

N. 7 - dicembre/December 2006

# KUUR

magazine  
[www.laventa.it](http://www.laventa.it)



**LA VENTA**  
ESPLORAZIONI GEOGRAFICHE

## Rivista semestrale / Six-monthly magazine

# KUR

magazine  
www.laventa.it

Dir. responsabile / *Editor in Chief*  
Caporedattore / *Senior editor*  
Redazione / *Editorial Staff*

Tullio Bernabei  
Davide Domenici  
Giovanni Badino  
Teresa Bellagamba  
Alvise Belotti  
Antonio De Vivo  
Leonardo Piccini  
Giuseppe Savino  
Roberta Tedeschi  
Gianni Todini

Grafica e impaginazione / *Layout*  
Stampa / *Printing*  
Traduzione / *Translation*

Paolo Pettrignani  
Grafiche Tintoretto (TV) - Italy  
Antonio De Vivo  
Karen Gustafson  
Libero Vitiello

Redazione / *Editorial Staff*

Vocabolo Collemanno snc  
02046 Magliano Sabina - Italy  
tel. +39 0744 919296  
fax +39 0744 921507  
e-mail: kur@laventa.it

Abbonamento annuale (2 numeri)  
*Annual subscription rates (2 issues)*

Europa € 15, resto del mondo € 20  
Europe € 15, rest of the world € 20

La Venta Associazione Culturale  
Esplorazioni Geografiche

Via Priamo Tron, 35/F  
31100 Treviso - Italy  
tel./fax +39 0422 320981  
www.laventa.it

Foto di copertina / *Cover photo*

Mina Reforma, Cuatro Ciénegas,  
Mexico

Seconda di copertina / *Second cover*

Macedonia

Reg. Trib. Rieti 8/2003 - 11 giugno 2003

## contributi & crediti *collaborations & credits*

Foto / *Photos*

Tullio Bernabei: 3 - Corrado Conca: 4 - Paolo Forti: 18, 21, 24, 25 - Francesco Lo Mastro: 2<sup>nd</sup>, 6-7, 8, 12, 26-27, 31 - Marco Mecchia: 11 - Paolo Pettrignani: cover, 1, 16-17, 22, 23, back cover - Pierpaolo Porcu: 5 - Giuseppe Savino: 2, 29 - Antonio Sigismondi: 30, 31 - Roberta Tedeschi: 32

## LA VENTA

Soci / *Members*

Roberto Abiuso  
Giovanni Badino  
Teresa Bellagamba  
Alvise Belotti  
Alessandro Beltrame  
Tullio Bernabei  
Gaetano Boldrini  
Andrea Bonucci  
Salvatore Capasso  
Giuseppe Casagrande  
Corrado Conca  
Francesco Dal Cin †  
Alicia Davila  
Antonio De Vivo  
Davide Domenici  
Fulvio Eccardi

Martino Frova  
Amalia Gianolio  
Giuseppe Giovine  
Italo Giulivo  
Esteban Gonzalez  
Elizabeth Gutiérrez F.  
Carlos Lazcano  
Enrique Lipps  
Massimo Liverani  
Francesco Lo Mastro  
Ivan Martino  
Luca Massa  
Marco Mecchia  
Fabio Negroni  
Mauricio Náfate L.  
Paolo Pettrignani

Jorge Paz T.  
Leonardo Piccini  
Enzo Procopio  
Antonella Santini  
Francesco Sauro  
Giuseppe Savino  
Ludovico Scortichini  
Giuseppe Soldano  
Pasquale Suriano  
Peter L. Taylor  
Roberta Tedeschi  
Gianni Todini  
Marco Topani  
Agostino Toselli  
Ugo Vacca

## Onorari / *Honorary members*

Paolino Cometti  
Viviano Domenici  
Paolo Forti  
Adrian G. Hutton †  
Edmund Hillary  
Ernesto Piana  
Tim Stratford  
Thomas Lee Whiting

## Sostenitori / *Subscribing members*

Gabriele Centazzo  
Graziano Lazzarotto  
Alfredo Graziani  
Fernando Guzmán Herrera

ANTONIO DE VIVO

Comunicare la speleologia ha sempre rappresentato una sfida difficile. Non quando ci si rivolge a un pubblico specializzato, ovviamente, ma nei confronti di coloro che la speleologia non l'hanno mai vissuta. Parlare di grotte, comunicare il mondo sotterraneo, significa affrontare un'assenza, un vuoto geologico; in altri termini, tradurre.

Si tratta quasi di un'operazione antropologica, traducendo in segni scritti comprensibili a tutti esperienze e concetti noti a pochi. Senza tecnicismi ma anche senza banalizzazioni. Restando in campo antropologico, parlando della stesura di una ipotetica storia della magia, un antropologo contemporaneo, Clifford Geertz, dice che non dovrebbe essere scritta né da una strega né da un geometra. In altre parole, dovrebbe essere né solo partecipazione emotiva né solo fredda visione esterna.

Si può obiettare che questo stesso problema vale anche per qualsiasi altro campo dello scibile. Ma la speleologia si distingue per due motivi: per il fatto che l'ambiente in cui si opera non è immediatamente visibile, e per la compresenza, all'interno della disciplina, di diversi aspetti e di diversi livelli di coinvolgimento, che vanno dall'attività motoria alla raccolta di dati, sino alla ricerca scientifica pura. E questi aspetti, questi diversi gradi di partecipazione, sono spesso compresenti e interconnessi. Anche il ricercatore deve interfacciarsi fisicamente con l'ambiente sotterraneo, ma riuscire a comunicare la sua esperienza "complessiva" è impresa assai ardua.

Le grotte, nascoste alla luce, lo sono anche per i nostri schemi mentali.

Bisogna quindi immaginare, e riuscire a far immaginare.

Il Kur che state sfogliando è un tentativo in questo senso. Si tratta di un numero un po' "visionario", sia nel frugare den-

*Communicating speleology has always been a difficult challenge. Not when talking to a professional audience, of course, but when the listeners have never had any first-hand experience with speleology. Talking about caves, communicating the underground world, implies facing an absence, a geological emptiness; in other words, it requires a translation.*

*It is almost an anthropological operation, translating experiences and concepts known to few into written signs that anybody could understand. With no technical jargon, but without being trivial either. Sticking to the anthropological field, when talking about a hypothetical history of magic C. Geertz—a contemporary anthropologist—says that it should be written by neither a witch nor a surveyor. In other words, it shouldn't be just personal feelings or detached external view alone.*

*One could object that this is a problem that affects any field of human knowledge. Yet, speleology is different for two reasons: it deals with environments that are not immediately visible and contains, within just one discipline, many aspects and levels of involvement, ranging from physical exercise to data collection to straight scientific research. All these aspects, these different levels of participation, often coexist and overlap. The researcher too has to face the physicality of the underground environment, but managing to communicate his "overall" experience is quite an arduous task.*

*Caves, hidden from daylight, are also hidden from our usual reasoning schemes.*

*One must therefore use his imagination, as well as manage to make others imagine. The Kur issue you have in your hands represents an attempt in this direction. In a way, it is a "visionary" issue that rummages inside and underneath the laws that regu-*



Coahuila, Messico. immaginare un territorio / Coahuila, Mexico. Conceiving a territory

tro e al di sotto delle leggi che regolano il nostro mondo, sia nel cercare modi "altri" di comunicazione, sia ancora nel ripercorrere passate e presenti fantasie sotterranee.

"Il caos è lo spartito su cui è scritta la realtà". La citazione è dal *Tropico del Cancro* di Henry Miller, e ben rende, in un approccio letterario, lo spirito che anima "Forme del caos", un affascinante viaggio "frattale" tra forme della costruzione e forme della dissoluzione. Le forme del mondo, il modo in cui le cose ci appaiono, sono spesso un velo che nasconde, che obnubila, che ci distrae e non ci fa capire.

"Forme del caos" è un approccio globale e quasi filosofico a un aspetto della realtà. "Juquila 2006" scende nel concreto: il resoconto di una spedizione diviene il luogo di una conversazione tra due esploratori, uno più esperto, uno meno. Il confronto tra i due, la curiosità del secondo e l'esperienza del primo, si tramutano riga dopo riga in una appassionante traccia descrittiva di un'area geografica. Davvero una "visione", sospesa nel tempo e nello spazio. E proprio giocando su una sorta di "assurdo" spazio-temporale il pezzo ci insegna come nel campo della ricerca ogni tassello, ogni dato, ogni contributo rappresenti un elemento importante della conoscenza globale di un territorio, da posizionare attentamente. "Macedonia 2006" è una storia di spedizione più classica, ma ci mostra come la speleologia possa divenire lo spunto per la lettura di un territorio in stretta connessione con altre discipline. Il viaggio "visionario" di questo numero si chiude con tre rubriche: una che guarda al futuro, sulle nuove tecnologie che permettono di documentare e comunicare il buio tramite fotografia stereoscopica e rilevamenti 3D; una seconda, che coglie la pura poesia del mondo sotterraneo, cristallizzata in alieni fiori di pietra, della cui straordinarietà l'uomo sembra finalmente essersi accorto e della cui salvaguardia si è fatto paladino; l'ultima che guarda al passato, tra liriche di un grande poeta dell'ottocento e l'interpretazione che delle stesse è stata data nelle immagini del fumetto.

Immaginare e far immaginare. Un percorso non lineare, complesso e irto di ostacoli, che abbiamo imboccato sin dalla nascita dell'associazione. Per seguirlo si sperimentano soluzioni, si tentano nuove strategie, si cercano nuovi compagni di viaggio. A volte sembra di aver perso la strada, di muoversi su traiettorie diverse, di essere noi stessi una forma del caos. "Confusione è una parola che ci siamo inventati per descrivere un ordine che non riusciamo a capire" ha pure scritto Henry Miller. Sicuramente aveva ragione, se dopo tanto tempo ci si ritrova ancora a immaginare insieme. Buone visioni.

*late our world and tries to find "other" ways of communicating while reviewing past and present underground fantasies.*

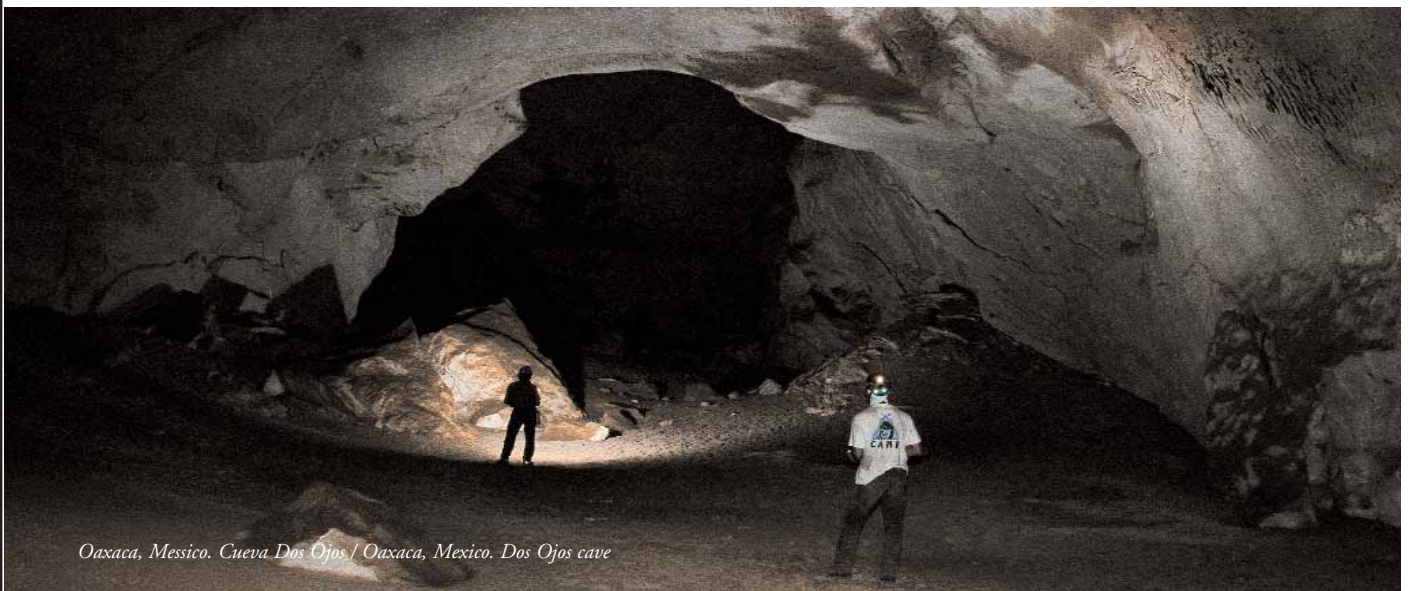
*"Chaos is the score upon which reality is written", says Henry Miller in his Tropic of Cancer. This quote well represents, in a literary approach, the spirit behind "The shape of chaos", a fascinating fractal journey between the shapes of formation and dissolution. The shapes of the world, the way things appear to our eyes, are often a veil that hides and confounds, that distract our attention and prevents us from understanding.*

*"The shapes of chaos" represents a global, almost philosophical, approach to one particular aspect of reality. "Juquila 2006" gets practical: the account of an exploration becomes the occasion for a conversation between two explorers, one more experienced than the other. In the discussion between the two, line after line the curiosity of the latter and the experience of the former turn into an engrossing description of a geographical area. A real "vision" suspended in time and space. Playing with a sort of spatiotemporal "absurd", the article shows us how in the field of research every piece of information, every chunk of data, every contribution must be carefully positioned and represents an important element towards the global knowledge of a territory.*

*"Macedonia 2006" is a more classic expedition account, but shows us how speleology can provide the starting point to read a territory in tight conjunction with other disciplines.*

*The "visionary" journey of this issue ends with three columns. One faces the future, reporting on the new technologies that allow to document and communicate the darkness by means of stereoscopic photography and 3D mapping. The second grasps the pure poetry of the underground world, crystallized in alien stone flowers whose beauty man seems to have finally noticed and whose preservation man has finally decided to champion. The third and latter looks at the past, between the verses of a great poet of 19<sup>th</sup> Century and their transferal into the pages of comics.*

*Imagining and making others imagine. A non-linear path, complex and obstacle-ridden, that we started walking from the very birth of the Association. To be able to walk along it we experiment new solutions, attempt new strategies, look for new partners for our journey. Sometimes it looks like we get lost, moving along different trajectories; it looks like we ourselves have turned into a shape of chaos. "Confusion is a word we have invented for an order which is not understood", Henry Miller also wrote. He must have been right, if after such a long time we are still here imagining together. Enjoy your visions.*



Oaxaca, Mexico. Cueva Dos Ojos / Oaxaca, Mexico. Dos Ojos cave

# SOMMARIO

## SUMMARY

- 1** Editoriale / *Editorial*
- 4** Notizie / *News*
- 6** Conversando di Juquila / *Talking about Juquila*  
Marco Mecchia
- 14** Grotte di carta - Xanadu / *Paper Caves - Xanadu*  
Antonio De Vivo
- 16** Le forme del caos / *The shapes of chaos*  
Giovanni Badino
- 24** Minerali - Tesori nascosti nel Sud della Francia / *Minerals - Hidden treasures in Southern France*  
Paolo Forti, Patrick Cabrol
- 26** Tikves Lake Macedonia selvaggia / *Tikves Lake Wild Macedonia*  
Francesco Lo Mastro, Giuseppe Savino
- 32** Materiali e tecniche - Il Laser Scanner e le nuove tecnologie per l'acquisizione, lo studio, la salvaguardia e la divulgazione del patrimonio carsico / *Equipment and techniques - The Laser Scanner and the new tools for acquiring, studying, preserving and popularizing the karst heritage*  
Roberta Tedeschi

**NAICA**

Nei primi sei mesi del 2006 abbiamo effettuato tre operazioni nelle grotte dei cristalli di Naica (Chihuahua, Messico; vedi Kur, n. 6 per risolvere i problemi tecnici e acquisire dati per indirizzare le ricerche future.

In questa fase, preliminare all'avvio vero e proprio, abbiamo realizzato una permanenza totale nella Cueva de los Cristales di quasi 20 ore-uomo con le tute condizionate e d'altre 8 ore-uomo senza.

Di fatto, pur con difetti via via corretti, i sistemi di sopravvivenza si sono dimostrati davvero molto efficaci, hanno aperto la possibilità di condurre ricerche e permesso di ottenere risultati che non pensavamo possibili in un tempo così breve. Oltre ad aver acquisito le capacità operative per lavorare in quelle condizioni, abbiamo fatto 20 ore di filmati, di cui 10 all'interno, circa 500 foto d'alta qualità, fra cui panoramiche e stereoscopiche, rilevato tutte le grotte, prelevato 50 kg di campioni, estratto oggetti abbandonati, messo in misura il più preciso strumento di controllo ambientale mai entrato in funzione in una grotta e messo a punto le procedure di controllo medico.

Va però chiarito che, se è verissimo che le tecniche si sono dimostrate più efficaci dell'atteso, l'ostilità ambientale si è rivelata molto più intensa e pericolosa di quanto ci fosse sembrato in un primo momento. Permanenze così prolungate sono un grosso successo, ma fanno sorgere problemi fisiologici inattesi, e del resto sono ancora irrisolti i problemi di comunicazione, di telemetria, di trasporto materiali... Ma con un passo alla volta si va lontano.

**LA VENTA ALLA FIERA OUTDOOR DI FRIEDRICHSHAFEN**

OutDoor è il nome del più importante salone europeo del settore degli sport naturali giunto quest'anno alla sua tredicesima edizione. Dal 23 al 26 luglio, nei 10 enormi padiglioni della Messe Friedrichshafen, in Germania, proprio sulle rive del Lago di Costanza, hanno esposto i loro migliori articoli oltre 700 produttori di 40 diversi paesi. Abbigliamento, equipaggiamento per campeggio ed escursionismo, alpinismo, speleologia, kayak, calzature, tessuti speciali e accessori facevano bella mostra di sé in un piacevole ambiente. Molti stand, infatti, erano addirittura strutturati come dei pub, altri come rifugi o come accoglienti salotti. Faceva parte di questo salone speciale anche un programma collaterale con OutDoor-parties, pareti d'arrampicata, la suggestiva e spettacolare sfilata di moda outdoor e conferenze specializzate su tematiche attuali.

La nostra associazione quest'anno era presente negli stand Ferrino e Garmont, due dei nostri principali partner e sponsor tecnici. In particolare lo spazio espositivo della Ferrino era interamente arredato con fotografie di grande formato relative alle ultime esplorazioni La Venta. Nel padiglione denominato "Città delle tende" un box stereoscopico ha proiettato in continuazione immagini 3D della Cueva de Los Cristales di Naica, attirando numerosi curiosi che si sono attardati indos-

**NAICA**

*During the first three months of 2006 we carried out three operations inside Naica's crystal caves (Chihuahua, Mexico; see Kur, n. 6) to solve the technical problems and acquire the data needed to direct future researches.*

*In this preliminary phase we spent a total of twenty man-hours with the conditioned suits and eight more man-hours without them. All in all, even with their defects—which have been corrected along the way—the survival systems turned out to be quite effective. They paved the way to the possibility of carrying out researches, and allowed us to obtain results we did not deem possible in such a short time. Besides acquiring the operative capabilities which allow us to work in that environment, we shot twenty hours worth of footage (ten of which actually on the inside), about five hundred high quality photos (some of them panoramic and stereoscopic), surveyed all the caves, harvested fifty kilograms of samples and removed abandoned objects. Also, we positioned the most accurate instrument for environmental control ever placed in a cave and set up the procedures for medical checks.*

*It should be clear, however, that even though techniques turned out to be more effective than we had expected, the environmental harshness was found to be much more intense and dangerous than we had initially imagined. Staying underground for that long is a great success, but it also causes all sorts of unexpected physiological problems; besides, there are still unresolved problems with communication, telemetry, equipment transportation... yet, taking one step at a time can take someone very far.*

**LA VENTA AT FRIEDRICHSHAFEN OUTDOOR FAIR**

*OutDoor is the most important European exhibit in the field of outdoor sports, which this year reached its 13<sup>th</sup> edition. From July 23<sup>rd</sup> to July 26<sup>th</sup> seven hundred manufacturers from 40 countries displayed their best products in the ten huge pavilions of the Messe Friedrichshafen on the Costanza Lake, Germany. Clothing, camping and trekking equipment, alpinism, speleology, canoeing, footwear, special fabrics and accessories were exhibited in an enjoyable environment. Many booths were in fact set up even as pubs, rather than as mountain shelters or cozy living rooms. The program of this special fair also included side events like OutDoor parties, climbing walls, a spectacular and impressive fashion exhibit and specialized conferences on current topics.*

*This year our Association was present inside the booths of Ferrino and Garmont, two of our main partners and technical sponsors. In particular, the whole Ferrino display was furnished with large photo panels depicting the latest La Venta explorations. In the "Tent City" pavilion a virtual box projected non-stop 3D images of Naica's Cueva de Los Crystals, catching the attention of many curious by-passers who hung around wearing the dedicated 3D*



sando gli appositi occhialini. Una bella visibilità, se si tiene conto del fatto che, in quattro intense giornate, la fiera è stata visitata da 15.511 visitatori. Il prossimo appuntamento è dal 19 al 22 luglio del 2007. [www.european-outdoor.de](http://www.european-outdoor.de)

## DURANGO 2006

Lo scorso mese di novembre, una squadra composta da cinque speleologi italiani è rientrata da una spedizione esplorativa torrentistica nella Sierra Madre Occidentale (Durango, Messico). In quell'area, denominata Quebradas de Durango, nel 2003 operò una spedizione del team La Venta (si veda *Kur* n°3 – dicembre 2004) che, pur portando a casa l'esplorazione di due lunghi ed impegnativi canyon, aveva avuto modo di relazionare l'immenso potenziale esplorativo dell'area. Nella stessa occasione ci ripromettemmo di proseguire direttamente o indirettamente nella ricerca geografica dell'area che si prospettava lunga e impegnativa. L'allettante offerta è stata raccolta da un gruppo esterno alla nostra associazione ma che ha ricevuto tutto il supporto e le informazioni che ci è stato possibile dar loro per proseguire le esplorazioni nel bacino del Piaxtla.

La stagione delle piogge non completamente conclusasi ha rallentato e reso più complesso l'avvio delle esplorazioni, ma nei 15 giorni a disposizione, la squadra ha avuto comunque modo di raggiungere e scendere integralmente un lungo canyon inesplorato. L'Arrojo de la Apomar de Santa Rita ha quindi opposto difficoltà per niente banali, concentrando in uno sviluppo di 8,5 km ed un dislivello di 1600 m, 20 cascate alte fino a 152 metri. L'esplorazione del canyon ha impegnato il gruppo per 9 giorni, di cui 2 interamente dedicati all'impegnativa uscita dalla gola ed al raggiungimento del centro abitato più vicino. Su un altro fronte, e più precisamente nel vicino bacino del Bacis, il gruppo locale VIBO e l'UNAM in questi anni stanno continuando l'esplorazione e la catalogazione di molte altre forre, che confermano l'area come una delle più interessanti – almeno dal punto di vista esplorativo-torrentistico – attualmente conosciute sul pianeta.

Alla spedizione hanno partecipato: Pierpaolo Porcu, Maurizio Loi, Daniele Piras, Vittorio Crobu, Matteo Agnetti.



*glasses. A pretty good exposure, considering that during four intense days the fair has been visited by 15,511 people. The next edition will be held from July 19<sup>th</sup> to 22<sup>nd</sup> 2007. [www.european-outdoor.de](http://www.european-outdoor.de)*

## DURANGO 2006

*Last November, a team of five Italian speleologists came back from an exploratory expedition of the torrents in Western Sierra Madre (Durango, Mexico).*

*In 2003, another expedition of La Venta Team carried out another expedition in that area, called Quebradas de Durango (see *Kur* n.3, December 2004); on that occasion, while achieving the exploration of two long and demanding canyons, the team reported the immense explorative potential of the area. Also at that time we had decided that we were going to continue, either directly or indirectly, the geographical research of the area, which promised to be time-consuming and demanding.*

*Such an enticing offer has been picked up by a group that does not belong to La Venta, but received all the information and support we could provide to continue the explorations in the Piaxtla Basin.*

*The rainy season, not quite finished yet, slowed down the beginning of the explorations and made it more complicated, but during the fifteen days available the team managed to reach and travel end-to-end a long, unexplored canyon. The Arrojo de la Apomar de Santa Rita posed all but trivial difficulties, with its twenty waterfalls (up to 152 meters high) grouped within 8.5 kilometers and a 1600 meters rise. The*

*exploration of the canyon kept the group busy for nine days, two of which were dedicated entirely to the demanding exit from the gorge and to reaching the nearest inhabited area.*

*On a different front, more precisely in the nearby Bacis Basin, the local VIBO branch and UNAM are continuing the exploration and cataloguing of many other canyons. These latter confirm that the area is one of the most interesting (at*

*least from the point of view of torrent-explorations) known so far in the world.*

*The expedition saw the participation of Pierpaolo Porcu, Maurizio Loi, Daniele Piras, Vittorio Crobu, Matteo Agnetti.*

# Conversando di Juquila

ESPLORA I NOMI DEI CAPITOLI

LA VENTA





## Marco Mecchia

30 Gennaio 2006.

Campo alto sull'altopiano di Santa María Ixcatlán, Oaxaca, Messico.

Due speleologi e la guida messicana si incamminano verso un pozzo inesplorato.

E come si chiama?

*Pozzo del Rodeo.*

E se va giù fino a -1000?

*E se va giù fino a -1000 cosa?*

Beh, gli cambiamo il nome. Ho sempre sognato di esplorare l'abisso Marilyn Monroe. Che ne dici?

*Poveretto. E poi, volendo, c'è di meglio. E comunque è giusto chiamarlo col nome locale. Juan, ¿Cómo llaman ustedes esa cueva?*

**Pozo.**

Mmmm ... Lasciamo perdere. Ma secondo te, ci può arrivare a -1000?

*Potrebbe. L'altopiano sta a quota 2200-2400, le sorgenti, per*

## Talking about Juquila

January 30<sup>th</sup>, 2006

*High camp on the Santa María Ixcatlán Plateau, Oaxaca, Mexico.*

*Two speleologists and their Mexican guide walk towards an unexplored shaft.*

*So, what is it called?*

Rodeo Shaft

*And what about if it goes as deep as minus 1000?*

What about it?

*Well, we change its name. I've always dreamed of exploring the Marilyn Monroe Abyss. What do you think?*

Poor guy... if we really wanted we could do better than that, but calling it with its local name is the right thing to do. Juan, como llaman ustedes esa cueva?

**Pozo.**

*Mmmhh... let's forget about it. But do you think it could actually reach minus 1000?*

It might. The plateau lays at an altitude between 2200 and

quanto ne sappiamo, possono essere quelle di La Huerta, nel mezzo del cañón a quota 800, dove ci sono i bananeti. Secondo Leo, però, non è da escludere che qualcosa vada direttamente al Rio Salado, che sarà qualche centinaio di metri ancora più in basso. Fai un po' tu i conti.

