

THE PIT OF CUEVA GRANDE: FIRST DESCRIPTION OF A VOLCANIC PIT IN A WATER MINE OF THE CANARY ISLANDS *IL POZZO DI CUEVA GRANDE: LA PRIMA DESCRIZIONE DI UN POZZO VULCANICO IN UNA MINIERA RICCA DI ACQUA DELLE ISOLE CANARIE*

O. FERNÁNDEZ¹, M. NARANJO¹, C. GONZÁLEZ¹, & S. MARTÍN^{1,2}

Abstract

A description and speleological survey of a newly re-discovered volcanic chamber found during mine excavations for water extraction in Gran Canaria is reported in this paper. A few theories regarding its speleogenesis and lack of troglobitic fauna are also included.

Keywords: volcanic chamber, water mine, water reservoir, Gran Canaria, Canary Islands.

Introduction

Due to the lack of water in the Canary Islands, where there are no rivers and where natural springs are very scarce, a large number of wells and mines have been excavated to access subterranean water sources (SUÁREZ, 2009). Because volcanic strata are not only sub-horizontal but also vertical (e.g. volcanic dikes potentially containing stored water) horizontal mine workings can intercept significant reserves of clean water, providing a valuable resource to the local people. The figures are impressive: over 10,950 wells and adits (HOYOS *et alii*, 1987) achieve a combined length in excess of 2,400 km (equivalent to a tunnel linking

Riassunto

In questo lavoro si presenta una topografia e una descrizione speleologica di una camera vulcanica recentemente “riscoperta” in seguito agli scavi minerari realizzati in Gran Canaria per l'estrazione dell'acqua. Nell'articolo, sono incluse alcune teorie circa la sua speleogenesi e la spiegazione della mancanza di una fauna troglobia.

Parole chiave: camera vulcanica, miniera di acqua, serbatoio d'acqua, Gran Canaria, Isole Canarie.

Introduzione

A causa della mancanza d'acqua nelle Isole Canarie, dove non ci sono fiumi e dove le sorgenti sono molto scarse, sono stati scavati un grande numero di pozzi e di gallerie per avere accesso alle risorse idriche sotterranee (SUÁREZ, 2009). A causa del fatto che gli strati vulcanici non sono solo suborizzontali ma anche verticali (anche i dicchi vulcanici possono potenzialmente contenere acqua) le gallerie suborizzontali possono intercettare anche notevoli riserve di acqua non inquinata, che può risultare una riserva importante di acqua potabile per le po-

¹ Grupo de Espeleología Tebexcorade – La Palma. Camino El Risco, 4, 38710, Breña Alta. La Palma (Canary Islands). email: contacto@tebexcorade.com

² Sociedad Entomológica Canaria Melansis. C/ Guaydil, 3, 1º A, 35016, Las Palmas de Gran Canaria (Canary Islands). email: melansis@hotmail.com

our archipelago with Sardinia, the location of this symposium).

The lava caves of the Canary Islands are internationally significant (ROSALES, 1996) and their number continues to increase with further discoveries by both local and foreign cavers. There are over 250 cavities (DELGADO, 2002) and the authors believe that currently there must be over 300 (250 lava tubes and 50 chambers). However, only a few natural cavities have been intercepted by adits and the *Cueva Grande* chamber is a particularly interesting example, for the following reasons:

- Lava caves in Gran Canaria are rare (due to the relative old age of the island) (AA.VV., 1990).
- Before this recent discovery only one other known chamber existed on the island (Sima de Jinámar GC/TD-01) (FERNÁNDEZ & NARANJO, 2011).
- This site is the only recorded interception of a chamber by an adit in the whole archipelago. The other known examples of adits encountering voids are all lava tubes (AA.VV., 1995; DUMPIÉRREZ *et alii*, 2000).
- According to differing reports from local sources, the chamber was flooded (either fully or partially) at its discovery and there remain visible evidences of water levels that confirm these reports. The internal volume of the chamber has been calculated at approximately 3,400 m³. Unfortunately no water remained inside by the time cavers explored the chamber so no samples could be taken for analysis (which we believe would have shown it to be a very ancient natural reservoir).

Description of the chamber

During fieldwork undertaken for the project “*Fauna invertebrada de las cuevas de Gran Canaria: valoración y conservación*”, the main results of which were subsequently published in the book “*Fauna cavernícola de Gran Canaria. Secretos del mundo subterráneo*” (NARANJO *et alii*, 2009), this new volcanic chamber was re-discovered inside an abandoned water extraction mine (adit) located in *Cueva Grande* in the mu-

polazioni indigene. I numeri sono davvero impressionanti: più di 10.950 pozzi e gallerie (HOYOS et alii, 1987) raggiungono una lunghezza cumulata di più di 2400 chilometri (equivalenti ad un tunnel sotterraneo che unisce l'arcipelago delle Canarie con la Sardegna, sede di questo simposio).

