

# LA TOPOGRAFIA SUBACQUEA IN AMBIENTI ESTREMI QUALE STRUMENTO PER L'ARCHEOLOGIA.

Stefano Castelli<sup>(1)</sup> Lorenzo Epis<sup>(2)</sup>

- (1) President of AKAKOR GEOGRAPHICAL EXPLORING Onlus  
(2) Director of AKAKOR GEOGRAPHICAL EXPLORING Onlus

## **Abstract**

The Akakor Geographical Exploring Society realized in August 2000 the ATAHUALPA 2000 EXPEDITION in the waters of Lake Titicaca, Bolivia. It was a multidisciplinary project in which the underwater topography took an important role to the researchers.

The great difficulties were first the high altitude (3812m), then the many technical difficulties related to the realization of this project and finally the acclimatization which restricted the activities demanding great effort of our divers who had to adapt to the physical and social environment using simple but efficient techniques.

## **Riassunto**

L'associazione culturale AKAKOR GEOGRAPHICAL EXPLORING, con la spedizione denominata ATAHUALPA tenuta in agosto 2000, ha concretizzato nelle acque del Lago Titicaca (Bolivia), un progetto multidisciplinare in cui la topografia subacquea ha svolto un ruolo da protagonista al servizio dei ricercatori.

Gli ambienti estremi in cui si sono svolti i lavori (3812 metri di altitudine) unitamente alle difficoltà tecniche legate al carattere speditivo del progetto, hanno costretto gli operatori subacquei ad adattarsi al sistema fisico-sociale boliviano contingente utilizzando strumenti e tecniche di lavoro semplici ma efficaci.

Le esperienze condotte in questa spedizione sono state un fondamentale supporto tecnico-scientifico nell'ambito del progetto. La preparazione della nuova spedizione, programmata dall'AKAKOR GEOGRAPHICAL EXPLORING per l'anno 2002, si basa essenzialmente sullo studio e l'elaborazione dei dati prodotti da Atahualpa 2000.

In questo articolo gli autori danno risalto agli aspetti tecnico-operativi adottati in questa spedizione che hanno effettivamente portato risultati concreti in tempi brevi e con costi contenuti.

## **Localizzazione geografica e caratteristiche fisiche dell'ambiente di lavoro**

Il Titicaca, lago dell'America Meridionale diviso tra Perù e Bolivia, si estende nel cuore dell'altopiano peruviano-boliviano a 3812 mt di altitudine, ai piedi del versante occidentale della Cordigliera Andina le cui cime più elevate superano i 6000 mt. Esso presenta lunghe penisole che delimitano vaste insenature: la maggiore di queste, congiunta al resto del bacino mediante uno stretto passaggio, prende il nome di Laguna Uinaimarca.

Si allunga per 176 km in direzione Nord-Ovest, Sud-Est, largo 70 km ha una superficie complessiva di 8400 Km<sup>2</sup> e una profondità massima di 283 mt (in Bolivia).

Emissario del Titicaca è il Rio Desaguadero che, partendo dall'estremità meridionale si getta nel lago Poopò in Bolivia.

La regione intorno al lago gode di un clima assai più moderato di quanto comporterebbe l'altitudine.

La temperatura dell'aria in riva al lago raggiunge nel mese di agosto valori minimi di 5°C durante la notte e massimi di 10°C durante il giorno.

### **Caratteristiche dell'acqua del Lago.**

La temperatura media mensile dell'acqua in superficie del Lago Mayor tra il 1977 e 1979 (CARMOUZE et al., 1983) varia tra 11.25 e 14.35°C, la minima in agosto e la massima in marzo. La temperatura media annuale (1977-1979) è di 13.0°C.

Misure occasionali (GILSON, 1964; ILTIS, 1987) realizzate nel Lago Mayor indicano valori minimi di 10.9°C (fine luglio) e massimi di 17°C (febbraio), mentre nel Lago Minor i valori estremi osservati sono 8.5°C (luglio) e 18.5°C (febbraio).

