

Dinàmica de l'atmosfera dels sectors no turístics de les Coves del Drac

Joan J. FORNÓS^{1,2}, Ana ENTRENA^{1,2} i Joaquín GINÉS^{1,2}

¹ Grup de Recerca de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma. Email: joan.fornos@uib.cat

² Societat Espeleològica Balear. Palma.

Abstract

In this paper we are reporting the data on carbon dioxide (CO₂), temperature and radon gas (Rn) measured during a series of years in the Coves del Drac. These data show a clear seasonal variation (summer/winter) related to the atmospheric circulation inside the cavity, that in fact is controlled by the ratio between inside/outside temperatures, being also conditioned by the topographic characteristics of the cave and the density differences of atmospheric gases. The highest measured values of CO₂ correspond normally to the sector known as *Cova Blanca* (with a maximum of 1,600 ppm in summer and a minimum in winter of 440 ppm), whereas the values of the *Cova Negra* sector are slightly lower overall. Radon values follow the same pattern, with a peak value of 715 Bq/m³, although concentrations measured usually do not exceed 300 Bq/m³.

Resum

S'aporten les dades de les mesures del diòxid de carboni (CO₂), temperatura i gas radó (Rn) efectuades durant una sèrie d'anys a les Coves del Drac, i en les quals s'hi observa una clara variació estacional (estiu/hivern) relacionada amb la circulació atmosfèrica a l'interior de la cavitat; aquesta dinàmica està propiciada per la relació de temperatura interior/exterior de la cova, i es veu condicionada per les característiques topogràfiques de la mateixa i les diferències de densitat dels gasos atmosfèrics. Els valors majors de CO₂ mesurats corresponen normalment a la *cova Blanca* (amb un màxim de 1.600 ppm a l'estiu i un mínim a l'hivern de 440 ppm), essent els valors de la *cova Negra* lleugerament inferiors en general. Els valors de Rn segueixen el mateix patró, havent-se mesurat un valor màxim molt puntual de 715 Bq/m³ encara que normalment les concentracions mesurades no solen superar els 300 Bq/m³.

Fornós, J.J.; Entrena, A. i Ginés, J. (2018): Dinàmica de l'atmosfera dels sectors no turístics de les Coves del Drac. Papers Soc. Espeleo. Balear, 1: 215-221. ISSN 2605-3144. © Societat Espeleològica Balear.
Rebut: 12 desembre 2019; **Revisat:** 16 desembre 2019; **Acceptat:** 17 desembre 2019.
Publicat online: 23 desembre 2019.

Introducció

La dinàmica atmosfèrica a l'interior de les coves és un dels aspectes que han tingut un seguiment més important des de sempre, centrat en la seva major part en la mesura del diòxid de carboni (CO₂) per les seves implicacions que pot arribar a tenir, tant en la salut de les persones com en el paper que juga aquest gas en tots els processos relacionats amb les ciències del carst. La quantificació d'aquest gas és un dels paràmetres de mesura més freqüents, sobretot pel que fa a la gestió de les coves turístiques per l'efecte que implica la respiració de les persones que visiten aquestes coves, circumstància que pot fer variar en gran manera la composició atmosfèrica de la cavitat. Aquest paràmetre sol anar associat també a variacions de temperatura, les quals poden modificar sensiblement el moviment de les masses d'aire dins de la cavitat, per una simple qüestió de diferències de densitats. Un altre paràmetre que se sol mesurar correspon al gas radó (Rn), un gas radioactiu, procedent de la desintegració isotòpica de l'urani present en les roques de l'interior de la Terra. Aquest gas, encara que de vida mitjana molt curta, pot tenir efectes molt nocius especialment quant s'hi està exposat durant períodes de temps molt llargs, com poden ser, per exemple, els guies de les coves turístiques.

L'objectiu del present treball consisteix en aportar una sèrie de dades puntuals, algunes d'elles des de l'any 2012, de la composició atmosfèrica (CO₂, Rn i també temperatura) de les Coves del Drac, sobretot dels sectors de la *cova Negra* i *cova Blanca*, i comprendre el funcionament de la dinàmica atmosfèrica de la cavitat. Per això es van prendre mesures en diferents intervals temporals, aproximadament cada dos-tres mesos en la mesura de CO₂ i temperatura entre els anys 2012 i 2019, i de forma continuada en el cas del Rn durant els anys 2013-2014.

Diòxid de carboni (CO₂)

Per avaluar la presència de diòxid de carboni a les Coves del Drac es van realitzar una sèrie de visites a la cavitat, amb una periodicitat de entre dos i tres mesos en funció de la disponibilitat de temps. Aquestes visites es van iniciar el mes d'abril de 2012 a la *cova Blanca* i setembre de 2013 a la *cova Negra* i es van finalitzar el mes de novembre de 2019.