*Le grotte in lava delle Isole Canarie sono ben conosciute in tutto il mondo (ROSALES, 1996) e il loro numero continua ad aumentare per le nuove scoperte fatte sia da speleologi locali che da forestieri. Attualmente sono note più di 250 cavità (DELGADO, 2002) ma noi crediamo che al giorno d'oggi siano più di 300 (250 tubi di lava e 50 ambienti isolati più o meno grandi). Tuttavia, solo una piccola parte di queste sono state intercettate da lavori minerarie la *Cueva Grande*, un ambiente isolato, è un esempio particolarmente interessante per le seguenti ragioni:*

- *Le grotte laviche sono rare nella Canaria (a causa delle relative antichità dell'isola) (AA.VV., 1990).*
- *Prima di questa recente scoperta nell'isola si conosceva solo un'altra camera (Il Pozzo di Jinámar GC/TD-01) (FERNÁNDEZ & NARANJO, 2011).*
- *Questa grotta è l'unico caso a tutt'oggi di una camera raggiunta da una galleria mineraria in tutto l'Arcipelago. Gli altri esempi di gallerie che hanno incontrato dei vuoti si riferiscono sempre a tubi di lava (DUMPIÉRREZ et alii, 2000).*
- *Secondo vari rapporti da fonti differenti, la camera era allagata (del tutto o solo in parte) e a conferma di questo al suo interno sono ancora visibili i livelli stabili dell'acqua. E' stato calcolato che il volume interno della camera è di approssimativamente 3400 m³. Sfortunatamente al suo interno non è rimasto nemmeno una goccia d'acqua e pertanto non è stato possibile prendere dei campioni per analizzarli (noi supponiamo che la cavità fosse in realtà una cisterna naturale molto antica).*

Descrizione della camera

Durante lo svolgimento del progetto “Fauna invertebrada de las cuevas de Gran

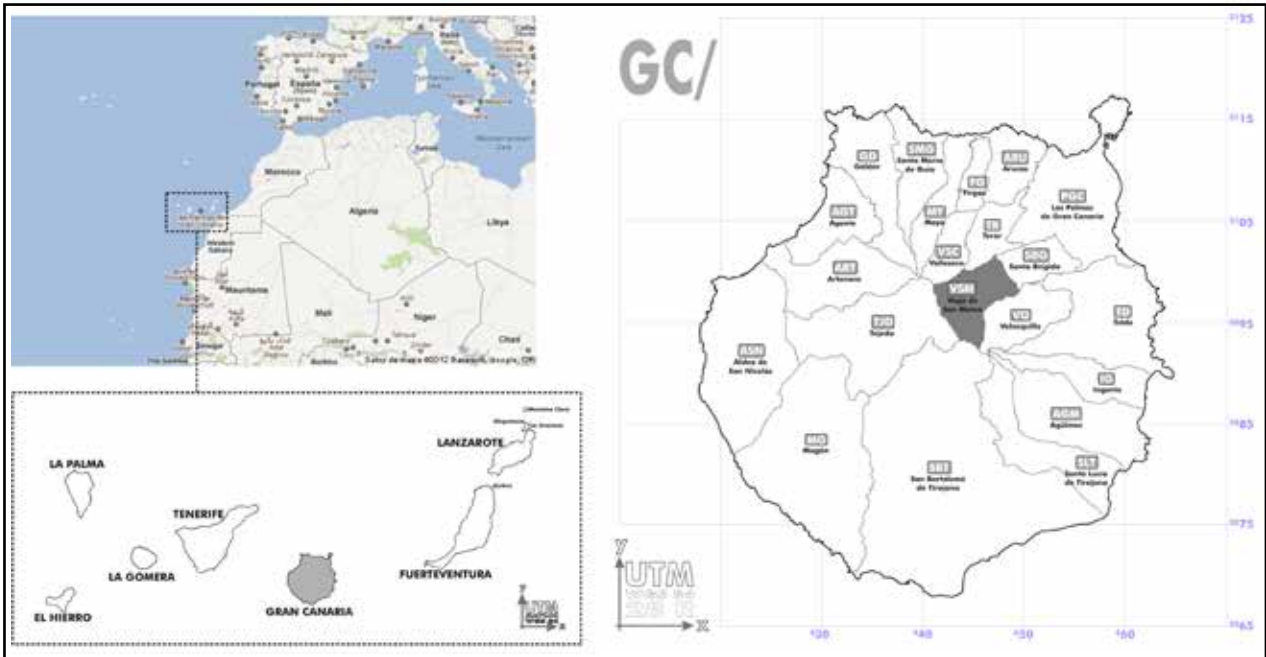


Fig. 1 - Location of the Canary Islands, the Island of Gran Canaria and the municipality of Vega de San Mateo. / *Le Isole Canarie, L'Isola della Gran Canaria e il territorio di Vega de San Mateo.*

municipality of Vega de San Mateo (Fig. 1-2). The chamber, which is a natural void approximately 75 m in length and with a vertical depth of 34 m, is only accessible via a

Canaria: valoración y conservación”, i cui principali risultati sono stati pubblicati nel libro “Fauna cavernicola de Gran Canaria. Secretos del mundo subterráneo” (NARANJO



Fig. 2 - Location of the Mine of Cueva Grande. / *Posizione della Miniera di Cueva Grande.*