I fattori che influenzano la variazione della temperatura dell'acqua nel corso dell'anno sono la temperatura dell'aria, la forza del vento e le radiazioni solari. La forza del vento è relativamente debole tutto l'anno e varia tra 0.95 m/sec in aprile

e 1.42 m/sec in ottobre considerando l'inverno come il periodo di massima agitazione.

Nel Lago Menor, i valori limite della trasparenza dell'acqua osservati variano da un minimo di 1.2 metri ad un massimo di 9 metri (LAZZARO, 1981; ILTIS, 1987) con visibilità molto basse in estate-autunno e molto alte in inverno.

Nel Lago Major (RICHERSON 1977) la visibilità è migliore e varia da un minimo di 4.5 metri ad un massimo di 10.5 metri. Osservazioni fatte nel 1982 indicano un massimo di 13.3 metri di visibilità che diventano 15.7 metri nel 1984-1985 (ALFARO e RONCAL). Nella parte boliviana del Lago Mayor, cinque serie di misure rilevate su 19 stazioni, mostrano valori medi di visibilità di 11.8 metri nel giugno 1985, 11.9 metri nel dicembre del 1985, 13.2 metri nel aprile del 1986, 12.4 metri nel ottobre del 1986 e 13.9 metri nel febbraio del 1987 con valori limite tra 7.5 e 18.5 metri (ILTIS, 1987).

## **La teoria di Akakor Geographical Exploring**

Recenti studi hanno dimostrato che 10.000 anni fa il lago Titicaca ha ridotto la sua superficie a causa dell'inaridimento del clima e dell'apporto alluvionale di numerosi torrenti. Il livello del lago è sceso a tal punto da rasentare la siccità dando così a nuove crescenti civiltà la possibilità di espandersi sulle sue fertili sponde. Successivi eventi naturali hanno portato il livello del lago ai giorni nostri sommergendo secoli di storia.

Gli archeologi di Akakor sostengono che sulle sponde dell'antico lago (ora sommerse) si sono sviluppate culture civilizzate di cui sono rimaste interessanti rovine sui fondali a ridosso di alcune isole. Attorno a queste isole, chiamate Isola del Sole, Isola della Luna, Isola di Koa e Isola di Pallalla, si sono concentrate le ricerche della spedizione Atahualpa 2000.

## **Scopo del rilievo topografico**

I rilievi topografici dei siti archeologici subacquei identificati nel lago Titicaca hanno avuto lo scopo di:

- redigere mappe sufficientemente dettagliate dei fondali perlustrati per consentire l'elaborazione di studi e teorie di carattere geologico ed archeologico del progetto Atahuallpa;
- realizzare una rete d'appoggio destinata ad inquadrare i rilievi minori ed eventuali ritrovamenti sui fondali del lago.

### **Metodi operativi adottati**

La scelta dei metodi operativi da adottare è stata influenzata dalle condizioni specifiche di intervento:

- quota del lago elevata (3812 mt);
- accesso ai cantieri subacquei malagevole a causa delle lunghe distanze;
- complessa morfologia del territorio.

L'altitudine del lago ha comportato tecniche di immersione specifiche e conseguenti limitazioni in termini di produttività.

Il difficile raggiungimento delle aree di lavoro ha invece compromesso il trasporto e l'uso di attrezzature tecnicamente avanzate ma troppo ingombranti e delicate.

Si sono quindi utilizzate tecniche e strumenti di topografia semplici ma affidabili, facili da usare in condizioni di stress psico-fisico.

Le prime operazioni di rilievo topografico sono state la determinazione della posizione di alcuni punti, in numero limitato ma con grande precisione, che dovevano servire come punti di appoggio per le operazioni successive. Detti punti costituivano la rete di appoggio orizzontale. Queste operazioni sono state attuate con la tecnica della triangolazione o della poligonazione in funzione della natura del sito e del tipo di informazione richiesta dagli archeologi.