E come fai a dire che l'acqua ci arriva passando in grotte? Beh, l'acqua ci arriva. Dato che attraversa i calcari li avrà anche sciolti un po', no? Quindi avrà scavato delle grotte.

E qui sono tutti calcari?

Più o meno, però di tipi diversi. Hai visto quei depositi bianchi, friabili e leggeri nella conca di Santa María Ixcatlán? Calcite quasi pura! Prendi la carta geologica, dai un'occhiata: vedrai che sono depositi di pochi giorni fa, del Quaternario, che hanno colmato la conca. Mi sa che li usavano per fare i blocchetti delle case, almeno fino a qualche anno fa quando il cemento ha preso il sopravvento.

Però non è che abbiano proprio un aspetto promettente! Infatti. E di grotte non ce ne sono. Hai visto che il torrentello che scende poco dopo Santa María non viene inghiottito da nessuna parte, come se la roccia non fosse permeabile?

Dici quel ruscelletto lungo il quale hanno costruito i palenques, quelle capanne dove si distilla il mezcal?

Esatto. Però quei depositi sono una eccezione. Qui sull'altopiano si trovano dei calcari con lenti di selce. Hai visto quanto sono belli? Vedrai, quasi tutte le grotte che troveremo si apriranno in questi calcari. Cretacico inferiore.

È tu che ne sai, non l'avevamo persa prima della spedizione la carta geologica? Bella figura!

Sì, però l'articolo lo sto scrivendo adesso, a casa, e la carta l'abbiamo ricomprata. Ma secondo te, gli americani, sulla luna, ci sono stati veramente?

Che domanda, penso di sì, e trentasei anni prima di arrivare al fondo del Rodeo! ... però, che c'entra?

Non lo so. Comunque, se la NASA ha perso i filmati originali dell'allunaggio, figurati se La Venta non può perdere una carta geologica. Cos'altro dice, la carta geologica?

2400 meters; the springs, as far as we know, could be those of La Huerta, in the middle of the canyon at 1200 meters a.s.l., where the banana plantations are. Leo, however, thinks that we cannot exclude that something goes straight into the Rio Salado, which itself is a few hundred meters further below. You figure it out.

And how can you be sure that the water gets there going through caves?

Well, water gets there, doesn't it? And given that it does cross limestone layers it must also dissolve them, don't you think? Therefore it must have dug caves along its path.

Is there just limestone here?

More or less, but of different kinds. Did you see those white deposits, crumbly and light in Santa María Ixcatlán? It is almost pure calcite! Get your geological map and have a look. You'll see that the deposits that filled up the pit are just a few days old, from the Quaternary. I bet they used to make the houses' blocks, at least until concrete took over few years ago. Still, they don't exactly look promising.

Right; and no caves either. Did you see how the small torrent that comes down just after Santa María does not get absorbed anywhere, as if the rock was not permeable?

You mean the little water stream along which they built the Palenques, the huts where they distill the mezcal?

Right. Those deposits, however, are an exception. Here on the plateau you can find limestones with chert lenses. Did you see how beautiful they are? You'll see, almost all the caves we find will open up within these limestones. Lower Cretaceous.

How do you know, didn't we lose the geological map just before the exploration? What a shame!

Yes, but I'm writing the article now, at home, and we bought another map. Listen, though, do you think that Americans really made it to the Moon?

What question is this, I guess so, and thirty-six years before getting to the bottom of the Rodeo!... what does it have to do with this, anyway?



Oaxaca, Mexico. Soñano Destendido / Oaxaca, Mexico. Soñano Destendido

*Dice che se ci spostiamo verso Est ci dovremmo presto inoltrare in calcari diversi. Infatti, ieri, quando siamo andati sulla sterrata, quella che da Santa María Ixcatlan va verso Santa María Tecmovaca, abbiamo trovato rocce diverse, formate da una fitta alternanza di straterelli calcarei quarzosi, di lamine marnose e di noduli di selce. Li chiamano "mudstones" e si sono depositati in mare aperto all'inizio del Cretacico.*

Sembra incredibile che tutto questo fosse sotto il mare. Juan, ¿lo sabía que estas rocas se formaron al fondo del mar, hace millones de años?

No entiendo ¿No es toda obra de Dios?

Eh? Ah, sí, certo, è vero, è la spiegazione più semplice.

*Mmmm ... Oggi sole a picco e neanche un filo d'aria. Il caldo mi uccide.*

Allora, questi mudstones?

*Quello che importa è che non sono favorevoli alla formazione delle grotte, e infatti neanche lì le abbiamo trovate. Adesso, segui il ragionamento. Abbiamo fatto qualche misura di giacitura degli strati: nei mudstones al guado del Rio Seco e nei calcari selciferi dell'altopiano - all'interno del Sotano Rodeo e della Cueva Perfecto 3 - e abbiamo misurato sempre una inclinazione di quasi 10 gradi verso est.*

Ma se nel pozzo del Rodeo ci dobbiamo ancora scendere!

*Siii, però questo articolo l'ho scritto dopo la spedizione. Tu ancora non lo sai ma alla fine avremo rilevato 18 grotte e fra tutte il Sotano Rodeo sarà la più importante. Fammi finire il ragionamento e poi vatti a leggere l'allegato tecnico a questo numero di Kur. In base al limite fra le due formazioni tracciato sulla carta geologica e se questa giacitura degli strati è effettivamente rappresentativa dell'area, il Sotano Rodeo, profondo 135 metri, dovrebbe avere quasi raggiunto i mudstones. Il potenziale carsico di questo settore sembra quindi abbastanza modesto.*

Sarà. C'è dell'altro?

*Sì. Le vedi quelle pareti laggiù? Il bordo orientale dell'altopiano carsico è coperto dai resti di una grande "placca" di conglomerati in gran parte smembrata e asportata dall'erosione delle acque correnti che hanno inciso ripide valli riportando alla luce i mudstones sottostanti. Il taglio ha prodotto pareti di conglomerato quasi verticali, alte fino a 60-70 metri, più o meno lo spessore della placca, che si addolciscono in pendii al passaggio nei mudstones sottostanti. Questi conglomerati sono costituiti da ciottoli calcarei, e ci troveremo alcune piccole grotte, come la Cueva Loma del Muerto.*

Però quando siamo venuti nel 2003 era andata meglio.

*Già. L'area battuta tre anni fa si trova sul lato opposto della montagna, a Ovest del territorio di Santa María Ixcatlán, superato il confine con il municipio di Tepelmeme. Quella parte di altopiano termina precipitando nell'imponente cañón Juquila. Lì la successione calcarea è molto più potente, con pareti che si innalzano anche 500 metri dall'alveo e dislivelli fino a 1000 metri a partire dalla sommità dell'altopiano.*

Avavamo esplorato almeno trenta grotte, alcune belle. La Cueva Dos Ojos, quella paleo-risorgenza lunga più di un chilometro, e due bei pozzoni, soprattutto il Pozo de la Laguna Prieta, verticale fino a -280 metri. Però ... te lo ricordi perché abbiamo cominciato a venire qui?

*Beh, perché durante quel sorvolo aereo nel '98 Tullio aveva visto dei bei buchi sicuramente inesplorati, e perché qui ancora non ci era mai venuto nessuno, e poi si capiva che l'area carsica era grande e i dislivelli enormi.*

Hai dimenticato solo una cosa, che non mi sembra proprio trascurabile, e cioè che nella dorsale che si allunga appena al di là della valle, la Sierra Juarez, si trovano abissi profondissimi e di grande sviluppo: sistema Cheve, -1484 e 26 chilometri di sviluppo, sistema Huautla, -1475,

I don't know. At any rate, if NASA lost the original footage of the Moon landing just imagine if La Venta cannot misplace a geological map.

*What else does the geological map say?*

It says that if we go westward we should soon find different limestones. Indeed, yesterday when we went on the unpaved road, the one that starts from Santa Marina Ixcatlan and goes towards Santa María Tecmovaca, we found different rocks, made by a packed succession of thin quartz-limestone layers, marly laminas and flint nodules. They call them "mudstones" and were deposited in the open sea at the beginning of Cretaceous.

*It seems impossible that all this used to be under the sea. Juan, lo sabía que estas rocas se formaron al fondo del mar, hace millones de años?*

*no entiendo ¿no es toda obra de Dios?*

*What? Oh, yes, sure, it is the easiest explanation.*

Mmmm... today scorching sun and no breeze whatsoever. This heat is killing me.

*So, what about these mudstones?*

What is important is that they do not favor the formation of caves and, indeed, we did not find them in there either. Now, follow my line of reasoning. We took some bedding measurement of the strata: in Rio Seco's mudstones and in the flint limestone of the plateau -inside the Sotano Rodeo and the Cueva Perfecto 3- and we constantly found a 10 degrees eastward dip.

*But we haven't even descended into the Rodeo sink yet!*

Yees, but I wrote this article after the expedition. You don't know it yet, but in the end we will map 18 caves, amongst which the Rodeo Sodano will be the most important. Let me finish my reasoning and then go read the technical notes enclosed in this Kur issue. Provided that this bedding of the strata is actually representative of the whole area, based on the limit between the two formations reported on the geological map the 135-meter deep Sotano Rodeo should have almost reached the mudstones. So, the karst potential of this sector should be rather modest.

*If you say so... is there anything else?*

Yes. Can you see those rock walls over there? The eastern edge of the plateau is covered by the remains of a large conglomerate "plaque", largely dismembered and washed away by the streams that carved steep valleys exposing the underlying mudstones. The carving created near-vertical conglomerate walls, as high as 60-70 meters -just about the thickness of the plaque-, that become gentler slopes as they turn into the mudstones down below. These conglomerates are made of limestone pebbles and, as we'll find out, contain some small caves, like the Cueva Loma del Muerto.

*When we came here in 2003 we had better luck, though.*

Indeed. The area we covered three years ago was on the opposite side of the mountain, west of the Santa María Ixcatlán, beyond the Tepelmene municipality. That part of the plateau ends hurling down into the Juquila Canyon. Over there, the karst succession is much more powerful, with rock walls rising for as much as 500 meters from the riverbed and up to 1000-meter drops from the top of the plateau.

*We had explored at least 30 caves, some quite beautiful. The Cueva de los Ojos, that paleo-resurgence, more than one kilometer long, and two nice and big shafts, especially the Pozo de la Laguna Prieta, vertical for its initial 280 meters. Yet... do you remember why we came here in the first place?*

Well, it was because during the aerial survey in 1993 that Tullio spotted some nice holes, definitely unexplored, and also because nobody else had ever been here yet. Besides, it was clear that the karst area was quite large and had huge drops.

*You forgot just one thing that I don't think is exactly trivial: inside the Sierra Juarez Ridge, which stretches out just after the valley, there are very deep and very long abysses. The Cheve*

56 chilometri, e altre tre distinte grotte profonde più di 1200 metri. Sai cosa dice l'aggiornamento al maggio 2006 delle grandi grotte del Messico, quello curato dall'Association for Mexican Cave Studies? Dice che nello stato di Oaxaca ci sono ben 20 grotte profonde oltre 500 metri e 8 lunghe più di 6 chilometri, gran parte delle quali immagino siano localizzate nella Sierra Juarez.

*Lo ho letto anch'io. A prima vista le due catene si assomigliano. Da noi c'è il cañón Juquila, di là il cañón del Rio Santo Domingo taglia la Sierra Juarez e drena le acque sotterranee che si infiltrano negli altopiani carsici. Guarda i profili delle due sierras, ho messo a confronto la situazione dell'area di Juquila con quella della Sierra Juarez-Mazateca disegnata da Louise Hose dell'Università del Colorado. Nel settore che si estende a Nord del cañón si sviluppa il grande sistema sotterraneo di Huautla, mentre in quello meridionale si sviluppa il sistema Cheve, il più profondo dell'intero continente americano; in tutto si tratta di oltre 100 chilometri di condotti sotterranei.*

E come sono fatte queste grotte?

*Dall'imbocco di quota più alta del sistema Cheve si scende rapidamente a pozzi per quasi 1000 metri, si prosegue poi in gallerie poco inclinate fino al fondo a -1484. Una colorazione ha rivelato che le acque sotterranee emergono dopo un viaggio di otto giorni dalla sorgente Agua Fria nel cañón Santo Domingo, a 19 chilometri di distanza e oltre 2500 metri più in basso! Lo sai che questo dislivello sembra essere il massimo accertato al mondo con una colorazione? Alla sorgente è collegata la Cueva del Mano, paleo-risorgenza situata un centinaio di metri più in alto in cui sono stati superati alcuni sifoni e che per ora è lunga 7 chilometri. Inoltre, a metà strada fra l'imbocco Cheve e la sorgente è stata esplorata fino a -1278 la Cueva Charco.*

E allora, perché sulla nostra montagna non troviamo grandi cose?

*Sì, dei motivi, delle differenze, ci devono pur essere. Ho fatto una sommaria ricerca, e qualcosa di diverso c'è, anche se non so se basta.*

E cioè?

*Differenze di piovosità, differenze di tipo geologico e, importante, differenze di impegno esplorativo.*

Sulla nostra montagna piove di meno?

*Piove molto meno! La Sierra Mazateca, la parte settentrionale della Sierra Juarez, dove si trova il sistema Huautla, è esposta ai venti che provengono dal Golfo del Messico e la piovosità è fra le più elevate di tutto il Messico. A Tenango, sulle pendici orientali, in media cadono quasi 5000 millimetri di acqua all'anno, mentre dalla parte opposta della catena, a Huautla de Jimenez, ne cadono 2600. Ancora un po' più a occidente, nella Valle di Tehuacan, le piogge sono quasi niente, circa 300 millimetri all'anno e 500 a San Juan Bautista Cuicatlan, nella valle che separa la Sierra Juarez dalla nostra Sierra Mixteca-Zapoteca. Qui da noi non ci sono stazioni pluviometriche, ma comunque piove pochino e soprattutto in estate.*

Ma questo spiega tutto!

*Non sono proprio convinto. In un articolo di MacNeish, Peterson e Neely ho letto che nel passato il clima doveva essere diverso. Studiando la vegetazione hanno stabilito che nel Pleistocene c'erano meno differenze fra le stagioni, le temperature erano più basse e pioveva di più. Sembra che il passaggio al clima attuale sia avvenuto fra 9800 e 9400 anni fa, quando le grotte nelle due catene dovevano essere già in uno stadio avanzato del loro sviluppo.*

E le differenze geologiche fra le due catene?

*Sono decisamente marcate, anche se la carta geologica è colorata con lo stesso verde chiaro sia nell'area Juquila sia in quella degli abissi della Sierra Juarez, e la scritta Ki(cz), che indi-*

*System, minus 1484 and a length of 26 kilometers, the Huautla system, minus 1475 and a length of 56 kilometers, plus three more caves that are more than 1200 meters deep. Do you know what the Association for Mexican Studies says in its May 2006 update? It says that in the Oaxaca State there are twenty caves deeper than 500 meters and eight caves longer than six kilometers, which I am assuming are mostly located in the Sierra Juarez.*

I read that, too. The two ranges are apparently similar. Here we have the Juquila Canyon, over there the Rio Santo Domingo Canyon cuts across the Sierra Juarez and drains the underground waters that seep through the karst plateaus. Have a look at the profiles of the two sierras: I compared the current status of the Juquila area with that of Sierra Juarez-Mazateca, drawn by Louise Hose at the University of Colorado. In the sector that stretches from the north of the canyon there is the large Huautla underground system, while in the southern part there's the Cheve System, the deepest one on the whole American continent. Altogether, they amount to more than 100 kilometers of underground conduits.

*And what do these caves look like?*

From the highest entrance of the Cheve System one quickly descends for almost 1000 meters, then tunnels with a gentle slope take you to the bottom, at minus 1484. Staining showed that underground waters emerge, after an eight-day trip, from the Agua Fria spring, in the Santo Domingo Canyon, 19 kilometers away and more than 2500 meters below! Did you know that this is apparently the maximum drop ever ascertained with a staining procedure in the whole world? The spring is connected with the Cueva del Mano, a paleo-resurgence located about a hundred meters above; we passed some syphons in there and so far it is seven kilometers long. Besides, half way between the entrance of the Cheve and the spring we have explored the Cuave Charco, down to minus 1278-

*So why is it that in our mountain we cannot find anything big?* Yes, there's got to be a reason, a difference. I ran a quick search and I did find something different, although I am not sure it would be enough.

*And that would be...?*

Differences in the average rainfall, differences in the geology and, importantly, differences in the effort put into the exploration.

*Does it rain less on our mountain?*

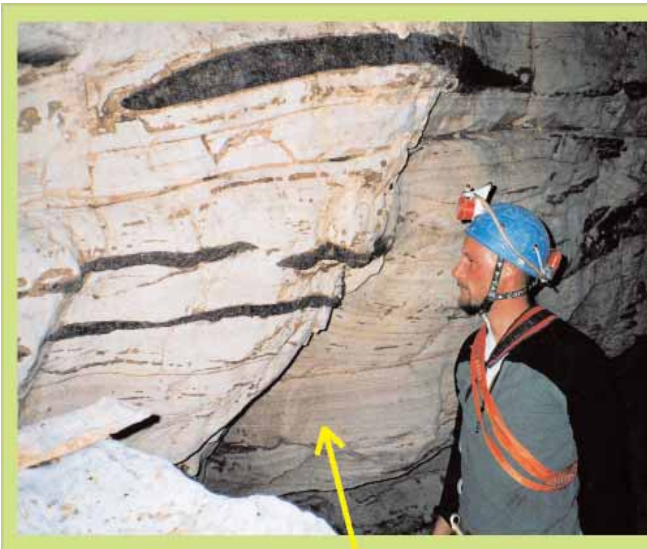
Much less! Sierra Mazateca, the northern part of Sierra Juarez, where the Huautla System lays, is exposed to the winds originating from the Gulf of Mexico and its rainfall is amongst the highest in the country. In Tenango, on the western slopes, falls almost 5000 millimeters of rain per year, whereas on the opposite side of the range, in Huautla de Jimenez, the average is 2600. If you go a bit more westward, in the Tehuacan Valley, you barely get any rain at all, 300 millimeters per year. In San Juan Bautista Cuicatlan, in the valley that divides the Sierra Juarez from our Sierra Mixteca-Zapoteca, 500 millimeters. Here we do not have any rain gauge stations, but it sure does not rain much, especially in the summer.

*Well, then, this explains it all!*

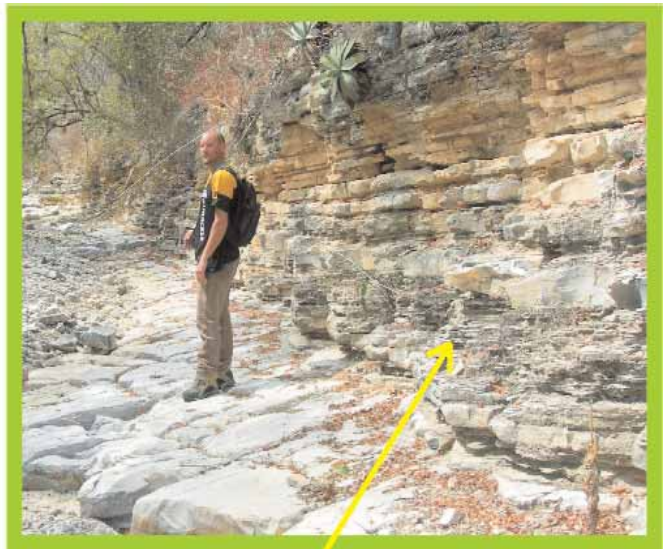
I am not so sure. In an article by MacNeish, Peterson and Neely I read that in the past the weather had to be different. By studying the vegetation they found that in Pleistocene the differences between the seasons were less pronounced, average temperatures were lower and rainfalls were more abundant. It seems that the switch to the present climate happened between 9800 and 9400 years ago, when the caves in the two ranges must have already been well developed.

*What about the geological differences between the two ranges?*

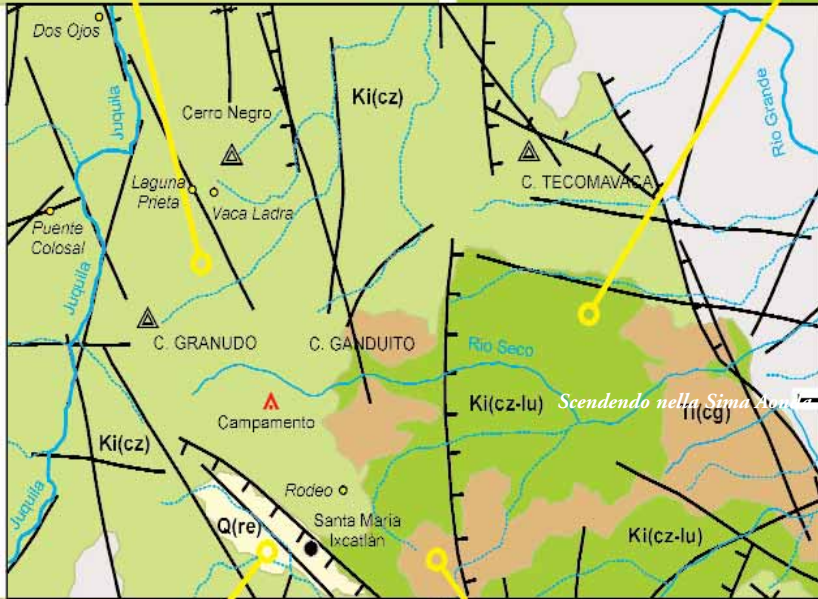
They are quite evident, even though the geological map shows the same light green both in the area of Juquila and in



calcarei selciferi del Cretacico



mudstones del Cretacico



depositi calcarei del Quaternario

conglomerati calcarei del Terziario



ca i calcari del Cretacico inferiore, campeggia su entrambe le catene. Le differenze geologiche hanno punti d'inizio lontanissimi, partendo ancora prima che venissero depositati i calcari nei quali si sono poi originate le grotte.

In che senso?

Come sanno tutti, il Messico è costituito da numerosi blocchi crostali, i "terrane", frammenti di continente che, tagliati da faglie e ridotti in strisce, hanno percorso grandi distanze per finire accostati verso la fine del Paleozoico a formare la regione che un giorno sarebbe diventata il Messico attuale. Considera che il Paleozoico è finito 250 milioni di anni fa!

abysses of Sierra Juarez. The Ki(cz) writing, indicating Cretaceous karsts, is stamped over both ranges. The geological differences started very far back in time, even before the limestone that eventually originated the caves was deposited.

In what sense?

As everybody knows, Mexico comprises numerous crustal blocks, the "terrane"; they are the fragments of a continent which, cut in stripes by faults, traveled for long distances before ending up side by side, towards the end of Paleozoic, forming the region that was going to become what is now Mexico. Consider that Paleozoic ended 250 million years ago! Look at the map of the carbonate ranges of the region.

*Guarda la carta delle catene carbonatiche della regione. Le nostre due attuali montagne si sono sviluppate su terranes diversi: ad Ovest il blocco Mixteco-Zapoteco e ad Est il terrane Cuicatenco. Il "confine" fra i due terranes, la faglia di Oaxaca, è uno dei più spettacolari del Nord America.*

E poi?

*Successivamente sul blocco occidentale si sviluppò un bacino marino, dove nel Cretacico l'ambiente divenne favorevole alla deposizione di quei calcari che molti milioni di anni più tardi sarebbero stati innalzati a formare la catena Mixteca-Zapoteca. Nello stesso periodo sul blocco orientale si sviluppò un'altra piattaforma carbonatica dove si andavano deponendo i calcari della futura Sierra Mazateca.*

Mmmm ...

*Nel Cenozoico, forse una sessantina di milioni di anni fa, propagandosi da est, l'onda dell'orogenesi Laramide raggiunse la nostra area. Anche questo evento fu guidato e controllato dalla grande faglia di Oaxaca, una di quelle grandi faglie del Messico che tagliano tutta la copertura sedimentaria e affondano fin nel basamento. Pensa che la traccia della faglia, che passa nella valle che oggi separa le due catene montuose, si estende per 200 chilometri fra Tehuacan a Nord e la città di Oaxaca a Sud. Lungo la faglia la frizione prodotta dai movimenti tettonici produsse una fascia di rocce tettonizzate dello spessore dell'ordine dei 10000 metri, forse la più grande del Messico.*

Tettonizzate?

*Dai che ci arrivi anche da solo. La roccia originaria, e nel nostro caso c'è di tutto: rocce metamorfiche, intrusive, vulcaniche e sedimentarie, sottoposta al movimento della faglia sotto grande pressione, si spezza e si sfoglia, diventando un ammasso caotico e impermeabile. Ho letto in un articolo di Susana Alaniz-Alvarez che nel nucleo di maggiore deformazione, "milonitico", le temperature di deformazione devono essere arrivate intorno ai 500°C.*

E dopo?

Our two mountains actually developed onto two different terranes: the Mixteco-Zapoteco at the west and the Cuicatenco at the east. The "border" between the two terranes, the Oaxaca Fault, is one of the most spectacular in North America.

*And then what happened?*

Later on, a sea basin was formed onto the western block; in the Cretaceous the environment favored the deposition of the limestone that many millions of years later was going to rise and form the Mixteca-Zapoteca Range. In the same period, on the eastern block a different carbonate platform developed, onto which the future limestone of Sierra Mazateca began to form.

Mmmmhhh...

During the Cenozoic, sixty million years ago or so, the Laramide orogenic wave arrived in our areas, coming from the east. This event too was guided and controlled by the large Oaxaca Fault, one of the great Mexican faults that cut through all the sediment and reaches down into the basement. Imagine that the tack of the fault, which now runs along the valley between the two ranges, stretched for 200 kilometers from Tehuacan in the north and Ciudad de Oaxaca in the south. Along the fault, the friction caused by the tectonic movements created a slab of tectonized rocks, up to 10000 meters thick; it is possibly the largest one in Mexico.

*Tectonized?*

Come on, you can get it yourself. The original rock (which in our case includes just about anything, e.g., metamorphic, intrusive, volcanic and sedimentary) cracks and crumbles as a consequence of the movement of the fault and becomes a chaotic and waterproof mass. I read in an article by Susana Alaniz-Alvarez that in the "milonitic" nucleus of highest deformation the temperature must have reached 500°C.

*And then what happened?*

The two different structures of the two ranges began to take shape. Later on, during the Eocene-Oligocene, the fault was once more activated, albeit in a different way, with a series of



Si iniziarono a formare le strutture, diverse, delle due catene. Successivamente, Eocene-Oligocene, la faglia si riattivò ancora, in modo diverso, con una serie di "scatti", con i quali la Sierra Mazateca si innalzò rispetto al blocco di Juquila di ben 1700 metri. Nel mezzo si approfondì la fossa tettonica nota come valle di Tehuacan; nella depressione si depositavano sedimenti nei quali sono rimasti "impressi" tutti gli eventi tettonici. Studiandoli i geologi messicani hanno potuto immaginare e datare l'evoluzione dell'area.

