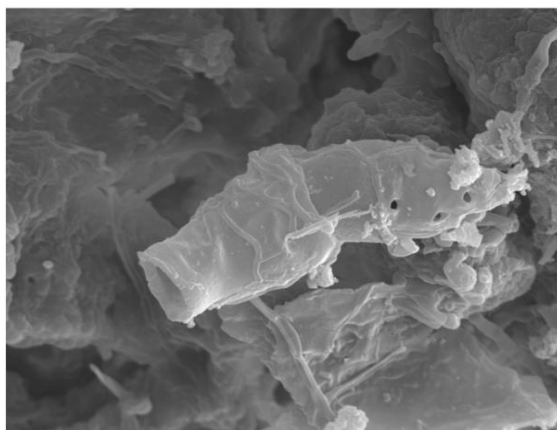


Figura 1 Exuvia artrópodo al SEM. Fuente: elaboración propia

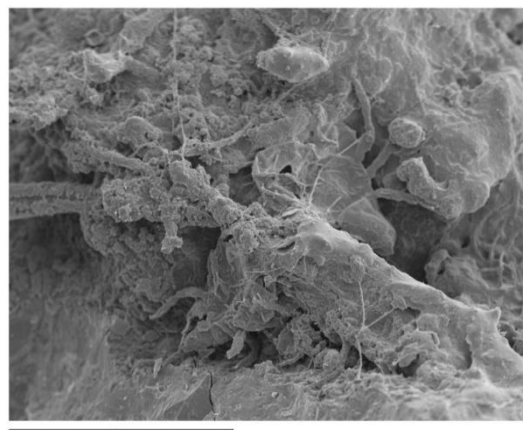


Figura 2 Arácnido visto con SEM. Fuente: elaboración propia

Se puede apreciar en ambas figuras filamentos correspondientes a bacterias. En la primera figura vemos una posible exuvia de artrópodo. En la segunda veríamos claramente dos arácnidos. Con estas muestras pudimos verificar la presencia de microorganismos en los espeleotemas.

En el proyecto la toma de muestras la realizaríamos con sumo cuidado para evitar el deterioro físico y se llevarían al laboratorio en cajas o bolsas para su análisis. Una vez en el SEM se prepararán según el protocolo standard.

Una vez hemos tomado las muestras y las hemos llevado al SEM se preparan para el protocolo standard que consiste en una desecación poco agresiva (se almacena durante una semana en un desecador hermético de silica-gel) con el fin de evitar la formación de artefactos, para sobre todo, evitar así la fracturación poligonal de ópalo A. Una vez desecadas las muestras se metalizan con una capa fina de oro de 50-100 amstrongs mediante el equipo de pulverización catódica BAL-TEC SCD 004. Una vez tengamos las muestras se analizará a microscopio electrónico de barrido modelo: JEOL JSM 6400 seleccionándose distintos umbrales de aumento dependiendo del organismo que vayamos a localizar o identificar. Además de los datos biológicos también se pueden obtener datos mineralógicos de las muestras.

4.5. Biología molecular y secuenciación de ADN.

En agosto del 2003, Hebert et al., publicaron un artículo en el que se proponía la utilización de una región del genoma mitocondrial (COI). En él se argumentaba que más del 98% de parejas de especies analizadas mostraban una secuencia divergente mayor del 2%. A pesar de ello, en vegetales los ratios de divergencia eran mucho menores del 2%, por lo que esta metodología no será útil para su análisis en este proyecto, pero sin embargo en animales si que se podría utilizar, además de en hongos y protistas donde los ratios de divergencia eran superiores incluso al reino animal.