Les mesures es van prendre en quatre punts diferents que es van decidir tenint present les característiques topogràfiques de la cova, que poguessin representar possibles condicionants de la circulació atmosfèrica al seu interior. També, els punts de mostreig, es van dirigir directament a la zona no turística, per obviar la possible influència de la multitud de visitants que té aquella part de la cova; així s'evitava la influència de la circulació forçada d'aire que es fa en la gestió de la zona turística, i així poder determinar el funcionament natural de la dinàmica atmosfèrica. Malgrat tot, també de forma puntual, s'hi va fer alguna mesura a la zona del *llac de la Gran Duquessa de Toscana*. En concret els punts de mostreig continuat van ser la sala del *llac Negre*, la sala del *llac de les Delícies* i la *sala de la Palmera*, al punt de bifurcació entre la *cova Negra* i la *cova Blanca* (Figura 1).

A la sala del *llac Negre* el valor màxim mesurat a mitjans del mes de juliol de 2019 va ser de 1.500 ppm. El valor més baix es va mesurar a mitjans del mes de març de 2015 amb un valor de 412 ppm, essent també aquest el valor més baix mesurat en qualsevol punt de la cova. En línies generals, durant l'hivern els valors oscil·len entre 400 i 450 ppm, començant a pujar durant la primavera amb valors mitjans entre 500 i 650 ppm, per acabar essent ja més alts durant l'arribada de l'estiu amb valors per sobre de 800 ppm en el seu inici i valors superiors a 1.000 ppm la resta de l'estiu i inici de la tardor. Durant la tardor les dades de CO₂ van disminuint progressivament amb valors mitjans d'entre 500 i 700 ppm.

Les dades mesurades mostren una clara ciclicitat estacional (Figura 2) amb valors màxims a mitjans de l'estiu (juliol) i mínims a finals de l'hivern (març). L'evolució durant aquests set anys mostra una tendència positiva, indicant un lleuger increment, encara que no és significativa ($R^2 = 0,0577$).

Pel que fa referència a la sala del *llac de les Delícies*, el valor màxim mesurat també va ser a mitjans del mes de juliol de 2019 on el sensor va indicar una xifra de 1.600 ppm, resultant aquest el valor més alt mesurat en qualsevol punt que s'ha mostrejat de la cova. El valor més baix es va mesurar a mitjans del mes de gener de 2015, quan es van mesurar 440 ppm. Durant els mesos d'hivern (de finals de desembre a principis de març) els valors mesurats de diòxid de carboni estan entre 400 i 500 ppm. Durant la primavera comencen a pujar ràpidament, amb valors mitjans entre 700 i 800 ppm, per ja superar sempre 1.100 ppm durant els mesos d'estiu arribant als màxims per sobre 1.400 ppm durant els mesos de juliol, agost i principis de setembre. A partir d'octubre la concentració de CO₂ comença a davallar des dels 1.000 ppm fins als 600-650 ppm en acostar-se l'hivern.

Com en el cas de la *cova Negra*, a la sala del *llac de les Delícies* (situada al sector conegut com la *cova Blanca*) les dades mesurades també mostren una clara ciclicitat estacional (Figura 3) amb valors màxims també a mitjans de l'estiu (juliol) i mínims, en aquest cas, a