Sì, ma le grotte? Dove sono le differenze geologiche fra il sistema Cheve e le grotte del cañón Juquila?

Per cominciare, la litologia. Mentre le grotte di Juquila sono scavate in calcari selciferi e detritici, la Cueva Cheve è scavata in un melange di rocce diverse: calcari di vari tipi, ma anche dolomie massive e marmo.

Poi?

Dai uno sguardo alla sezione geologica del sistema Cheve. Dal punto di vista strutturale – sai, le faglie, le pieghe, eccetera – la Cueva Cheve si sviluppa parallela, vicinissima e spesso sotto alla faglia che separa i carbonati dalle rocce metamorfiche tettonizzate. Pensa che nella grande galleria dei Wet Dreams, al fondo della grotta, il torrente scava alla base di alte pareti di marmi tettonizzati! La posizione di questa grotta, poi, è straordinaria: a Ovest, Est e Sud dell'imbocco affiorano terreni non-carbonatici impermeabili. Le acque piovane scorrono sulla superficie di queste rocce raccogliendosi in rivoli che scendono fino alla zona di affioramento delle rocce carbonatiche, che si estendono su una fascia larga appena 4 km. Entrate in quest'area le acque percorrono brevissime distanze e vengono assorbite scomparendo nel sottosuolo. Tutti gli ingressi del sistema Cheve, come quelli del sistema Huautla più a Nord, sono lì vicino, a poche decine di metri dall'affioramento delle rocce non-carbonatiche impermeabili. Questo giustifica anche le dimensioni dell'imbocco principale della Cueva Cheve, un cavernone che si apre con una bocca larga 70 metri e alta 30. Beh, sì, un po' particolare.

Viceversa, l'alimentazione dei sistemi carsici sotterranei di Juquila è più "normale", avviene in modo diffuso attraverso doline e numerosi altri punti di assorbimento. Comunque, hai fatto caso che le grotte più importanti fra quelle scoperte sulla Sierra Mixteca-Zapoteca, e cioè l'antica galleria freatica Dos Ojos e i due profondi pozzi di Laguna Prieta e del Rodeo, si aprono lungo un allineamento che corrisponde, almeno in parte, alla faglia disegnata sulla carta geologica? Possiamo supporre che ci sia una relazione e che la faglia abbia favorito il drenaggio, anche se non in modo così spinto come nel sistema Cheve.

Va beh, basta con la geologia. C'era un ultimo punto.

Gli speleologi. È ovvio che tanto più si cerca, tanto più si trova. Lo sai, a Juquila abbiamo iniziato noi solo quattro anni fa. Le prime scoperte nella Sierra Juarez risalgono alla metà degli anni '60; presumibilmente, gli speleologi statunitensi furono attratti da alcuni imbocchi di dimensioni fuori dal normale. Nei cinque decenni successivi sono venuti da tutto il mondo e le esplorazioni, celebri quelle guidate da Bill Stone, sono state accanite, con l'obiettivo dichiarato di ottenere il primato di profondità mondiale. Fatti tragici, come la morte di due speleosub nei sifoni di Cheve e di Huautla, non hanno fermato la corsa all'esplorazione. La popolarità di queste imprese è sconfinata dal mondo speleologico anche grazie agli articoli pubblicati su riviste come il National Geographic, e ha portato un sacco di soldi.

Ecco il pozzo del Rodeo. Ehi, sapientone, fra una chiacchiera e l'altra siamo arrivati!

Eh sì, e anche l'articolo sta per finire! Juan, ¿Qué piensas Cuánto será profunda la cueva?

¿Quién sabe? La piedra cayó, golpeó la roca, todavía se revolcó ... quizás 135±3 metros.

"jerks". These caused the Sierra Mazateca to rise by 1700 meters above the Juquila block. In the middle, the tectonic ditch known as the Tehuacan got deeper. All the while, the depression gathered sediments that "recorded" all the tectonic events. By studying them, Mexican geologists have been able to figure out and date the evolution of the area.

*Fine, but what about the caves? Where are the geological differences between the Cheve System and the cave of the Juquila Canyon?*

Lithology, for a starter. Juquila caves are carved into Cherty and detritic limestone, whereas Cueva Cheve is dug into a mix of different rocks: different kinds of limestone, but also massive dolomites and marble.

*And then what else?*

Have a look at the geological section of the Cheve System. From a structural point of view –you know, faults, folds etc.– Cueva Cheve runs parallel, and very close to, the fault that separates the carbonates from the tectonized metamorphic rocks; often it actually gets underneath the fault. Imagine that in the large Wet Dreams tunnel, at the bottom of the cave, the torrent digs at the basis of tall walls of tectonized marble! The location of this cave is just extraordinary: to the West, East and South of the entrance emerge non-carbonate, impermeable soils. Rainwater flows onto the surface of these rocks, gathering up to form little streams that descend down to the area of carbonate rocks, which form a belt just 4 kilometers wide. Once the waters enter in this area they can travel for very short distances before being absorbed, disappearing underground. All the entrances of the Cheve System, like those of the Huautla System further North, are located nearby, within a few dozen meters from the surfacing of the impermeable, non-carbonate rocks. All this also explains the size of the main entrance of Cueva Cheve, a quite large cave with a mouth 70 meters wide and 30 meters tall.

*Well, yes, it is a bit peculiar.*

Conversely, the feeding of the Juquila's underground karst system is more "normal", as it takes place in a widespread fashion through sinkholes and many other absorption points. At any rate, did you notice that the most important caves amongst those discovered in the Sierra Mixteca-Zapoteca (that is, the old phreatic Dos Ojos tunnel and the two deep Rodeo and Laguna Prieta shafts) are at least partially aligned with the fault reported on the geological map? We can suppose that there is some sort of relationship here and that the fault favored the draining, albeit not as much as it did in the Cheve System.

*Ok, enough geology now. There was a last point.*

Speleologists. It is obvious that the more one searches the more he finds. You know, we started off in Juquila just four years ago. The first discoveries in Sierra Juarez date back to the mid 1960s; US cavers were probably attracted by some oversized portals. In the following five decades people came from all over the world and the explorations aimed at conquering the world record for depth were quite intense (for example, Bill Stone's renown ones). Dramatic accidents, such as the death of two cave scubadivers in Cheve's and Huautla's syphons, did not stop the exploration rush. The popularity of these endeavors spilled beyond the speleological community, also thanks to the articles published by magazines like National Geographic, and brought a lot of money with it.

*There's the Rodeo shaft. Look, wiseguy, chatting away we have finally arrived!*

Indeed, and the article is pretty much finished, too. Juan, ¿qué piensas ¿Cuánto será profunda la cueva?

¿Quién sabe? La piedra cayó, golpeó la roca, todavía se revolcó ... quizás 135±3 metros.

ANTONIO DE VIVO

## XANADU

Nel Xanadu volle Kubla Khan  
 che un immenso palazzo del piacere si erigesse:  
 dove Alph, il fiume sacro, scorre  
 per caverne a cui l'uomo non può giungere  
 verso un mondo senza sole.  
 Così, dieci miglia di fertile terreno  
 da muri e torri venne circondato:  
 e furono giardini luccicanti di ruscelli,  
 fioriti d'alberi d'incenso,  
 e foreste, antiche come le colline  
 a custodire calde macchie verdi.  
 Oh! Ma quell'abisso profondo e arcano  
 che il verde del colle fendeva attraverso un bosco di cedri!  
 Luogo selvaggio! Così incantato e sacro  
 come non mai in luna calante un luogo fu pervaso  
 da gemiti di donna al demone d'amore!  
 E, dall'abisso, ribollendo, con tumulto incessante  
 come a scuotere la terra in continui singhiozzi  
 a tratti urgeva un impetuoso fonte  
 tra gli scrosci violenti e disuguali.  
 Come grandine o chicchi di grano  
 sotto la sferza del battitore rimbalzavano pietre.  
 E dentro quella danza di rocce, ora e sempre  
 il fiume sacro scaturiva a flutti.  
 Cinque miglia serpeggiando con tortuoso moto  
 per boschi e valli scorreva il fiume sacro.  
 Poi le caverne vietate all'uomo raggiungeva  
 e in tumulto sprofondava in un oceano senza vita:  
 fu in tal tumulto che da ancestrali voci  
 Kubla udì oscure profezie di guerra.  
 L'ombra fluttuava del palazzo dei piaceri tra le onde,  
 e lì si udiva un solo suono, di caverne e di fonte.  
 Era un miracolo di rara invenzione,  
 con caverne di ghiaccio, un palazzo nel sole.  
 D'una fanciulla con il dulcimar  
 un tempo ebbi una visione:  
 era abissina, la fanciulla,  
 e lo strumento suonava  
 cantando del Monte Albora.  
 O potessi fare in me rivivere  
 il suo canto e l'armonia:  
 così intensa sarebbe la delizia che,  
 sulla musica profonda e persistente  
 costruirei nell'aria quel palazzo.  
 Quel palazzo nel sole! Quelle caverne di ghiaccio!  
 E chi l'udisse li vedrebbe là  
 e griderebbe: Guardate! Guardate!  
 Lo sguardo in fiamme ed i capelli al vento!  
 Fategli intorno un triplice cerchio,  
 chiudete gli occhi con sacro terrore,  
 perché di rugiada di miele si è nutrito  
 e ha bevuto latte del Paradiso.  
 (trad. di Franco Buffoni)

Samuel Taylor Coleridge scrisse *Kubla Khan* tra il 1797 e il 1798. Si tratta di un famoso "found poem", una di quelle liriche che i romantici, e Coleridge in particolare, dichiaravano di scrivere spinti da un'improvvisa ispirazio-

## XANADU

*In Xanadu did Kubla Khan  
 A stately pleasure-dome decree :  
 Where Alph, the sacred river, ran  
 Through caverns measureless to man  
 Down to a sunless sea.  
 So twice five miles of fertile ground  
 With walls and towers were girdled round :  
 And there were gardens bright with sinuous rills,  
 Where blossomed many an incense-bearing tree ;  
 And here were forests ancient as the hills,  
 Enfolding sunny spots of greenery.  
 But oh ! that deep romantic chasm which slanted  
 Down the green hill athwart a cedarn cover !  
 A savage place ! as holy and enchanted  
 As e'er beneath a waning moon was haunted  
 By woman wailing for her demon-lover !  
 And from this chasm, with ceaseless turmoil seething,  
 As if this earth in fast thick pants were breathing,  
 A mighty fountain momently was forced :  
 Amid whose swift half-intermitted burst  
 Huge fragments vaulted like rebounding hail,  
 Or chaffy grain beneath the thresher's flail :  
 And 'mid these dancing rocks at once and ever  
 It flung up momently the sacred river.  
 Five miles meandering with a mazy motion  
 Through wood and dale the sacred river ran,  
 Then reached the caverns measureless to man,  
 And sank in tumult to a lifeless ocean :  
 And 'mid this tumult Kubla heard from far  
 Ancestral voices prophesying war !  
 The shadow of the dome of pleasure  
 Floated midway on the waves ;  
 Where was heard the mingled measure  
 From the fountain and the caves.  
 It was a miracle of rare device,  
 A sunny pleasure-dome with caves of ice !  
 A damsel with a dulcimer  
 In a vision once I saw :  
 It was an Abyssinian maid,  
 And on her dulcimer she played,  
 Singing of Mount Abora.  
 Could I revive within me  
 Her symphony and song,  
 To such a deep delight 'twould win me,  
 That with music loud and long,  
 I would build that dome in air,  
 That sunny dome ! those caves of ice !  
 And all who heard should see them there,  
 And all should cry, Beware ! Beware !  
 His flashing eyes, his floating hair !  
 Weave a circle round him thrice,  
 And close your eyes with holy dread,  
 For he on honey-dew hath fed,  
 And drunk the milk of Paradise.*

Samuel Taylor Coleridge wrote *Kubla Kahn* between 1797 and 1798. It is a famous "found poem", i.e., one of the lyrics that romantic Poets (and Coleridge in particular) claimed



ne, ricevuta nel sonno o sotto gli effetti di sostanze stupefacenti. In esso si parla della mitica città di Xanadu, capitale estiva dell'impero mongolo di Kublaj Khan, nel XIII secolo, e dell'immenso palazzo che egli vi fece erigere.

Ma il frammento, come Coleridge lo definiva, in quanto incompleto a causa di un'interruzione nel corso della stesura, descrive anche il tortuoso percorso del sacro fiume Alph, e delle immense caverne (tali da essere proibite all'uomo) da cui il fiume viene inghiottito.

È con i versi del grande poeta inglese che inizia *Xanadu*, una delle storie più affascinanti e visionarie di Martin Mystère, il detective dell'impossibile creato da Alfredo Castelli nel 1980 con i disegni di Giancarlo Alessandrini, pubblicato per la prima volta dalla Sergio Bonelli nel 1982.

La storia, disegnata da Paolo Morales e pubblicata nell'albo gigante n° 2 nel 1996, è intrigante e complessa, ma qui quel che ci interessa è la descrizione grafica del mondo sotterraneo e del fiume Alph. Alph è un nome d'invenzione, ma alcuni autori (John Livingston Lowes, nel suo *The road to Xanadu*, 1927) lo collegano al mitico fiume greco Alfeo, una parte del cui corso è sotterraneo.

Sono poche pagine, istantanee essenziali in bianco e nero accompagnate dai versi di Coleridge. Qui non c'è storia, ma solo visione

di un mondo altro, uno spazio fatto di mondi profondi e nascosti, di flutti e gorghi, di meandri sferzati dalla violenza dell'acqua. Immagini realistiche di carsismo e di grotte, strati calcarei e un immenso, profondissimo pozzo che alla fine inghiotte il fiume. "Caverns measureless to man", scrive Coleridge, grotte proibite all'uomo in quanto troppo grandi, oltre i limiti. Oltre i limiti e il mondo carsico reale o perlomeno a noi conosciuto è sicuramente "l'impetuoso fonte che urge dal fondo dell'abisso". Una sorta di geyser la cui potenza fa tremare la terra "in singhiozzi violenti e disuguali". Qui Morales e Castelli interpretano bene la visione di Coleridge: uno spazio immenso ospita quella che potremmo definire una sorta di sorgente valclusiana. Siamo dentro l'abisso, assistiamo a un fenomeno straordinario, ma capiamo di non poterlo conoscere fino in fondo.

Un compito non facile, quello degli autori di *Xanadu*: ma Castelli e Morales riescono ad avere e comunicare una visione su una visione del grande poeta, senza farsi limitare dai paradossi di Kubla Khan. Coleridge illumina infatti prati fioriti tagliati da Alph e caverne di ghiaccio sottostanti, acque ribollenti che precipitano negli abissi e sorgenti che dal fondo di questi vengono spinte da energie possenti.

Poche pagine di istantanee, dicevo innanzi. Ma le 250 pagine che seguono dipendono da loro...

*to have written when caught by a sudden inspiration, either while sleeping or under the influence of drugs. The poem talks about the mythical city of Xanadu, the XIII Century summer capital of Kublaj Kahn's Mongol empire, and the huge palace the emperor had had built.*

*This fragment, as Coleridge himself called it because of an interruption during its creation, also describes the winding path of the sacred river Alph and the huge caves that swallow it (so big, in fact, that they were off limits for men).*

The verses of the great English poet also mark the beginning of *Xanadu*, one of the most fascinating and visionary adventures of Martin Mystère, the "detective of the impossible" created in 1980 by Alfredo Castelli and illustrated by Giancarlo Alessandrini, whose stories were published for the first time in 1982 by Sergio Bonelli's publishing company.

The story, illustrated by Paolo Morales and published in 1996 number 2 'albo gigante' (large-size comic magazine) is complex and intriguing but what interests us here is the graphical depiction of the underground world and the Alph River. Alph is a fictional name but some Authors (e.g., John Livingston Lowes in his 1927 *The road to Xanadu*) relate it to the mythical Greek river Alfeo, which flows in part underground.

They are just a few pages, sketchy black and white snapshots accompa-

nied by Coleridge's verses. There's no narration here, only the vision of another world, a space comprising deep and hidden environments, waves and whirlpools, meanders whipped by the violence of the water. Realistic pictures of karstification and caves, limestone strata and a huge, bottomless sink that in the end swallows the river. "Caverns measureless to men", Coleridge writes, caves so large they are forbidden to men, caves that are beyond our limits. Beyond the limits and the actual karst world, at least the one we know of, is surely the "mighty fountain forced through the chasm". A kind of geyser, whose power shakes the ground in a "swift half-intermittent burst". Here Morales and Castelli interpret Coleridge's vision well: a huge space contains what we could define as a valclusian spring. We are inside the abyss, facing an extraordinary phenomenon, yet we realize we cannot understand it completely.

Not an easy task for the Authors of *Xanadu*, yet Castelli and Morales manage to gain and communicate a vision based upon the vision of the great poet, without being restrained by Kubla Khan's paradoxes. Indeed, Coleridge shines a light on blooming lawns cut by Alph, as well as caves of ice underneath, with rushing waters that fall into the abysses and springs gushing from their bottoms, pushed by mighty powers. Few pages of snapshots, as I said before. Yet, the following 250 pages depend on them...



# Le forme del Caos

*Gli Tsingy, bellissimi picchi calcarei nel Parco Nazionale di Bemahà, Madagascar / Beautiful karst formations in the Bemahà National Park, Madagascar*

## Giovanni Badino

### *The shapes of chaos*

Il mondo che ti circonda è fatto di cose complesse, organizzate; molte sono naturali, come gli alberi, altre artificiali, come mobili e astronavi, ma la distinzione non è così netta.

La complessità organizzata è spesso associata alla vita, ma non esclusivamente, a volte essa sgorga persino dalla roccia: nelle grotte, ogni tanto, si incontrano strutture complesse, come in una foresta pietrificata. Viene da pensare, allora, che sotto tutti questi fenomeni stia lo stesso processo che edifica, quieto, usando i muratori che ha a disposizione, siano essi batoliti, alberi o umani.

Proviamo a scrutare in quest'abisso.

#### Grotte

Ciò che sta intorno a noi ha una forma che è destinata a dissolversi, in genere tanto più rapidamente quanto più è complessa. Non tutte le forme si dissolvono e basta, alcune facendole ne creano altre, simili a se stesse. Questo è tipico delle cose che diciamo "vive": sgorgiamo dalla terra, cresciamo respirando, estraiamo dalla terra un'orma simile a noi, appassioniamo e vi rientriamo.

*The world that surrounds us is made of complex, organized entities. Many of them, e.g. trees, originate from nature, while others, like furniture and spaceships, are artificial, but the distinction is not so clear-cut.*

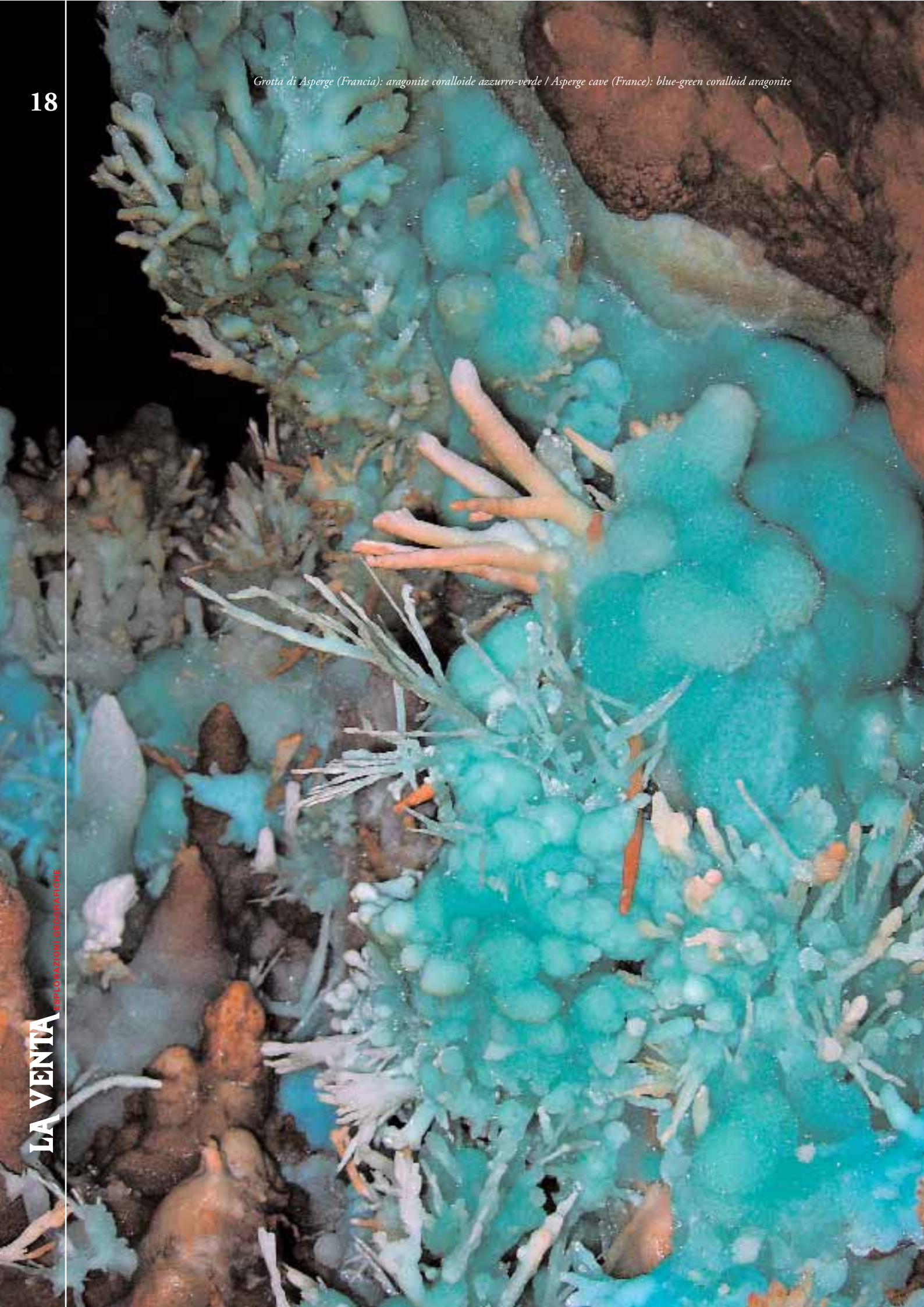
*Organized complexity is often, but not always, associated to life itself; at times it even springs out of rock, and in caves one can occasionally find complex structures, like a petrified forest. We might therefore think that underneath all this phenomena lays the same process, quietly at work using the builders available, being batholiths, trees or human beings.*

*Let's try and look inside this abyss.*

#### Caves

*Most of what surrounds us has a transient shape, which is eventually going to dissolve at a rate that is usually directly proportional to its complexity. Not all shapes just disappear, though; some of them generate other shapes, similar to themselves. This is typical of the things we call "alive": we stem from Earth, grow up breathing, extract from Earth a shape similar to us and eventually wither and go back to where we came. Yet, the shapes inside the mountains also dissolve while replicating themselves: are they alive?*

*Grotta di Asperge (Francia): aragonite coralloide azzurro-verde / Asperge cave (France): blue-green coralloid aragonite*



Ma anche le forme interne dei monti si dissolvono replicandosi. Sono forme vitali?

La vita è all'origine delle rocce calcaree in cui si creano, che sono resti di deposizioni biologiche su antiche scogliere, di barriere coralline, di fondi abissali dove si fermava una lenta pioggia di piccolissime conchiglie che avevano esaurito il loro ciclo vitale più su. Accumuli che lo sterminato succedersi delle generazioni ha reso immensi, cementati dai sali che precipitavano, compattati sino a diventare roccia che poi si è sollevata con le rocce profonde, spingendo via le gran masse d'acqua che la schiacciavano.

I sedimenti marini sono allora emersi dal mare, si sono rotti, infranti l'uno sull'altro, aggrovigliati in immense onde di pietra, lentissime, catene di montagne calcaree flagellate dal tempo mutevole.

La loro roccia, formatasi nella quiete marina, una volta esposta alla pioggia e al sole lentamente si dissolve, ruscella verso il mare a ridiventare conchiglia.

L'acqua piovana martella le grandi superfici calcaree, le corrode, le attraversa, ne risorge carica di roccia disciolta. Le superfici che si lascia dietro le chiamiamo "pareti" quando sono verticali, "lapiaz" quando sono piane distese di rocce consunte; oppure crea spettacolari incisioni che tagliano verticalmente gli antichissimi fondi marini, e quelle le chiamiamo "gole".

Ben più vaste, però, sono le superfici corrose che l'acqua forma all'interno, come labirinti di gole nascoste. Stanno nel buio, esili e profonde; sono diverse da quelle esterne perché le pareti, unite in alto, le proteggono dall'erosione del mutevole tempo esterno e questo le rende ostinatamente longeve: "grotte", le chiamiamo.

Il volume interno del monte dà loro la tridimensionalità, i meandri s'intersecano su più piani, come l'acqua che drenano; vanno unendosi via via, ingrandendosi, crollando. L'acqua vi scorre fino a giungere alle radici del monte e le allaga, vi fluisce quieta, quasi immobile, e scava intrichi di gallerie rotonde verso i punti di emersione; là "acqua di sorgente" la diremo, solo vagamente consapevoli del buio mondo in cui si è raccolta.

I mondi della dissoluzione interna sono universi isolati, immensi, dove le parti non solute incanalano ruscelli e rare correnti d'aria. Non hanno bisogno di accessi percorribili ma, a volte, ne concedono uno, alla luce solare emerge un varco tenebroso che ci permette di entrare nel mondo che si dissolve.

Nella quiete buia si accumulano segni, lontane eco di eventi esterni. Profonde ed oscure, le grotte portano segni di cicli di glaciazioni antiche, di riempimenti e svuotamenti che le fanno sembrare staccate dal tempo attuale, immutabili.

All'esterno le gole di passate ere geologiche sono svanite, trascinate via dall'erosione dei fianchi; la loro antica posizione adesso è sospesa nell'aria sopra le valli. Ma dentro, per un po' di tempo, la roccia protegge le gole interne ormai abbandonate dall'acqua, rimangono sospese nella montagna, sono i ricordi delle forme passate.

"Zone fossili", le diciamo; sono esse che, da decine di millenni, mostrano agli uomini che l'eternità esiste.

## Caos

La fisica degli ultimi decenni, grazie alle nuove capacità di calcolo, si sta staccando dalla costa dei processi lineari e fa incursioni nell'alto mare dei processi non lineari, quelli in cui una piccola causa può creare un grande effetto. Sta studiando i comportamenti caotici, in cui sistemi di dimensioni finite evolvono amplificando fluttuazioni minime al loro interno.