Con la llegada de las técnicas de secuenciación de nueva generación, surgió una nueva metodología denominada DNA metabarcoding (también conocida en el campo de la microbiología como metagenómica) mediante la que se extrae directamente el ADN a partir de muestras ambientales, y se secuencia las regiones genómicas de interés. Mediante análisis bioinformáticos, es posible comparar las secuencias obtenidas con aquellas depositadas en las bases de datos internacionales e inferir la composición de especies presentes en la muestra. El DNA metabarcoding es especialmente útil cuando se desea caracterizar la comunidad microbiana de ambientes poco o nada estudiados (ver Riesenfeld et al. 2004).

Metodología:

La compañía de base tecnológica AllGenetics se encargará de la extracción de ADN, amplificación por PCR, pirosecuenciación y análisis bioinformático de las muestras. Se planea recoger unas 15 muestras a lo largo de cada una de las furnas, para obtener una visión global de la diversidad biológica de este ecosistema.

Las extracciones de ADN se realizarán utilizando kits comerciales diseñados para la extracción de ADN a partir de muestras de suelo, que ya se han probado satisfactoriamente en AllGenetics. Posteriormente, se amplificará la región ARNr 16S, que es la región estándar que se utiliza para la identificación de especies bacterianas (véase, por ejemplo, DeLong and Pace 2001; Klindworth et al. 2013).

La selección de primers es un paso crucial para el diseño experimental del DNA barcoding. En este trabajo, utilizaremos tres parejas de primers diferentes que hibridan en el genoma de eubacterias, arqueobacterias y espiroquetas, además de una cuarta pareja de primers que hibrida en diversos grupos de procariontes. Esta aproximación nos permitirá secuenciar la gran mayoría de los microorganismos presentes en la muestra.

La secuenciación de los amplicones se llevará a cabo en un equipo de 454 FLX/Roche utilizando una cobertura de secuenciación apropiada. Por último, el análisis bioinformático de las secuencias se realizará utilizando Qiime (Caporaso et al. 2010; Kuczynski et al. 2012).

Las secuencias obtenidas serán cotejadas mediante Blast (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) contra GenBank y otras bases de datos de referencia, para identificar las especies microbianas presentes en las furnas.

Además, se realizarán comparaciones entre muestras, para determinar en qué grado existe una distribución diferencial de las especies a lo largo de las cuevas.

5. LA DESCRIPCIÓN DE LOS MEDIOS MATERIALES, INFRAESTRUCTURAS Y EQUIPAMIENTOS SINGULARES

En este apartado, se detallan los medios materiales, infraestructuras y equipamientos necesarios para llevar a cabo la metodología, estructurándose de manera similar al anterior.

5.1 Estudio de las cuevas

Los accesos a las islas se harán en embarcaciones comerciales de las que tienen acceso regular a las islas y alquilando embarcaciones menores (tipo zodiac), para el acceso a las entradas de las cuevas submarinas.

5.2 Cartografía de precisión de las cavidades

La toma de datos topográficos se ha realizado con cinta métrica combinada con telémetro láser DL150 Bosch, brújula militar (precisión de 2 grados) y clinómetro digital SolaTronic – Fisco (precisión $0^{\circ}/90^{\circ}=0,1^{\circ}$). Cuando ha sido posible por dimensiones del pasaje o de la sala, las medidas angulares horizontales se han realizado mediante un nivel NI020A Carl Zeiss Jena (precisión $0,1 \text{ gon} = 0,1^{\circ}$).

En la actualidad se están ensayando instrumentos de medida combinada como el LaserAce 1000 rangefinder de Trimble (compass: headingaccuracy 2° , headingresolution $0,1^{\circ}$; inclinometer: accuracy $0,2^{\circ}$, resolution $0,1^{\circ}$; distanciometer: accuracy 10 cm (150 m), resolution 1 cm) con posibilidad de transmisión de las lecturas en tiempo real para su procesamiento in situ.

5.3 Geocronología de depósitos.

5.3.1. Datación por radiocarbono

Las dataciones se realizarán por radiocarbono AMS dada la mayor precisión y menor cantidad de muestra requerida por esta técnica frente al radiocarbono convencional. Para ello, se enviarán las muestras al laboratorio BETA (Betaanalyticradiocarbondating).