Lo schema geometrico della triangolazione è costituito da tanti triangoli, aventi a due a due un lato in comune, ottenuti congiungendo tra loro i punti da rilevare; quello della poligonazione consiste invece nel misurare direttamente tutti gli angoli e tutti i lati di un poligono ottenuto congiungendo i punti a due a due.

A causa della natura impervia del territorio, alle difficoltà connesse alle immersioni ripetitive in alta quota ed alle condizioni estreme legate ai campi di lavoro, sono state adottate queste tecniche in quanto non necessitano di sofisticati strumenti da gestire o pesanti attrezzature da trasportare.

**Metodo della triangolazione.** Si è iniziato effettuando un sopralluogo sul fondale per accertare le sue caratteristiche morfologiche, il tipo di vegetazione e le condizioni di visibilità: elementi questi che, insieme con l'estensione del sito, hanno portato alla scelta dei punti da rilevare, chiamati vertici trigonometrici. Le visuali di collegamento tra i punti costituivano i lati dei triangoli. Del primo triangolo si è misurato direttamente un lato, chiamato base della triangolazione, da cui si partiva per calcolare, in funzione degli angoli misurati, tutti gli altri lati, applicando successivamente il teorema dei seni. Avendo fissata la direzione di un lato, anche le direzioni degli altri restavano stabilite e si poteva quindi calcolare, in coordinate cartesiane, la posizione relativa di tutti i vertici.

Questo metodo ha richiesto strumenti standard per la topografia subacquea: rocchetto di sagolino metrato, bussola da rilevamento scalfandata, profondimetro, metro a nastro.

**Metodo della poligonazione.** Le condizioni del fondale ed il grado di precisione richiesti hanno condizionato la scelta dei punti che potevano distare tra loro tra i 5 ed i 30 metri. Nel caso che la poligonale si appoggiava a due vertici trigonometrici, si provvedeva affinché questa avesse un andamento disteso, cioè con angoli quasi piatti. Quando il fondale da rilevare era abbastanza esteso, si creavano più poligonali, distinte in tre ordini: poligonali principali, secondarie e di dettaglio.

Spesso, per alcuni fondali poco estesi, una sola poligonale senza la triangolazione poteva bastare: in questi casi i punti venivano scelti in modo da ottenere una poligonale chiusa, avendo così la possibilità di effettuare un controllo e la compensazione delle misure.

**Metodo della quadrellatura o griglia.** E' il metodo più pratico per la prospezione di un sito di interesse archeologico.

Alcuni siti identificati dagli archeologi di Atahuallpa sono stati coperti con un reticolo geometrico fisso costituito da una serie di cordoni ortogonali tesi tra due punti stazione perimetrali, a formare una maglia di dimensioni opportune in relazione alla vastità del sito.

Per evitare le distorsioni dovute alla flessione dei cordoni in acqua, questa tecnica ha richiesto l'utilizzo di un cavo morbido non estensibile oppure, ove possibile, l'utilizzo di una quadrellatura rigida: un telaio modulare costruito con materiali di fortuna come tubi di plastica (PVC) riempiti di sabbia o tubi metallici con sezioni di 30 mm ripartiti in quadrati di due per due, tre per tre o quattro per quattro metri, con gambe d'appoggio verticali regolate secondo la morfologia del fondale.

### **Rilievo e disegno topografico**

Il rilievo ed il disegno topografico consiste nel determinare la forma e la dimensione delle caratteristiche naturali (pietre, fosse, alghe, ecc.) e artificiali (habitat, rovine, reperti, manufatti, ecc.) del fondale e nel rappresentare tali caratteristiche sulla carta (mappa) in modo chiaro e preciso, per mezzo di segni convenzionali.