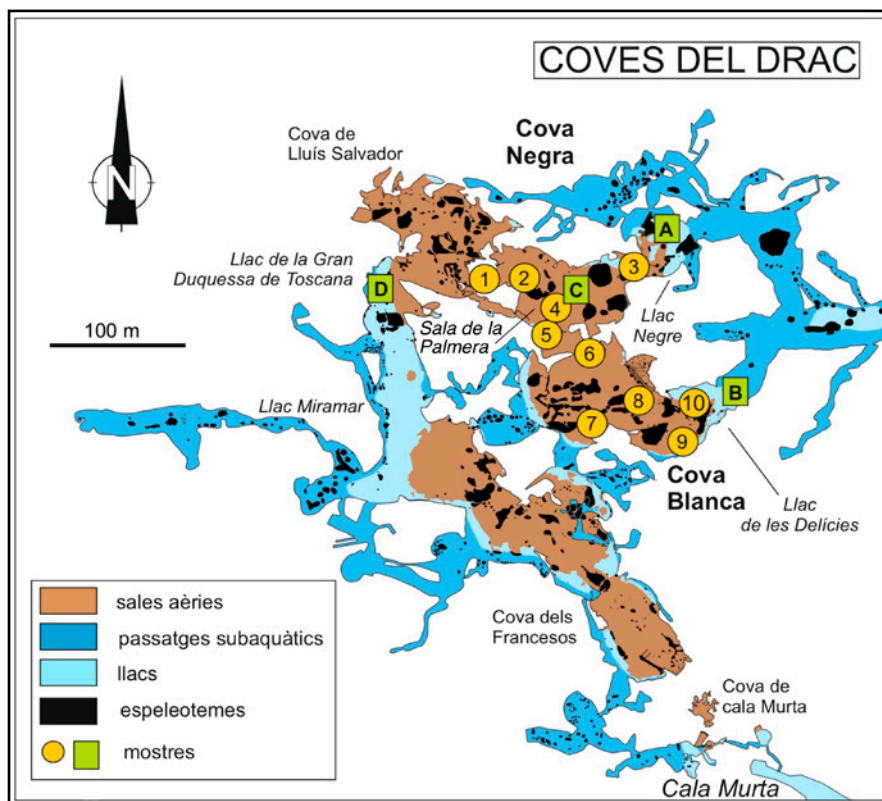


Figura 1: Plànol topogràfic simplificat de la part terrestre de les Coves del Drac amb la localització de les localitats mostrejades (els números -1 a 10- corresponen a les localitats on s'ha mesurat el Rn; les lletres -A a D- corresponen a on s'ha mesurat el CO₂ i la temperatura). Base topogràfica SEB (Societat Espeleològica Balear).

Figure 1: Simplified topographic survey corresponding to the aerial part of Coves del Drac showing the location of sampling sites (numbers -1 to 10- correspond to the Rn sites; letters -A to D- correspond to the atmospheric CO₂ and temperature sites). Topographic base SEB (Societat Espeleològica Balear).

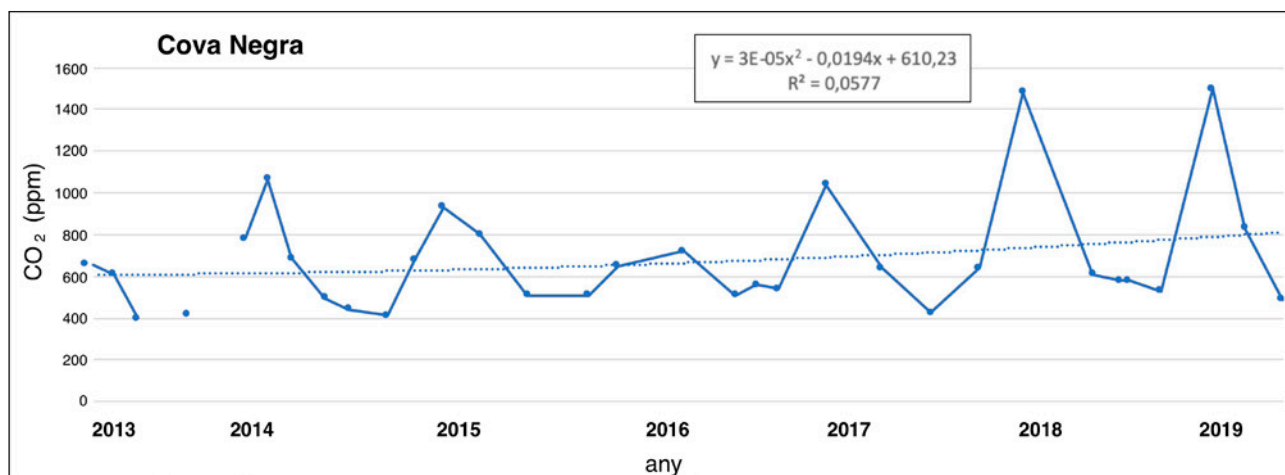


Figura 2: Dades de diòxid de carboni (CO₂) atmosfèric mesurades entre els anys 2013 i 2019 a la sala del *llac Negre*, situada al sector conegut com la *cova Negra*.

Figure 2: Atmospheric carbon dioxide data (CO₂) measured during the years 2013 to 2019 at *Llac Negre* chamber, located in the sector known as *Cova Negra*.

principis de l'hivern (gener). L'evolució durant aquests set anys també mostra una tendència positiva, indicant un lleuger increment –un poc més marcat que en el cas de la sala del *llac Negre*– encara que tampoc és massa significativa aquesta tendència ($R^2 = 0,082$).

Per norma general a la sala del *llac de les Delícies* els valors de CO₂, tant a l'estiu com a l'hivern, són més alts que a la sala del *llac Negre*, però això sí mostrant les mateixes tendències, malgrat que en el cas de la sala del *llac Negre* les variacions són lleugerament més brusques. En conjunt es veu una clara estacionalitat que queda ben reflectida en ambdues sales dels llacs, encara que d'una manera molt més clara a la sala del *llac de les Delícies*, com es pot observar en les Figures 2 i 3.

