



Fantastici giochi di luce accompagnano l'immersione nell'ingresso principale di Dos Ojos. Fasci di luce e raggi di sole accompagnano nella parte iniziale delle gallerie

Nel più grande sistema di "Cenotes" del mondo

A Quintana Roo (Messico) esploratori statunitensi e messicani hanno ufficialmente congiunto due grandi *cenotes*, grotte quasi totalmente sommerse, Dos Ojos e San Actun. Con 308 chilometri di sviluppo, è ora la seconda cavità del Pianeta

A cura di Massimo (Max) Goldoni - Foto Attilio Eusebio
Note divulgative di Jo De Waele

I CENOTES DELLO YUCATAN. ANTICA FORMAZIONE E RECENTI ESPLORAZIONI

Siamo in Centro America, Messico nella penisola dello Yucatan. Vi sono grandi laghi sotterranei che in epoca remota erano normali grotte in una montagna che si stava formando. Poi, evoluzione di clima e livello del mare hanno arrestato la formazione della montagna, parti della roccia che racchiudeva le grotte crollarono, si crearono accessi a una risorsa indispensabile, l'acqua dolce. Grazie a questa acqua, i Maya si insediarono in questa area geografica. L'infinito reticolo di gallerie e sale sotterranee e sommerse è stato solo in parte esplorato. Sono decine di cavità per centinaia di chilometri di sviluppo. E si ha la certezza che vi è ancora un enorme numero di grotte e diramazioni da esplorare. Come si può intuire, parliamo di un ambiente particolare. La miscelazione di acque dolci e salate, lo scambio con l'esterno, la temperatura elevate, il passato storico rappresentano un'inesauribile fonte di ricerche in molteplici discipline. Basti pensare che la provenienza delle acque dolci che sono presenti nei *cenotes* non hanno una provenienza certa. Esistono specie animali e vegetali solo in parte classificate. Le ragioni dello studio non di rado si scontrano con interessi turistici e commerciali, con uno sfruttamento dell'area molto poco attento alla salvaguardia di un ecosistema unico. La speleologia subacquea trova qui uno degli ambienti di ricerca più interessanti. Luoghi fantastici, ma anche molto vulnerabili. Siamo a parlare di questa area straordinaria perché nel 2012 una squadra di speleologi statunitensi e messicani



A fianco: nel cuore della città di Valladolid si apre il Cenote Zaci con un diametro di circa 50 metri

In basso: il sito archeologico di Tulum si affaccia direttamente sul mare ed è posizionato al centro dell'area carsica dove maggiori sono i fenomeni ipogei. La presenza di grotte con importanti flussi di acqua dolce ha garantito l'approvvigionamento idrico alle antiche popolazioni del luogo

messo su carta il passaggio, in ambiente non allagato, tra due di questi *cenotes*, San Actun e Dos Ojos. Il risultato è un unico complesso con un'estensione di 308 km, la seconda grotta al mondo dopo la Mammoth Cave nel Klondike, USA. Vicino a questo enorme ambiente vi sono altre cavità allagate con enormi sviluppi. Tra questi, il sistema Ox Bel Ha, con un'estensione di 233.253 km. I numeri non dicono tutto, ma rendono il senso delle dimensioni inusuali e della straordinarietà.

LA CONOSCENZA È UN VIAGGIO ANCHE NELLO STRAORDINARIO

Dal gennaio 2012 Montagne 360, riprendendo una lunga tradizione, e dandole continuità ha divulgato notizie di esplorazioni e ricerche speleologiche in molte parti d'Italia. Abbiamo parlato di grotte in diverse regioni e in diverse tipologie di roccia, nei Calcari, nei Marmi, nei Gessi. Grotte con grandi scorrimenti d'acqua o fossili, profonde, estese, interessanti per i reperti. Si è anche parlato di storia speleologica, perché la geologia e la speleologia del nostro Paese offrono infiniti e sempre nuovi spunti per la narrazione. Abbiamo dato la parola e fatto parlare le immagini di esploratori e studiosi, mostrando le tessere di un mosaico splendido e in continua evoluzione. Ma grotte e speleologia esistono ovunque nel mondo e, come nel caso dei *cenotes* dello Yucatan, vale davvero la pena di osservare un fenomeno particolare e non possibile nella geografia sotterranea dell'Italia. La montagna mai esistita ha creato un incredibile reticolo di vuoto sotterraneo. Per quanto riguarda il concetto di "estensione" dobbiamo ancora una volta ricorrere a un esempio particolare. Non stiamo parlando di un tunnel, ma di diramazioni e ambienti che si intersecano. In un albero con una chioma del diametro di alcuni