5.3.2. Datación por OSL

La separación de capas y su datación por OSL se realizará en el Laboratorio de Luminiscencia (Unidad de Geocronología) de la UDC. Esta separación es previa a la purificación de cuarzo y feldespatos detríticos en las capas datadas, lo que requiere un trabajo continuo de laboratorio.

5.3.3. Datación por U/Th

Aunque el método más utilizado es la espectrometría alfa, equipo con el que cuenta la Universidad de A Coruña en uno de sus laboratorios (Lab. de Radiactividad Ambiental). Sin embargo, dado el tamaño de los espeleotemas

es posible que sea necesario utilizar la técnica de Espectrometría de masas analítica ICP-MS multicolector, que permite medir la proporción de isótopos de elementos pesados (U y Th) a partir de pequeñas cantidades de muestra. El CACTI de la Universidad de Vigo cuenta con un equipo de este tipo, para lo cual oferta un servicio comercial que se subcontratará.

5.4 Microscopia electrónica de Barrido (SEM)

Necesitaremos oro para aplicar una fina capa mediante el equipo de pulverización catódica BAL-TEC SCD 004. También se requerirá un microscopio electrónico de barrido modelo: JEOL JSM 6400.

5.5 Biología molecular y secuenciación de ADN.

Se enviará a la empresa AllGenetics, tal y como aparece detallado en metodología.

6. UN CRONOGRAMA CLARO Y PRECISO DE LAS FASES E HITOS PREVISTOS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN LA PROPUESTA.

Años	Primer año												Segundo año												Tercer año											
Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Estudio cuevas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Elaboración cartografía	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Datación radiocarbono													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Datación OSL													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Datación U/Th													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Microscopía electrónica													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Biología molecular y secuenciación ADN													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												

Tabla 2 Cronograma detallado del proyecto

BIBLIOGRAFÍA:

Aubrecht, R., Brewer-Carías, C., Šmída, B., Audy, M. and Kováčik, L. (2008). Anatomy of biologically mediated opal speleothems in the World's largest sandstone cave: Cueva Charles Brewer, Chimantá Plateau, Venezuela. *Sedimentary Geology*, 203(3-4), pp.181-195.

Caporaso, J., Kuczynski, J., Stombaugh, J., Bittinger, K., Bushman, F., Costello, E., Fierer, N., Peña, A., Goodrich, J., Gordon, J., Huttley, G., Kelley, S., Knights, D., Koenig, J., Ley, R., Lozupone, C., McDonald, D., Muegge, B., Pirrung, M., Reeder, J., Sevinsky, J., Turnbaugh, P., Walters, W., Widmann, J., Yatsunenko, T., Zaneveld, J. and Knight, R. (2010). QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. *Nature Methods*, 7(5), pp.335-336.

Costas, R., Suárez, R.M., Vaqueiro, M. (2013). Geomorphological mapping of granite caves. *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe Coruña*, 37, pp. 89 – 104.

DeLong, E. F. and Pace, N. R. (2001). Environmental diversity of bacteria and archaea. *Systematic Biology*, 50(4), pp. 470-478.

Hebert, P. D., Cywinska, A., & Ball, S. L. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1512), pp.313-321.

Klindworth, A., Pruesse, E., Schweer, T., Peplies, J., Quast, C., Horn, M. and Glockner, F. (2012). Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies. *Nucleic Acids Research*, 41(1), pp.e1-e1.

Kuczynski, J., Stombaugh, J., Walters, W., González, A., Caporaso, J. and Knight, R. (2012). Using QIIME to Analyze 16S rRNA Gene Sequences from Microbial Communities. *Current Protocols in Microbiology*, pp.1E.5.1-1E.5.20.