Proviamo a fare un esempio sbilenco: si pensi a un enor-

*Life was behind the formation of the limestone rocks into which caves are formed: they are the remains of biological deposition onto ancient cliffs, of coral reefs, of ocean bottoms receiving the slow rain of tiny seashells that lived and died at lesser depths. Such deposits grew huge as countless generations passed; they were cemented by the precipitating salts, compacted until they became rock. Rock that eventually rose, together with the deeper strata, shoving off the large masses of waters that compressed it.*

*Marine sediments then emerged from the sea and broke, crashing against each other, tangled in immense, slowly moving, stone waves; limestone mountains, whipped by the ever changing weather.*

*Once exposed to the sun and rain, their rock, born in the marine quiet, is slowly dissolved, streaming towards the sea to become seashell once again.*

*Rainwater beats the wide limestone surfaces, corrodes them, seeps through them and resurfaces loaded with dissolved rock. The surfaces it leaves behind are called "walls" when vertical, "lapiiez" when they are flat stretches of worn rocks; alternatively, it creates spectacular incisions that vertically cut through the ancient seabed, creating what we call "gorges".*

*Much wider, however, are the corroded surfaces that water creates on the inside, like mazes of hidden gorges. They stay in the dark, deep and thin; they are different from the external ones because their walls, joined at the top, protect them from the erosion of the ever-changing outside weather. This makes them stubbornly long-lived; we call them "caves".*

*The inner volume of the mountain determines their 3D shape; the meanders, are intertwined on multiple layers, like the water they drain, and they grow bigger and bigger, merging together until they collapse. Water flows through them till it reaches the roots of the mountain; there it floods them, moving ever slowly, digging tangled round tunnels towards the emergence points. We then call it "spring water", barely aware of the dark world into which it was collected.*

*The worlds of internal dissolution are isolated, immense universes, where non-dissolved parts channel brooks and sparse air streams. They need no accessible entries but, at times, they allow one; then, a murky entrance opens up in the sunlight, allowing us to enter the dissolving world.*

*Signs, echoes of external events, accumulate in the dark quiet. Deep and dark, caves bear the marks of ancient glacial cycles, of filling and emptying that makes them seemingly detached from present time, never-changing.*

*On the outside, erosion of their flanks removed the gorges created by past geologic eras; their ancient position is now lingering in the air on top of the valleys. Inside, however, for some time the mountain protects the inner gorges left by the water. They remain suspended in the mountain, like recollections of past shapes.*

*We call them 'fossil zones'; and for tens of thousands years, it is they that have been showing man that eternity does exist.*

## Chaos

*In the past few decades, thanks to the new calculation capabilities, physics is moving away from the shore of linear processes and is foraying into the open sea of non-linear processes, the latter being those in which a small cause can lead to a large effect. Physics is now studying chaotic behaviors, in which systems of finite size evolve amplifying minimal inner fluctuations.*

*Let's make a wobbly example. Think of a huge, crowded lawn, where people move around following certain rules. If the system is a linear one, the fact that two persons are closer to each other than to anyone else leads to the prediction that, after a while, those two people would be still closer to each other than to the others. If, however, after a certain time they could be*

me prato affollato, in cui la gente si sposti secondo certe regole. Se il sistema è lineare, il fatto che due persone siano vicine in un certo istante fa prevedere che, fra qualche tempo, esse saranno comunque più vicine fra loro che non agli altri. Se invece, dopo un certo tempo, per quanto piccola sia la loro distanza iniziale, esse potranno comunque essere in un punto qualsiasi dell'intero prato, allora diremo che il sistema è "caotico"; non si è conservato il ricordo delle condizioni iniziali.

Per capire che sotto un certo fenomeno stanno comportamenti caotici non abbiamo bisogno di fare complessi esperimenti, ma solo verificare se le loro leggi di distribuzione interne sono "leggi di potenza", vale a dire se la frequenza di un dato fenomeno decresce con la sua ampiezza elevata ad una certa potenza, un numerino caratteristico del sistema. "Dimensione frattale"... Già, qui affiorano i "frattali", un altro degli spettri evocati recentemente dalla fisica, quei disegni che appaiono sempre simili a sé stessi a qualunque ingrandimento li si guardi, perché i loro dettagli sono simili alla forma in grande scala. I geologi debbono mettere il martello nelle foto che fanno proprio perché gran parte del mondo della pietra è frattale, se non ci sono riferimenti non si può capire se l'immagine che guardiamo mostra una parete rocciosa o il dettaglio microscopico di un sasso.

Quindi se scopriamo comportamenti frattali in un fenomeno, c'è da scommettere che vi covi il caos.

Si è scoperto che attorno a noi esiste un'infinità di questi sistemi, in cui le fluttuazioni iniziali sono amplificate sino ad occupare tutto il sistema. Sono sistemi sociali (il ferro di cavallo che fa perdere il cavaliere, e quello la battaglia e quella un regno), l'atmosfera in cui viviamo (il tempo di predittibilità si limita a una decina di giorni, dopo i quali un uragano può essere dovuto al battito d'ali di farfalla all'altro capo del pianeta), i terremoti e tanto altro fra cui, eccoci arrivati, le forme della frantumazione e della dissoluzione.

Sono quindi fenomeni in cui non si possono fare previsioni? Un po' sì, ma c'è di più. Alcuni di questi fenomeni evolvendo creano strutture ordinate, sono auto-organizzanti. Dal caos, con processi ancora non chiari, sgorgano imperi, uragani, associazioni di terremoti, cristallizzazioni, saloni concrezionati.

Foreste, branchi di gazzelle...

### Forme

Forme della dissoluzione; un lapiaz, dissolvendosi, ne crea un altro appena più in basso. Ogni suo centimetro quadro - frattale - riecheggia i chilometri quadri - frattali - di superfici interne che ricopre.

Le forme dei mondi della dissoluzione sono più evidenti quando questa è più febbrile, come ai tropici, dove la vitalità vegetativa, acidificando le acque, rende più rapido il riciclo delle antiche conchiglie, affretta il loro ritorno al mare.

Meglio ancora si potrebbe apprezzare la dissoluzione in una ripresa accelerata, apparirebbero gorghi di scavo, forme che mutano simili a se stesse e svaniscono abbattendosi nell'acqua che le scioglie. Si vedrebbe forse qualcosa di simile all'evolversi delle strutture che si formano su un pendio terroso sotto la pioggia, o a quelle di una goccia di colorante che si diffonde nell'acqua. Si tratta di forme di passaggio, ubiquo, assunte su ogni scala di dimensione, dalle traiettorie di particelle microscopiche immerse in un liquido sino agli sterminati allineamenti delle galassie. Strutture effimere, evocate da qualcosa di caotico che emerge, sottilmente.

Effimere, il punto è questo, fluenti anche nella pietra. La

*anywhere in the lawn, regardless of how close to each other they were at the beginning, the system is called "chaotic", with no recollection of the initial conditions.*

*In order to understand that behind a certain phenomenon there are chaotic behaviors we do not need to perform complex experiments. All we have to do is to verify if its internal laws of distribution are "exponentiation laws", i.e., if the frequency of a certain phenomenon decreases with its magnitude exponentiated to a certain power (the exponent being a tiny number, typical of the system itself). "Fractal dimension"... Yes, this is the point when "fractals", another of the specters recently evoked by physics, pop up. Fractals, i.e. those drawings that always look the same regardless of the magnification one looks at them with, because their small details are similar to their large scale shape. Geologists have to place their hammers in the photos they take just because most of rock world is fractal and without reference points one cannot say if the image shows a rock wall or a microscopic detail of a stone.*

*So, if we spot fractal behavior within a phenomenon we can bet that chaos is lurking inside it.*

*It has been discovered that all around us there are a myriad of such systems, in which the initial fluctuations are amplified until they take over the whole system. They could be social systems (the horseshoe causes the knight to fall, then a battle is lost and eventually the whole kingdom falls), the atmosphere in which we live (forecasts are limited to a dozen days or so, after that a hurricane could be caused by the flap of a butterfly's wings at the other end of the planet), earthquakes and much else including, and we get back to our point, the shapes of dissolution and shattering.*

*Can't we then make any prediction at all about these phenomena? A little bit, yes, but there is more. While evolving, some of them can create ordered structures, as they are self-organizing. From chaos, through still unclear processes, stem empires, hurricanes, earthquakes clusters, crystallizations, concretioned halls...*

*Forests, gazelle herds...*

### Shapes

*Shapes of dissolution; when a lapiez dissolves, it creates a new one just downhill. Every -fractal- square inch echoes the -fractal- square kilometers of inner surfaces that lay underneath.*

*The shapes of the worlds of dissolution are more evident when the latter is more feverish, as it happens in the tropics. Here vegetation vitality acidifies the waters and speeds up the recycle of ancient seashells, hastening their return to the sea.*

*Dissolution could be appreciated even better in an accelerated movie; one would then see the appearance of erosion whirlpools, shapes that mutate remaining similar to themselves and eventually disappear collapsing into the very same water that dissolves them. One might see something resembling the evolution of the structures that are created by the rain onto an earthy slope, or of a drop of color diffusing in the water. These are transient shapes, ubiquitous, that exist in any dimensional scale: from the trajectories of microscopic particles within a liquid to the boundless alignments of galaxies. Short-lived structures summoned by something chaotic, subtly emerging.*

*Short-lived: this is the point. Flowing even within stone. The lifetime of limestone is short, just a few moments. It seems long to us only because our life is so much shorter. Caves become bigger and collapse; the endless resurgences keep draining waters enriched with salts towards the sea, and behind them the leftovers become vast caves, then vast collapses, then corroded shreds of limestone hills -needles, plains of worn-out remains, "cones" small tablelands lost in flood*

vita dei calcari è breve, pochi attimi; ci sembra lunga solo perchè la nostra lo è molto meno. Le grotte si ampliano, crollano; le risorgenze incessanti continuano a drenare acqua ricca di sali verso il mare e dietro di esse i residui diventano grandi grotte, poi grandi crolli, poi brani corrosi di montagnole calcaree: guglie, pianori di sfasciumi consunti, "panettoni", piccoli tavolati traforati persi in mezzo a pianure alluvionali.

Paesaggi cinesi; poi neanche più quelli.

I fondi marini, fuori, non possono rinnovarsi, crescere, sono immense strutture che si stanno sciogliendo attraverso forme di transizione.

Anche noi stessi, viventi, siamo le increspature sul mare della dissoluzione, dell'andare verso il basso dell'acqua, del fluire della luce del sole, dell'infinito alternarsi di notte e giorno. Increspature che nascono, ne producono altre e ritornano in profondità.

### Ghiaccio

Le forme del caos sono tanto più effimere quanto più la roccia è viva, mobile, solubile; il ghiaccio porta all'estremo queste caratteristiche. In questi anni abbiamo scoperto che le grandi masse di ghiaccio liquefano assumendo le stesse forme della roccia e creano infiniti mondi sotterranei.

Chi ha vagato su un grande ghiacciaio avrà visto quelli che i glaciologi chiamano "mulini", pozzi rombanti di grandi torrenti che vi piombano dentro. A volte si può seguire l'acqua per centinaia di metri là sotto, approfittando degli ingressi adatti e dei momenti più favorevoli, quando la fusione cessa lasciando le forme interne libere dalle cascate.

Sono posti fantasticamente belli: forre tenebrose e bianche, laghi, gallerie tonde e traslucide, grandi pozzi, nei quali è difficile procedere, sempre sugli attrezzi o sulle corde in un ghiaccio vetroso, levigato dai torrenti e dalle acque di con-

*planes. Chinese landscapes; then not even those.*

*Sea-bottoms, when exposed to the outside, cannot renew themselves, cannot grow any longer: they're just immense structures that melt away through transition shapes.*

*We too, living beings, are the ripples on the sea of dissolution, of water's downward motion, of sun light's flowing, of the endless succession of day and night. Ripples that are born, reproduce and go back to the depth.*

### Ice

*The shapes of chaos are all the more ephemeral as the rock is alive, mobile, soluble. Ice takes all these features to an extreme. In the past years we have discovered that the large masses of ice melt and acquire the same shapes as rock, creating infinite underground worlds.*

*Those who wandered onto a large glacier had a chance to see what glaciologists call "moulines", thundering sinks into which large torrents hurl down. Occasionally, one can enter and follow the water for hundreds of meters, making the most of the suitable passages at the best time, when melting stops and the internal shapes are freed from the waterfalls.*

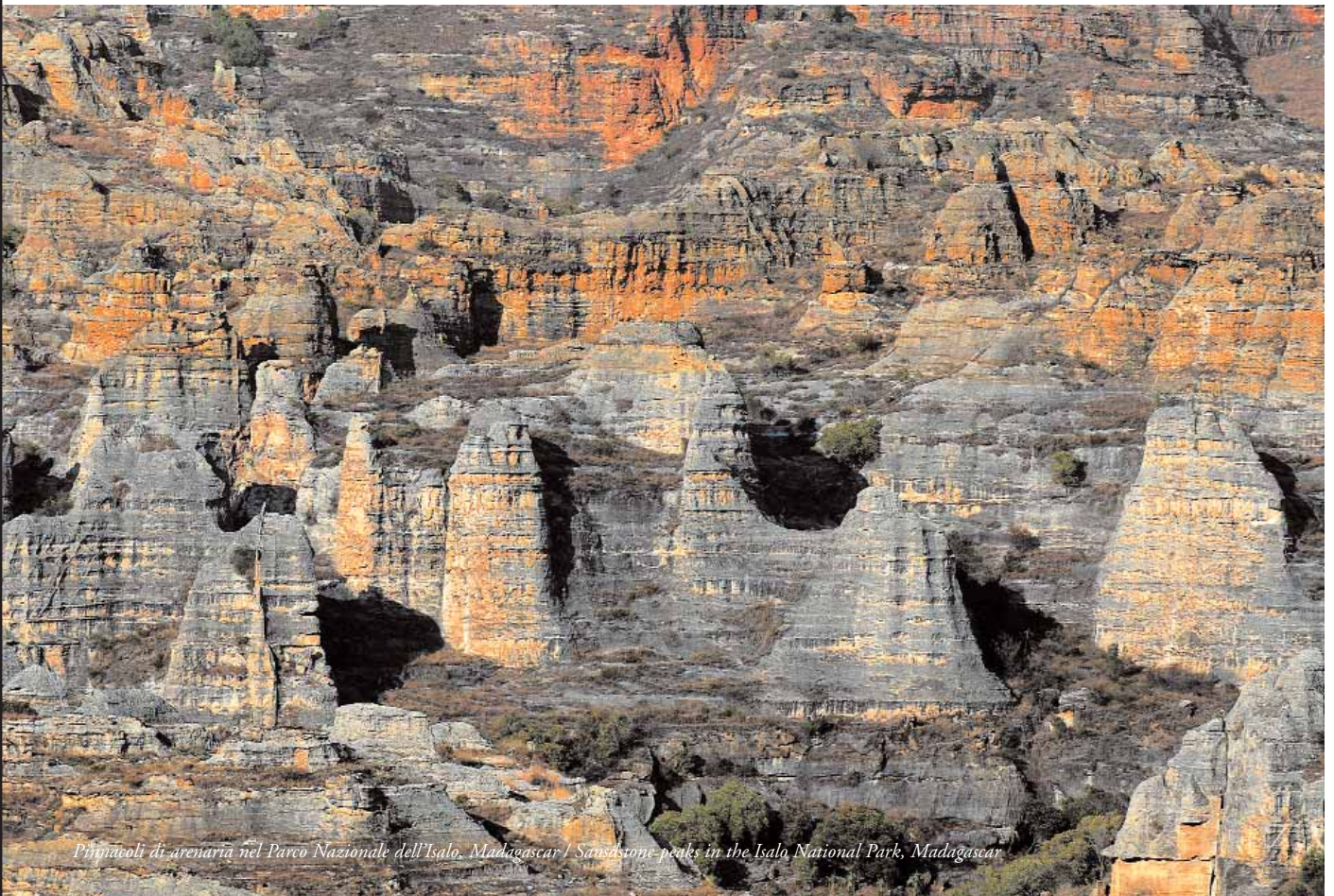
*These are fantastically beautiful places: dim, white canyons, lakes, translucent round tunnels, big shafts. Moving ahead is hard, always clinging to the tools or the ropes, in an easily-shattered glassy ice, polished by the water streams and by condensation.*

*These are disquieting, alive structures. Sometimes, on the walls down there appears a crack, with a sharp, sudden thunder that fills the environment and yet is gone before one could perceive it as a threat. It happens quite often and one eventually gets used to it.*

*Dangerous structures, because of the big, unstable ice blades hanging on top of the torrents. Dangerous also because one can get wet and at the exit he will encounter deeply cold temperatures, emerging on a land where orientation is a difficult*



Grotta di Lauzinas (Francia): funghi di fango / Lauzinas cave (France): mud mushrooms



*Pinnacoli di arenaria nel Parco Nazionale dell'Isalo, Madagascar / Sandstone peaks in the Isalo National Park, Madagascar*

densazione, facile a frantumarsi.

Sono strutture inquietanti, vive. A volte sulle pareti là sotto appare una frattura con un tuono che riempie l'ambiente, secco, istantaneo, ha termine prima che lo si abbia percepito come minaccia; accade spesso, con qualche difficoltà ci si abitua. Strutture pericolose per le gran lame di ghiaccio instabili, sospese sui torrenti. E pericolose perché ci si bagna, e all'uscita si è attesi da un freddo intenso su pianori dove orientarsi è molto difficile.

A volte si riesce ad arrivare, a cento o centocinquanta metri di profondità, dove i torrenti si gettano in piccoli specchi d'acqua immobili, le falde acquifere del ghiacciaio che affiorano nel buio. Da lì l'acqua continua a scorrere verso le risorgenze, scavando reticoli di grandi gallerie che probabilmente riempiono un po' tutti i ghiacciai intorno a quelle profondità. Riuscire a percorrerne dei frammenti appena abbandonati dall'acqua è davvero difficile.

Ma laggiù tutto è complicato. La speleologia glaciale attrae poco, è facile suscitare interesse con le immagini, ma poi è ben raro che gli speleologi ci vadano. Credo di averne parzialmente compreso il motivo.

A respingere non è il rischio, né la fatica di trasporti di innumerevoli materiali. Neppure respingono i troppo limitati periodi in cui le entrate sono percorribili, né le alte probabilità di insuccesso di ogni spedizione, afflitta da minacce di maltempo e da incognite geografiche. Neppure l'ambiente severo è un motivo per non andare, è sempre splendido; un compagno alpinista, una notte, affascinato dal posto, ci faceva notare che trovarsi lì, a quell'ora, per un alpinista sarebbe stata una cosa da evitare con cura, mentre per noi erano le normali condizioni operative.

L'effimero, credo sia l'effimero che respinge. Sono mondi che durano meno di noi, perché esplorarli? Me lo illustrò la lettura di questo mito indonesiano, che forse illumina lo scopo delle costruzioni megalitiche, ansia d'immortalità:

*task. In some cases it is possible to reach a depth of 100-150 meters, where the torrents end into small, still ponds: the inner water aquifers surfacing in the darkness. Inside them, water continues to flow, excavating networks of tunnels that can probably be found in all glaciers at those depths. Managing to get through the sections from which water just left, however, is extremely difficult.*

*Down there, though, everything is hard. Glacial speleology attracts very few people; it's easy to arouse enthusiasm with images, but it is rare for speleologists to actually go in person. I believe I understand, at least in part, the reason for such reluctance.*

*What pushes them back is not the danger, nor the hardship of carrying countless loads of equipment. The insufficient, short time frames during which entry points are available and the high likelihood of failure of every expedition, plagued by the threat of bad weather and geographic uncertainties, aren't reasons either. The severe environment is also no reason for not going; it is always magnificent. A fellow explorer with an alpine background, fascinated by the place, once pointed out to me how for an alpine climber the right thing to do would have been not to be there at that time of the day, in what were instead the perfect operative conditions for us.*

*Ephemerality: that's what I think pushes them away. These are worlds that last less than we do, why bother exploring them? Reading this Indonesian legend showed me the concept, possibly shedding a light onto the meaning of megalithic constructions, immortality anxiety.*

In the beginning the sky was very near the earth, and that the Creator, who lived in it, used to let down his gifts to men at the end of a rope. One day he thus lowered a stone; but our first father and mother would have none of it and they called out to their Maker, 'What have we to do with this stone? Give us something else.' The Creator complied and hauled away at the rope; the stone mounted up and up till it vanished from sight. Presently the rope



*“In principio, quando il cielo era vicinissimo alla terra, Dio offrì alla coppia primordiale i suoi doni, sospendendoli all'estremità di una corda. Un giorno inviò loro una pietra ma essi, sorpresi e indignati, la rifiutarono. Dopo qualche tempo Dio fece di nuovo pendere la corda: questa volta pendeva da essa una banana, che venne accettata. Allora gli antenati udirono la voce del creatore: poiché avete scelto la banana, la vostra vita sarà come la vita di questo frutto. Se aveste scelto la pietra la vostra vita sarebbe stata come la pietra, immutabile e immortale.”*

Le grotte sono territori vasti, ma per giustificare le immense fatiche della loro esplorazione occorre che esse siano, almeno in confronto a noi, eterne. Le forme della dissoluzione dei calcari lo sono, ma quelle glaciali no, sono territori che già svaniscono mentre ci si passa, non si può occupare nulla. Mutano gli ingressi, mutano i pozzi, mutano i reticoli che i torrenti fanno sulla gelida, assoluta superficie prima di inabissarsi. Mutano pure le ripide, crepuscolari forre di ghiaccio interne, in pochi anni quelle gran strutture saranno tornate ghiaccio, o acqua di mare.

E mutano pure, pensiamo, le strutture più profonde, quelle che drenano l'acqua verso le risorgenze glaciali, quei reticoli di gallerie rotonde, formatesi sott'acqua, forme analoghe a quelle che riempiono le profondità delle masse calcaree. Il ghiacciaio avanza, le trascina con sé, si assottiglia, man mano quelle forme del nucleo profondo emergono al giorno, appaiono in fondo alla lingua glaciale dove qualsiasi ignaro escursionista le può vedere, frammenti del caos delle gallerie profonde, forme insensate e inspiegabili alla luce esterna. Emergono e fondono, ma dietro di loro se ne formano altre, così come fa il ghiacciaio, che è antichissimo ma fatto di ghiaccio recente, perchè è una struttura viva. Non è destinato, a priori, alla sparizione come lo sono i calcari che non si rinnovano, è lì e ci rimarrà, cicli di millenni lo faranno sparire o ne faranno il nucleo da cui cresceranno gli infiniti ghiacciai di future ere glaciali.

Quella gran massa di ghiaccio è al suo posto e liquefa, e si riforma, incessantemente, mantenendo la sua forma globale come fanno gli organismi che mutano, come noi, ogni loro cellula conservando l'insieme. Abbiamo scoperto che fra le “cellule” della massa di ghiaccio ci sono le sue strutture profonde: le tonde gallerie, i laghi, le forre continuamente rinnovate, sfasciate e ricostruite.

Gli alpinisti vogliono credere di esplorare pareti ma esplorano sequenze di movimenti, gli speleologi vogliono pensare di esplorare grotte, luoghi eterni, ma esplorano forme di passaggio, un po' più durature di loro. Quelle del ghiaccio non lo sono, è questo che respinge.

Chi le esplora fra mille difficoltà non ripasserà più nella stessa profonda galleria, non è possibile conquistare nulla in quel mondo lentamente fluente, è come esplorare la superficie delle nuvole.

Ma laggiù si può sentire una delle componenti profonde della speleologia, la percezione che lo spazio fisico attorno a noi ha qualcosa di fondamentale, qualcosa della incessante, autoreplicante forma del caos.

was seen coming down from heaven again, and this time there was a banana at the end of it instead of a stone. Our first parents ran at the banana and took it. Then there came a voice from heaven saying: 'Because ye have chosen the banana, your life shall be like its life. Had you chosen the stone your life would have been like it, immutable and immortal.

*Caves are vast territories, but the immense fatigues needed for their explorations can only be justified if caves are, at least compared to us, eternal. This is indeed the case for the shapes generated by limestone dissolution; glacial shapes, however, are not eternal, these are territories that disappear as we walk through them. One cannot occupy anything. The entrances, the shafts, the networks etched on the frozen, sun-bathed surface by torrents before plunging inside: they all mutate. As will the webs of steep, twilightish, internal ice ravines; just a few years and those massive structures will turn into ice or sea water again.*

*We believe that the deeper structures mutate, too; those that drain the water towards the glacial resurgences, the reticulation of round tunnels that formed under water, similarly to the shapes that populate the inside of limestone masses. The glacier moves forward, getting thinner, and dragging them along. Meanwhile, the shapes from the deep core appear at the lower edge of the glacial tongue, where any unaware day-tripper can see them. Chaotic fragments of the deep tunnels, meaningless and inexplicable in the daylight.*

*They emerge and melt, but others form behind them, as the glacier does as well. It's a very ancient structure, but it is made of recently formed ice because it is a living structure. It is not necessarily going to disappear like the karsts, which cannot renew themselves. It is there to stay, cycles of thousand years will melt it or turn it into the core from which the infinite glaciers of future ice ages will form.*

*That large mass of ice is sitting in its spot, constantly melting and renewing itself, maintaining its global shape like the organisms do. Organisms mutate every single cell of theirs, like we do, while preserving their wholeness.*

*We have discovered that amongst the “cells” of the ice mass are its deep structures, the round tunnels, the lakes, the continuously renewed canyons, destroyed and rebuilt.*

*Mountaineers want to believe they explore rock walls, but they actually explore sequences of movements. Cavers want to think that they explore caves, eternal places, but they merely explore transient shapes that happen*

*to last a bit longer than they do. Ice shapes do not last as long: this is what pushes back.*

*It is unlikely that those who explore glacial caves, amidst a thousand difficulties, will in the future pass through the same tunnel. Nothing can be conquered in that slow-moving, fluid world; it's like exploring the surface of the clouds.*

*Down there, though, one can feel one of the deep aspects of speleology: the perception that the physical space around us has got something fundamental, something of the never-ending, self-replicating shape of chaos.*



Forme di ghiaccio nel ghiacciaio Perito Moreno, / Ice forms in the Perito Moreno Glacier, Argentina

PAOLO FORTI &amp; PATRICK CABROL

## TESORI NASCOSTI NEL SUD DELLA FRANCIA

Nel buio e nel silenzio ovattato di profonde cavità sparse nel Sud della Francia tra le Alpi e i Pirenei si trovano veri e propri tesori geologici di una bellezza e di una rarità inimmaginabile.

Sembrano fiori, che hanno però mantenuto vivissima la colorazione dei loro petali di pietra.

Non è facile raggiungerli: per farlo si deve procedere a lungo, all'interno delle montagne, in tortuose gallerie scavate dall'acqua in centinaia di migliaia o addirittura milioni di anni, ostacolati, nel nostro avanzare, da impetuose cascate, pozzi, strettoie, fango... ma quando si raggiunge la meta la ricompensa sorpassa qualunque prova affrontata in precedenza.