A la *sala de la Palmera*, que es troba localitzada relativament prop de l'entrada natural de la cova a mig camí de davallada cap a la *cova Negra* (Figura 1) i des d'on parteix la galeria que dona pas a l'accés cap a la *cova Blanca*, el valor màxim mesurat a mitjans de juliol de 2018 va ser de 1.336 ppm. El valor més baix es va mesurar a mitjans del mes de març de 2015 amb una lectura de 418 ppm. Donada la seva proximitat a l'entrada natural de la cova, els valors de diòxid de carboni també són més baixos, per regla general, que en les sales dels llacs, especialment la del *llac de les Delícies*. Durant l'hivern les concentracions de CO₂ són molt similars a les de l'exterior de la cova, normalment sobre 400 ppm. A

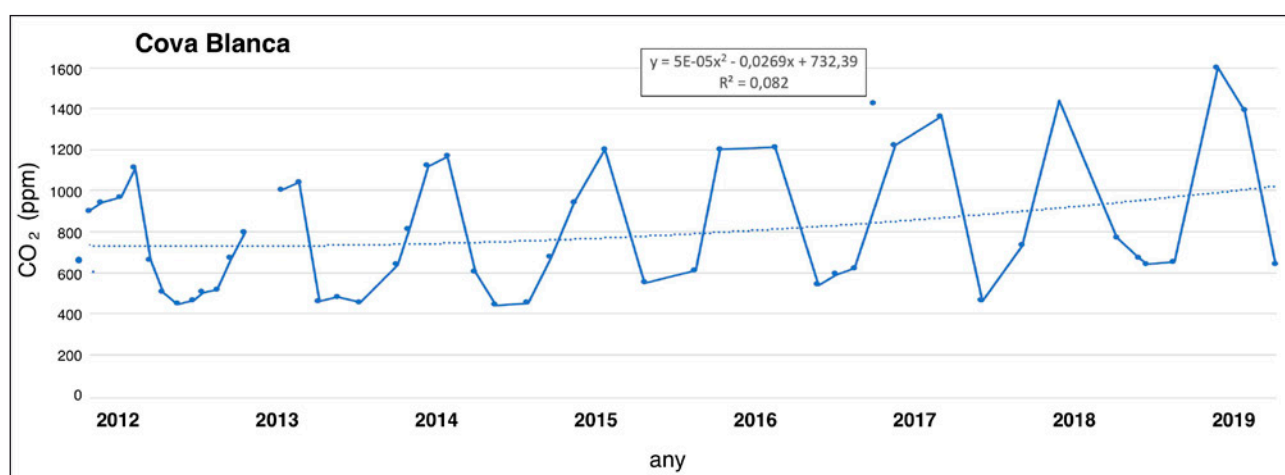


Figura 3: Dades de diòxid de carboni (CO₂) atmosfèric mesurades entre els anys 2012 i 2019 a la sala del *llac de les Delícies*, al sector de la *Cova Blanca*.

Figure 3: Atmospheric carbon dioxide data (CO₂) measured during the years 2012 to 2019 at *Llac de les Delícies* chamber, in the *Cova Blanca* sector.

la primavera puguen un poc, donant valors mitjans d'entre 500 i 600 ppm. A l'estiu segueixen pujant sobrepasant rarament 1.000 ppm, per tornar a davallar ràpidament en entrar la tardor amb valors que no solen superar 700 ppm.

A la zona del *llac de la Gran Duquessa de Toscana* s'ha fet alguna mesura ocasional, pel fet que les condicions ambientals de l'atmosfera de la cova estan modificades per l'activitat de les visites i per la circulació forçada que hi ha com a resultat de la gestió. En qualsevol cas els valors mesurats a l'estiu no superen 700 ppm mentre que a l'hivern estan al voltant de 450 ppm.

Temperatura

Les mesures de temperatura dins la cavitat es van prendre en els mateixos llocs i periodicitat que en el cas del diòxid de carboni. Malgrat tot, degut al mal funcionalment d'algun dels aparells, no en totes les visites es va poder prendre la temperatura, cosa que si es va fer amb el CO₂.

A la sala del *llac de les Delícies*, a la *cova Blanca*, la temperatura pot arribar a variar fins a 4°C durant tot l'any segons l'estació. Així, la màxima temperatura es dona durant els mesos d'estiu (juliol a setembre) amb valors que oscil·len entre els 20 i 21°C, mentre que els valors mínims de temperatura s'assoleixen durant els darrer mesos de l'hivern entre gener i març (17 a 18°C). Durant la primavera i tardor les temperatures varien entre els 17 i 18°C.