Miller, A., Pereira, M., Calaforra, J., Forti, P., Dionísio, A., & Saiz-Jimenez, C. (2014). Siliceous Speleothems and Associated Microbe-Mineral Interactions from Ana Heva Lava Tube in Easter Island (Chile). *Geomicrobiology Journal*, 31(3), pp. 236-245.

Riesenfeld, C. S., Schloss, P. D., Handelsman, J. (2004). Metagenomics: genomic analysis of microbial communities. *Annu. Rev. Genet.*, 38, pp. 525-552.

C.2. IMPACTO ESPERADO DE LOS RESULTADOS

1. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO CIENTÍFICO-TÉCNICO SOCIAL Y/O ECONÓMICO QUE SE ESPERA DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO, TANTO A NIVEL NACIONAL COMO INTERNACIONAL.

Los impactos esperados son los descritos a continuación:

- Incremento del conocimiento de las características espaciales, geológicas y ambientales de las cavidades estudiadas, del efecto de los cambios climáticos en ellas y del interés que pueda tener su conservación.
- Desarrollo y perfeccionamiento de las herramientas de datación aplicables a espeleotemas desarrollados en este tipo de ambientes, de modo que se puedan elaborar modelos evolutivos y cronológicos de aplicación general a otros casos (como por ejemplo, espeleotemas en tubos volcánicos).
- Incremento del conocimiento de procesos de meteorización químico-biológica en rocas graníticas para su uso en geología aplicada (estudio de procesos de biometeorización en rocas de edificios históricos, procesos biológicos predominantes en las primeras fases de formación de suelos, efectos de la meteorización biológica en la erosión, aplicación de tasas de meteorización biológica de minerales medidas experimentalmente a medios naturales, o identificación de huellas de actividad biológica en paleoambientes).
- Identificación de la fauna troglobia de este tipo de cavidades, del cual existe un desconocimiento casi absoluto. Dada la restricción espacial y temporal de estos ambientes existe una elevada probabilidad de encontrar especies autóctonas. Este desconocimiento actual supone un elevadísimo riesgo para su conservación, para lo cual es necesario estudiar estos microecosistemas y catalogar sus especies.
- Extrapolación de resultados para su aplicación de los resultados obtenidos a espeleotemas similares obtenidos en ambientes fisurales y cavidades formadas en otros tipos de rocas como cuarcitas, areniscas o rocas volcánicas o incluso en ambientes extraterrestres (Marte).

2. EL PLAN DE DIFUSIÓN E INTERNACIONALIZACIÓN EN SU CASO DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos tendrán un elevado interés científico pero también social, debido a sus implicaciones en el ámbito del estudio del cambio climático así como el estudio y protección de este tipo de ambientes subterráneos, de los que existe un gran desconocimiento a nivel del público en general. Sería, por lo tanto, necesario divulgar los resultados a través de diferentes medios y estrategias. No debe olvidarse que la mayor parte de cuevas catalogadas de este tipo se encuentran en el actual Parque Nacional das Illas Atlánticas, por lo que estudiar el acusado efecto del cambio climático actual en su evolución

tiene un elevado interés dado que supone un elevado riesgo para su conservación. Se elaborarán esquemas de la formación y evolución de las cuevas, aportando documentación gráfica en forma de un catálogo fotográfico, para su difusión. Así mismo, se elaborará un catálogo de la microflora y fauna encontrada en las cavidades estudiadas, con especial mención a las posibles especies autóctonas encontradas o aquellas que requieran especial protección por la sensibilidad de los ambientes estudiados a las perturbaciones de tipo antrópico. Además, se pretende elaborar una serie de videos durante algunas de las diversas visitas a las cavidades para tareas de cartografía, estudio y muestreo, de modo que se pueda producir un documental de corta duración para su difusión. A nivel científico los beneficios serían de tipo internacional, ya que el tipo de ambientes estudiados se extienden por todo el mundo, por lo que se pretenden difundir los resultados en revistas de relevancia internacional del SCI (ScienceCitationIndex) en el ámbito de la geomorfología y el estudio del Cuaternario y Holoceno (“Geomorphology”, “EarthSurfaceProcesses and Landforms”, “Quaternary International”, “Holocene”, “SedimentaryGeology” y/o “Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology”) y en congresos de ámbito internacional de gran difusión como pueden ser el “INQUA (Quaternary Sciences) Congress”, “International Conference on Geomorphology”, sin dejar de considerar algunos congresos y reuniones de ámbito nacional como el “Congreso Ibérico de Geoquímica”, “Reuniones Nacionales del Cuaternario y del Cuaternario Ibérico” o el “Congreso Geológico de España”, dado que los resultados son aplicables a una gran cantidad de áreas de la geografía ibérica. La realización del proyecto supondrá la puesta a punto y obtención de resultados cuyas técnicas de estudio (caracterización, cartografía, datación y biología molecular) podrían ser aplicables a otras zonas del mundo y ambientes similares como los tubos volcánicos.