Davanti a noi si apre un mondo incantato dove cristalli limpidissimi di calcite si mescolano a incredibili "fiori" di gesso e le concrezioni di aragonite, simili a coralli pietrificati, non sono sempre bianche, ma, molto più spesso, possono prendere le tonalità più varie dell'azzurro, del verde del blu. E minerali più rari, ossidi complessi di ferro e manganese e forse non solo, stillando dalla roccia, creano merletti neri sulle concrezioni di calcite o formano colate iridescenti su grandi cristalli di gesso....

Anche il fango, invece di dar luogo a normali ammassi informi, si è divertito a creare dei giganteschi, improbabili, funghi.

Si tratta senza alcun dubbio dell'insieme di concrezioni più vario, raro ed esteticamente prezioso esistente al mondo e, a chi ne è rapito, nulla importa di sapere che i macrocristalli si formano per condizioni stabili di sovrassaturazione molto bassa, mentre le eccentriche divagano nello spazio per motivi connessi all'assenza di gravità in presenza di moti capillari.... E ancora che il colore verde sia generato dalla presenza di una certa concentrazione di ioni nichel, mentre quello azzurro è indotto dal rame, ed il ferro ed il manganese conferiscono colorazioni dal giallo dorato al nero.

Anche se eccezionale esteticamente, e teoricamente ben protetto dalle stesse montagne che lo nascondono, questo mondo incantato è delicatissimo: basterebbe il gesto, inconsapevole, di una sola persona per deturparlo irrimediabilmente, insozzandolo con fango o con il fumo dell'acetilene, o addirittura distruggendolo, per disattenzione o per avidità di denaro... Per questo motivo gli speleologi francesi si sono mobilitati già da molto tempo per garantire la loro perfetta conservazione: infatti, tutte le grotte in

## HIDDEN TREASURES IN SOUTHERN FRANCE

*In the darkness and muffled silence of deep caves scattered in the South of France between the Alps and the Pyrenees, there are geological treasures of unimaginable beauty and rareness. They look like flowers, whose stony petals have however maintained their bright colors. Reaching them is no easy business: in order to do so one has to proceed for a long way inside the mountains, along winding tunnels dug by the water over hundreds of thousands, or even millions, of years. Progression is hampered by thundering waterfalls, sinks, bottlenecks, mud... but upon reaching the final destination the reward exceeds any hardship faced along the way.*

*In front of our eyes lays an enchanted world in which very clear calcite crystals are mixed with incredible gypsum "flowers" and the aragonite concretions, resembling petrified corals, aren't always white. Quite often, they take all sorts of shades: light and dark blue, green. What's more, rarer minerals, such as complex iron and manganese oxides (and maybe others), drip on the rocks to form black laces on calcite concretions or create iridescent flows on large gypsum crystals...*

*Even mud, rather than creating the usual shapeless heaps, enjoys itself creating huge, improbable mushrooms.*

*Without a doubt, these are the most varied, rare and aesthetically precious ensemble of concretions in the world. Those who are observing in rapture don't care at all that the macro crystals are formed in stable conditions of low saturation, while the eccentrics wander in space for reasons related to the lack of gravity caused by capillary motions... or that the green color is*

*generated by a certain concentration of nickel ions, light blue is due to copper and iron and manganese create hues ranging from golden yellow to black.*

*Despite its being of exceptional aesthetic value, and its being in theory well protected by the very same mountains that hide it, this enchanted world is overly fragile. The unaware movement of a single person could scar it permanently, smearing it with mud or with acetylene smoke, and carelessness or greed could even lead to its destruction. For this reason French speleologists have long taken action to ensure its perfect conservation. Indeed, all the caves containing these concretions have been closed up with heavy iron gates and accesses are tightly regulated.*

*In order to avoid the danger of involuntary aesthetic damage acetylene has been completely banned; for the same reason, before entering the caves with the concretions one has to take off all the equipment that has been used to get to that point*



*Grotta di Mont Marcou: aragoniti verdi e bianche / Mont Marcou cave: green and white aragonites*

cui si trovano sono state chiuse con pesanti cancelli metallici e l'accesso al loro interno è regolamentato da ferree regole.

Per evitare il pericolo di involontari danni estetici, l'uso dell'acetilene è del tutto bandito; per lo stesso motivo, prima di avventurarsi nelle sale concrezionate, si è obbligati a togliersi tutta l'attrezzatura, utilizzata fino a quel momento, da sostituire con materiali assolutamente puliti; inoltre per rendere più attenta la progressione ed evitare pericoli di rotture, certo involontarie, ma non per questo meno dannose, si avanza senza caso protettivo e a volte scalzi.

Ma tutto questo non basta... e allora volontariamente gli speleo francesi si autolimitano, rinunciando addirittura al piacere di poter osservare direttamente queste meraviglie della natura: il privilegio di poter arrivare al loro cospetto, infatti, è limitato a poche persone l'anno (in alcuni casi solo 3) e definito sulla base di rigorose motivazioni scientifiche.

Queste strettissime misure di salvaguardia, cui si affiancano e si sommano quelle legali dello stato francese, hanno permesso che l'insieme degli incredibili speleotemi esistenti in queste grotte si sia conservato sino ad oggi in maniera assolutamente perfetta e, cosa ancora più importante, non corra alcun pericolo nel futuro più o meno prossimo.

Recentemente, poi, è stato deciso di condividere questi tesori naturali con tutto il resto del mondo: infatti il complesso delle concrezioni esistenti in queste grotte del sud della Francia, per la sua eccezionalità ed unicità, ha convinto il governo a presentare formale richiesta all'UNESCO per farle dichiarare patrimonio mondiale dell'umanità.

Se ciò avverrà, le grotte del Sud della Francia diventerebbero quindi il decimo sito classato dall'UNESCO per motivi strettamente carsico-speleologici, dopo il Saint Paul Underground River nelle Filippine, la Mammoth Cave e le Carlsbad Caverns negli Usa, Desembarco del Granma a Cuba, San Canziano in Slovenia, Agtelek in Ungheria-Slovacchia, i laghi di Plitvice in Croazia, Ha Long Bay in Vietnam, Gunung Mulu a Sarawak.

La domanda sarà esaminata in via definitiva all'inizio del prossimo anno e per gli speleologi tutti sarà una grande gioia se sarà accettata, mentre per quelli di oltralpe costituirà anche e soprattutto il riconoscimento definitivo della correttezza e lungimiranza dei loro comportamenti, spontaneamente adottati già da molto tempo.

*and don completely clean materials. Besides, in order to make the progression even more careful and avoid any risk of breakage, unintentional, surely, but damaging all the same, often progression is carried out without a helmet and, at times, even with bare feet.*

*But all this is not enough... so French speleologists willingly restrain themselves, giving up the pleasure of being able to watch such wonders of Nature in person. The privilege to stand in front of them in person is in fact limited to few persons per year (at times just three) and is based on rigorous scientific needs. These exceptionally strict preservation measures, to which one must compound those issued by the French government, allowed the absolutely perfect preservation of the incredible speleothemes found in these caves and, more importantly, will guarantee that they will not be endangered in the foreseeable future.*

*Recently, it has been decided to share these natural treasures with the rest of the world. The unique and exceptionality of the concretions found in these caves in the south of France led its government to formally ask UNESCO to declare them a World Heritage Site. Should this happen, the caves in southern France would be the tenth site to be enlisted by UNESCO for strictly speleological reasons, after S. Paul underground river in the Philippines, Mammoth Cave and the Carlsbad Caverns in the USA, Desembarco del Granma in Cuba, San Canziano in Slovenia, Agtelek in Hungary and in Slovakia, the lakes of Plitvice in Croatia, Ha Long Bay in Vietnam and Gunung Mulu in Sarawak.*

*France's application will be considered at the beginning of 2007 and, if accepted, it will be a great joy for all speleologists. In particular, it will be the ultimate acknowledgment of the correctness and farsightedness of our French colleagues, who have voluntarily endorsed the proposed rules for quite some time now.*



Grotta di Asperge: aragonite aculare blu / Asperge cave: blue aragonite needles



Grotta Cigalère: concrezioni di ferro e manganese su cristalli di gesso / Cigalère cave: iron and manganese speleothems over gypsum crystals

# TIKVES LAKE

## Macedonia Selvaggia



Lago Tikves /Tikves Lake

LA VENTA

ESALOT 22/001/16/06/09/15/HE

## Francesco Lo Mastro, Giuseppe Savino

### *Tikves Lake Wild Macedonia*

Ci si chiederà come mai un'associazione come La Venta, nata dalla speleologia e da anni impegnata in esplorazioni in ambienti estremi, decida all'improvviso di organizzare, sostenere e partecipare a progetti apparentemente distanti dai suoi principali campi d'azione e d'interesse. La ragione è che ci siamo resi conto che la nostra attività non poteva essere lasciata fine a se stessa e limitata al solo studio degli aspetti fisici dei territori esplorati. Potevamo fare di più, allargare i nostri orizzonti, mettere a disposizione le nostre conoscenze e la professionalità per sviluppare dei progetti che analizzassero a trecentosessanta gradi le problematiche legate alle aree esplorate, sviluppando linee di tutela ambientale, della biodiversità, del sottosuolo, delle acque, fino ad analizzare anche gli aspetti antropologici di un territorio.

I nuovi impegni riguardano la conoscenza degli aspetti naturalistici, la tutela dell'ambiente e la gestione del terri-

*One might wonder why an association such as La Venta, born from speleology and dedicated for many years now to the exploration of extreme environments, all of a sudden decides to organize, support and participate in projects that are apparently very far from its main field of action and interest. The reason is that we realized how our activity should not have been just self-centered, limited to the mere study of the physical features of the territories we explored. We could do more; we could widen our horizons and make our knowledge and skills available to projects that would analyze all aspects of the explored areas, such as drawing guidelines for the protection of the environment, biodiversity, underground and waters. We go all the way, even studying the anthropological aspects of a territory.*

*Our new projects deal with the knowledge of the naturalistic aspects, as well as with the protection and management of the environment, of the geographic areas under study. All this is*

torio nelle aree geografiche toccate. Tutto questo avvalendosi di esperti; nel caso della Macedonia, del quale diamo qui notizia, di biologi, zoologi ed ornitologi, con l'appoggio di istituzioni locali ed internazionali.

L'input giunse nel 2003 con il progetto *Operazione Laerte*, la reintroduzione sulle falesie della zona di protezione speciale della gravina di Laterza (Taranto) di un piccolo di Capovacciao (avvoltoio del genere *Neophron percnopterus*) proveniente dal centro WWF di riproduzione di Semproniano (Grosseto), con la collaborazione della sezione Lipu locale e dell'associazione La Venta.

L'esperimento, che si ripete da ormai tre anni, visti gli esiti positivi, ci ha indotti alla decisione di approfondire lo studio sulle popolazioni di rapaci e avvoltoi oltre i confini nazionali, in quelle aree balcaniche ancora interessate dalla presenza indisturbata di colonie di questi rari uccelli, toccando l'Albania nel 2004 e la Macedonia nel 2005 e in questo ultimo anno.

La prima spedizione, "Macedonia 2005", fu essenzialmente ricognitiva del territorio toccando i principali siti di permanenza e nidificazione attraverso parchi nazionali e zone protette del paese. Le tappe più significative furono le aree delle zone lagunari d'Ohril e Prespansko (parco nazionale Galicica), Prilep (parco Markovi Kuli), Kavadarçj (riserva naturale di Tikves) e Negotino (Demir Capija Gorge), oltre ai numerosi siti di nidificazione sparsi in tutta l'area meridionale verso il confine greco. Dieci giorni di intensa attività in stretta collaborazione con Tome e Emanuel Lisicanec, rispettivamente presidente e segretario dell'associazione "Wild Flora & Fauna Fund" di Kavadarçj, permanendo nelle aree di nidificazione di Grifoni (*Gyps fulvus*) e Capovacciai (*Neophron percnopterus*), raggiungendo zone di interesse carsico e geologico, tessendo rapporti con le organizzazioni naturalistiche locali, non trascurando, infine, l'aspetto antropico delle aree visitate in relazione all'impatto ambientale.

La seconda spedizione, "Macedonia 2006", della durata di dieci giorni sempre in compagnia degli amici macedoni lungo i 1500 km percorsi, ha incluso il ritorno a Kavadarçj, per verificare la permanenza in zona delle colonie osservate l'anno precedente e la realizzazione in loco di un carnaio (luogo in cui viene depositata della carne per i rapaci) per poter studiare e riprendere le specie in oggetto, nonché l'esplorazione della riserva naturale integrale di Tikves; in particolare lo studio, all'interno del profondo canyon del bacino omonimo, della popolazione di avvoltoi e rapaci che nidificano sulle alte falesie che delimitano

*done with the aid of experts; for the case in question, i.e., Macedonia, this means biologists, zoologists and ornithologists, with the support of local and international institutions.*

*The initial input came in 2003, with the Laerte Operation project: the reintroduction of an Egyptian vulture chick (Neophron percnopterus) into a protected area in southern Italy (Gravina di Laterza, Taranto). The bird came from the WWF reproduction center in Tuscany (Semproniano, Grosseto) and the operation was carried out with the help of the local LIPU branch and La Venta Association. The experiment has been successfully repeated for three years now and its positive outcome convinced us to further investigate the study of birds*

*of prey beyond the national borders. We decided to study the Balkan areas in which colonies of these rare birds still live undisturbed: Albania in 2004 and Macedonia in 2005 and 2006.*

*The first expedition, Macedonia 2005, has been essentially a territory survey, which touched the main nesting and living areas throughout the national parks and protected areas in the country. The most significant places we visited were the lagoon areas of Ohril and Prespansko (Galicica National Park), Prilep (Markovi Kuli Park), Kavadarçj (Tikves natural reservation) and Negotino (Demir Capija Gorge), besides the many nesting sites scattered along the southern area towards the Greek border. We spent ten days of intense activity, in close collaboration with Tome and Emanuel Lisicanec, President and Secretary of Kavadarçj's "Wild Flora and Fauna Fund" association, respectively. We stayed in the nesting areas of Griffon and Egyptian vultures (*Gyps fulvus* and *Neophron percnopterus*), reached areas of karst and geological interest, established relationships with local wildlife organizations. And, last but not least, we did not forget to consider the anthropic impact on the environment in the areas we visited. The second expedition, "Macedonia 2006", lasted for ten days and spanned 1500 kilometers, once again in the company of our Macedonian friends. We went back to Kavadarçj, to verify if the colonies we had spotted last year were still there and to set up a charnel house? Carnaio (a place in which to leave the meat for the bird of prey to feed on) in order to study and film them. Also, we explored the Tikves Natural Reservation, studying with particular attention the population of vultures and birds of prey that reproduce in the high cliffs located inside the deep canyon of the Tikves Basin, surrounding the 30-kilometer perimeter of the lake.*

*During the four days we spent inside the reservation we took a launch to navigate inside the many fiords that penetrate from the lake's shores towards the tall, high drop walls, where the*



i 30 km di sviluppo del lago. Nei quattro giorni di permanenza all'interno della riserva sono stati risaliti con una lancia a motore i numerosi fiordi che si approfondiscono dalle sponde del lago verso le alte pareti strapiombanti, luogo di nidificazione dei rapaci. Partendo dall'imbarcadere di Resava ci si è inoltrati nel ramo secondario del canyon del fiume Karenica sulla destra orografica e da lì fino alla zona più interna di Polos verso sud. Nell'area di Tikves sono state esplorate due cavità: una grossa caverna contenente le rovine di una cappella bizantina riccamente affrescata e una grotta d'interstrato a livello del lago, entrambe interessate da frequentazione di avifauna: la prima è infatti dimora di un imponente Gufo reale (*Bubo bubo*), difficilmente osservabile in natura; l'altra è sede di una numerosa colonia di Balestrucci (*Delichon urbica*) con i loro nidi costruiti sotto la volta a pochi centimetri sull'acqua.

L'itinerario è proseguito partendo dall'area di Vitace (Kavadarcj), seguendo il fiume Blasica in direzione del passo di Tribor (1442 m) nella catena montuosa del Kozjak. 30 km di sterrato tra boschi di querce (*Quercus sp.*) e abetaie (*Abies alba*) dimora di Lupi (*Canis lupus*) e degli ultimi esemplari di Orso bruno (*Ursus arctos*) per giungere nell'area di Manastir nella regione di Mariovo, dove le ultime osservazioni su un nido attivo di Grifone hanno concluso la spedizione di quest'anno.

Come si diceva, La Venta amplia e diversifica il suo campo d'azione e lo fa collaborando con altre associazioni ed enti dando vita a nuove idee e nuovi progetti. I nuovi partners sono il Museo Speleologico "Franco Anelli" - Grotte di Castellana, Altura-associazione per la tutela degli uccelli rapaci e dei loro ambienti e Wild Flora & Fauna Fund di Kavadarcj; le nuove idee riguardano invece lo studio di alcuni ambienti carsici in area mediterranea, abbinando la ricerca speleologica a quella naturalistica in senso più lato. Grotte, falesie e canyon sono gli habitat prescelti per osservare, come in questo caso, i rapaci delle diverse specie che li abitano. Le spedizioni Macedonia 2005 e 2006 hanno voluto approfondire questi aspetti conducendo

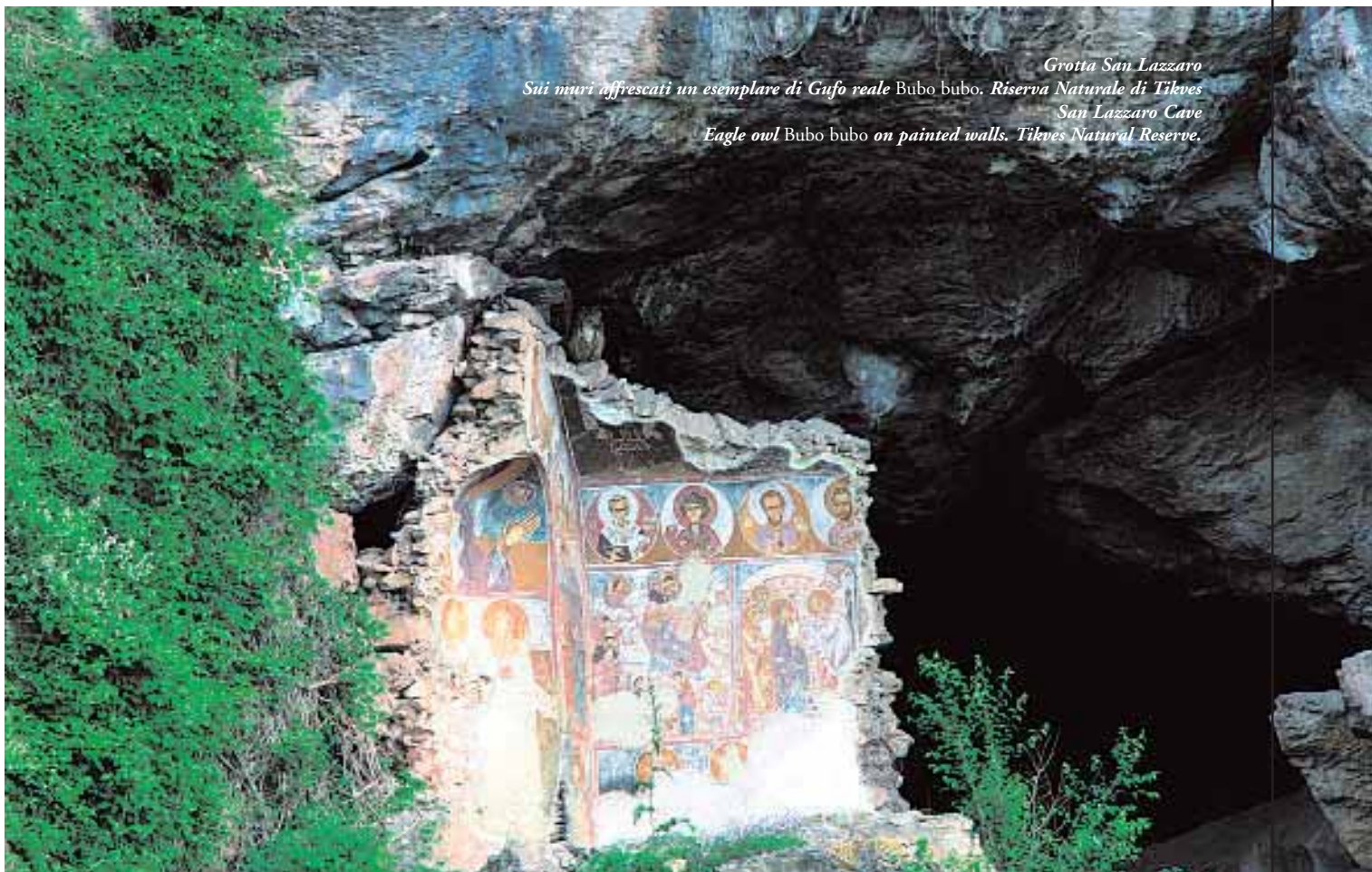
*birds of prey set their nests. Starting from the Resava Wharf, we entered the secondary branch of the Karenica's River, at the orographic right, and from there we proceeded to Polos' southern internal area. In the Tikves area we explored two caves: a large cavern containing the ruins of a lavishly frescoed Byzantine chapel and an inter-strata cave located at the lake level. Both of them hosted birdlife; the first one was home to a impressive Eagle Owl (*Bubo bubo*), difficult to observe in the wild, while the other hosted a large colony of House Martins (*Delichon urbica*), their nests built under the vault few centimeters above the water.*

*The journey continued from the Vitace area (Kavadarcj), following the Blasica River towards the Tribor Pass (1442 meters) in the Kozjak mountain range. Thirty kilometers of white road through oak (*Quercus sp.*) and silver fir (*Abies alba*) woods –populated by wolves (*Canis lupus*) and by the remaining brown bears (*Ursus arctos*)– took us into the Manastir area, in the Mariovo region. Here the latest sightings of an active Gryffon nest ended this year's expedition.*

*As previously mentioned, La Venta is widening and diversifying its field of action and is doing so by collaborating with other Associations and Institutions, originating new ideas and new projects. The new partners are the "Franco Anelli" Speleological Museum –Castellana Caves–; Altura, an association that protects birds of prey and their environment; Kavadarcj's Wild Flora & Fauna Fund. The new ideas concern the study of some Mediterranean karst formations, coupling speleological research with naturalistic investigation. Caves, falesies and canyons are the prime environments to watch, as in this case, the different species of birds of prey that populate them.*

*The two expeditions Macedonia 2005 and Macedonia 2006 aimed at further investigating these aspects carrying out explorations, studying and photographing mainly the Egyptian Vulture and the Griffon in their natural environment.*

*The first result of these expeditions has been the making of a documentary, initially presented at the important Convention of the Parks of the Mediterranean Area, Mediterre (Bari, September 29<sup>th</sup> to October 1<sup>st</sup>).*



Grotta San Lazzaro  
Sui muri affrescati un esemplare di Gufo reale *Bubo bubo*. Riserva Naturale di Tikves  
San Lazzaro Cave  
Eagle owl *Bubo bubo* on painted walls. Tikves Natural Reserve.

delle esplorazioni, studiando, fotografando e riprendendo soprattutto il Capovaccaio e il Grifone nel loro ambiente naturale.

Primo risultato di queste spedizioni è la realizzazione di un documentario che è stato presentato in prima battuta a Mediterre (Bari 27 settembre - 1 ottobre 2006), l'importante fiera dei parchi del bacino del Mediterraneo.

### I RAPACI DI TIKVES SITO STRATEGICO PER LA CONSERVAZIONE IN EUROPA

(Antonio Sigismondi, ornitologo)

La riserva integrale di Tikves rappresenta uno dei luoghi più importanti nei Balcani meridionali per la conservazione dei rapaci, le 23 specie segnalate per la riserva rappresentano, infatti, un vero record eguagliato da poche aree del paleartico occidentale.

L'area è particolarmente importante per gli avvoltoi, in particolare Grifone (*Gyps fulvus*) e Capovaccaio (*Neophron percnopterus*), in passato erano presenti anche le altre due specie di avvoltoi europei molto rari il Gipeto (*Gypaetus barbatus*) e l'avvoltoio Monaco (*Aegypius monachus*) oggi presenti saltuariamente.

Gli avvoltoi sono tra le specie di rapaci maggiormente minacciate, le principali cause che hanno portato sull'orlo dell'estinzione gli avvoltoi in molte zone dei Balcani sono, la riduzione delle fonti alimentari dovuta alla scomparsa/riduzione del pascolo, la morte da avvelenamento per bocconi avvelenati, il disturbo, la trasformazione degli habitat.