La posizione planimetrica e la quota dei vari punti scelti nell'ambito dei siti da topografare devono essere in numero sufficiente per poter disegnare fedelmente sulla carta le caratteristiche del fondale.

Le misure di distanze e di angoli vengono riferite a punti e a direzioni note ed eseguite generalmente con strumenti ed attrezzature di semplice e rapido utilizzo come metri a nastro, stadie, bussole e profondimetri.

La scelta dei punti da rilevare è stata importante per la buona riuscita del lavoro: per siti con reperti archeologici come habitat o resti di insediamenti umani (scoperti nelle acque del Titicaca dai sommozzatori di Akakor) sono stati scelti spigoli o vertici significativi dal punto di vista scientifico mentre per fondali naturali si sono scelti punti cardine come grossi massi, variazioni di livello o picchetti artificiali appositamente piantati. La scelta dei punti per il rilievo altimetrico dei fondali è stata invece più delicata, poiché si sono dovuti rilevare tutti i punti in cui si aveva variazione sensibile di pendenza e variazione nella direzione delle curve di livello. Fortunatamente il Titicaca possiede un fondale con variazioni di livello continue e abbastanza regolari, che seguono il profilo delle colline che lo circondano.

La scala della mappa veniva scelta in funzione dello scopo a cui la mappa doveva servire (archeologico, geologico, idrogeologico), mentre l'equidistanza delle curve di livello è stata fissata uguale ad un millesimo del denominatore della scala.

Per il progetto Atahuallpa gli scienziati hanno richiesto scale come 1:1000, 1:1500, 1:2000 tali da poter essere tracciate su di un normale tavolo da campo e rappresentare con sufficiente precisione i dettagli morfologici ed archeologici dei fondali.

I punti di riferimento sono stati rilevati con grande precisione, per limitare l'errore di posizione dei punti di dettaglio che a sua volta è legato alla scala. Così su una mappa in scala 1:2000 la precisione grafica di +/- 0.25 mm, realizzata con un normale strumento da campo (matita ben appuntita), equivaleva ad un errore sul fondo di +/- 0.50 mt.

I dati e le annotazioni raccolti in fase di rilevamento venivano poi elaborati con la restituzione grafica e riportati sulla carta scrivendo accanto a ciascun punto la sua quota. Con l'aiuto

delle annotazioni e degli schizzi di lavoro, si congiungevano i punti per ottenere la planimetria. Per ottenere i punti di quota intera, per cui passano le curve di livello, si sono eseguite interpolazioni lineari tra i punti quotati. In alcuni casi le curve di livello si ottenevano con il metodo delle sezioni, rilevando, dai punti noti, diverse sezioni verticali del fondale: a tavolino, dopo aver disegnato in scala le sezioni verticali, si ricavano graficamente le posizioni dei punti di quota intera che venivano riportati sulla carta.

Il completamento della mappa consisteva nel riportare simboli ed iscrizioni che identificavano particolari caratteristiche dei fondali come ad esempio aree sabbiose, presenza di alghe, sassi e rocce, reperti e manufatti.

A margine della mappa venivano indicate la scala, l'equidistanza delle linee di livello e la direzione del nord geografico o magnetico. Per agevolare il passaggio dalla misura grafica a quella reale si disegnava pure la scala grafica: lungo una retta, a partire da un punto si riportano verso destra i segmenti che rappresentano, nella scala della carta, 1 m, 2 m, 5 m, 10 m, 100 m, ecc. Sempre a partire dal punto di origine, ma a sinistra, si riporta il segmento di 1 m e lo si divide in 10 parti uguali e numerate da destra verso sinistra. Servendosi di strumenti da campo (compasso) è facile e rapido ottenere la lunghezza reale senza ricorrere a calcoli, tecnica apprezzata per chi deve lavorare in condizioni disagiate ed in ambienti ostili.