SIMA DE CUEVA GRANDE
(Chamber of Cueva Grande)
SITUACIÓN: MINA DE AGUA DE CUEVA GRANDE
VEGA DE SAN MATEO. GRAN CANARIA

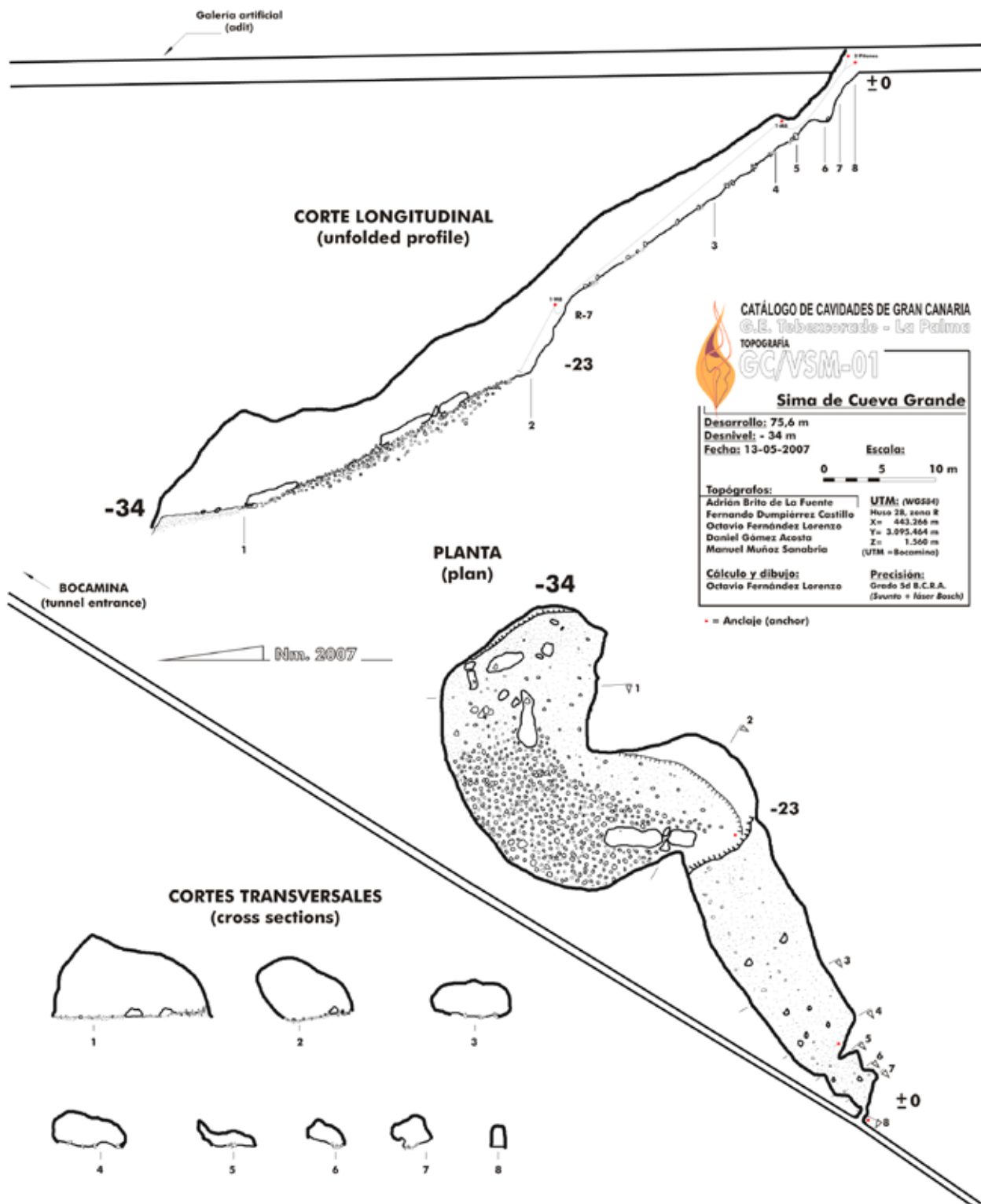


Fig. 3 - Chamber of Cueva Grande survey. / *Rilievo della Cueva Grande.*

single portal about 160 m away from the mine entrance (Fig. 3). UTM coordinates for the tunnel entrance are (WGS84, 28R) X=443.266 Y=3.095.464 Z=1.560 m. The chamber is now designated with the code GC/VSM-01 (FERNÁNDEZ & NARANJO, 2011). The mined tunnel is effectively almost a straight line with a positive inclination of about one degree from its entry to the junction with the chamber. The dimensions of the passage vary but are approximately 0.8 m wide by about 2 m high. A concrete pipe is located in the floor and probably served to pump out water from the natural reservoir found inside the chamber.

The first few meters of the chamber are steep and uneven but with numerous ledges that aid the descent; the average height of this section of the chamber is about 1.7 m (Fig. 4). The SRT anchors used to safely descend the chamber from the mine were a combination of two in-situ rock anchorages (first belay) and then 8 m further down our newly installed M8 spits forming a rebelay where the chamber increases in width and height and better quality rock facilitated their installation.

Continuing downwards from the rebelay is a ramp (with a gradient of about 35 degrees) approximately 8 m wide and the roof about 3.5 m high; it has two noteworthy



Fig. 5 - Earlier hand-made anchor (photo: O. González). / Antico ancoraggio fatto a mano (foto: O. González).



Fig. 4 - Ramp continuing downwards from the 2nd rebelay (photo: O. Fernández). / La discesa dopo il secondo frazionamento (foto: O. Fernández).

et alii, 2009), fu riscoperta questa nuova camera vulcanica all'interno di un galleria mineraria abbandonata, realizzata per l'estrazione di acqua nella Cueva Grande, municipalità di Vega de San Mateo (Fig. 1-2).

La camera, un vuoto naturale di circa 75 m di lunghezza e un'altezza 3,4, è accessibile esclusivamente da un solo accesso che si trova a circa 160 m dall'ingresso della galleria mineraria. Le coordinate UTM dell'ingresso del tunnel sono (WGS84, 28R) X=443.266 Y=3.095.464 Z= 1.560 m. La camera è ora indicata con il codice GC/VSM-01 (FERNÁNDEZ & NARANJO, 2011). Il tunnel minerario è praticamente rettilineo con una inclinazione positiva di circa un grado dall'esterno fino all'ingresso della camera. Le dimensioni della galleria variano ma sono approssimativamente 0,8 metri di larghezza e circa 2 metri in altezza. Un tubo di cemento si trova sul pavimento e probabilmente serviva per pompare fuori l'acqua dal serbatoio naturale rappresentato dalla camera.

