

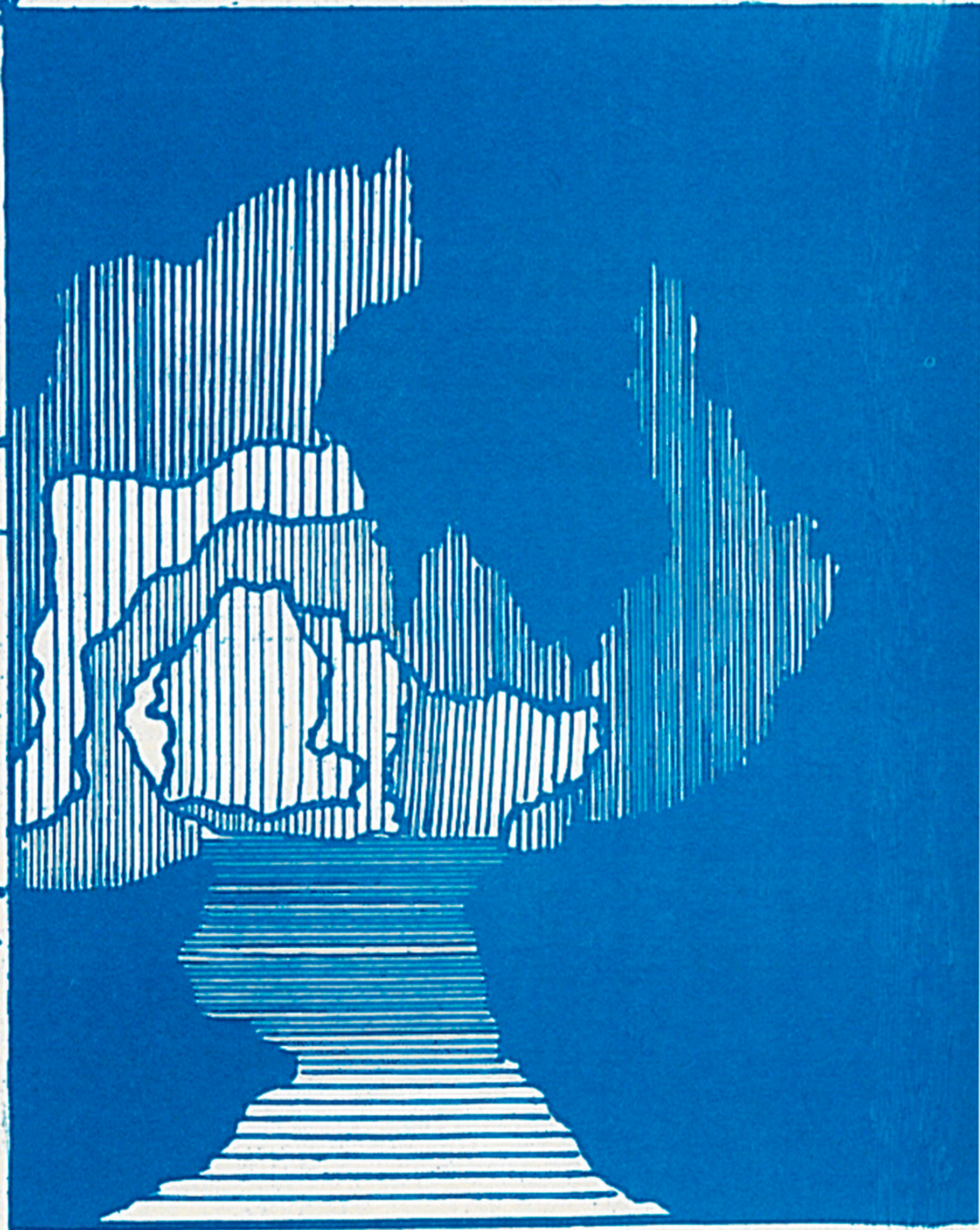
GUIDA DIDATTICA N. 1

Supplemento alle Memorie dello Speleo Club Chieti

VITTORIO CASTELLANI

APPUNTI

DI TOPOGRAFIA SOTTERRANEA



copisteria moderna - francavilla al mare - tel. 810.553

- tutti i diritti sono riservati

- NUMERO UNICO

in attesa di registrazione

---

GUIDA DIDATTICA N° 1  
Supplemento alle "Memorie dello Speleo Club Chieti"

VITTORIO CASTELLANI

{ Fondazione Ludwig Keimer per le ricerche comparate }  
{ in Archeologia ed Etnologia }

-

A P P U N T I

-----  
D I

T O P O G R A F I A S O T T E R R A N E A

-----  
=====

Publicata con il contributo della Regione ABRUZZO  
e della Cassa di Risparmio della Provincia di Chieti

Chieti 1975

Anche per queste 'guide didattiche' occorre spendere qualche parola di presentazione.