Tikves rappresenta un'oasi felice e un luogo strategico per la conservazione di queste specie in Europa: per anni in questa riserva la sopravvivenza dei Grifoni è stata garantita dalla passione commovente e disinteressata di Tome Lisicanet, oggi aiutato dal figlio Emanuel. La loro principale preoccupazione è stata quella di assicurare ai Grifoni una costante e sicura fonte alimentare creando e mantenendo attivo un carnaio dove in sicurezza i Grifoni possono alimentarsi, di questa attività di gestione e sorveglianza hanno goduto anche altre specie di rapaci. Il carnaio è infatti un richiamo irresistibile per molte altre specie come Aquile anatraie minori, Aquile imperiali, Capovacciai, tanto che ad un certo momento abbiamo contato in volo o sul carnaio quasi contemporaneamente ben dodici specie di rapaci, mentre complessivamente le specie osservate durante la spedizione sono state quindici, forse un record a

testimonianza dell'importanza della riserva di Tikves. L'attività di Tome ed Emanuel è risultata vincente e la colonia di Grifoni di Tikves, con i suoi 30/40 individui, è oggi una delle più importanti dei Balcani meridionali. L'esperienza di gestione portata avanti è anche alla base di uno straordinario progetto internazionale di conservazione, in fase di progettazione, teso alla reintroduzione

### BIRDS OF PREY IN TIKVES, A STRATEGIC SITE FOR CONSERVATION IN EUROPE

(By Antonio Sigismondi, Ornithologist)

*Tikves integral natural reserve is one of the most important Balkan areas for the conservation of birds of prey. Indeed, the 23 species reported within the area represent a real record, matched by very few areas in western palearctic.*

*The area is particularly important for vultures, mainly Griffons (*Gyps fulvus*) and Egyptian Vultures (*Neophron percnopterus*). In the past there were also the other two very rare European species, Bearded Vultures (*Gypaetus barbatus*) and Cinereus Vultures (*Aegypius monachus*). The latter two species are now reported only sporadically.*

*Vultures are amongst the most endangered birds of prey. The main reasons that brought vultures to the brink of extinction in many Balkan areas are: the reduction/disappearance of cattle herds, that in turn decreased food availability, the deaths caused by poisoned baits, habitat disruption and transformation.*

*Tikves hence is a happy oasis, as well as a strategic place for the conservation of these species in Europe. For many years in this reserve the Griffons' survival has been assured by the moving and disinterested passion of Tome Lisicanet, now helped by his son Emanuel.*

*Their main concern has been providing the Griffons with a safe and reliable source of food, creating and maintaining a charnel house in which they could safely feed. Other species of birds of prey have been able to take advantage of this management and surveillance activity; the feeding facility has indeed been an irresistible attraction for species like Lesser Spotted Eagle, Imperial Eagle and Egyptian Vulture. At one point we counted twelve different species of birds of prey almost simultaneously on site, out of the fifteen we observed during the whole expedition. This was almost a record number, which highlights the importance of the Tikves Reserve.*

*Tome and Emanuel's activity has proved successful and Tikves' Griffons colony, 30 to 40 strong, is now one of the most important in the southern Balkans.*

*This management experience provided the basis for an extraordinary, international conservation project currently under development, whose aim will be the reintroduction of the Black Vulture in the reserve.*

*The high number of birds of prey living in the park is probably due to several factors: its orographic conformation, the kinds of environment and its geographical position. Amongst the main interacting ecosystems are a wide plateau, the canyon and the tall, wood-covered mountains.*

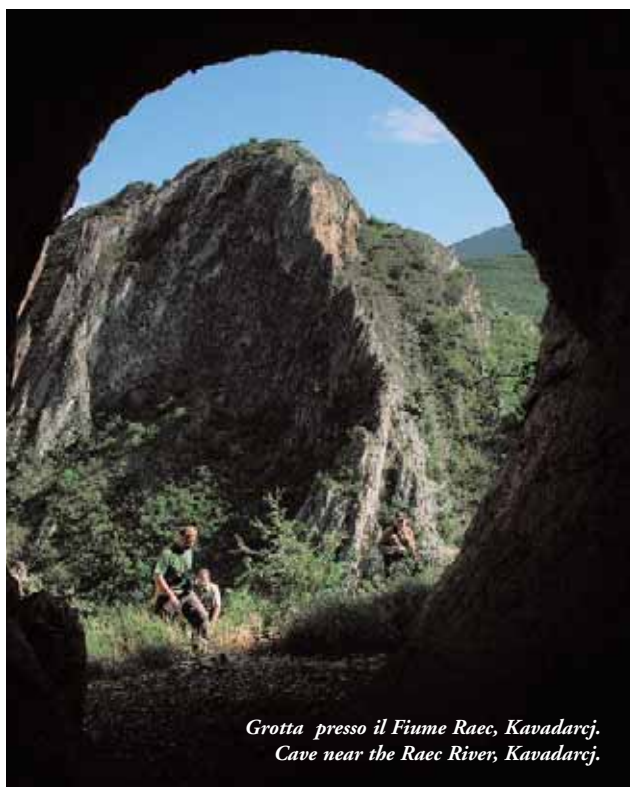
*The bushy pasture plateau, where hundreds of sheep graze (there used to be millions), is an open environment; rich in micro-mammals, insects, carcasses and sheep placentas (the main food source for vultures), this is the ideal feeding ground for all types of birds of prey.*

*On the other hand, the immense canyon and the surrounding woods-covered mountains (more than 2000 meters high) are*



Capovaccaio / Egyptian Vulture. *Neophron percnopterus*





*Grotta presso il Fiume Raec, Kavadarci.  
Cave near the Raec River, Kavadarci.*

dell'Avvoltoio monaco nella riserva.

La ricchezza di rapaci della riserva è spiegabile probabilmente con la conformazione orografica, gli ambienti presenti e la posizione geografica. Tre gli ecosistemi principali interagenti tra loro vi sono un grande altopiano, il canyon e le alte montagne ricoperte di boschi.

L'altopiano a pascolo cespugliato, dove pascolano centinaia di migliaia di pecore, che in passato erano milioni, è un ambiente aperto, ideale area trofica per tutte le specie di rapaci, ricco di micromammiferi, insetti, carcasse e placente di pecore, principale fonte alimentare per gli avvoltoi.

Mentre l'immenso canyon e le montagne sovrastanti ricche di boschi, che superano i 2000 metri, essendo ambienti disabitati sono degli ideali siti riproduttivi per molte specie.

È dal crogiuolo di questi ambienti che nasce l'importanza ambientale della riserva di Tikves, ricca non solo di rapaci ma di molte altre importanti specie, quali Cicogna bianca, Cicogna nera, Gufo reale, Averla piccola, Zigolo capinero, Coturnice, ecc.

Lo scopo del nostro viaggio è stato documentare la ricchezza di biodiversità di questo remoto angolo della Macedonia per farlo conoscere e creare le condizioni per una migliore salvaguardia di questo patrimonio.

#### Le specie di rapaci osservate durante la spedizione:

Falco pecchiaiolo *Pernis apivorum*  
 Capovaccaio *Neophron percnopterus*  
 Grifone *Gyps fulvus*  
 Biancone *Circaetus gallicus*  
 Astore *Accipiter gentilis*  
 Sparviere *Accipiter nisus*  
 Poiana *Buteo buteo*  
 Poiana codabianca *Buteo rufinus*  
 Aquila anatraia minore *Aquila pomarina*  
 Aquila imperiale *Aquila heliaca*  
 Aquila reale *Aquila crhyasaetos*  
 Grillaio *Falco naumanni*  
 Gheppio *Falco tinnunculus*  
 Lodolaio *Falco subbuteo*  
 Pellegrino *Falco peregrinus*

deserted environments and hence are the ideal reproductive site for many species.

The natural relevance of Tikves Reserve stems from the merging of these environments, rich not just in birds of prey but also in many other important species, such as the White Stork, Black Stork, Eurasian Eagle Owl, Red-backed Shrike, Black-headed Bunting, Rock Partridge, etc.

The goal of our expedition was to document the rich biodiversity of this remote corner of Macedonia, in order to make it known to the rest of the world and create the conditions for a better protection of such a patrimony.

#### Species of birds of prey spotted during the expedition:

Honey Buzzard, *Pernis apivorum*  
 Egyptian Vulture, *Neophron percnopterus*  
 Griffon, *Gyps fulvus*  
 Short-toed Eagle, *Circaetus gallicus*  
 Goshawk, *Accipiter gentilis*  
 Sparrowhawk, *Accipiter nisus*  
 Common Buzzard, *Buteo buteo*  
 Long-legged Buzzard, *Buteo rufinus*  
 Lesser Spotted Eagle, *Aquila pomarina*  
 Imperial Eagle, *Aquila heliaca*  
 Golden Eagle, *Aquila crhyasaetos*  
 Lesser Kestrel, *Falco naumanni*  
 Common Kestrel, *Falco tinnunculus*  
 Eurasian Hobby, *Falco subbuteo*  
 Peregrin Falcon, *Falco peregrinus*



*Grifone / Griffon. Gyps fulvus*

ROBERTA TEDESCHI

**IL LASER SCANNER E LE NUOVE TECNOLOGIE PER L'ACQUISIZIONE, LO STUDIO, LA SALVAGUARDIA E LA DIVULGAZIONE DEL PATRIMONIO CARSIICO**

Il Laser Scanner rappresenta il sistema più innovativo di rilievo che consente la creazione di banche dati geometriche tridimensionali di precisione. Utilizzato nei più svariati settori si è dimostrato indispensabile anche per l'acquisizione e lo studio del patrimonio carsico.

Lo strumento si caratterizza per la capacità di acquisire le coordinate spaziali e il valore cromatico RGB di milioni di punti delle superfici rilevate, creando delle "nuvole di punti" colorate. La precisa conoscenza delle caratteristiche dimensionali e morfologiche delle cavità, ottenuta rispettando le esigenze di tutela dell'ambiente ipogeo, consente a partire dalle nuvole di punti, opportunamente elaborate, la creazione di modelli 3D, dai quali si possono estrapolare informazioni dimensionali e dati utilizzabili a scopo progettuale, di monitoraggio ambientale, di studio, di ricerca e divulgativo.

I dati acquisiti forniscono la base per elaborazioni di tavole grafiche 2D e modelli 3D, con applicate texture derivate dalle immagini rilevate dalla fotocamera digitale coassiale allo strumento, che consentono la creazione di una serie di strumenti comunicativi a forte componente visiva e emozionale come le animazioni virtuali interattive, immagini e filmati stereoscopici oltre a plastici in scala ottenuti da stampante a prototipazione rapida e pantografo a controllo numerico.

Questi prodotti, trasmissibili al pubblico in modo innovativo, consentono di ampliare, facilitare e stimolare l'accesso al patrimonio carsico e ai contenuti di natura scientifica associati a questi ambienti. La realtà virtuale, derivata dalle scansioni laser, amplificata dalla visione stereoscopica, oltre a consentire l'esplorazione virtuale delle Grotte a quanti non fossero in grado di affrontare direttamente la visita, supporta l'azione di tutela del patrimonio carsico, fornendo una parziale soluzione al problema della compatibilità tra lo sfruttamento a fini turistici degli ambienti sotterranei e le esigenze conservative degli stessi, consentendo di ridurre l'accesso al pubblico in limitate aree delle cavità carsiche ma rendendo visitabili - solo in modo simulato - gli ambienti esplorati nella loro interezza.

La conservazione del patrimonio carsico è legata alla consapevolezza che la salvaguardia e la gestione dei beni ambientali presuppone la loro approfondita conoscenza.

La realtà virtuale, derivata dalle scansioni laser, amplificata dalla visione stereoscopica, oltre a consentire l'esplorazione virtuale delle Grotte a quanti non fossero in grado di affrontare direttamente la visita, supporta l'azione di tutela del patrimonio carsico, fornendo una parziale soluzione al problema della compatibilità tra lo sfruttamento a fini turistici degli ambienti sotterranei e le esigenze conservative degli stessi, consentendo di ridurre l'accesso al pubblico in limitate aree delle cavità carsiche ma rendendo visitabili - solo in modo simulato - gli ambienti esplorati nella loro interezza.

La conservazione del patrimonio carsico è legata alla consapevolezza che la salvaguardia e la gestione dei beni ambientali presuppone la loro approfondita conoscenza.

**THE LASER SCANNER AND THE NEW TOOLS FOR ACQUIRING, STUDYING, PRESERVING AND POPULARIZING THE KARST HERITAGE**

*The Laser Scanner is the most innovative mapping system capable of creating accurate 3D geometric databases. Currently in use in many different fields, it has proven invaluable for studying and mapping karst environments, for which it also partially solved the compatibility problem existing between preservation and touristic exploitation of the underground world.*

*The instrument is characterized by its ability to acquire the spatial coordinates and the RGB chromatic values of millions of points on the scanned surfaces, thereby creating colored "point clouds". Knowing the precise morphological and dimensional features of the caves, obtained while respecting the preservation needs of the hypogean environment, allows to use these clouds of points to create 3D models. These in turn can be used to extract dimensional information, as well as useful data for activities such as designing, environmental monitoring, researching and popularizing. Acquired data provide the basis towards the making of 2D graphic maps and 3D models, which include the*



*textures derived from the images taken by a co-axial camera attached to the scanner. Such maps and models then allow to create powerful communication tools with a strong visual component, such as interactive virtual animations, stereoscopic stills and footage, as well as scale models created by rapid prototyping printing and numerically controlled pantograph. These products can be divulged to the public in an innovative fashion and allow to expand, facilitate and stimulate the fruition of the karst environments, as well as of their scientific aspects.*

*The constant search for unusual destinations has led to the touristic valorization of underground environments; for this reason, the cultural appeal of these fragile ecosystems has to be accompanied by proper communication tools, aimed at achieving a specific knowledge and environmental awareness leading to eco-responsible behaviors.*

*Virtual reality, created from laser scanning and amplified by stereoscopic vision, not only allows the exploration of caves to all the people who could not face the actual visit but also support the preservation of karst environments. Specifically, they partially solve the problem of reconciling touristic exploitation and preservation, by restricting public access to limited areas of the caves while making all the systems entirely visitable in a simulated fashion.*

*Preservation of karst environments depends on the awareness that protection and management of any asset depends on the thorough knowledge of its features.*



**GROTTE E  
STORIE  
DELL'ASIA  
CENTRALE**  
(italiano, english)



**RÍO LA VENTA  
TESORO DEL  
CHIAPAS**  
(italiano, english,  
español, français)



**RÍO LA VENTA  
TESORO DEL  
CHIAPAS**  
(cd-rom)  
(italiano, english,  
español, français)



**MERAVIGLIE  
DEL MONDO  
SOTTERRANEO**  
(italiano, français)



**GROTTE DI  
CIELO  
VIAGGIO NEL  
CUORE DEI  
GHIACCIAI**  
(italiano)



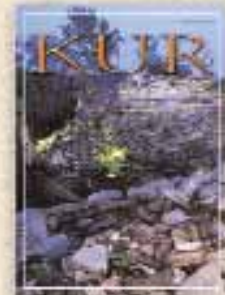
**SOTTO IL  
DESERTO  
IL MISTERO  
DELLE ACQUE  
DI CUATRO  
CIÉNEGAS**  
(italiano, english,  
español)



**SOTTO IL  
DESERTO  
IL MISTERO  
DELLE ACQUE  
DI CUATRO  
CIÉNEGAS**  
(cd-rom)  
(italiano, english,  
español)



**KUR 1**  
(italiano, english)



**KUR 2**  
(italiano, english)



**KUR 3**  
(italiano, english)



**KUR 4**  
(italiano, english)



**KUR 5**  
(italiano, english)



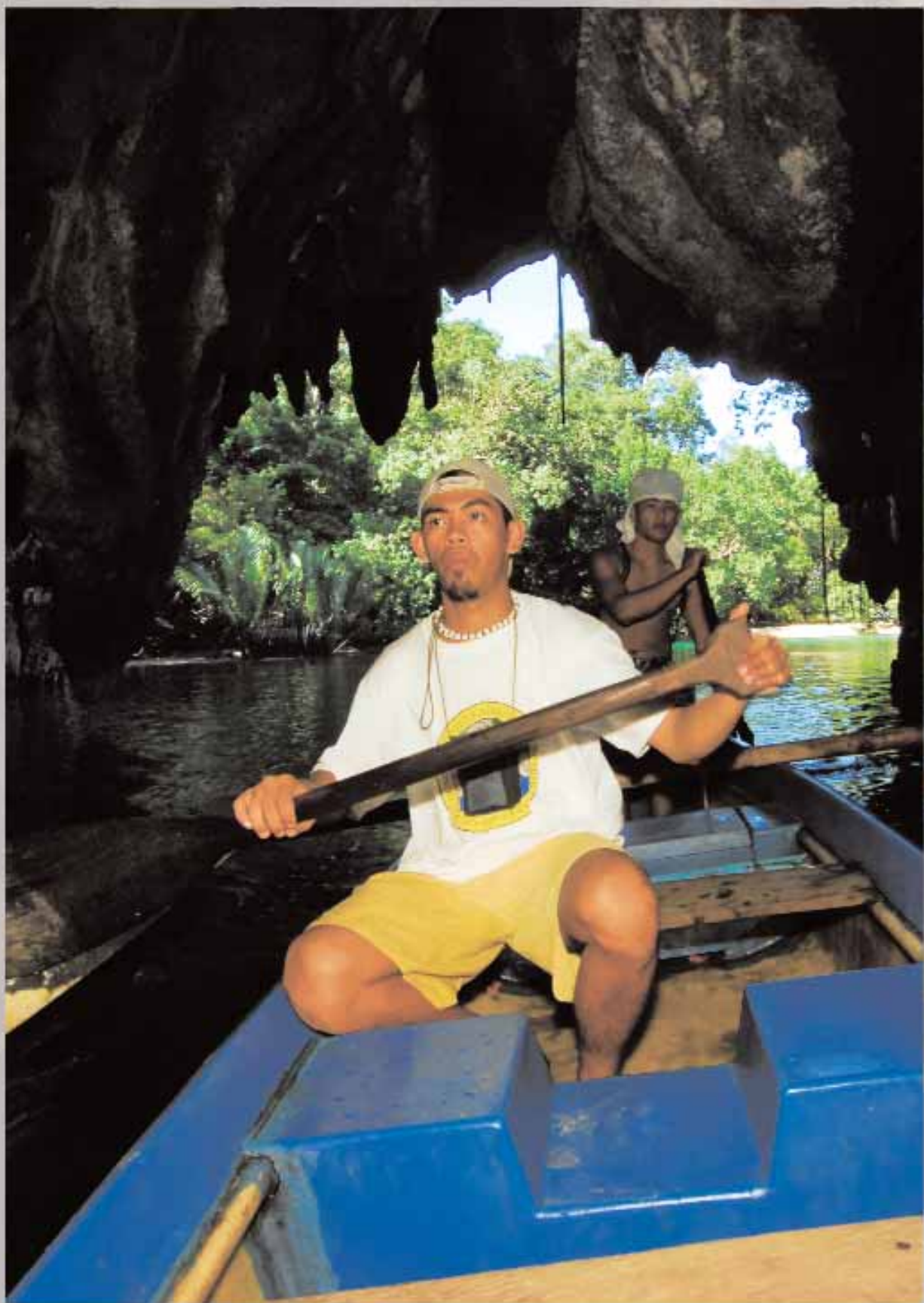
**KUR 6**  
(italiano, english)



**KUR 7**  
(italiano, english)

# KUR

www.laventa.it



**LA VENTA**

ESPLORAZIONI GEOGRAFICHE

## SINTESI DELLE CONOSCENZE SUL CARSIAMO DEL CANYON JUQUILA, OAXACA, MESSICO

Marco Mecchia, Leonardo Piccini

### 1. Inquadramento geografico

Nel settore settentrionale dello stato di Oaxaca si trova una fascia montuosa orientata NNW-SSE formata da diverse dorsali: la Sierra Mixteca-Zapoteca a Ovest della valle di Tehuacán-Cuicatlán e la Sierra Mazateca, la Sierra de Juarez e la Sierra de Zongolica ad Est.

Queste catene sono costituite da depositi del Cretacico in buona parte calcarei, nei quali il fenomeno carsico è presente con sistemi sotterranei anche grandiosi. In particolare, nella Sierra Juarez-Mazateca si trovano le grotte più profonde dell'intero continente americano, il sistema Chev  (-1484 m) e il sistema Huautla (-1475 m), con decine di chilometri di gallerie esplorate.

L'area interessata dalle esplorazioni dell'Associazione La Venta   quella tagliata dall'imponente canyon del Rio Juquila (o Xiquila), che attraversa la catena calcarea Mixteca-Zapoteca dal versante occidentale a quello orientale, raccogliendo le acque di un vasto altopiano carsico con vette che superano i 2600 m di quota. Le acque del Rio Juquila raggiungono poi il Rio Salado nella Valle di Cuicatlán, corso d'acqua che drena nel Golfo del Messico.

Il territorio esplorato nelle spedizioni del 2002 (De Vivo, 2003a), 2003 (Bernabei et al., 2003), 2004 e 2006   compreso fra i 18°05' e i 17°50' di latitudine Nord e i 97°10' e i 97°20' di longitudine Ovest. L'intera area carsica si sviluppa per circa 200 km dai dintorni di Tehuacán (Puebla) a Nord fino alla citt  di Oaxaca a Sud. Dal punto di vista amministrativo, l'area fa parte delle comunit  di Tepelmeme de Morelos e di Santa Maria Ixcatlán e rientra nell'area semidesertica protetta della Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, celebre per le cactacee colonnari (De Vivo, 2003b).

Per quanto riguarda il clima, il bacino di Tehuacán e i rilievi a SW di questo sono caratterizzati da un regime semi-arido, con precipitazioni che variano da 250 a 500 mm, in funzione dell'altitudine, concentrate nei mesi da Giugno a Settembre. Le precipitazioni sono scarse principalmente a causa dell'effetto barriera operato dai rilievi posti pi  a Est, che invece risentono delle correnti umide provenienti dal Golfo del Messico. Non esistendo stazioni pluviometriche, non   possibile stimare in modo affidabile l'entit  delle precipitazioni, ma   probabile che sull'altopiano, a quote superiori a 2200 m, le piogge raggiungano i 500-600 mm annui.

### 2. Evoluzione geologica dell'area

Per documentarsi sulla geologia dell'area non sono disponibili

## A SYNTHESIS ON THE KNOWLEDGE OF THE KARST PHENOMENON OF THE JUQUILA CANYON, OAXACA, MEXICO

Marco Mecchia, Leonardo Piccini

### 1. Geographical setting

*In the northern section of the state of Oaxaca there is a mountain band oriented NNW-SSE formed by several ranges: the Sierra Mixteca-Zapoteca, West of the Tehuacán-Cuicatlán valley, and the Sierra Mazateca, the Sierra de Juarez and the Sierra de Zongolica, East of it.*

*Such ranges are made up by mainly calcareous deposits of the Cretaceous, in which the karst phenomenon is present with majestic underground systems. In particular, the Sierra Juarez-Mazateca hosts the deepest caves of the whole American continent, the Cheve system (-1484 m) and the Huautla system (-1475 m) with tens of kilometres of explored galleries.*

*The area object of exploration by the association La Venta is that cut by the imposing canyon of Rio Juquila (or Xiquila), which crosses the Mixteca-Zapoteca limestone range from its western to its eastern side and collects the waters of a vast karst highland with mountains passing 2600 m in altitude. The waters of Rio Juquila then reach Rio Salado in the Cuicatlán valley, a water course draining into the Gulf of Mexico.*

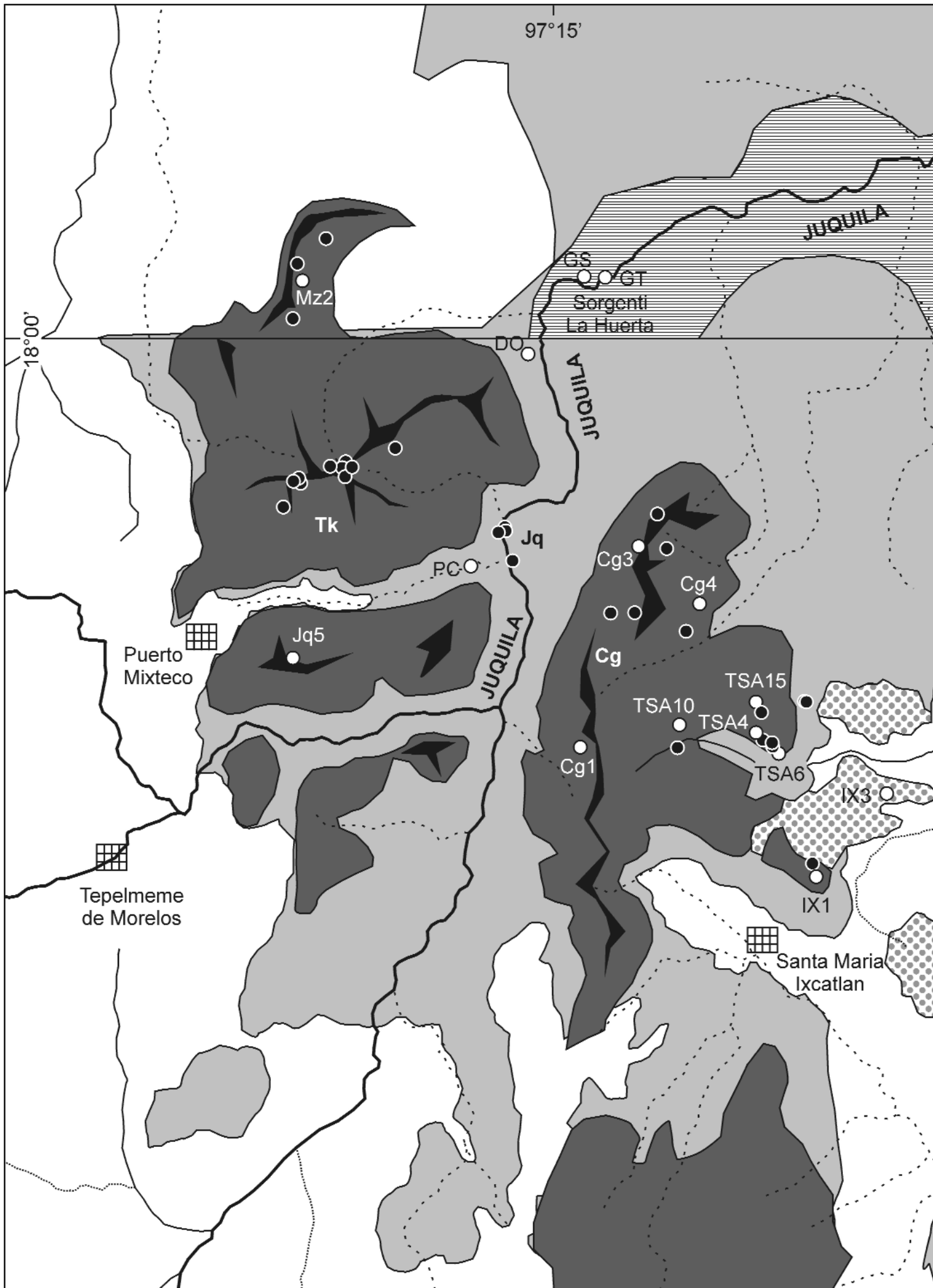
*The territory explored in the 2002 (De Vivo 2003a), 2003 (Bernabei et al., 2003), 2004 and 2006 expeditions is included between 18° 05' and 17° 50' latitude N and 97° 10' and 97° 20' longitude W. The whole karst area develops for about 200 km from the surroundings of Tehuacán (Puebla) in the North to the city of Oaxaca in the South.*

*From an administration point of view, the area belongs to the communities of Tepelmeme de Morelos and Santa Maria Ixcatlán and is part of the protected semi-desert area of the*

*pagine seguenti / Following pages*

Carta dell'area carsica di Juquila. Sono rappresentate le grotte, il reticolo dei corsi d'acqua e dei fossi principali, l'altopiano calcareo, i limiti dell'affioramento dei calcari, dei calcari con livelli marnosi del Cretacico inferiore e dei conglomerati del Terziario (tratti dalla Carta Geologica del Messico - INEGI).