A la sala del *llac Negre*, a la *cova Negra*, la temperatura presenta un rang d'oscil·lació major que a la *cova Blanca*. La temperatura pot arribar a variar un poc més de 6°C. En època estival la màxima temperatura mesurada ha estat de 23,3°C, encara que normalment oscil·la entre els 20 i els 21°C. Durant l'estació hivernal el valor mínim enregistrat ha estat de 15,5°C encara que les temperatures més normals varien, durant tots els anys en que s'han obtingut mesures, entre els 16,5 i els 17,5°C. Durant les èpoques de primavera i tardor, la temperatura és similar a la de la sala del *llac de les Delícies*, variant entre els 18 i 19°C.

A la *sala de la Palmera*, el rang de variació és similar a l'obtingut a la sala del *llac Negre*, però amb valors un poc inferiors a l'hivern, i un poc superiors a l'estiu. Mesures esporàdiques realitzades a la zona del *llac de la Gran Duquessa de Toscana* donen una temperatura amb un rang d'oscil·lació menor, entre els 18 i els 21°C.

Presència de gas radó (Rn)

Un dels aspectes més importants, especialment relacionats amb la seguretat en les coves turístiques fa referència a la presència del gas radioactiu radó (Rn). El gas radó (²²²Rn) és una de les majors fonts de radiació ionitzant natural procedent de la desintegració dels isòtops de l'urani, que es dona de forma natural a l'interior de la Terra sobretot en terrenys granítics, menys en terrenys carbonatats com és el cas que ens ocupa. Malgrat tot es poden donar les circumstàncies per a una acumulació important fet que, afegit a una exposició prolongada, pot tenir efectes importants per a la salut de les persones (ALBERIGI et al., 2011, entre d'altres).

Perquè es puguin assolir elevades concentracions d'aquest gas, cal que es donin unes circumstàncies específiques que afavoreixin fortes acumulacions dins de les cavitats. Així, en aquest sentit és molt important conèixer la dinàmica de la circulació d'aire dins de la cova, així com les seves particularitats topogràfiques, de manera que aquestes característiques puguin afavorir, o bé tendeixin a dissipar, les concentracions d'aquest gas. Quan hi ha una bona ventilació, la renovació de l'aire és més ràpida i el gas radó és ràpidament alliberat cap a l'atmosfera; però si no es produeix aquesta ventilació, el gas pot quedar atrapat en zones en que l'aire està estancat donant lloc en aquest darrer cas a concentracions elevades que poden ser molt perjudicials per a la salut (LARIO et al., 2005).

La presència de gas radó i la seva variabilitat estacional a les Coves del Drac es va quantificar durant els anys 2013 i 2014 amb la utilització de detectors sòlids de traces nuclears, aportats per l'*Environmental Radioactivity and Nuclear Dating Center* de la *Babeş-Bolyai University* de la ciutat de Cluj a Romania, on varen ser posteriorment analitzats després d'un any continuat de mesures (en períodes d'exposició d'aproximadament 4 mesos) per tal de completar tot un cicle estacional. Els detectors es van col·locar al llarg de camí que transcorre per la part de la cova que no es visita actualment (*cova Negra* i

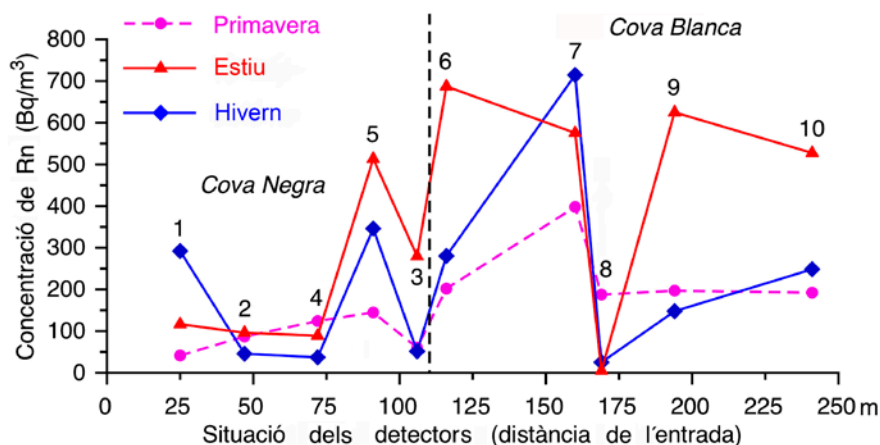


Figura 4: Variació estacional de la concentració de gas radó (Rn) a las Coves del Drac. (modificat de DUMITRU et al., 2016). Localització dels punts de mostreig a la Figura 1.

Figure 4: Seasonal variability of radon (Rn) gas concentration at Coves del Drac (modified from DUMITRU et al., 2016). Sample location on Figure 1.

cova Blanca), obviat la part turística donada la renovació artificial de l'aire que es dona en la gestió d'aquesta part visitable (Figura 1). Concretament es varen posar cinc detectors a la zona de la *cova Negra* i cinc més a la *cova Blanca*, intentant preveure les màximes variacions possibles en funció de les característiques morfològiques de les seves topografies (DUMITRU et al., 2015a).