Edite come supplemento alle "Memorie dello Speleo Club Chieti" e in diversa veste grafica, raccoglieranno i contributi di specialisti per un migliore studio dei fenomeni carsici. Il loro compito non è quindi quello di sostituire i 'manuali', già abbastanza numerosi sul mercato, ma bensì di approfondirne il discorso su alcuni determinati aspetti scientifici della speleologia.

VINCENZO CRACCHIOLO  
Presidente  
dello Speleo Club Chieti

Chieti, Settembre 1975

Nel seguito sono riportate alcune considerazioni introdotte alla topografia sotterranea, così come elaborate per il XX Corso Propedeutico di Speleologia tenuto dall'URRI. L'esemplificazione è tratta da materiale originale elaborato durante la campagna di rilevamento del complesso di Ojo Guareña (1971)

### 1/ Rilievo di gallerie sotterranee.

L'esecuzione di un rilievo nella stragrande generalità dei casi consiste, com'è noto, nel ricavare i dati di una poligonale che attraversi gli ambienti sotterranei, e nel fissare - rispetto agli assi così determinati - le ulteriori caratteristiche degli ambienti, quali conformazione, tipo di suolo, specchi d'acqua etc. Tale procedura è suggerita non solo dall'esigenza di utilizzare forme semplici di rilevamento, ma anche dall'importanza spesso primaria che ha la conoscenza dello sviluppo della cavità, sia riguardo lo studio dell'ambiente sotterraneo in sé, sia riguardo relazioni e collocazioni rispetto all'ambiente esterno.

Strumenti usuali per tale rilevamento sono bussola, clinometro e fettuccia metrica.

### 2/ Rilevamento di una tratta. Errore di restituzione.

La relativa posizione di due punti rilevati  $A_1$  e  $A_2$  è nota (cfr. Fig. 1) la distanza  $r$  tra i due punti e gli an-

goli  $\alpha$  e  $\beta$  formati dall'intersezione del piano orizzontale (O) passante per  $A_1$  col piano verticale (V) passante per  $A_1$  e  $A_2$  rispettivamente con la direzione del Nord ( $\alpha$ ) e col segmento  $A_1A_2$  ( $\beta$ ). In pratica  $r$  si misura con la fettuccia metrica,  $\alpha$  con la bussola e  $\beta$  col clinometro.

Nella restituzione in pianta la direzione del segmento rispetto al Nord sarà data direttamente da  $\alpha$ , la lunghezza del segmento da

$r' = r \cos \beta$  mentre la quota tra i due punti sarà pari a

$h = r \sin \beta$ . Tavole di seni e coseni sono sono di larga utilizzazione e di facile reperimento.

Poichè la misura dei dati  $r$ ,  $\alpha$  e  $\beta$  potrà essere più o meno precisa mai 'esatta', ad ogni procedura di rilevamento è fatalmente associato un errore nei dati e quindi un errore nella restituzione del rilievo.

Se indichiamo con  $dr$ ,  $d\alpha$  e  $d\beta$  le differenze tra i valori misurati e quelli 'veri', nella restituzione noi porremo il punto  $A_2$  in una posizione  $A_2^*$  tanto più diversa da quella vera  $A_2^o$  quanto maggiori  $dr$ ,  $d\alpha$  e  $d\beta$ .

Poniamo per semplicità  $\beta = 0$  (cioè tratta orizzontale). In tal caso avremo ( $\cos \beta = 1$ ) in pianta un errore

$dr' = dr$  (errore nella misura con la fettuccia) nella lunghezza del segmento e un errore  $d\alpha$  nella di-

rezione di questo.