*Map of the Juquila karst area, showing the caves, the network of the water courses and the main ditches, the limestone highland, the limits of the outcrops of limestone, limestone with marl levels of lower Cretaceous, conglomerates of the Tertiary (from Geological Map of Mexico - INEGI).*



97°00'

# CARTA DELL'AREA CARSIICA DI JUQUILA, OAXACA, MESSICO

10 km

Foglio Geologico ORIZABA

Foglio Geologico OAXACA

Rio Seco

RIO SALADO

- 
- Calcare con livelli marnosi
  - Calcari
  - Conglomerati calcarei
  - Grotte principali
  - Grotte minori
  - Altopiano calcareo sopra q. 2200 m

li molte fonti. In primo luogo, la carta geologica del Messico in scala 1:250.000, nei due fogli E14-9 Oaxaca (settore meridionale del canyon) e E-14-6 Orizaba (settore settentrionale), che, accostati, presentano alcune differenze di interpretazione. Inoltre, si possono consultare alcuni studi a scala regionale, e in particolare il recentissimo lavoro di Nieto-Samaniego et al. (2006), dove è descritta l'evoluzione geologica del bacino marino di Tlaxiaco, all'interno del quale, nel Cretacico, si sono depositati i calcari della catena Mixteca-Zapoteca, ed è analizzata l'attività della grande faglia di Oaxaca che borda la dorsale calcarea ad Est. Un altro recentissimo studio pubblicato in internet è la tesi di dottorato di Dávalos-Álvarez (2006) dedicata all'evoluzione tettonica dal Cenozoico ad oggi di un'area centrata nella Valle di Tehuacán, poco a nord del canyon Juquila.

Mancando studi geologici specifici sull'area del canyon Juquila, possiamo tentare di ipotizzare l'evoluzione geologica e del carsismo solo a grandi linee.

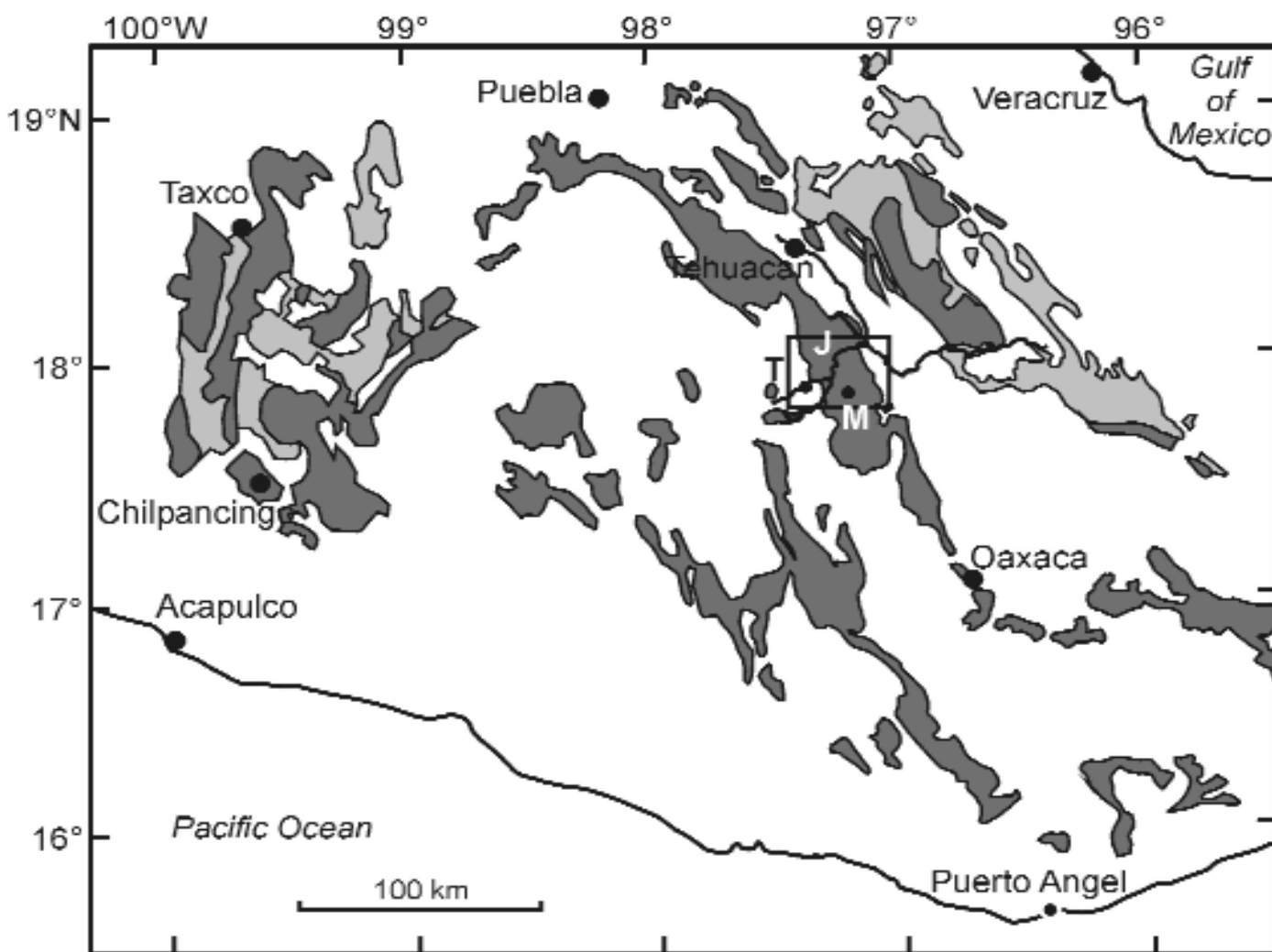
Un punto di inizio nell'evoluzione della topografia dell'area è rappresentato dall'orogenesi Laramide, durante la quale l'area è stata spinta e traslata verso Est producendo le principali

*Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, world known for its columnar cactuses (De Vivo 2003b).*

*As regards the climate, the Tehuacán basin and its SW massifs are characterized by a semi-arid regimen, with rainfalls ranging from 250 to 500 mm, depending upon the altitude, concentrated in the months of June through September. Rainfalls are scarce mainly due to the barrier effect operated by the more eastern mountains, which instead experience the humid currents coming from the Gulf of Mexico. Since there are no pluviometric stations, it is not possible to give a reliable evaluation of the rainfalls, but most probably, on the highland above 2200 m of altitude, they may reach 500-600 mm per year.*

## 2. Geological evolution of the area

*Sources on the geology of the area are not abundant. In the first place, the geological map of Mexico in scale 1:250000, and in particular the two sheets E14-9 Oaxaca (southern sector of the canyon) and E14-6 Orizaba (northern sector) which, once drawn near, present some differences of interpretation. Furthermore, some studies at regional scale may be consulted, and*



Depositi marini del Cretacico del Messico meridionale, prevalentemente calcarei nel Cretacico inferiore (grigio scuro), clastici e in parte calcarei nel Cretacico superiore (grigio chiaro). Il piccolo riquadro individua l'area carsica di Juquila, nella sierra Mixteca-Zapoteca. J: Canyon Juquila; T: Tepelmeme de Morelos; M: Santa Maria Ixcatlán.

*Sea deposits of the Cretaceous in southern Mexico: mainly limestone in Lower Cretaceous (dark grey), clastic and partially limestone in upper Cretaceous (light grey). The small box shows the karst area of Juquila, in the sierra Mixteca-Zapoteca. J: Canyon Juquila; T: Tepelmeme de Morelos; M: Santa Maria Ixcatlán.*



strutture tettoniche compressive della catena Mixteca-Zapoteca.

La faglia di Oaxaca è la struttura regionale che ha controllato l'evoluzione tettonica di questa regione del Messico. Si tratta di una zona di deformazione formata da strutture con direzione generale N-S nel segmento meridionale (da Teotitlán fino alla città di Oaxaca), e NW-SE in quello più settentrionale (da Tehuacán nello stato di Puebla, a Teotitlán). La catena carbonatica Mixteca-Zapoteca si erge ad Ovest della faglia, che forma anche il bordo orientale della Valle di Tehuacán.

I rilevamenti geologici effettuati nella regione hanno evidenziato la mancanza di depositi fra quelli marini del Cretacico superiore e quelli continentali del Paleocene; questa discordanza racchiude temporalmente l'attività dell'orogenesi Laramide, che probabilmente si sviluppò in ambiente marino (Mossman e Viniestra, 1976) e si concluse con l'emersione della regione.

Alla fine del Paleocene-inizio Eocene, terminate le spinte compressive dell'orogenesi Laramide, si è avviata una fase di deformazione per estensione, che ha prodotto la frammentazione longitudinale della catena, determinando l'approfondimento della Valle di Tehuacán e il sollevamento delle sierra limitrofe: la Sierra Mixteca-Zapoteca a Ovest e la Sierra Mazateca ad Est. A questa fase distensiva si accompagna un vulcanismo effusivo di tipo andesitico che si protrae sino all'Oligocene.

La fase tettonica di estensione, prodotta dall'attività della faglia di Oaxaca, si è protratta fino al Quaternario con una serie di "pulsazioni", registrate nella copertura sedimentaria cenozoica della valle di Tehuacán. Secondo Dávalos-Álvarez le pulsazioni sono testimoniate da una successione di tre cicli di deposito di sedimenti continentali e nella progressiva deformazione, sviluppatasi in quattro eventi di fagliazione, che hanno portato al progressivo sollevamento delle *sierra* e approfondimento relativo della valle di Tehuacán.

Il progressivo innalzamento sopra il livello di base ha consentito la filtrazione dell'acqua nel sottosuolo e quindi lo sviluppo nel tempo dei sistemi carsici verso profondità via via maggiori. Riassumendo, la successione degli eventi geologici proposta da Dávalos-Álvarez (2006), nell'ambito della quale si deve inserire la genesi e l'evoluzione del carsismo dell'area di Juquila, è la seguente:

Nel Cretacico inferiore l'area è sommersa dalle acque marine. Nel Cretacico superiore, forse nel Santoniano (85 Ma), termina la deposizione sedimentaria.

Dal Cretacico superiore (85 Ma) alla fine del Paleocene (50 Ma) mancano depositi; all'interno di questo periodo si sviluppa l'orogenesi Laramide, con la formazione delle strutture compressive.

All'inizio dell'Eocene (50 Ma), terminata la deformazione compressiva Laramide, si avvia la deformazione distensiva con una prima fase di fagliazione (evento D1). Inizia l'approfondimento della valle di Tehuacán (conca lacustre) e il sollevamento delle sierras. Nella conca si iniziano ad accumulare depositi lacustri e depositi conglomeratici provenienti dall'erosione delle catene in sollevamento (ciclo PS1). Questo ciclo si conclude nell'Eocene medio (40 Ma).

Nell'Eocene medio (40 Ma) – Oligocene inferiore (33 Ma) si verifica la propagazione della fagliazione con lo sviluppo dell'evento D2 e la contemporanea deposizione di nuovi conglo-

*in particular the most recent work by Nieto-Samaniego et al. (2006); it describes the geological evolution of the sea basin of Tlaxiaco, within which, in the Cretaceous, the limestone of the Mixteca-Zapoteca chain deposited, and analyses the activity of the fault of Oaxaca, bordering the limestone range on its eastern side. Another very recent study published on the Internet is the doctorate thesis by Dávalos-Álvarez (2006) dedicated to the tectonic evolution from the Cenozoic to the present time of an area located in the Tehuacán valley, just North of the Juquila canyon. Lacking in specific geological studies, we can only attempt a general hypothesis on the geological and karst phenomenon evolution on the area of the Juquila canyon.*

*A starting point in the topographic evolution is represented by the Laramide orogenesis, during which the area was thrust and moved eastward, producing the main tectonic compressive structures of the Mixteca-Zapoteca range.*

*The Oaxaca fault is the regional structure responsible of the tectonic evolution of this region of Mexico. It is a deformation zone formed by structures having general direction N-S in its southern segment (from Teotitlán to the city of Oaxaca) and NW-SE in its northern one (from Tehuacán, in the state of Puebla, to Teotitlán). The Mixteca-Zapoteca carbonate range rises West of the fault, which also forms the eastern edge of the Tehuacán valley. The geological surveys carried out in the region show the absence of deposits between the sea deposits of the Upper Cretaceous and the continental ones of the Paleocene; such unconformity temporally encloses the activity of the Laramide orogenesis, which probably developed in a marine environment (Mossman and Viniestra, 1976) and ended up with the emersion of the region.*

*At the end of the Paleocene – beginning of the Eocene, once the compressive thrust of the Laramide orogenesis was complete, an extension deformation phase started: producing the longitudinal fragmentation of the range, it led to the deepening of the Tehuacán valley and the uprising of the nearby sierras: the Sierra Mixteca-Zapoteca on the West and the Sierra Mazateca on the East. This stretching phase was accompanied by effusive volcanic activity of andesite type lasting until the Oligocene.*

*The extension tectonic phase, produced by the activity of the Oaxaca fault, went on until the Quaternary with a series of "pulsations", recorded in the Cenozoic sedimentary cover of the Tehuacán valley. According to Dávalos-Álvarez the pulsations are witnessed by a series of three cycles of deposit of continental sediments and by the progressive deformation, developed in four faulting events which have led to the uprising of the sierras and the relative deepening of the Tehuacán valley.*

*The progressive elevation above the base level allowed the water filtration in the underground and therefore the development of deeper and deeper karst systems.*

*Summing up briefly, the sequence of geological events proposed by Dávalos-Álvarez (2006), within which the genesis and evolution of the karst phenomenon of the Juquila area should be considered, is as follows:*

*In the Lower Cretaceous the area is submerged by sea waters. In the Upper Cretaceous, possibly in the Santonian (85 my), the sedimentary deposition ends up.*

*From the Upper Cretaceous (85 my) to the Paleocene (50 my) no deposits are present; during this period we have the development*

merati. Dall'Oligocene medio (33 Ma) all'Oligocene superiore (27 Ma) si produce un cambio di livello di base regionale, indicato dalla mancanza di depositi; questo cambiamento è la causa della discordanza che si osserva nella stratigrafia dell'area ed è associato all'evento di fagliazione D3.

Dall'Oligocene superiore (27 Ma) al Miocene medio (16 Ma) diminuisce l'attività di fagliazione e, nel periodo di relativa quiete tettonica, si depongono i sedimenti continentali PS2. Dopo il Miocene medio (durante la fase PS2) si sviluppa l'evento di fagliazione D4. La deposizione del ciclo PS2 prosegue fino al Pliocene-Pleistocene (2500 anni fa).

Da poco più di 2500 anni fa (Pleistocene) ad oggi si creano i depositi di ventaglio e i riempimenti alluvionali del ciclo PS3. La disposizione orizzontale e l'assenza di faglie in questi depositi fanno ritenere che non si sia avuta un'attività tettonica significativa negli ultimi 2500 anni.

### 3. Le grotte esplorate

Per descrivere le grotte esplorate, l'area di indagine può essere suddivisa in tre settori:

valle del Rio Juquila;

area in sinistra idrografica;

altopiano in destra idrografica.

#### *Canyon Juquila*

Il corso d'acqua che scorre nel canyon nasce fuori dall'area calcarea, entra nella catena a quota circa 1950 m, la attraversa per un primo tratto verso Nord, quindi, con una brusca curva, si dirige a Est per uscire dal massiccio calcareo dopo un percorso di circa 40 km, a quota circa 800 m, e quindi confluisce nel Rio Salado. Due importanti affluenti di sinistra si inseriscono nel canyon principale nella parte alta della forra, sezionando ulteriormente l'altopiano a W di questo. Dall'alveo fluviale i versanti salgono acclivi, a tratti formando pareti quasi verticali che si innalzano per anche più di 500 m. Nella stagione secca, l'inverno, il corso d'acqua nel canyon principale è un modesto ruscello fino alle sorgenti La Huerta, situate a quota circa 1200 m, mentre gli affluenti sono normalmente asciutti. In località La Huerta, su entrambi i lati dell'alveo, sgorgano diverse sorgenti. In quest'area, infatti, l'incisione del canyon ha raggiunto una formazione meno permeabile, costituita da banchi calcarei alternati a livelli marnosi e arenacei, sottostante ai calcari ben carsificabili che costituiscono il tratto di canyon più a monte e l'altopiano. Uno dei condotti sorgentizi, la Grotta-sorgente (GS) situata in sinistra idrografica, è percorribile per circa 70 m fino ad un sifone. Nell'inverno 2002 da questa cavità usciva un torrente con una portata di alcune decine di litri al secondo.

Il valore complessivo della portata dell'area sorgentizia non è noto, ma è considerevole anche nei periodi più secchi. In base alle informazioni raccolte, sembra che le differenze fra le portate della stagione secca e della stagione umida siano piuttosto modeste.

Oltre alla Grotta-sorgente, lungo il canyon, sia in prossimità dell'alveo sia lungo gli scoscesi versanti, si osservano gli ingressi di numerose grotte. Nel tratto a monte di La Huerta, fra le quote 1550 e 1580 m, sono state esplorate quattro condotte tagliate dall'erosione. Si tratta di brevi gallerie, a volte di grandi dimensioni (diametro anche di 10 m), con l'aspetto di antichi condotti di origine freatica, chiusi dopo pochi metri

*of the Laramide orogenesis, with the formation of the compressive structures.*

*At the beginning of the Eocene (50 my), after the completion of the Laramide compressive deformation, the stretching deformation starts with a first faulting phase (event D1). The Tehuacán valley begins to deepen (lacustral basin) and the sierras start to rise. The basin starts to accumulate lacustral and conglomerate deposits deriving from the erosion of the rising ranges (cycle PS1). Such cycle ends up in the Middle Eocene (40 my).*

*The period Middle Eocene (40 my) – Lower Oligocene (33 my) witnesses the faulting propagation with the development of the event D2 and the contemporaneous deposit of new conglomerates. From the Middle Oligocene (33 my) to the Upper Oligocene (27 my) a change of the regional base level takes place, indicated by the absence of deposits; such change, associated to the faulting event D3, is the cause of the unconformity that can be observed in the area stratigraphy.*

*From the Upper Oligocene (27 my) to the Middle Miocene (16 my) the faulting activity decreases and the PS2 continental sediments deposit during the period of relative tectonic quietness.*

*After the Middle Miocene (during the phase PS2) we have the faulting event D4. The PS2 cycle deposit goes on until the Pliocene-Pleistocene (2500 years ago).*

*Since little earlier than 2500 years ago (Pleistocene) to the present time we have the formation of the fan deposits and the alluvial fillings of the PS3 cycle. The horizontal setting and the absence of faults in these deposits let think that no significant tectonic activity has taken place in the last 2500 years.*

### 3. The explored caves

*In order to describe the explored caves, the research area may be subdivided into three sectors:*

*Juquila canyon*

*Left hydrographic side highland*

*Right hydrographic side highland*

#### *Juquila canyon*

*The water course flowing inside the canyon originates out of the limestone area, enters the range at an altitude of approx. 1950 m asl, flows across it northward for a first stretch, then, with a sudden bend, points eastward; finally, after having covered approx. 40 km, it exits the limestone massif at 800 m of altitude and joins the Rio Salado. Two important tributaries from the left hydrographic side join the canyon in the upstream section of the gorge, further subdividing the western part of the highland. The canyon sides are sheer, sometimes forming almost vertical walls that reach up to more than 500 m.*

*During the dry season, that is Winter, the water course in the main canyon is represented by a modest stream all the way down to La Huerta springs, located at an altitude of approx. 1200 m asl; the affluents, instead, are normally dry.*

*Several springs gush out from both sides of the riverbed at La Huerta site. In this area, in fact, the canyon incision has reached a less permeable formation, made up by limestone reefs alternated to marl and sandstone levels underlying the strongly karstified limestone that forms the upstream stretch of the canyon and the highland.*

*One of the spring ducts, the Grotta-sorgente (GS), located on the*

da depositi fluviali. L'unica grotta con sviluppo significativo è la Cueva Dos Ojos (DO) che si apre sul versante sinistro quasi 300 m più in alto delle sorgenti attive. Si tratta di una galleria quasi rettilinea lunga poco più di 1 km, asciutta e anch'essa con morfologia freatica. Si può ipotizzare che questa galleria, così come le altre grotte fossili esplorate nel canyon, sia un relitto dell'antico reticolo di drenaggio freatico nel quale si raccoglievano le acque che si infiltravano nell'altopiano. Il condotto sarebbe poi stato tagliato e disattivato dal procedere dell'approfondimento del canyon.

Un'altra interessante cavità, nota da sempre, si trova lungo il canyon secondario Rio Grande che si inoltra nel massiccio calcareo presso il paese di Puerto Mixteco. Si tratta del Puente Colosal (PC), un traforo naturale lungo 250 m, costituito da una imponente galleria, alta 50 m e larga mai meno di 15 m, situata sul fondovalle. Pitture e iscrizioni Nuiñe sono presenti sulle pareti della galleria; gli studi archeologici hanno attribuito la loro realizzazione a prima dell'arrivo degli spagnoli, fra l'anno 300 e l'anno 800 dopo Cristo (Urcid, 2004). La grotta, oggi completamente asciutta, nel passato è stata, evidentemente, percorsa da un corso d'acqua di notevoli portate.

Il Grande Traforo (GT) situato subito a valle delle sorgenti La Huerta, lungo un centinaio di metri e ancora oggi attraversato dal fiume, può rendere l'idea dell'origine e dell'aspetto che doveva avere la galleria del Puente Colosal all'epoca della sua attività.

#### *Area in sinistra idrografica*

La zona occidentale dell'altopiano è costituita da una dorsale lunga circa 15 km che collega, da Sud a Nord, il Cerro Tequelite, il Cerro Pericon e il Cerro Verde, che sfiora i 3000 m di altitudine.

La dorsale presenta creste arrotondate coperte da vegetazione arborea, in particolare nei pendii che guardano a Nord. I versanti dell'altopiano sono rivestiti di coltri detritiche, più estese ed abbondanti nelle parti più basse.

Le cavità esplorate sono concentrate in due aree: il Cerro Tequelite (zona TK) e la zona di Mahujzapan (zona MZ) poco più a Nord. Tutte le 15 grotte esplorate si trovano nelle zone più elevate, per lo più in prossimità delle creste e di zone con rilievo più dolce, intorno a quota 2600 m.

Si tratta quasi sempre di relitti di cavità inattive a sviluppo verticale, intercettate dall'erosione e con evidenti caratteri di senescenza, come dimostrano i depositi stalattitici e stalagmitici in fase di disfacimento. La grotta con maggiore sviluppo è la MZ2, che si apre a quota 2680 m sulla cresta Sud del Cerro Pericon. Si tratta di una grotta costituita da alcuni pozzi paralleli intercomunicanti e con le pareti concrezionate. Nella parte di altopiano rimasta isolata a Sud del canyon del Puente Colosal è stato esplorato il pozzo JQ5, profondo 20 m, situato a quota 2600 m, presso la sommità del rilievo.

#### *Altopiano in destra idrografica*

L'altopiano è caratterizzato da zone sommitali pianeggianti nelle quali, diversamente da quanto riscontrato nell'altopiano in sinistra idrografica, sono presenti numerose doline, in genere ampie e poco profonde, e qualche sprofondamento di crollo.

Sono state esplorate 26 grotte, la maggior parte delle quali a sviluppo verticale, spesso interpretabili come cavità relitte troncate dall'erosione superficiale. Sono, però, presenti anche

*left hydrographic side, may be covered for about 70 m up to a final sump. During Winter 2003 its water flow was a few tens of litres per second.*

*The total figure of the spring area flow is not known, though it is significant even in the driest periods. According to the available information, there doesn't seem to be much difference between the flow of the dry season and that of the wet one.*

*Besides the Grotta-sorgente, along the canyon, several cave entrances may be spotted both close to the riverbed and on its steep sides. Upstream La Huerta, at altitudes between 550 and 580 m asl, four ducts cut by erosion have been explored. These are short galleries, up to 10 m in diameter, most probably ancient ducts of phreatic origin, closed by fluvial deposits after a few meters.*

*The only cave with a significant development is the Cueva Dos Ojos (DO), located on the left side almost 300 m above the active springs. This is an almost straight dry gallery, little more than 1 km long, also presenting phreatic features. Both this gallery and the other fossil caves explored in the canyon are probably relicts of the ancient phreatic drainage net collecting the waters that filtered through the highland. Then the ducts would have been cut and deactivated by the deepening of the canyon.*

*Another interesting, always well known, cave is located in the secondary canyon Rio Grande, that penetrates into the limestone massif near the village of Puerto Mixteco. We are talking about Puente Colosal (PC), a natural 250 m long tunnel; the imposing gallery, located on the valley floor, is 50 m high and never less than 15 m wide. Nuiñe Paintings and inscriptions are present on the gallery walls; the archaeological studies date them to before the Conquest, between 300 and 800 A.D. (Urcid, 2004). Today the cave is completely dry, but in the past it was evidently crossed by a big water course.*

*The Grande Traforo (GT), just downstream La Huerta, a hundred metre long and still active cave (the river flows through it), may give an idea of the genesis and the aspect of the Puente Colosal gallery at the time of its activity.*

#### *Left hydrographic side highland*

*The western section of the highland consists of a 15 km long range connecting, from South to North, Cerro Tequelite, Cerro Pericon and Cerro Verde, the latter almost 3000 m in altitude.*

*The range presents rounded crests covered by tree-like vegetation, particularly on the North oriented slopes. The highland sides are covered with detrital deposits, particularly thick and wide in the lower bands.*

*All explored caves are concentrated in two areas: Cerro Tequelite (TK zone) and Mahujzapan (MZ zone) little North of it. All the 15 caves explored are located in the upper areas, mostly close to the crests and to zones presenting a more gentle morphology, around altitude 2600 m.*

*For the most part they are relicts of inactive vertical caves, intercepted by erosion and showing clear signs of senescence, as the decaying stalactite and stalagmite deposits clearly demonstrate. The longest cave is MZ2, at an altitude of 2600 m on the southern crest of Cerro Pericon. This cave consists of some parallel interconnected shafts with concretionary walls.*

*In the isolated highland section South of the Puente Colosal canyon we explored the 20 m deep JQ5 pit, located close to the massif top, at the altitude of 2600 m.*

alcuni inghiottitoi saltuariamente attivi, percorribili solo per brevi tratti.

Le cavità esplorate sono concentrate in due aree: la zona del Cerro Granudo a NW (zona CG), nel territorio di Tepelmeme, battuta nel 2003, e il settore di Llano la Cumbre a SE (zone IX e TSA), nel territorio di Santa Maria Ixcatlán, esplorato nel 2006.

#### *Settore di Cerro Granudo*

La grotta di maggiore sviluppo è il Sotano de la Laguna Prieta (CG3), situato nei pressi della cima del Cerro Grande. L'ingresso è costituito da una grande dolina di crollo che si apre su un pozzo profondo 140 m, formatosi per l'unione di più fusi paralleli. Un terrazzo costituito da blocchi incastrati si affaccia su una verticale di 40 m, da cui ha origine un'altra forra, larga pochi metri, che si approfondisce verso SE. Un ulteriore pozzo di 35 m porta in un ambiente con grandi blocchi incastrati tra le pareti. Al fondo si scende fra i massi e il detrito sino ad incontrare un pavimento di fango formato dall'accumulo di detrito e materiale organico, che ostruisce completamente la forra.