C.3. IMPLICACIONES ÉTICAS Y/O DE BIOSEGURIDAD

1. Una descripción de los aspectos éticos referidos a la investigación que se propone.

No procede.

2. Una explicación de las consideraciones, procedimientos o protocolos a aplicar en cumplimiento de la normativa vigente, así como una descripción de las instalaciones y las preceptivas autorizaciones de las que se dispone para la ejecución del proyecto.

No procede.

C.4.CONCLUSIONES O HECHOS QUE SE PRETENDEN ALCANZAR

Con este proyecto se pretende dar impulso al estudio de los espeleotemas en el Parque Nacional Marítimo Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia. En concreto:

-Se conseguirá conocer el sistema de cavidades subterráneas del Parque Nacional Marítimo Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia tras la realización de un cartografiado.

-Obtendremos la cronología de los espeleotemas estudiados.

-Obtendremos un inventario de las especies que se encuentran en estas cavidades, entre las que pueden aparecer especies relictas que quedasen atrapadas tras la última glaciación de hace 150000 años y quién sabe si alguna de las especies bacterianas que encontremos pueden tener alguna finalidad en el laboratorio (como antibiótico, por ejemplo).

-Comprenderemos si el aislamiento de las comunidades microbianas en las cuevas marinas (furnas) da lugar a cambios en la composición de las comunidades bacterianas o en su grado de evolución.

CONCLUSIONS OU FITOS QUE SE PRETENDEN ALCANZAR

Con este proxecto pretendese dar impulso ao estudo dos espeleotemas no Parque Nacional Marítimo Terrestre das Illas Atlánticas de Galicia. En concreto:

-Conseguirase coñecer o sistema de cavidades subterráneas do Parque Nacional Marítimo Terrestre das Illas Atlánticas de Galicia tras a realización dun cartografiado.

-Obteremos a cronoloxía dos espeleotemas estudados.

-Obteremos un inventario das especies que se encontran nestas cavidades, entre as que poden aparecer especies relictas que quedasen atrapadas trala última glaciación de fai 150000 anos e quen sabe se algunha das especies bacterianas que encontremos poden ter algunha finalidade no laboratorio (como antibiótico, por exemplo).

-Comprenderemos se o aislamiento das comunidades microbianas nas covas mariñas (furnas) da lugar a cambios na composición das comunidades bacterianas ou no seu grado de evolución.

CONCLUSIONS OR MILESTONES TO BE ACHIEVED.

This project aims to boost the speleothems study from Atlantic Islands of Galician National Park. Specifically:

- After mapping, it will be possible to know the underground cavities system of the Atlantic Islands of Galician National Park.
- The chronology of studied speleothems will be obtained.
- We will obtain an inventory of the species that are in these caves. We may find relict species which had been trapped since the last glaciations (150000 years ago). We might even be able to find some laboratory use for some of the bacterial species of this study.
- We will understand if isolation of microbial communities in marine caves (*furnas*) results into changes in the bacterial communities composition or in its evolution degree.