I primi pochi metri del salone sono molto inclinati e irregolari, ma con molte sporgenze che aiutano la discesa; l'altezza media di questa sezione della camera è di circa 1,7 metri. Gli ancoraggi utilizzati per una sicura discesa con la tecnica della sola corda sono stati due anelli (primo ancoraggio) e poi, 8 m più in basso spit M8, piantati da noi per un frazionamento in una zona in

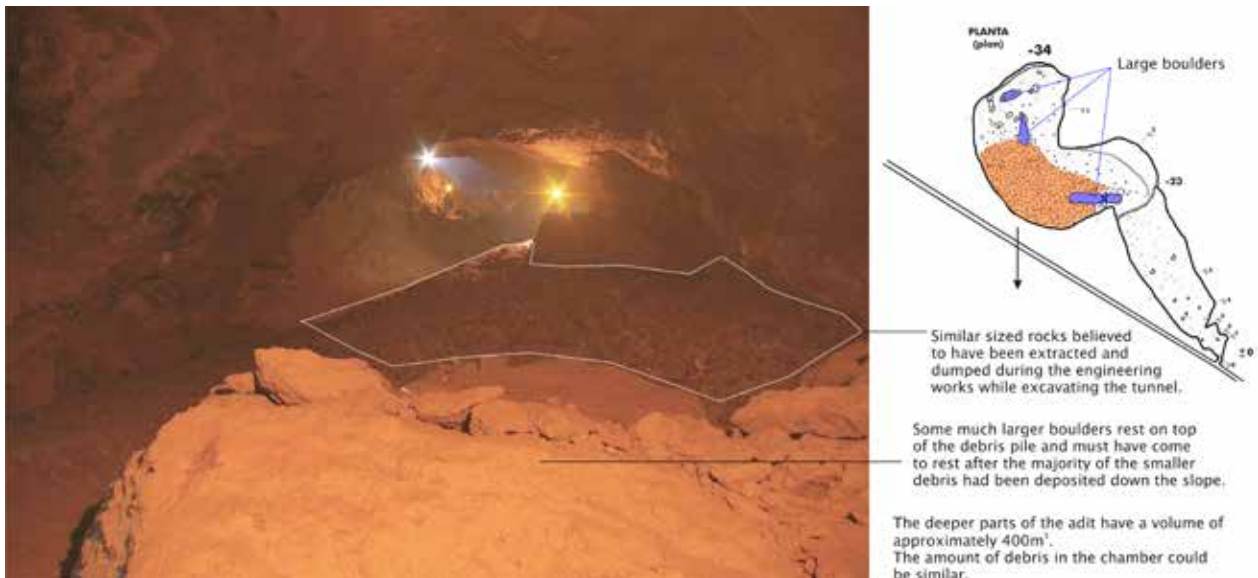


Fig. 6 - View of the debris heap taken from the bottom of the chamber (photo: O. Fernández). / *Visione d'insieme dell'accumulo di detriti dal fondo della sala (foto: O. Fernández).*

characteristics – first, a central channel or gully on the floor which was probably formed by rolling debris into the chamber from the adit – this is supported by the presence of a spoil heap which appears to have been created after the water in the chamber was pumped out; second, several basaltic or trachitic subhorizontal strata can be seen while descending the slope and the authors believe these provide a key to the speleogenesis of the chamber although precisely what the sequence of events was presently remains unclear.

At no stage is the chamber fully vertical but after 25 m of angled descent there is an increase in gradient with a step of about 7 m where another M8 anchor rebelay aids progress. An earlier hand-made anchor in the upper part of this step was probably nailed into place during the original pumping works in order to attach ladders or hosepipes. So as to avoid confusion and aid safety for future visits we removed it after taking a photographic record (Fig. 5). At the base of the shaft the rope is no longer required and the rest of the chamber can be negotiated cautiously on foot as the first few meters of this lower part are still pretty steep. On the left hand side of the chamber there is a debris heap comprising similar sized rocks believed to have been extracted and dumped during the engi-

cui le caratteristiche della roccia rendevano più facile il loro posizionamento e dove la cavità aumentava in ampiezza e altezza. Continuando verso il basso dal secondo ancoraggio si trova una galleria inclinata (con un gradiente di 35°) che ha una larghezza di 8 m e il soffitto è circa a 3,5 m.

Questa galleria ha due caratteristiche principali: 1) un canale o doccia al centro del pavimento che probabilmente si era formata a causa dell'erosione indotta dai detriti che rotolavano dentro alla camera dal suo ingresso (questa ipotesi è suffragata dalla presenza di un accumulo di materiale, che sembra si sia formato dopo che l'acqua della camera era stata pompata fuori; 2) la presenza di diversi strati basaltici e/o trachitici sub-orizzontali che possono essere osservati scendendo lungo la galleria inclinata e che gli autori ritengono possano fornire la chiave interpretativa per la genesi della camera anche se attualmente ancora non è possibile fornire una cronologia esatta degli eventi.

In nessun punto la camera ha le pareti perfettamente verticali, ma dopo 25 m di discesa lungo un piano inclinato si ha un aumento della verticalità con un salto di circa 7 metri dove un nuovo ancoraggio con un M8 rende più agevole la discesa.