L'altra cavità importante è il Pozo de la Vaca Ladra (CG4), non lontano dalla precedente, il cui ingresso, anch'esso di crollo, immette in un pozzo di 12 m. Alla base una china detritica si affaccia, con un ingresso di modeste dimensioni, su di una verticale unica di 100 m. Il pozzo è costituito da un fuso a sezione orizzontale ellittica con assi di 4 e 6 m, che si riducono fino a 3-4 m alla base. Una fessura laterale, lungo la frattura generatrice del pozzo, immette dopo pochi metri in un salto di 7 m, chiuso al fondo da fango.

Tra le altre modeste cavità ricordiamo solo il Pozo de la Mosca Molesta, profondo una quarantina di m, con concrezionamento inattivo e chiusa al fondo da detriti.

#### *Settore di Llano la Cumbre*

Il Llano la Cumbre è una ampia depressione situata sulla sommità dell'altopiano, sbarrata artificialmente per formare una ampia pozza d'acqua per l'abbeveraggio del bestiame. Le grotte si aprono nei dossi e nelle vallette circostanti.

La cavità di maggiore sviluppo di questa area è il Sotano Rodeo (IX1), che si apre a SE del bacino d'acqua, nel bosco, con un pozzo dall'imbocco triangolare largo fino a 10 m. Alla base del grande pozzo d'ingresso, profondo quasi 40 m, si scende sul pendio detritico e con due salti, profondi 4 e 10 m, si arriva alla sommità di un grande pozzo, profondo 75 m. Dal fondo del pozzo inizia una forra, ostruita da detrito dopo una ventina di metri (-135 m).

La maggior parte delle altre grotte esplorate si apre nelle vallette del Terrero San Antonio, 2-3 km a nord del Llano la Cumbre. Fra le grotte che si aprono sui versanti delle vallette quella a maggiore sviluppo verticale è il Sotano la Calavera (TSA6), costituito da un unico pozzo profondo 77 m.

Le vallette formano dei piccoli bacini chiusi naturali, allineati in direzione N-S e drenati da inghiottitoi. Probabilmente prima che le acque venissero assorbite nel sottosuolo, cioè prima della formazione degli inghiottitoi, queste formavano un'unica valle affluente di sinistra del Rio Seco. Attualmente, le vallette sono solcate da fossi che si attivano solo nella stagione umida. Seguendo il fondo dei fossi sono stati scoperti

Right hydrographic side highland

*The highland is characterized by level top zones that present, differently from what may be found on the left hydrographic side highland, several wide and shallow dolines and some collapse hollows. 26 caves have been explored in this area, most of which presenting a vertical development and explainable as relict caves cut by surface erosion. Some occasionally active sinkholes are also present, but they may be followed only for short distances.*

*The explored caves are concentrated in two areas: Cerro Granudo, in the NW (CG zone), in the territory of Tepelmeme, surveyed in 2003, and Llano la Cumbre, in the SE (IX and TSA zone), in the territory of Santa Maria Ixcatlán, surveyed in 2006.*

#### *Cerro Granudo*

*The longest cave is the Sotano de la Laguna Prieta (CG3) located near the top of Cerro Grande. The entrance consists of a wide collapse doline opening on a 140 m deep shaft, formed by two joined parallel pits. A terrace made of embedded rock blocks opens on a 40 m vertical drop that gives origin to a high, few metre wide, gorge heading SE. A further 35 m deep pit leads into a chamber with big blocks embedded among the walls. The bottom section is partially filled with blocks and detrital deposits; the gorge is definitely stuck by mud and organic material.*

*The other important cave is the Pozo de la Vaca Ladra (CG4), not far from CG3; its entrance, also of collapse origin, leads into a 12 m deep pit. At its base a detrital slope opens through a small size window on a single 100 m vertical drop. The drop consists of an elliptic pit with 4 x 6 m horizontal section, decreasing to 3-4 at its base. A side crack, along the generating fracture of the pit, leads after a few metres into a 7 m drop, stuck by mud at the bottom. Among the other secondary caves we only mention the Pozo de la Mosca Molesta, 40 m deep, presenting inactive speleothems and closed by detrital deposits at the bottom.*

#### *Llano la Cumbre*

*Llano la Cumbre is a wide depression located on top of the highland, artificially dammed in order to form a vast water basin for livestock watering. The caves are located in the surrounding rises and valleys.*

*The longest cave in this area is Sotano Rodeo (IX1); it opens SE of the water basin, in the woods, with a 10 m diameter triangular pit. The base of the wide entrance pit, almost 40 m deep, continues with a detrital slope and two 4 and 10 m deep drops, leading to the top of a 75 m deep big pit. Its bottom continues with a gorge, stuck by debris after about twenty metres (-135 m).*

*For the main part, the other explored caves open in the small valleys of the Terrero San Antonio, 2-3 km North of Llano la Cumbre. Among the caves opening on the sides of the small valleys, the one having the main vertical development is Sotano la Calavera (TSA6) consisting of a single 77 m deep shaft.*

*The small valleys form small natural blind basins, lined in N-S direction and drained by sinkholes. Probably, before the waters got absorbed in the underground, that is before the formation of the sinkholes, they formed a single valley, left tributary of Rio Seco. At the present time the small valleys are crossed by ditches active only in the wet season. Following the bottom of the ditch-*

ed esplorati due inghiottitoi, percorribili alcune decine di metri: la Cueva Perfecto 3 (TSA15), a monte, e il Sumidero San Antonio (TSA4), a valle.

La Cueva Perfecto 3, inizia con un pozzo di 20 m, e prosegue con una forra che dopo una dozzina di metri sbuca in una sala. Nella sala si incrociano due condotti diversi, percorribili sia a monte sia a valle al massimo per 30 m. Il condotto saltuariamente percorso dall'acqua ha un andamento meandri-forme a modesta pendenza e termina immergendosi in una bassa pozza d'acqua (-39 m).

Lungo la stessa linea valliva, 700 m più a valle del TSA15, si trova il secondo inghiottitoio, il Sumidero San Antonio, lungo 100 m. Questa grotta e la Cueva el Calacote (TSA10), che si apre 2 km più a Ovest, sono particolarmente interessanti per lo studio dell'evoluzione geologica dell'area. Infatti in queste grotte si osservano morfologie tipiche della circolazione convettiva di acque termali, con crostoni calcarei che rivestono tipici ambienti a cupola. Se gli indizi osservati dovessero essere confermati, si potrebbe pensare ad una antica fase di carsificazione prodotta dalla risalita di fluidi caldi attraverso fratture, e quindi le due grotte potrebbero essere fra le più antiche della regione. Successivamente le due cavità sarebbero state esumate dal procedere dell'erosione dell'altopiano. Nel Sumidero San Antonio alle morfologie idrotermali più antiche si sono localmente sovrapposte quelle formate dallo scorrimento del ruscello formato dalle acque meteoriche che si riversa in esso.

Mentre tutte le grotte descritte finora in questo settore sono scavate nei calcari, l'ultima cavità da descrivere si è originata nei conglomerati del Terziario. I lembi oggi isolati della originaria grande placca di conglomerati, spesso diverse decine di metri, si trovano sul bordo orientale dell'altopiano. Nei banchi situati presso il tetto della formazione, costituiti da ciottoli calcarei e localmente suborizzontali, è stata esplorata la Cueva Loma del Muerto (IX3). La grotta si apre in parete con due grandi "occhi". Dagli ingressi partono due gallerie in salita, non comunicanti, che in breve risultano ostruite. Caratteristici della grotta sono i camini che si osservano sul tetto delle gallerie, con diametro di 1-2 m e altezza di 3-4 m.

#### 4. Evoluzione del carsismo

Possiamo immaginare che l'attuale altopiano solcato dal canyon del Rio Juquila rappresenti ciò che rimane di un'antica superficie di spianamento che potrebbe essersi formata nel tardo Cenozoico, in un "momento" di relativa quiete tettonica, per l'erosione graduale dei rilievi. All'epoca della formazione di questa superficie poco ondulata, che troncava le strutture tettoniche, il livello di base della regione doveva essere prossimo alla superficie topografica e il reticolo carsico poco esteso e poco sviluppato in profondità. Gli eventi di fagliazione descritti in precedenza avrebbero poi sollevato progressivamente le *sierra* e abbassato le depressioni tettoniche di Tehuacán e Cuicatlán.

Il Rio Juquila e i due affluenti principali dovevano essere già attivi prima del sollevamento, in una fase iniziale, durante la quale le condizioni climatiche erano probabilmente più umide di quelle attuali, le portate fluviali più ingenti e l'erosione più efficace. Con il sollevamento del blocco calcareo rispetto alle aree circostanti, la pianura iniziale sarebbe diventata un altopiano, nel quale il corso d'acqua avrebbe progressivamente

*es, two sinkholes were discovered and explored for a few tens of metres, Cueva Perfecto 3 (TSA15), upstream, and Sumidero San Antonio (TSA4), downstream.*

*Cueva Perfecto 3 starts with a 20 m pit and continues in a gorge that after a dozen metres ends up in a chamber, where two different ducts may be covered for a maximum of 30 m both upstream and downstream. The occasionally active one shows a meander-like low slope course and ends up in a shallow water pool (-39 m).*

*Along the same valley line, 700 m downstream TSA15, we find the second sinkhole, Sumidero San Antonio, 100 m long. This cave and Cueva el Calacote (TSA10), that opens 2 km further West, are particularly interesting for the study of the geological evolution of the area. As a matter of fact, these caves show morphologies typical of convective circulation of thermal waters, with calcretes covering typical dome-shaped environments. Should the observed clues be confirmed, we might think of an ancient phase of karstification produced by the ascent of hot fluids through fractures, and therefore the two caves might be among the most ancient ones in the region. Afterwards, the two caves would have been brought to light by the erosion of the highland. In Sumidero San Antonio the most ancient hydrothermal morphologies were locally covered by those formed by the flow of the rain water stream sinking into it.*

*All the caves described up to now in this sector are dug into limestone, whereas the last cave to be described originated in Tertiary conglomerates. The now isolated strips of the original wide conglomerate plate, several tens of metres thick, are located on the eastern edge of the highland. The Cueva Loma del Muerto (IX3) was explored in the locally sub-horizontal reefs located on top of the formation, consisting of limestone pebbles. The cave entrance opens on a wall with two big "eyes". The double entrance gives origin to two not joined ascending galleries, completely closed after a few metres. One of the cave features is represented by the chimneys opening on the gallery vault, 1-2 m wide and 3-4 m high.*

#### 4. Evolution of the karst phenomenon

*We may imagine that today's highland cut by the canyon of Rio Juquila represents what remains of an ancient levelling surface that might have formed in the late Cenozoic, during a period of relative tectonic quietness, due to the gradual erosion of the massifs. At the time of the formation of this poorly undulating surface, that cut the tectonic structures, the base level of the region should be close to the topographic surface and the karst network not so developed in extension and depth. The above described faulting events would have progressively lifted the sierras and lowered the tectonic depressions of Tehuacán and Cuicatlán. The Rio Juquila and the two main tributaries must have been active before the lifting, in an initial phase during which the climate conditions were probably more wet than today, the river flows more considerable, erosion more effective. With the lifting of the limestone reef, the initial plain became a highland, in which the water course progressively engraved the canyon, following the pace of the lifting.*

*This must have been the evolution set in which the karst network developed to the present day situation, also with the formation of karst tunnels such as Puente Colosal.*

inciso il canyon, seguendo il passo dell'innalzamento. E' in questo quadro evolutivo che si deve essere sviluppato il reticolo carsico fino alla condizione attuale, con anche la formazione di trafori carsici come quello del Puente Colosal.

In un lasso di tempo di cui non conosciamo la durata, ma che potenzialmente può essere stato di alcuni milioni di anni, le acque sotterranee hanno creato un reticolo di condotte sotterranee impostate lungo le fratture e i giunti di strato. Nel tempo, l'apertura di nuove fratture durante gli eventi di fagliazione e l'approfondimento del canyon hanno favorito lo spostamento del flusso in percorsi diversi e sempre più profondi, con l'attivazione di sorgenti situate a quote più basse. La modificazione del reticolo di drenaggio deve aver comportato l'abbandono di molti percorsi, l'attivazione idrica di nuove fratture e il loro allargamento a formare condotti carsici.

Attualmente, quindi, si possono trovare diverse generazioni di forme carsiche, la cui età relativa non è però sempre distinguibile. La generazione più antica sembra essere costituita dalle cavità di origine idrotermale, che si trovano nella porzione meridionale dell'area indagata. Si tratta, come già detto, di relitti di cavità freatiche, rielaborate da acque di percolazione e successivamente messe a nudo dall'erosione superficiale. Queste cavità potrebbero essere messe in relazione con le fasi tardive dell'attività magmatica terziaria che ha interessato la zona e quindi potenzialmente possono essere molto antiche.

Per certo le loro caratteristiche morfologiche impongono una situazione ben diversa da quella odierna e precedente all'approfondimento del reticolo idrografico attuale.

Nel tempo, la pianura iniziale venne separata in più settori dall'incisione dei canyon, la sua estensione si ridusse lateralmente per l'erosione nelle valli in cui si raccoglieva parte delle acque di superficie. Con lo sviluppo del reticolo carsico profondo le acque di ruscellamento avrebbero agito sempre meno sulla superficie dell'altopiano, spostando la sua capacità erosiva nel sottosuolo e contribuendo così a preservare una superficie sommitale abbastanza integra. In ogni caso, l'azione di dissoluzione che ebbe, ed ha, luogo in modo diffuso sulla superficie di spianamento abbassò significativamente la superficie originaria. Di conseguenza, la topografia dell'altopiano attuale non corrisponde fedelmente al piano originario e le forme superficiali e sotterranee della prima fase di carsificazione superficiale non devono essere sopravvissute, se non come relitti di cavità conservatisi in pochi settori.

Del progressivo abbassamento del livello di base, rimane traccia nelle condotte di origine freatica che s'incontrano lungo le pareti del canyon, soprattutto a quote comprese tra 1500 e 1600 m s.l.m., e che rappresentano segmenti di un antico reticolo che alimentava delle paleosorgenti, disattivate in seguito ad un successivo abbassamento del livello di base.

Anche le cavità a sviluppo verticale esplorate sull'altopiano (punti di assorbimento delle acque piovane e condotti di transito delle acque verso le zone profonde) possono appartenere a diverse generazioni e alcuni di loro sono ancora piuttosto attivi, nonostante la scarsità delle piogge che alimentano il reticolo sotterraneo. Allo stato attuale, la riduzione dell'alimentazione del reticolo carsico, determinata dal passaggio ad un clima più secco avvenuto intorno a 10000 anni fa, ha ridotto l'entità della dissoluzione carsica e rallentato lo sviluppo del reticolo sotterraneo. Oltre a ciò, il progressivo dilavamento dei suoli presenti nei plateau sommitali sta portando,

*During a lapse of time the duration of which we do not know, but that might have been several million years long, the underground waters formed a network of subterranean galleries set along fractures and layer joints. With the passing of time, the opening of new fractures during the faulting events and the deepening of the canyon helped the transfer of the flow through different and deeper courses, with the activation of springs located at lower altitudes. The change of the drainage network implied leaving old courses, activating new fractures and widening them to form karst ducts.*

*At the present time, then, we may find several generations of karst forms, the relative age of which is nevertheless difficult to detect. The most ancient generation seems to consist of hydrothermal cavities, located in the southern section of the studied area. As mentioned above, they are relicts of phreatic caves re-elaborated by percolation waters and then brought to light by surface erosion. Such caves might be related to the late phases of the Tertiary magmatic activity that affected the area, and therefore be very ancient.*

*For sure their morphological features require a very different situation from the present one, preceding the deepening of today's hydrographic network.*

*With the passing of time, the initial plain was subdivided by the canyons into several sectors and its extension decreased sideways due to the erosion in the valleys that collected part of the surface waters. Along with the development of the deep karst network, karst dissolution became progressively less effective on the highland surface, transferring its erosive power to the underground and preserving a fairly integral top surface. In any case, the dissolution action that abundantly took, and takes, place on the levelling surface lowered the original surface significantly. As a consequence, the topography of the present highland does not correspond perfectly to the original plain, and the surface and subterranean shapes of the first surface karstification phase have not survived, other than as relicts conserved in limited sectors.*

*Trace of the progressive lowering of the base level may be found in the phreatic origin ducts located along the canyon walls, mainly between 1500 and 1600 m of altitude; they represent segments of an ancient network that fed paleo-springs, deactivated due to the following lowering of the base level.*

*Also the vertical caves explored on the highland (absorption points of rain water and transit ducts to the deeper zones) may belong to different generations and some of them are still rather active, despite the scarcity of rain feeding the underground network. At present, the decrease in the feeding of the karst network, due to the passage to a drier climate that took place around 10,000 years ago, has reduced the entity of karst dissolution and slowed down the development of the underground network. Furthermore, the progressive washing away of the soils present on the top plateau, together with the abundant vegetable material, is leading to the obstruction of the karst cavities. This seems to be one of the main reasons that have kept us from reaching the deeper parts of the karst systems.*

#### ***Expedition members and acknowledgements***

*Claudio Arbore, Giovanni Badino, Alessandro Beltrame, Tullio Bernabei, Gaetano Boldrini, Andrea Bonucci, Pasquale Calella, Corrado Conca, Italo Giulivo, Alicia Davila, Elizabeth*

insieme ad abbondante materiale vegetale, all'occlusione delle cavità carsiche. Questo sembra essere uno dei motivi principali che, al momento, non ci hanno permesso di accedere alle parti più profonde dei sistemi carsici.

#### Partecipanti e ringraziamenti

Hanno partecipato: Claudio Arbore, Giovanni Badino, Alessandro Beltrame, Tullio Bernabei, Gaetano Boldrini, Andrea Bonucci, Pasquale Calella, Corrado Conca, Italo Giulivo, Alicia Davila, Elizabeth Gutierrez Fregoso, Antonio De Vivo, Martino Frova, Italo Giulivo, Gino Gulli, Francesco Lo Mastro, Luca Massa, Ivan Martino, Marco Mecchia, Fabio Negroni, Paolo Pettrignani, Leonardo Piccini, Alessio Romeo, Marco Salogni, Francesco Sauro, Giuseppe Savino, Gianni Todini, Ugo Vacca.

Il Progetto Juquila è patrocinato in Italia da: Società Speleologica Italiana, Istituto Italiano di Speleologia, Club Alpino Italiano; in Messico da: Aviacsa, Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) e da Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán.

*Gutierrez Fregoso, Antonio De Vivo, Martino Frova, Italo Giulivo, Gino Gulli, Francesco Lo Mastro, Luca Massa, Ivan Martino, Marco Mecchia, Fabio Negroni, Paolo Pettrignani, Leonardo Piccini, Alessio Romeo, Marco Salogni, Francesco Sauro, Giuseppe Savino, Gianni Todini, Ugo Vacca.*

*The Juquila Project is sponsored in Italy by: Società Speleologica Italiana, Istituto Italiano di Speleologia, Club Alpino Italiano; In Mexico by: Aviacsa, Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán.*

### CANYON JUQUILA

| Nome / Name          | UTM E (14)<br>(NAD 1927) | UTM N<br>(NAD 1927) | Quota / Altitude<br>m slm /asl | Dislivello<br>Difference in level<br>m | Sviluppo<br>Development<br>m |
|----------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|--|------------------------------|
| Puente Colosal (PC)  | 683060                   | 1984840             | 1760                           | - 37                                   | 255                          |
| JQ - 1               | 684200                   | 1984980             | 1580                           | - 4, + 10                              | 15                           |
| JQ - 2               | 683950                   | 1985850             | 1550                           | + 10                                   | 30                           |
| JQ - 3               | 683900                   | 1985900             | 1550                           | + 2                                    | 23                           |
| JQ - 4               | 683780                   | 1985800             | 1580                           | + 16                                   | 75                           |
| Cueva Dos Ojos (DO)  | 684538                   | 1990564             | 1495                           | -25, +30                               | 1020                         |
| Grotta-Sorgente (GS) |                          |                     |                                |  | ca /approx 70                |
| Grande Traforo (GT)  |                          |                     |                                |  | ca /approx 100               |

### ALTOPLANO IN SINISTRA IDROGRAFICA (Cerro Verde – Cerro Tequelite) LEFT HYDROGRAPHIC SIDE HIGHLAND

| Nome / Name | UTM E (14)<br>(NAD 1927) | UTM N<br>(NAD 1927) | Quota / Altitude<br>m slm /asl | Dislivello<br>Difference in level<br>m | Sviluppo<br>Development<br>m |
|-------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|--|------------------------------|
| MZ-1        | 678160                   | 1991470             | 2630                           | - 10                                   | 13                           |
| MZ-2        | 678393                   | 1992460             | 2680                           | - 37                                   | 50                           |
| MZ-3        | 678980                   | 1993585             | 2665                           | - 7                                    | 10                           |
| MZ-4        | 6781760                  | 1994636             | 2480                           |  |                              |
| MZ -5       | 678240                   | 1992885             | 2635                           | - 11                                   | 15                           |
| TK-1        | 678345                   | 1987080             | 2665                           | - 5                                    | 9                            |
| TK-2        | 678375                   | 1987100             | 2665                           | - 7                                    | 11                           |
| TK-3        | 678420                   | 1987040             | 2660                           | - 13                                   | 20                           |
| TK-4        | 679620                   | 1987220             | 2605                           | - 11                                   | 25                           |
| TK-5        | 679785                   | 1987455             | 2735                           | - 21                                   | 25                           |
| TK-6        | 680955                   | 1988035             | 2690                           |  |                              |
| TK-7        | 679560                   | 1987615             | 2620                           | - 8                                    | 10                           |
| TK-8        | 679525                   | 1987460             | 2625                           | - 19                                   | 25                           |
| TK-9        | 679200                   | 1987439             | 2695                           | - 2                                    | 8                            |
| TK-10       | 677980                   | 1986375             | 2515                           | - 6                                    | 15                           |
| JQ - 5      | 678200                   | 1982350             | 2600                           | - 20                                   |                              |

*ALTOPIANO IN DESTRA IDROGRAFICA (Cerro Gramudo – Cerro Grande – Llano la Cumbre)*  
*RIGHT HYDROGRAPHIC SIDE HIGHLAND*

| Nome / Name                         | UTM E (14)<br>(NAD 1927) | UTM N<br>(NAD 1927) | Quota<br>Altitude<br>m slm/asl | Dislivello<br>Difference<br>in level m | Sviluppo<br>Development<br>m |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|--|------------------------------|
| Pozo de la Loma (CG-1)              | 686045                   | 1980035             | 2420                           | - 10                                   | 13                           |
| Pozo Canada Pericon (CG-2)          | 686805                   | 1983650             | 2300                           | - 6                                    | 10                           |
| Sotano de la Laguna Prieta (CG-3)   | 687555                   | 1985460             | 2490                           | - 280                                  | 330                          |
| Pozo de la Vaca Ladra (CG-4)        | 688335                   | 1985380             | 2455                           | - 134                                  | 180                          |
| Pozo de la Mosca Molesta (CG-4)     | 688070                   | 1986344             | 2525                           | - 35                                   | 50                           |
| Pozo el Timbre (CG-6)               | 688825                   | 1983195             | 2370                           | - 10                                   | 20                           |
| Pozo el Campamento (CG-7)           | 689270                   | 1983925             | 2320                           | - 17                                   | 25                           |
| Pozo de la Cañada de la Cruz (CG-8) | 687500                   | 1983650             | 2405                           | - 7                                    | 10                           |
| Cueva el Cacalote (TSA10)           | 688775                   | 1980663             | 2255                           | -25                                    | 60                           |
| Pozo de la Laguna Primera (TSA11)   | 688710                   | 1980085             | 2230                           | -42                                    | 50                           |
| Pozo Terrero San Antonio 1 (TSA1)   | 690847                   | 1980980             | 2256                           | -14                                    | 25                           |
| Pozo Terrero San Antonio 2 (TSA2)   | 690853                   | 1980990             | 2255                           | -6                                     | 8                            |
| Pozo Terrero San Antonio 3 (TSA3)   | 690832                   | 1980983             | 2255                           | -22                                    | 37                           |
| Sumidero San Antonio (TSA4)         | 690860                   | 1980580             | 2190                           | -23                                    | 100                          |
| Pozo el Palmones (TSA5)             | 691058                   | 1980343             | 2220                           | -18                                    | 30                           |
| Sotano la Calavera (TSA6)           | 691435                   | 1980020             | 2260                           | -77                                    | 100                          |
| Cueva Destendido 1 (TSA7)           | 691273                   | 1980168             | 2220                           | -52                                    | 60                           |
| Cueva Destendido 2 (TSA8)           | 691345                   | 1980148             | 2227                           | -10                                    | 20                           |
| Cueva Destendido 3 (TSA9)           | 691273                   | 1980165             | 2213                           | -6                                     | 18                           |
| Cueva Majada Vieja 1 (TSA12)        | 692097                   | 1981328             | 2182                           | -4                                     | 7                            |
| Cueva Majada Vieja 2 (TSA13)        | 692100                   | 1981340             | 2185                           | -8                                     | 12                           |
| Pozo C P3 (TSA14)                   | 690955                   | 1981120             | 2300                           | -28                                    | 52                           |
| Cueva Perfecto 3 (TSA15)            | 690775                   | 1981275             | 2265                           | -39                                    | 172                          |
| Sotano Rodeo 1 (IX1)                | 692420                   | 1976625             | 2200                           | -135                                   | 210                          |
| Sotano Rodeo 2 (IX2)                | 692414                   | 1977000             | 2230                           | -15                                    | 18                           |
| Cueva de la Loma del Muerto (IX3)   | 694270                   | 1978930             | 2130                           | +5                                     | 70                           |

*Bibliografia/Bibliographic references*

- Bernabei T., De Vivo T., Piccini L., “La gola verde dentro il Canyon di Juquila”. *Speleologia*, 51, Soc. Spel. Ital., 2005: p. 46-57.
- Dávalos-Álvarez O.G., “Evolución tectónica cenozoica en la porcion Norte de la falla de Oaxaca”. Tesis en geología estructural y tectónica - Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias, Juriquilla, Querétaro, 2006: 123 pp.
- De Vivo A., « Juquila: un diario». *Kur*, 1, Ass. La Venta, 2003a; p. 26-31.
- De Vivo A., “Il Canyon di Juquila”. *Suppl. a Kur*, 1, Ass. La Venta, 2003b, 3 pp.
- Urcid J., “Sacred landscapes and social memory: the Nuiñe inscriptions in the Ndaxagua natural tunnel”, Tepelmeme, Oaxaca. *Report to FAMSI*, 2004: 62 pp.
- Mossman, R.W., Viniestra, F., “Complex fault structures in Veracruz Province of Mexico”. *The Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 60, 1976: p. 379-388.
- Nieto-Samaniego A. F., Alaniz-Álvarez S. A., Silva-Romo G., Eguiza-Castro M. H., Mendoza-Rosales C. C., “Latest Cretaceous to Miocene deformation events in the eastern Sierra Madre del Sur, México, inferred from the geometry and age of major structures”. *Geological Society of America Bulletin*, v. 118, n. 112, 2006: p. 1868-1882.