metri, l'insieme della lunghezza del tronco, dei rami principali e di quelli secondari ha un'estensione enorme. Lo stesso vale quando parliamo di rami di una grotta. Possiamo avere superfici relativamente dimensionate che ospitano un insieme di cavità di grande sviluppo. Per approfondire il tema della formazione dei *cenotes* abbiamo chiesto alcune note a Jo De Waele, speleologo e docente universitario, l'unico in Italia a tenere uno specifico corso di speleologia. Le immagini a corredo dell'articolo sono di Attilio Eusebio, speleosub con grande esperienza di esplorazioni speleologiche. Le foto non sono specifiche di esplorazione, ma l'occhio, e l'obiettivo, di Eusebio hanno catturato le particolarità dei *cenotes* percorsi, che, pur nelle differenze, sono parte di un unico grande sistema.

Ringraziamo www.scintilena.com per aver riportato la notizia della congiunzione (non subacquea) tra Dos Ojos e San Actun

APPROFONDIMENTI
www.speleosubtek.com
www.caves.org/project/qrss/qrlong.htm (in lingua Inglese)





Tra le grotte dello Yucatan, il Minotauro si caratterizza per il colore delle concrezioni, scure come in pochi altri luoghi, creando un contrasto importante tra il colore della roccia e quello delle stalattiti

L'approfondimento



Imponenti concrezionamenti spesso possono quasi occludere alcune gallerie. Costituiscono inviolabili cancelli verso altri mondi subacquei

I CENOTES. UN SISTEMA UNICO, DA CONOSCERE E SALVAGUARDARE

Jo De Waele, speleologo e divulgatore della conoscenza delle grotte e dei suoi fenomeni, insegna al Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali dell'Università di Bologna. È docente di Geografia, di Rilievamento e Rappresentazione del Territorio e, soprattutto, di Speleologia, unico Corso Universitario di questo genere in Italia. Ci siamo rivolti a lui per una sintetica descrizione di una realtà molto affascinante e molto complessa. Vogliamo sottolineare come il racconto sia incentrato sull'evoluzione dell'area. Non è una fotografia dell'esistente, ma la spiegazione di un divenire interrotto, con esiti sorprendenti.

La penisola dello Yùcatan (Messico), e in particolare la sua parte orientale (Quintana Roo), è tra le aree carsiche con più alta densità di grotte nel mondo. Questa estesa piattaforma carbonatica, che si è formata a partire dal Cretacico (oltre 65 milioni di anni fa), è composta da oltre 2000 metri di calcari depositati in mari tropicali poco profondi. A partire dall'Oligocene (circa 30 milioni di anni fa) l'intera area risulta in lento sollevamento, portando le formazioni carbonatiche progressivamente in condizioni subaeree,

dando quindi inizio alla carsificazione. Nel Pleistocene le vistose variazioni del livello del mare hanno portato ad una serie di cicli di erosione, deposizione e dissoluzione nelle zone costiere, formando un complesso mosaico di forme carsiche sia sotterranee che superficiali che rispecchiano varie fasi di sviluppo dei sistemi sotterranei. I cenotes sono tra le forme carsiche più note dello Yùcatan, regione nella quale se ne contano oltre 3000. Il nome deriva da una antica parola Maya *dz'onot*, un pozzo d'acqua naturale, poi trasformato nella parola spagnola *cenote*. Attualmente i cenotes stanno ad indicare tutti gli sfondamenti naturali (*sinkholes*), più o meno circolari, spesso in aree carsiche più o meno pianeggianti e/o costiere, che raggiungono la falda idrica sottostante. Anche se i più importanti cenotes si trovano nel Messico, ne sono stati descritti in vari paesi del Centro America (Cuba, Guatemala, Bahamas, Belize, ecc.) ma anche in Florida, Namibia, e perfino in Australia. La genesi di queste finestre sugli acquiferi carsici nello Yùcatan, che fin dall'antichità hanno attirato l'attenzione dell'uomo, è strettamente legata alla dissoluzione accelerata ad opera di acque salmastre ed alle forti variazioni del livello del mare nell'Era Quaternaria. Questi "occhi" verdognoli-azzurri nelle foreste tro-