Nella parte alta di questo salto si è osservato un vecchio ancoraggio, probabilmente

neering works while excavating the tunnel (Fig. 6); using the chamber for spoil storage instead of bringing it to daylight, some 200 m further, seems a reasonable supposition. Some much larger boulders rest on top of the debris pile and must have come to rest after the majority of the smaller debris had been deposited down the slope; the authors believe these huge boulders were not placed on the debris pile but instead may have fallen after explosives had to be used elsewhere in the inner parts of the adit when phonolitic-like rocks were encountered, as they are hard to drill conventionally (Fig. 7).

The debris slope at the base of the 7 m step ends after about 12 m and the original clay floor of the chamber can be seen (Fig. 8); at the end of the chamber there is a crack in the clay beside the east wall which is probably a result of desiccation and contraction of the sediment after the water was ex-



Fig. 7 - Explosives had to be used elsewhere in the inner parts of the adit when phonolitic-like rocks were encountered, as they are hard to drill conventionally (photo: D. Gómez). / Si sono dovuti utilizzare esplosivi in varie parti del giacimento quando si incontravano rocce fonolitiche, difficili da perforare in maniera convenzionale (foto: D. Gómez).

te messo in quel posto durante i lavori per prelevare l'acqua al fine di attaccarvi le scale e i tubi per l'eduazione. Dopo averne fatta una foto (Fig. 5), per evitare confusioni e rendere più sicure le visite successive, abbiamo rimosso questo antico ancoraggio. Alla base di questo pozzetto la corda non è più necessaria ed il rimanente della camera può essere esplorato con attenzione senza alcun attrezzo anche se i primi metri di questa porzione di grotta sono ancora molto ripidi.

Nella parte sinistra della cavità si trova un accumulo di detriti di dimensione simile a quelli che si suppone siano stati prodotti e scaricati durante i lavori minerari per lo scavo del tunnel di accesso: infatti l'utilizzazione della camera per l'accumulo del materiale di discarica invece che portarlo all'aperto circa 200 metri distante, ci pare una supposizione ragionevole.

Alcuni blocchi molto più grandi si trovano sulla sommità della discarica e evidentemente debbono essere arrivati lì dopo che tutti i frammenti più piccoli si erano già depositati.

Noi riteniamo che questi grandi blocchi non sono stati posizionati sulla sommità della discarica ma ci siano caduti sopra a seguito delle esplosioni fatte all'interno dell'accesso alla grotta dove erano state incontrate rocce di tipo fonolitico, quindi difficili da perforare in maniera convenzionale (Fig. 7).

L'accumulo di detriti alla base del pozzetto da 7 finisce dopo circa 12 m e, da quel punto è esposto il pavimento originale della camera, fatto di argilla; alla fine della camera davanti alla parete ovest vi è una fessura nell'argilla (Fig. 8) che è probabilmente dovuta al disseccamento e alla perdita di volume del sedimento una volta che l'acqua era stata estratta tutta e conseguentemente il pavimento si era essiccato.

La frattura nell'argilla sembra essere profonda almeno 2 metri e al suo interno sono state osservate ossa di cane.

Le pareti nella parte più bassa della cavità sono ricoperte di fango (Fig. 9).

Il fatto che la cavità si sia formata all'interno di rocce molto compatte e che le sue pareti siano completamente ricoperte di argilla, sigillando anche le eventuali fratture e in-



Fig. 8 - Debris slope at the base of the 7 m step (photo: O. Fernández). / Accumulo di detriti alla base del pozzo di 7 m (foto: O. Fernández).

tracted from the chamber and the chamber floor subsequently dried out. Looking down into the crack the clay layer can be seen to be around 2 m thick; there are also some skeletal remains of a dog here. The walls at the lower part of the chamber are coated with mud (Fig. 9). These characteris-



Fig. 9 - Plenty of mud that coats and seals the cracks (photo: O. Fernández). / Accumuli di fango che ricopre e sigillano le fratture (foto: O. Fernández).

fine la sua notevole distanza dalla superficie (circa 55 m), potrebbe spiegare la totale assenza di fauna troglobia (NOVAK et alii, 2012; SENDRA & REBOLEIRA, 2012; OROMÍ, 2009). Niente è stato trovato fino ad adesso e probabilmente non c'è nulla da trovare: in questo caso la cavità sarebbe di esclusivo interesse geologico.

Il tetto della parte più profonda risulta essere il più alto, raggiungendo circa gli 8,5 metri (Fig. 10).

Sul soffitto ci sono chiaramente visibili i punti da cui sono caduti i grandi blocchi che si sono adagiati sull'accumulo di detriti; anche sulle pareti e sul soffitto stesso ci sono poi aree scure che nella maggioranza dei casi corrispondono a placche di fango, piuttosto che roccia come si potrebbe credere a prima vista.