Els valors de concentració de Rn mesurats (en Bq/m³), mostren diferències significatives entre ambdues parts de la cova (DUMITRU et al., 2016). Així les concentracions, globalment, són molt més altes a la *cova Blanca* que a la *cova Negra*, i les variacions referents a l'estacionalitat mostren una evolució similar encara que amb valors significativament diferents.

Els valors més elevats mesurats han estat a l'estació hivernal amb un valor màxim de 715 Bq/m³ en el cas de la *cova Negra*, encara que aquest valor probablement és degut a que la localització del sensor corresponia a la màxima elevació dins de la cavitat, situació que hauria actuat com a trampa on s'hi afavorís l'acumulació del radó. Els valors menors mesurats no superen els 50 Bq/m³ i els trobem a les zones més properes a l'entrada natural de la cova. La tendència general però queda explicada pel clàssic moviment d'aireació de la cova, de manera que els valors s'incrementen progressivament en funció de la distància a l'entrada i de les variacions estacionals associades (Figura 4). Així podem veure que els valors més elevats es donen durant l'època estival, moment de mínima renovació de l'aire, mentre que els valors més baixos es concentren durant la primavera un cop passada l'estació hivernal, que és quan hi ha la màxima renovació i circulació d'aire dins la cavitat. El fet d'una major dificultat de moviment i renovació de l'aire, per una simple qüestió topogràfica (Figura 5) fa que, en línies generals, els valors mesurats dins de la *cova Blanca* siguin sempre superiors en tots els mostrejos estacionals; tot això, deixant de banda alguna variació deguda a la situació específica de qualque punt de mostreig, com per exemple el número 8 que dona valors relativament baixos al llarg de tot l'any (Figura 4).

Discussió i conclusions

Totes les dades obtingudes dels components de l'aire a les zones no turístiques de les Coves del Drac mostren una clara fluctuació estacional (valors de concentració de CO₂ i Rn elevats en les estacions càlides, i clarament més baixos en les temporades més fredes); comportament que és molt similar al que s'ha observat en la major part de les cavitats mallorquines de les que es té informació (GINÉS et al., 1987, 2017). Aquest comportament està relacionat amb l'increment de la ventilació que es dona a l'hivern, quan l'aire més fred i més dens de l'exterior penetra cap a l'interior de la cavitat, renovant d'aquesta forma l'atmosfera de la cova.

Aquest funcionament simple és el que condiciona els valors mesurats als diferents sectors dins de la zona no turística de les Coves del Drac: sala del *llac Negre*, sala del *llac de les Delícies* i la *sala de la Palmera*. Així, des de l'entrada natural, i amb un accés sense massa obstacles que limitin la circulació de l'aire, –si deixem de banda alguns massissos estalagmítics– trobem la *sala de la Palmera* (Figura 5), en la qual tots els paràmetres (CO₂ i Rn) són més baixos i amb un menor rang de variació donada la proximitat a l'entrada de la cova; la seva situació propicia una eficient ventilació, amb una temperatura que reflecteix la màxima oscil·lació estacional. Seguint el mateix camí però a més fondària cap a l'interior de la cova trobem la sala del *llac Negre*, que degut a la dinàmica que hem comentat mostra un lleuger increment dels paràmetres corresponents al CO₂ i Rn, els quals fluctuen clarament entre els mesos