Un aspetto rilevante ha avuto il disegno delle strutture scoperte durante la campagna di scavi. Potrebbe credersi che la fotogrammetria possa sostituire i disegni tradizionali, ma non è vero. Il disegno archeologico presenta l'ineguagliabile vantaggio di essere un misto di rappresentazione oggettiva e di selezione e interpretazione soggettiva della realtà. I sommozzatori di Akakor si sono dovuti cimentare durante le immersioni, nella rappresentazione scientifico-documentativa su tavolette di insediamenti e strutture di interesse storico. Questi disegni, immediatamente ricopiati su supporti cartacei, venivano successivamente studiati per redigere sezioni e piante di possibili costruzioni antiche.

## **Strumentazione ed attrezzature**

Vengono qui elencati gli strumenti utilizzati durante i rilievi topografici nei cantieri archeologici subacquei del Titicaca.

Si tratta di attrezzature derivate da quelle di uso terrestre, opportunamente modificate per renderle più leggere, meno ingombranti ed assolutamente più sicure.

Alcune di queste modifiche sono state eseguite sui campi di lavoro con i materiali disponibili, in relazione alle esigenze contingenti.

**Metro a nastro.** Si tratta di misuratori a nastro avvolgibile normalmente utilizzato per la topografia terrestre.

I metri a nastro a disposizione degli operatori subacquei della spedizione erano di diversa lunghezza in funzione delle tratte da misurare e precisamente da 20, 30 e 50 metri.

Importanti accorgimenti apportati per un uso migliore sono stati:

- materiale di costruzione del contenitore inossidabile;
- manovella per il recupero ampia per un rapido riavvolgimento del nastro;
- anello di aggancio per moschettone.

**Rocchetto di sagolino metrato.** Quelli utilizzati nella spedizione sono costituiti da un rocchetto avvolgitore sul quale è avvolto un cordino di nylon giallo a maglia intrecciata da 3 mm lungo almeno 100/150 metri. Il cordino ha ogni 5 metri un nodo di riferimento con a fianco una fascetta bianca (di nastro telato) su cui è scritta con pennarello nero indelebile la distanza

progressiva in metri dallo zero (capo libero). La precisione è in funzione dell'elasticità del materiale (elasticità di esercizio circa 20/25 cm ogni 10 m). Detto cordino, lavorando in acqua, a lungo andare presenta un accorciamento fisiologico variabile con l'uso, ma stimabile mediamente in circa 5 % dopo 2/3 anni. Tutti i rocchetti in dotazione alla spedizione hanno subito una revisione e la sostituzione del cordino con uno nuovo.

Essendo di precisione inferiore al metro a nastro, è stato utilizzato per la misura grossolana di grandi superfici o come filo di Arianna durante le fasi esplorative fornendo distanze progressive per un primo rilievo esplorativo, utile per pianificare la topografia.

**Fascia segnalatrice.** È la fascia a bande trasversali bianche e rosse normalmente usata nei cantieri terrestri per delimitare zone di lavoro.

Nei cantieri subacquei ha lo stesso scopo e viene usata per delimitare le zone da topografare.

Durante i lavori del progetto Atahuallpa, hanno avuto un grande utilizzo sia in acqua che a terra e, al termine dei lavori, sono state tutte recuperate evitando così l'inquinamento dell'ambiente terrestre e subacqueo.

**Bussola subacquea.** Si basa sulla azione della componente orizzontale del campo magnetico terrestre su di un ago magnetico. È da notare che il meridiano magnetico differisce da quello geografico per l'angolo di declinazione e per l'angolo di deviazione.

La bussola utilizzata, opportunamente submarinizzata, è del tipo in dotazione ai natanti e sui velivoli. Essa consiste sostanzialmente in un ago magnetico fissato ad una corona di metallo amagnetico graduata in 360°. Il complesso ago magnetico - corona prende il nome di equipaggio mobile che a sua volta è fissato ad un perno che poggia su di un cappelletto. Il sistema è avvolto in un mortaio trasparente e riempito di un liquido che ne smorza le oscillazioni. In corrispondenza di una linea di fede riportata sulla carcassa si leggono i valori di orientamento in gradi delle singole tratte delle poligonali subacquee.