In conclusione, sulla base delle evidenze geologiche appena riportate, questa è la sequenza degli eventi che sono avvenuti per l'intercettazione della cavità da parte della galleria mineraria (Fig. 11):

- Durante lo scavo della galleria è stata, per puro caso e non per calcolo ingegneristico, intercettata una cavità naturale parzialmente o totalmente riempita di acqua.
- Un tubo di cemento è stato posizionato lungo tutta la galleria fino al punto di accesso alla cavità naturale.
- L'acqua è stata pompata fuori fin tanto che la cavità è stata completamente vuotata. Qualunque pozzanghera o laghetto residuo è quindi evaporato e quindi la cavità si è seccata completamente.
- Lo scavo di accesso fu portato comunque avanti con la speranza di trovare altra acqua.
- Detriti derivanti dallo scavo sono stati depositati nella cavità che ha funzionato come un efficiente discarica, evitando così la fatica ed i costi accessori del trasporto degli stessi per oltre 200 m fino all'esterno. Il volume della discarica interna è di circa 400 m³. L'utilizzazione di esplosivi nei lavori profondi ha causato il distacco e la caduta dal soffitto di grandi blocchi che si sono fermati sulla sommità della discarica interna.
- Il mancato ritrovamento di risorse idri-

tics, namely a cavity dug within compacted rocks containing plenty of mud which also coats and seals the cracks, combined with its significant distance from the surface (about 55 m) probably explains the complete lack of troglobitic fauna (Novak *et alii*, 2012; SENDRA *et alii*, 2012; OROMÍ, 2009); no cave dwelling species have been found so far and it may be that they are completely lacking, in which case the chamber is solely of geological, rather than biological, interest. The ceiling is highest at the lowest part of the chamber, attaining a height of approximately 8.5 m (Fig. 10). There are clearly discernible impressions or imprints in the ceiling which correspond to the huge boulders that have fallen onto the debris pile; also on the walls and ceiling there are many dark areas which are in most cases mud, rather than rocks which they appear at first instance to be.

In summary, then, this is the sequence of events which resulted in the adit intercepting the chamber and the geological features noted above (Fig. 11):

- During excavation of the adit the chamber was intercepted and found to be partially or completely flooded; the authors' assumption is that this was luck, and not the result of planned engineering.
- A concrete pipe was installed from the adit entrance to the interception point of the chamber.
- The water was pumped out until the chamber was drained. Any remaining pools or puddles subsequently evaporated and the chamber became totally dry.
- Excavation of the main adit continued presumably in order to find additional sources of water.
- Debris from the continuing excavation were deposited into the chamber which served as a convenient waste deposit, thereby saving the effort, time and cost of transporting it over 200 m to daylight. The volume of the resultant spoil heap is approximately 400 m³. The use of explosives in the deeper workings triggered huge boulders to fall from the ceiling and rest on top of the debris pile.
- When additional sources of water were

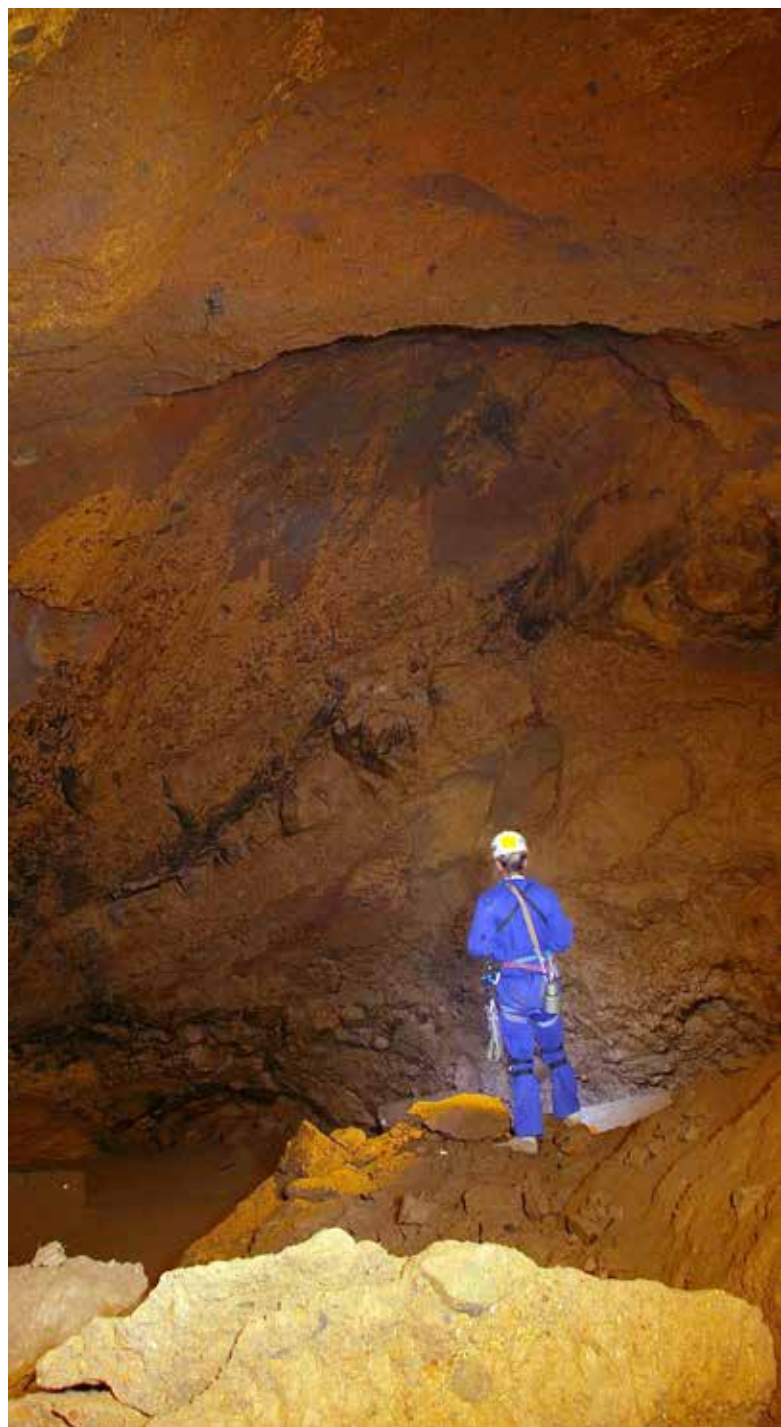


Fig. 10 - Lowest part of the chamber (photo: O. Fernández). / La parte inferiore del salone (foto: O. Fernández).

che addizionali ha causato l'interruzione dei lavori minerari e l'abbandono del sito.