In pratica (cfr. Fig. 2) il punto  $A_2^*$  sarà allontanato da  $A_2^\circ$  di  $dr$  e spostato lateralmente di  $r \times d\alpha$  (se l'angolo  $\alpha$  è misurato in radianti  $360^\circ = 2\pi$  rad.;  $1^\circ = 6.28/360$  rad.).

Su una tratta di 20 metri l'errore di un grado sulla misura di  $\alpha$  equivale ad uno spostamento del punto rilevato di poco meno di 40 cm.

Risulta quindi evidente come sia inutile preoccuparsi eccessivamente di misurare le distanze al cm se non si riesce a misurare gli angoli notevolmente meglio di  $\pm 1$  grado.

Nel caso di tratta non orizzontale ( $\beta \neq 0$ , diverso da zero) l'errore su  $r$  si distribuisce al variare dell'inclinazione, in parte come errore su  $r'$  ed in parte come errore su  $h$ . L'errore su  $\alpha$  dà ancora uno spostamento laterale in pianta dato da

$$r' d\alpha = r \cos \beta d\alpha$$

mentre l'errore su  $\beta$  ha effetti analoghi ad un errore su  $r$  (cioè si somma all'errore  $dr' = dr \times \cos \beta$  causato da  $dr$ )

$$dr' = r \times \sin \beta \times d\beta$$

così che in totale si ha

$$dr' = \cos \beta \times dr + r \sin \beta d\beta$$

### 3/ Errori di misura.

Evidentemente non è possibile sapere o prevedere quale

sarà l'errore di una misura. E' possibile però prevedere le caratteristiche che, in media, avranno gli errori.

Se noi traggiamo 'n' volte (per esempio 30 volte) lo stesso riferimento, ineluttabilmente troveremo risultati differenti che si distribuiranno come in Fig. 3. La forma della Fig. 3 (istogramma degli errori) è fissa, e dipende dal fatto che gli errori compiuti sono casuali. La larghezza della figura è invece un indice della bontà delle misure ( non di una particolare ) ed è funzione dello strumento e di chi lo adopera.

La Fig. 3 si può leggere nel senso che, se di un operatore e del suo strumento si conosce l'istogramma degli errori, allora si può prevedere che in media le misure scartino di un errore 'standard', cioè conoscere il grado di precisione delle misure. In mancanza di questo l'affermazione che le misure "sono state fatte bene", vera o non vera che sia, non dà reali indicazioni sull'atteso scarto dei risultati.

Le misure, come mostrato in Fig. 3, si distribuiscono attorno ad un valore medio che, in assenza di errori sistematici, è il valore vero. Questo suggerisce che nel caso si richieda una misura particolarmente precisa, si può ripetere la misura un numero sufficiente di volte e determinare il valore 'vero' centrale. Questo sempre che non si verificano errori sistematici, cioè che



oltre alle indeterminazioni proprie della misura non siano presenti veri e propri 'sbagli', come una bussola che non punti il Nord (caso che - come sarà visto nel seguito - è più frequente di quanto non si creda).

Ad evitare sviste colossali sarebbe consigliabile ripetere 2 o 3 volte ogni misura di angoli, assicurandosi che i risultati siano confortabilmente simili: si tenga presente che, una volta in postazione, ripetere le misure non costa praticamente tempo. Sarebbe in ogni modo veramente bene che ogni operatore conoscesse l'istogramma degli errori di sé e del suo strumento; si può fare questo molto rapidamente e semplicemente e dovrebbe essere richiesto in ogni corso di speleologia.

Va da sé se si chiederà ad un allievo (o a noi stessi) di ripetere 30 volte la stessa misura, nella grande maggioranza dei casi si avranno quasi 30 risposte coincidenti. Questo significa che o la gradazione dello strumento è troppo larga in confronto alla precisione raggiungibile o che, come in genere avviene, dopo la prima misura noi inconsapevolmente siamo incapaci di operare altre misure realmente indipendenti, ed in realtà non facciamo altro che ricontrollare ogni volta che il primo numero "è quello buono". Per ovviare a tale inconveniente basta fissare un acconcio numero di traguardi differenti (anche lungo le pareti di una camera) di cui si conosca bene il riferimento angolare, e misu-

rare gli scarti delle misure dai valori veri.