Le bussole con lettura solo sul piano superiore sono altrettanto affidabili ma presuppongono un posizionamento preciso e stabile sul piano orizzontale del punto stazione. Questo può risultare difficile durante immersioni lunghe ed impegnative ed è per questa ragione che sono state usate solo per un orientamento indicativo nei rilevamenti esplorativi.

**Profondimetro.** Gli strumenti tradizionali quali profondimetri a bolla, a membrana, a bagno d'olio o acqua racchiudono al loro interno un delicato meccanismo che, per salvaguardarne la precisione, deve essere preservato da bruschi colpi o cadute.

Gli operatori subacquei della spedizione hanno preferito utilizzare dei computer subacquei ormai affidabili sia in termini di funzionamento che di precisione dei dati forniti e sicuramente meno soggetti a cura e manutenzione.

Per la topografia di siti archeologici nel Titicaca si sono utilizzati computer tipo Aladin che si sono dimostrati efficienti anche a queste altitudini (3812 m), a basse temperature e per numerose immersioni consecutive.

Per una lettura corretta venivano praticamente appoggiati al fondo nel punto in cui si voleva rilevare la profondità. Per questa ragione, in alcuni casi, il computer era legato ad un sagolino estensibile piuttosto che al polso.

Al termine delle immersioni tutti i computer venivano ritirati da un addetto alla gestione dei dati e scaricati all'interno di una cartella elettronica appositamente strutturata.

Tutti i valori registrati in questa cartella (profili d'immersione, profondità, temperature, tempi, dati fisiologici, ecc.) venivano organizzati al suo interno secondo due criteri fondamentali di ricerca:

- criterio tecnico (dati fisico-tecnici correlati alle diverse aree di ricerca);
- criterio medico-scientifico (dati fisiologici correlati ai diversi operatori subacquei).

e messi a disposizione degli archeologi, dei geologi e del medico per lo studio e la pianificazione dei lavori.

**Maschera granfacciale.** Durante operazioni di lavoro lunghe in acque fredde, con livelli di concentrazione elevati come per le topografie subacquee, i sommozzatori hanno bisogno di protezione termica, comfort, possibilità di comunicazione e visibilità. Evitare uno scomodo erogatore in bocca, poter respirare aria filtrata dal naso, proteggere il volto, migliora le condizioni di lavoro aumentandone il rendimento.

Si è rivelata di importanza fondamentale l'uso della granfacciale soprattutto per tecniche di topografia subacquea a più elementi. Il coordinamento di 6 sommozzatori distribuiti su un fronte di 10 metri, impegnati nel rastrellamento a tappeto di un'area di fondale con visibilità un metro, sarebbe stato quantomeno difficoltoso e non avrebbe dato gli stessi risultati in termini di rapidità ed efficienza senza l'ausilio di sistemi intercomunicanti. Anche la stesura dei reticoli su cantieri archeologici vasti e morfologicamente complessi dove il contatto visivo tra gli operatori è spesso difficile o impossibile, l'utilizzo di maschere granfacciali si è dimostrato essenziale.

La pianificazione dettagliata delle operazioni è basilare ma non può ovviamente prevedere gli inconvenienti che potrebbero nascere durante l'immersione. La comunicazione vocale in tempo reale tra gli operatori permette per esempio di verificare misure dubbie, correggere la posizione di strumenti, segnalare problematiche a distanza senza la necessità del contatto visivo. Indiscutibile è infine il progresso dell'immersione lavorativa in termini di sicurezza dovuto a questa attrezzatura. La possibilità di comunicare inconvenienti o malesseri durante immersioni difficili ti permette di operare con maggior tranquillità ed attenzione.