Teorie speleogenetiche e suggerimenti
Come detto precedentemente, questo tipo di cavità è raro e la sua speleogenesi non ben

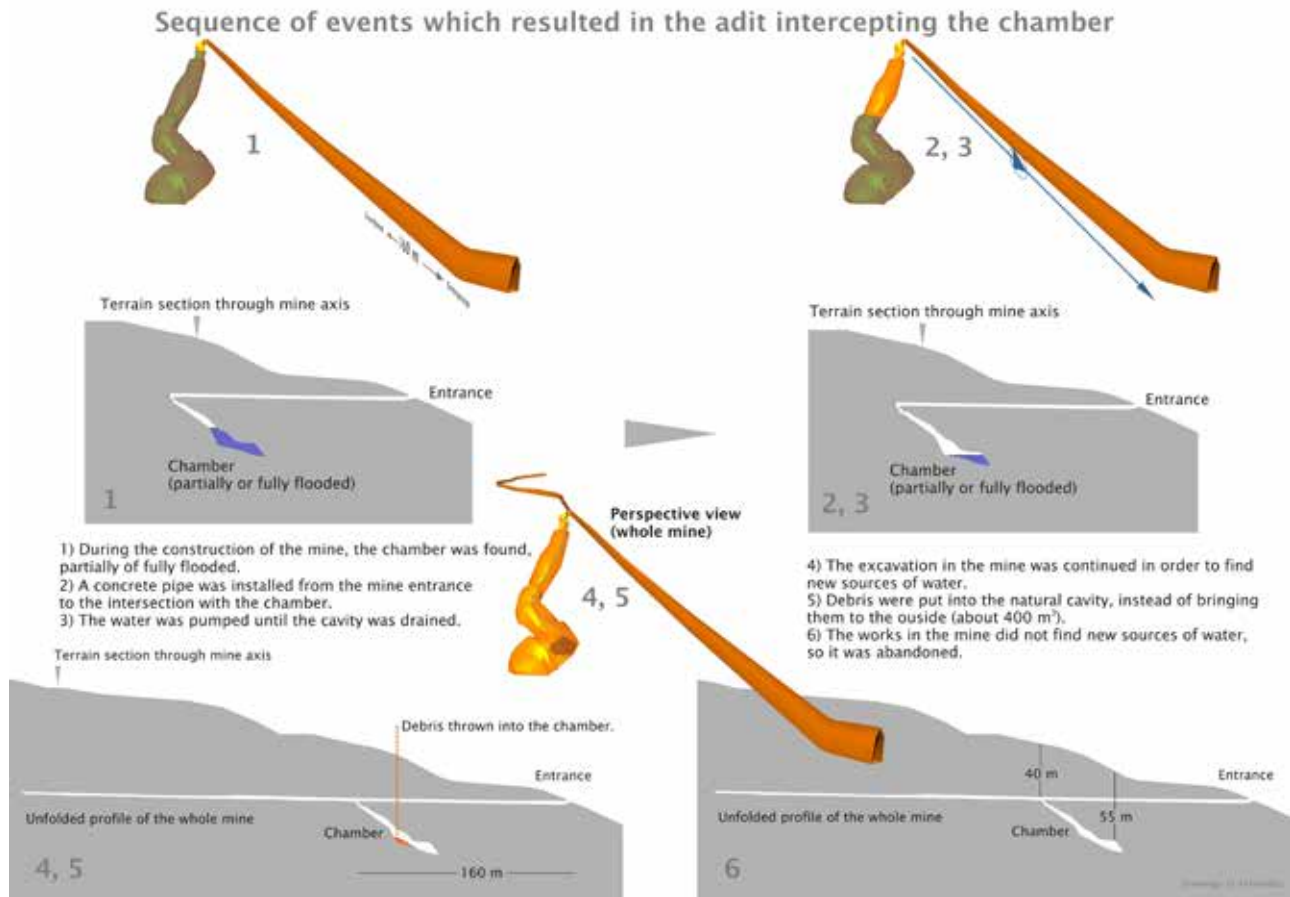


Fig. 11 - Sequence of events which resulted in the adit intercepting the chamber (drawing: O. Fernández).
 / Sequenza degli eventi che hanno portato il giacimento ad intercettare la sala (disegno: O. Fernández).

not located in the mine, work stopped and the site was abandoned.

Speleogenetic theories and suggestions

As previously stated above, this type of chamber is rare and the speleogenesis is uncertain; however, there are a few clues which the authors have observed, namely:

- The chamber appears to be a cavity between a layer of undefined volcanic conglomerate on the present ceiling, and several layers of basalt or trachite on the floor, with further layers visible along the sides of the chamber.
- The upper section of the chamber seems to be part of a hollow dyke with evidence of water flowing in; this is believed to be the main source for filling the chamber.
- The authors believe that the chamber was flooded long after its formation, and was not formed, per se, by the water itself; however, the water was the mecha-

definita, tuttavia ci sono alcuni indizi osservati dagli autori che sono:

- *La camera sembra essere una cavità tra uno strato di un non ben definito conglomerato vulcanico che funge da soffitto attuale, e vari strati di basalto o trachite nel pavimento, con ulteriori di questi strati presenti in alcune parti della parte bassa della camera.*
- *La sezione superiore della cavità sembra far parte di un dicco vuoto con evidenti tracce di flusso idrico verso l'interno, che, a parere degli autori, è stata la maggior fonte per l'accumulo di acqua nella camera.*
- *Gli autori credono che la camera si sia allagata molto dopo la sua genesi, che non è assolutamente relazionata all'arrivo dell'acqua; tuttavia essa è stata la responsabile per tutto il fango che ricopre il pavimento e le pareti della parte inferiore della cavità stessa.*

Pur non disponendo attualmente di una te-

nism by which the lower walls became coated with mud.