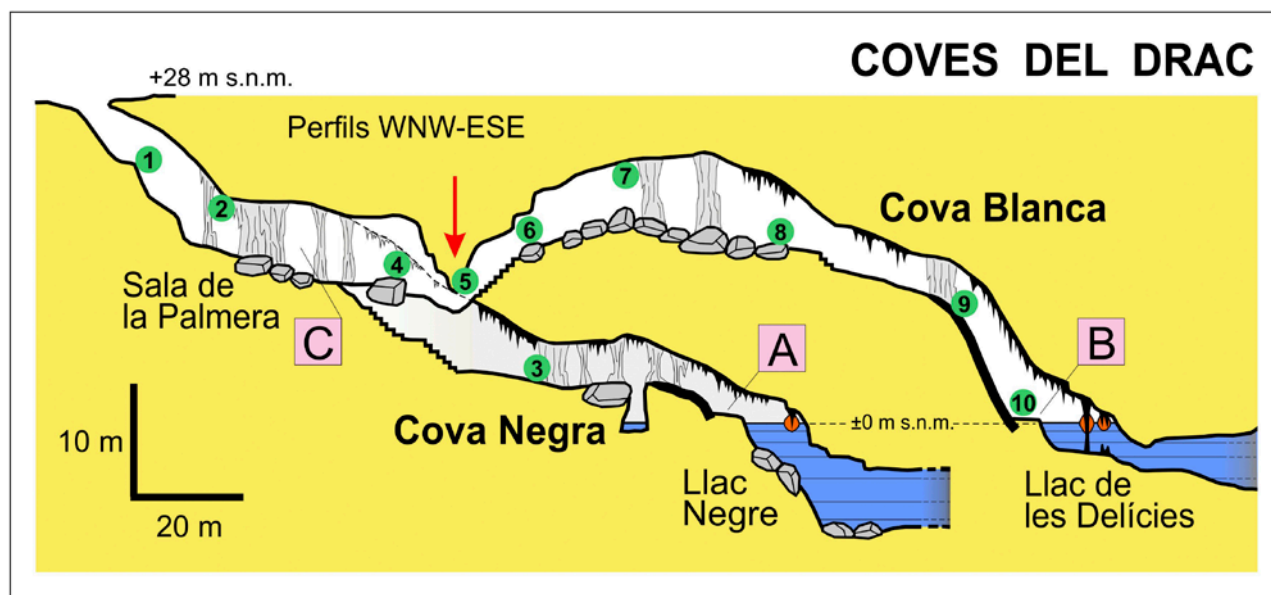


Figura 5: Seccions simplifiades dels sectors terrestres de les Coves del Drac coneguts com la *cova Negra* i la *cova Blanca*, amb la localització dels punts de mostreig (els números 1 a 10– corresponen a les localitats on s’ha mesurat el Rn; les lletres A a C– corresponen a on s’ha mesurat el CO₂ i la temperatura).

Figure 5: Simplified profiles of the air-filled sectors of Coves del Drac, known as *Cova Negra* and *Cova Blanca*, showing sampling locations (numbers 1 to 10– correspond to the Rn sites; letters A to C– correspond to the atmospheric CO₂ and temperature sites).

d’estiu i d’hivern. Per contra, a la zona del *llac de les Delícies*, és on hem mesurat les concentracions més elevades dels paràmetres atmosfèrics, així com una menor fluctuació dels mateixos. La dinàmica atmosfèrica aquí és molt similar, però el fet de tenir una circulació de l’aire més difícil deguda al llinard que representa la *sala del Àrabs* (punt 5 –fletxa vermella– de la Figura 5) condiciona els valors finals mesurats, relacionats amb el major aïllament topogràfic d’aquest sector de la cova.

La comparativa amb altres treballs i amb l’evolució en un espai temporal més llarg, es fa difícil degut a la manca de dades. Una aportació important correspon als treballs conduents a la realització de la tesi doctoral de Liana M. BOOP per a la *University of South Florida* (BOOP et al., 2014 i 2017) en els quals s’aporten algunes dades atmosfèriques de les Coves del Drac per al període entre 2012 i 2013, però només corresponents a la sala del *llac de les Delícies*, a la *cova Blanca*. En aquests treballs es donen valors de CO₂ molt similars als mesurats en el present treball (1.017 ppm al setembre i 417 ppm al gener) i en aquest cas una temperatura que fluctua poc durant l’any, al voltant dels 18°C.

Donat el tipus puntual de mostreig efectuat, no s’ha pogut fer una anàlisi estadística coherent de la variació del diòxid de carboni i de la temperatura en les diferents localitats de la cavitat. Per a una aproximació anual, encara que parcial en quant a localització, es poden consultar els treballs abans esmentats (BOOP et al., 2014 i 2017).

A les Coves del Drac no s’han observat valors molt elevats de CO₂ que no són excepcionals a altres cavitats càrstiques de les Balears (GINÉS, 1982), com són per exemple: la Cova de sa Bassa Blanca (MAROTO & FONT, 1981), la Cova de les Rodes (GINÉS et al., 1987), la Cova Nova de Son Lluís (GINÉS & GINÉS, 2006) i la Cova de sa Font o des Moro a l’illa de sa Dragonera (GINÉS et al., 2017), en les quals l’atmosfera pot arribar a representar un greu perill per a les persones, cosa que no es dona en cap dels punts que s’han mesurat en aquest treball de les Coves del Drac. El mateix passa en referència al contingut en gas radó que, encara que pot arribar a donar valors lleugerament elevats en algun lloc concret de la cavitat, no arriben a valors potencialment perillosos com poden ser a altres coves mallorquines (DUMITRU et al., 2015 a i b; 2016).

Com a conclusió final, sembla clar que la dinàmica de l’atmosfera de la part no turística (*cova Blanca* i *cova Negra*) de les Coves del Drac es caracteritza per un comportament variable estacional, controlat per les diferències de temperatura entre l’exterior i l’interior de la cova, així com per la fisiografia del sistema subterrani que controla en darrera instància el moviment de l’aire dins del medi hipogeu. Això dona lloc a una major o menor ventilació que està condicionada pel desnivell vertical de la cavitat i per la presència de llinards que afavoreixen, en major o menor mesura, el confinament de l’aire atmosfèric de la cova, i per tant l’increment de determinats gasos que el componen, sigui CO₂ o Rn, així com de la temperatura.