Nella spedizione Atahuallpa sono state utilizzate attrezzature Ocean Reef apprezzate per la loro leggerezza, robustezza, ampio campo visivo, praticità di indossaggio, stabilità a basse temperature, resistenza ed affidabilità.

**Lavagnetta.** È indispensabile per un lavoro di topografia subacquea. Per riportare i numerosi dati presi e realizzare disegni in immersione sono state utilizzate lavagnette ampie e con scrittura fine. Alcune sono state autocostruite utilizzando lastre di polistirolo antiurto compresso dello spessore di 3-4 mm e carteggiate con carta abrasiva fine (n° 300-400). Sono stati poi praticati due fori in angoli opposti: uno per il sagolino di aggancio ed uno per il passaggio del sagolino che lega da una parte la matita di tipo 2 o HB e dall'altra la gomma. Nel trasporto e durante i trasferimenti, matita e gomma erano tenute ferme da un elastico trasversale. Le misure adottate sono state: 15x20 cm per schizzi esplorativi, 20x30 per rilevamenti strumentali.

## **Squadra di rilevamento**

Il personale competente per la topografia subacquea del progetto Atahuallpa era costituito da un tecnico di rilievi subacquei e tre sommozzatori esperti di supporto.

Le squadre, costituite da due elementi, venivano nominate in relazione alle difficoltà dei lavori da eseguire, dai tempi di immersione necessari per il rilevamento e dalle condizioni di visibilità dell'acqua.

Il fattore costi è un elemento non trascurabile in una spedizione di questo tipo.

Per questa ragione una topografia subacquea deve essere realizzata con grande precisione (relativamente all'ambiente in cui si effettua) e nel minor tempo possibile avendo necessariamente una autonomia limitata. Questo significa fornire agli scienziati i dati di cui necessitano in tempi brevi e lasciare più tempo alle analisi notoriamente più lunghe e laboriose.

Condizione necessaria per garantire quanto sopra è la perfetta armonia della squadra di rilevamento. Gli operatori subacquei devono avere conoscenza e padronanza delle tecniche adottate ed una spiccata intesa reciproca.

L'organizzazione della spedizione ha permesso di ottimizzare le comunicazioni subacquee mettendo a disposizione attrezzature speciali come le maschere intercomunicanti. Questo ci ha consentito di aumentare il livello di precisione dei lavori e contemporaneamente diminuire del 30 % i tempi di immersione. Aspetto non trascurabile nel contesto della topografia subacquea in spedizioni scientifiche è la trascrizione dei dati rilevati durante la giornata. Questa deve essere fatta possibilmente dopo l'immersione o al più tardi la sera al termine della attività operative per non perdere il significato delle note o degli schizzi presi, spesso sommariamente, durante immersioni estreme e con poco tempo a disposizione.

Dall'esperienza maturata grazie al progetto Atahuallpa in cui si è riscontrato un notevole sforzo psico-fisico dovuto alle numerose attività operative, si incrementerà l'organico della squadra di rilievo di un elemento dedicato alla immissione ed elaborazione informatica dei dati riportati dai sommozzatori.

## **Ringraziamenti**

Si ringraziano per la collaborazione: Ministero della Cultura Boliviano; Fuerza Naval Boliviana; Ambasciata Brasiliana in Bolivia; Ambasciata Italiana in Bolivia; FEALC – Federazione Speleologica dei paesi dell'America Latina e Caraibi; IBAMA – Istituto Brasiliano dell'Ambiente; SSI – Società Italiana di Speleologia; SBE – Società Brasiliana di Speleologia; Società Boliviana di Speleologia; CIRSS – Comitato Italiano Ricerche e studi subacquei; ENTEL – telecomunicazioni boliviani; Ocean Reef – attrezzatura subacquea;

- 
- MARES
- WINTER E SUMMER
- le comunità di Copacabana e Isla del Sol

e tutti i cittadini boliviani che hanno contribuito alla buona riuscita della spedizione.