#### 4/ Errore nelle misure ripetute.

Può lasciare sconfortati che su una tratta di 20 m sia facile compiere errori dell'ordine del mezzo metro. Fortunatamente per una serie di misure, come nel rilevamento di una poligonale, le cose se non migliorano non peggiorano nemmeno così drasticamente come si potrebbe pensare.

Si può comprendere questo osservando il grafico in Fig.

4. Supponiamo di misurare 'n' tratte di lunghezza comparabile. Dopo la prima tratta avremo commesso - come indicato nel paragrafo precedente - un certo errore, ed il punto rilevato disterrà dalla posizione vera di un segmento  $A_2^*A_2^\circ$ . Se fossimo in grado di misurare la seconda tratta  $A_2A_3$  senza errori, il punto  $A_3$  disterebbe dalla sua posizione vera  $A_3^\circ$  esattamente come  $A_2^*$  da  $A_2^\circ$ . Ne consegue che in realtà l'errore  $A_3^*A_3^\circ$  sarà dato dalla somma dello spostamento  $A_2^\circ A_2^*$  più lo spostamento dovuto all'errore nella seconda tratta. E così per ogni tratta successiva il punto rilevato disterà dal punto vero della somma di tutti i precedenti spostamenti (cfr. Fig. 5). Poichè (e se) gli spostamenti sono casuali, il punto rilevato non tende ad allontanarsi indefinitamente dal punto vero, ma tenderà ad oscillare attorno al punto vero, con una dispersione non molto superiore a quella

caratteristica delle misure (errori standard). Questo sovrapporsi ed eliminarsi degli errori è il motivo per cui spesso i rilievi sono migliori di quello che comunemente si creda. Ne segue che la massima attenzione deve essere posta nell'evitare gli errori eccezionali (le sviste) e gli errori sistematici. Un sistema spesso utilizzato è anche quello di riprendere da ogni stazione l'angolo della precedente e controllare che i due angoli differiscano, come atteso, da  $180^\circ$ .

#### 5/ Raccolta dei dati.

E' necessario enfasizzare una serie di punti che, pur potendo sembrare "a tavolino" una ricerca di perfezionismo, si rivelano spesso una fondamentale necessità.

a) Segnare i punti rilevati. Nei casi più 'pacifici' questo può essere fatto con picchetti piantati nel suolo, nei rilievi più spediti è sempre possibile inventarsi un sistema rapido per marcare le stazioni (gessi cerosi, nastri adesivi, incisioni col martello etc.), specie se si scelgono le stazioni tenendo presente questa necessità. Un rilievo fatto a stazioni 'volanti' è un inconoscibile, un gioco d'azzardo. Qualunque dubbio sorga, niente è più ricontrollabile (da noi stessi e da altri) se non attraverso un intero nuovo rilievo.

b) Utilizzare per il rilievo moduli predisposti (Fig. 6). Inutile farsi promesse di appuntare ordinatamente tut-

to; un rilievo di un certo sviluppo andrà sempre a finire in un cumulo di foglietti in cui, a freddo, sarà spesso difficile raccapazzarsi. La necessità di riempire delle cassette obbliga a segnare anche i dati che sul posto spesso sembrano evidenti; sarà inoltre chiaro il significato di ogni cifra cosa che purtroppo spesso non avviene nei cumuli di cifre riversate sui semplici tacchini.

c) Curare esageratamente la stesura di uno schizzo che accompagni la raccolta dei dati. In mancanza di un buono schizzo nella restituzione si incapperà fatalmente in dubbi fondamentali. Con un poco di attenzione un buono schizzo (Fig. 7) deve già dare un'idea precisa della cavità.

d) Operare la restituzione il più presto possibile. Dopo una settimana molti particolari, che possono essere preziosi, possono cominciare a sfumare: a Ojo Guareña direttamente in grotta alla fine di ogni giornata di lavoro.

Un buon rilievo, cioè ben misurato, ben raccolto e ben restituito non dovrebbe scostare dal vero di più di un paio di metri al massimo.