picali non sono altro che collassi di estese e grandi gallerie sotterranee sommerse, facenti parte di sistemi carsici che possono superare le centinaia di chilometri di sviluppo. L'origine di queste grandi grotte, ora sommerse, è da attribuirsi ad un insieme di fattori speleogenetici favorevoli, che si sono combinati in modo ideale proprio nel Quintana Roo. Questi fattori sono la grande permeabilità dei calcari giovani ed immaturi, la presenza di una lente d'acqua dolce che "galleggia" sull'acqua salmastra e salata, la cospicua ricarica della falda con acque dolci continentali, la cui provenienza risulta in parte ancora sconosciuta, le escursioni delle maree (con ampiezza di meno di mezzo metro), e le forti variazioni del livello del mare durante il Quaternario. Mentre durante le fasi interglaciali le grotte si allargavano, in quanto il mare era alto e quindi l'interfaccia acqua dolce-salmastra (e quindi l'aloclino) era vicino o poco sotto l'attuale livello del mare, durante le fasi glaciali, con il ritiro del mare, questi estesi reticoli carsici divennero subaerei, percorsi da fiumi d'acqua dolce che erodevano e stillicidi che depositarono imponenti concrezioni calcitiche. Le grandi gallerie che si trovarono vicino alla superficie esterna divennero instabili collassando. È così che si formarono numerosi cenotes lun-



Intorno a mezzogiorno, la luce entra quasi perpendicolarmente nei cenotes fino a raggiungere, grazie alla eccezionale trasparenza delle acque, i luoghi più remoti

go il percorso delle gallerie sotterranee, con imbocchi semicircolari, che si allargano verso la base formando dei vuoti a forma di parabola con la curvatura verso l'alto. Quando il mare, durante la fase interglaciale successiva, tornava a salire, le gallerie si allagarono nuovamente ed i cenotes divennero un facile accesso all'acquifero carsico. Queste doline di crollo costituiscono infatti da migliaia di anni l'unico accesso ad acqua potabile, diventando quindi di importanza strategica per le popolazioni dello Yucatan. Uno dei più conosciuti siti Maya della Penisola, Chichèn Itzá, è costruito proprio nei pressi di alcuni cenotes, uno dei quali fu utilizzato anche per rituali e sacrifici. Ma torniamo a parlare della formazione di questi sistemi carsici così imponenti, tra i più estesi del mondo. Mentre nella zona costiera il processo spe-

leogenetico predominante risulta essere la dissoluzione per miscelazione di acque salate con acque dolci, nella zona più lontana le condotte si allargano prevalentemente per dissoluzione carsica normale e per erosione meccanica. La presenza dei cenotes, tuttavia, consente l'introduzione nell'ambiente sotterraneo di importanti quantità di anidride carbonica, causando quindi un aumento dell'aggressività delle acque. Nella zona intermedia e più costiera, dove persiste l'acqua salata in profondità nell'acquifero, la riduzione batterica dei solfati causa la formazione di anidride solforosa che, ossidandosi negli strati superficiali, e soprattutto in corrispondenza dei cenotes, diventa acido solforico che partecipa nel processo della dissoluzione delle rocce carbonatiche. La presenza di acido solfidrico è confermata sia

dalle "nuvole" bianche esistenti a una certa profondità nelle acque dei cenotes, formate da colonie di solfobatteri, e dal caratteristico odore di uova marcie, ben avvertibile e perfino pericoloso per gli speleosubacquei. Le grandi grotte sommerse del Quintana Roo sono quindi il risultato sorprendente di una fortunata combinazione di processi geologici che non ha eguali nel mondo. L'area costituisce un eccezionale "parco" di divertimento per speleosubacquei, turisti e naturalisti, ed un ambiente naturale unico con una fauna acquatica di inestimabile valore scientifico. Ma questi ecosistemi sotterranei formano anche dei paradisi molto vulnerabili, in cui lo sfruttamento delle risorse idriche ed ambientali deve andare d'accordo con la salvaguardia del delicato sistema ambientale carsico.



L'incontro tra le acque salate celesti del Golfo del Messico e le acque dolci scure provenienti dalle cavità carsiche può creare particolari giochi cromatici



Montagne360

La rivista del Club Alpino Italiano

marzo 2013 € 3,90

Esplorazioni al limite

In piena epoca hi-tech si riscopre il valore di orientarsi senza bussola né cartine

Monte Civetta

50 anni di arrampicate invernali sulla nordovest, la "parete delle pareti"

Sci di fondo

Tra le Alpi Cozie e le Marittime, alla scoperta della Valle Stura



CAI 150

883 • 2013

LA MONTAGNA

UNISCE



ISSN 2280-7764

30006

9 772280 776005