Agraïments

Volem mostrar el nostre agraïment als propietaris, gestors i personal en general de les Coves del Drac per la gran amabilitat i les facilitats dispensades en tot moment, durant els anys de mostreigs a la cavitat. També a tots els companys que en un moment o altre han col·laborat en les tasques de mesura dels paràmetres ambientals dins de la cova, o han fet aportacions que sens dubte han millorat la qualitat del manuscrit original. El present treball s'emmarca dins del projecte d'investigació del MINECO, CGL2016-79246-P (AEI-FEDER, UE).

Bibliografia

- ALBERIGI, S.; PECEQUILO, B.R.S.; LOBO, H.A.S. & CAMPOS, M.P. (2011): Assessment of effective doses from radon levels for tour guides at several galleries of Santana Cave, Southern Brazil, with CR-39 detectors: preliminary results. *Radiation Protection Dosimetry*, 145 (2-3): 252-255.
- BOOP, L.M.; ONAC, B.P.; WYNN, J.G.; FORNÓS, J.J.; RODRÍGUEZ-HOMAR, M. & MERINO, A. (2014) : Groundwater geochemistry observations in littoral caves of Mallorca (western Mediterranean): implications for deposition of phreatic overgrowths on speleothems. *International Journal of Speleology*, 43 (2): 193-203.
- BOOP, L.M. ; WYNN, J.G. ; THOMPSON, G. ; FORNÓS, J.J. & ONAC, B.P. (2017) : Interactions between surface conditions, the Mediterranean Sea, and cave climate within two littoral caves in Mallorca: implications for the formation of phreatic overgrowths on speleothems. *Journal of Cave and Karst Studies*, 79 (1): 59-72.
- DUMITRU, O.A.; ONAC, B.P.; FORNÓS, J.J.; COSMA, C.; GINÉS, A.; GINÉS, J. & MERINO, A. (2015a): Radon survey in caves from Mallorca Island, Spain. *Science of the Total Environment*, 526: 196-203.
- DUMITRU, O.A.; ONAC, B.P.; FORNÓS, J.J. & COSMA, C. (2015b): Radon concentration and effective dose assessment in Coves de Campanet (Mallorca Island, Spain). *Journal of Radioanal. Nucl. Chem.*, 303: 885-890.
- DUMITRU, O.A. ; ONAC, B.P. ; FORNÓS, J.J. ; COSMA, C. ; GINÉS, A. & GINÉS, J. (2016): Evaluación de las concentraciones de radón y su variabilidad estacional en cuevas turísticas de Mallorca. In: ANDREO, B. & DURÁN, J.J (eds.), *El karst y el hombre: las cuevas como Patrimonio Mundial. Nerja (Málaga)*. Asociación de Cuevas Turísticas Españolas. 157-168.
- GINÉS, A. (1982): *Bioespeleología del karst mallorquín. Datos ecológicos preliminares*. Tesis de Llicenciatura. Departamento de Ecología, Universidad de Palma de Mallorca. 219 pàgs. Inèdit.
- GINÉS, A. ; HERNÁNDEZ, J. ; GINÉS, J. & POL, A. (1987) : Observaciones sobre la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera de la Cova de les Rodes (Pollença, Mallorca). *Endins*, 13: 27-38.
- GINÉS, A.; MULET, A.; RODRÍGUEZ-HOMAR, M.; VADELL, M.; SÁNCHEZ-CANETE, E.P. & GINÉS, J. (2017): Extreme seasonal fluctuations of carbon dioxide in the cave atmosphere of Cova de sa Font (Sa Dragonera islet, Balearic Islands, Spain). In: MOORE, K. & WHITE, S. (eds.) *Proc. 17th Int. Congress Speleol. (Edition 2)*, 1: 230-233. Sydney, Austràlia.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2006): La Cova Nova de Son Lluís (Porreres, Mallorca). Notes sobre aspectes històrics i geoespeleològics. *Endins*, 29: 5-24.
- LARIO, J.; SÁNCHEZ-MORAL, S.; CAÑEVERAS, J.C.; CUEZVA, S. & SOLER, V. (2005): Radon continuous monitoring in Altamira Cave (northern Spain) to assess user's annual effective dose. *Journal of Environmental Radioactivity*, 80 (2): 161-174.
- MAROTO, A.L. & FONT, A. (1981): Proyecto Hades. Desarrollo de las campañas de 1981. *Endins*, 8: 81-90.



Aquest article es distribueix sota els termes de la llicència CC-BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