Despite any absolute theory which can explain the genesis of this chamber, it stands out as a very unusual type of volcanic cave and has high geological interest as a result. With future good planning it could perhaps form part of a geotourist attraction. Future trips into the mine and chamber should include surveying to a higher accuracy using DistoX devices and searches for additional evidence to help explain and unveil the mysterious speleogenesis of Cueva Grande Chamber.

Acknowledgements

The authors wish to thank J. Cedrés (from the former GELPA caving club) who helped with the rediscovery of this site in 2007; also to our friends at GE Tebexcorade – La Palma: A. Brito, F. Dumpiérrez, D. Gómez & M. Muñoz who worked tirelessly gathering survey data for the adit and chamber illustrations. Finally, thanks are extended to A. M. Fernández & C. Binding (University of Bristol Speleological Society) for reading and commenting on the original English manuscript, and to F. Ristuccia for her help with the Italian translation.

oria speleogenetica generale che possa spiegare la genesi di questa cavità, è evidente che si tratta di una grotta vulcanica davvero inusuale e quindi di notevole interesse geologico, che se ben programmata potrebbe a pieno titolo entrare, in un prossimo futuro, in un percorso geoturistico.

Le prossime visite alla galleria e alla cavità dovranno includere la realizzazione di un rilievo accurato utilizzando un DistoX e dovranno anche riguardare essenzialmente la ricerca di ulteriori evidenze utili per definire la ancora misteriosa speleogenesi della Cueva Grande.

Ringraziamenti

Gli autori vogliono ringraziare J. Cedrés (del passato Gruppo Speleologico GELPA) per l'aiuto fornito nella riscoperta di questo sito nel 2007; si ringraziano anche i nostri amici del Gruppo speleologico Tebexcorade – La Palma: A. Brito, F. Dumpiérrez, D. Gómez & M. Muñoz, che hanno lavorato instancabilmente accumulando i dati di rilievo e per le illustrazioni dell'accesso e delle camere. Infine si ringrazia A. M. Fernández & C. Binding (University of Bristol Speleological Society) per aver letto criticamente il manoscritto originale, e F. Ristuccia per il suo aiuto con la traduzione italiana.

References / Citazioni bibliografiche

- AA.VV., (1990), *Mapa geológico de España. Escala 1-25000*. Segunda serie-Primera edición. Madrid, Instituto Geológico y Minero de España.
- AA.VV., (1995), *Catálogo espeleológico de Tenerife*. Ed. Organismo Autónomo de Museos y Centros, Cabildo de Tenerife, 168 p.
- DELGADO G., (2002), *Cavidades volcánicas de Canarias*, Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente, Gobierno de Canarias, 127 p.
- DUMPIÉREZ F., FERNÁNDEZ M., FERNÁNDEZ O., GARCÍA R., GONZÁLEZ A.J., GONZÁLEZ E., GOVANTES F., HERNÁNDEZ J.M., MARTÍN M. & MATA M., (2000), *Las cavidades volcánicas de los municipios de Breña Alta y S/C de La Palma (La Palma, Islas Canarias)*. Vulcania, 4, pp. 1-45.
- FERNÁNDEZ O. & NARANJO M., (2011), *Catálogo de Cavidades de la isla de Gran Canaria (Islas Canarias)*, Vulcania 9, pp. 43-47.
- HOYOS-LIMÓN A., BRAOJOS J.J. & PUGA L., (1987), *El agua en Canarias*. Consejería de Obras Públicas del Gobierno de Canarias – Ministerio de Obras Pública y Urbanismo, 62 p.
- NARANJO M., OROMÍ P., PÉREZ A.J., GONZÁLEZ C., FERNÁNDEZ O., LÓPEZ H.D. & MARTÍN, S., (2009), *Fauna cavernícola de Gran Canaria. Secretos del mundo subterráneo*. Ed. SEC Melansis, Las Palmas de Gran Canaria, 106 p.
- NOVAK T., MATJAZ P., LIPOVSEK S. & JANZEKOVIC F. (2012), *Duality of terrestrial subterranean fauna*. International Journal of Speleology 41(2), pp. 181-188.
- OROMÍ P., (2009), *La fauna subterránea de Canarias: un viaje desde las lavas hasta las cuevas*. Actas de V Semana Científica Telesforo Bravo- Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias.
- ROSALES M., (1996), *Historia de la espeleología en Canarias*. Proceedings 7th International Symposium on Vulcanospeleology, S/C de La Palma, 1994, pp. 101-108.
- SENDRA A., ORTUÑO V.M., REBOLEIRA A.S.P.S., GILGADO J. D. & TERWEL S. (2012), *Colonización of hypogenic caves by terrestrial arthropods. Consequences in the biodiversity patterns of subterranean species*. Pro-

ceedings 21st Int. Conf. Subterr, Biol., Slovakia, pp. 99-100.

SUÁREZ F. (2009), *El agua in Canarias. Historias, estra-*

tegias y procedimientos didácticos. Ed. Bienmesabe, 56 p.