Se si ha avuto l'accortezza di segnare le stazioni, come raccomandato al punto a), esiste un rapido controllo in grado di fornire preziosissime informazioni: basta ribattere rapidamente (p. e. al ritorno) i soli angoli delle stazioni. Questo può essere fatto in una frazione di tem-

po microscopica in confronto al tempo di rilievo; basta che una coppia di rilevatori si sposti progressivamente sulle stazioni, sostando quei pochi attimi necessari per fare la misura. Dal confronto dei due blocchi di dati si ottiene facilmente:

1) - Una conferma dell'assenza di 'sviste' o errori sistematici, o viceversa, la chiara indicazione che il rilievo è sbagliato.

2) - Gli scarti delle due serie di misure forniscono automaticamente l'istogramma degli errori relativi a quel rilievo ed in quelle condizioni, dando una chiara indicazione della precisione raggiunta.

Poichè la misura delle distanze è difficilmente suscettibile di grossolani errori, conoscere questi due punti equivale a poter fornire un rilievo chiaro e significativo.

Una buona squadra di rilevamento dovrebbe essere costituita da almeno tre unità: una alla bussola e due alla fettuccia metrica e per stendere gli appunti. Con un numero inferiore il tempo di rilevamento tende a crescere paurosamente.

## 6/ Errori sistematici.

Gli errori sistematici (cioè nel sistema di misura) sono di per sè imprevedibili e non soggetti a valutazione.

## 8/ Strumentazione.

La scelta della strumentazione discende da tanti criteri personali che è impopolare, se non difficile, dare criteri generali in merito. E' nondimeno evidente che tutti gli strumenti complicati, che richiedono la continua apertura di coperchi, la lettura in specchietti, l'operare su ghiere, bottoni o rotelle, in un ambiente sotterraneo finiscono col creare tanti di quei problemi di illuminazione e di funzionamento (umidità, fango etc.) che il rilevamento diviene spesso un processo lungo, noioso o aleatorio.

Esistono oggi in commercio, sia bussole che clinometri a tamburo ruotante e a traguardo diretto, molto compatti senza parti mobili e a scala luminosa. Modelli con una scala di  $0,5^\circ$  sono, a mio parere, l'optimum per un rilievo preciso e spedito, e ogni gruppo dovrebbe averne almeno un esemplare.

- - -

## DIDASCALIE FIGURE.

Fig. 1 - Elementi di rilevamento di un segmento  $A_1 A_2$ .

Fig. 2 - Lo scarto in pianta tra il punto restituito  $A_2^*$  e il punto vero  $A_2$  per un errore  $dr$  nella misura delle distanze e  $d\alpha$  nella misura dell'orientazione.

Fig. 3 - La distribuzione di misure ripetute attorno al valore vero ( $67^\circ, 7$ ). L'altezza della linea spezzata (istogramma) indica il numero di misure che cadono in ogni intervallo. Così nell'istogramma di sinistra si ha una misura tra  $65^\circ, 5$  e  $66^\circ$ , tre tra  $66^\circ$  e  $66^\circ, 5$ , sei tra  $66^\circ, 5$  e così via. I due istogrammi esemplificano la risposta di due serie di osservazioni con diverso grado di precisione. Le frecce indicano l'errore 'standard' ( $\approx 1^\circ$  nel primo caso e  $\approx 2^\circ, 5$  nel secondo).

Fig. 4 - Misurando senza errori una seconda tratta  $A_2 A_3$  l'errore nella prima tratta ( $A_2^* A_2^\circ$ ) viene trasportato inalterato al termine della seconda tratta ( $A_3^* A_3^\circ$ ).

Fig. 5 - Gli errori compiuti nelle diverse tratte si sommano l'un l'altro, e nella restituzione i punti terminali di ogni tratta disterranno, dal corrispondente punto vero (stella), di una distanza paragonabile all'errore standard delle misure.

Fig. 6 - Esempio di scheda di rilevamento utilizzata per un tratto della "Galleria del telefono" ad Ojo Guareña.

Fig. 7 - Restituzione del rilevamento della "Galleria del telefono".

Le frecce indicano il tratto relativo alla scheda di Fig. 6.

Fig. 8 - Quattro possibili metodi per il rilevamento di un ambiente:

- a) Misure traverse alla poligonale.
- b) Poligonale chiusa.
- c) Rilevamento angolare
- d) Rilevamento polare.

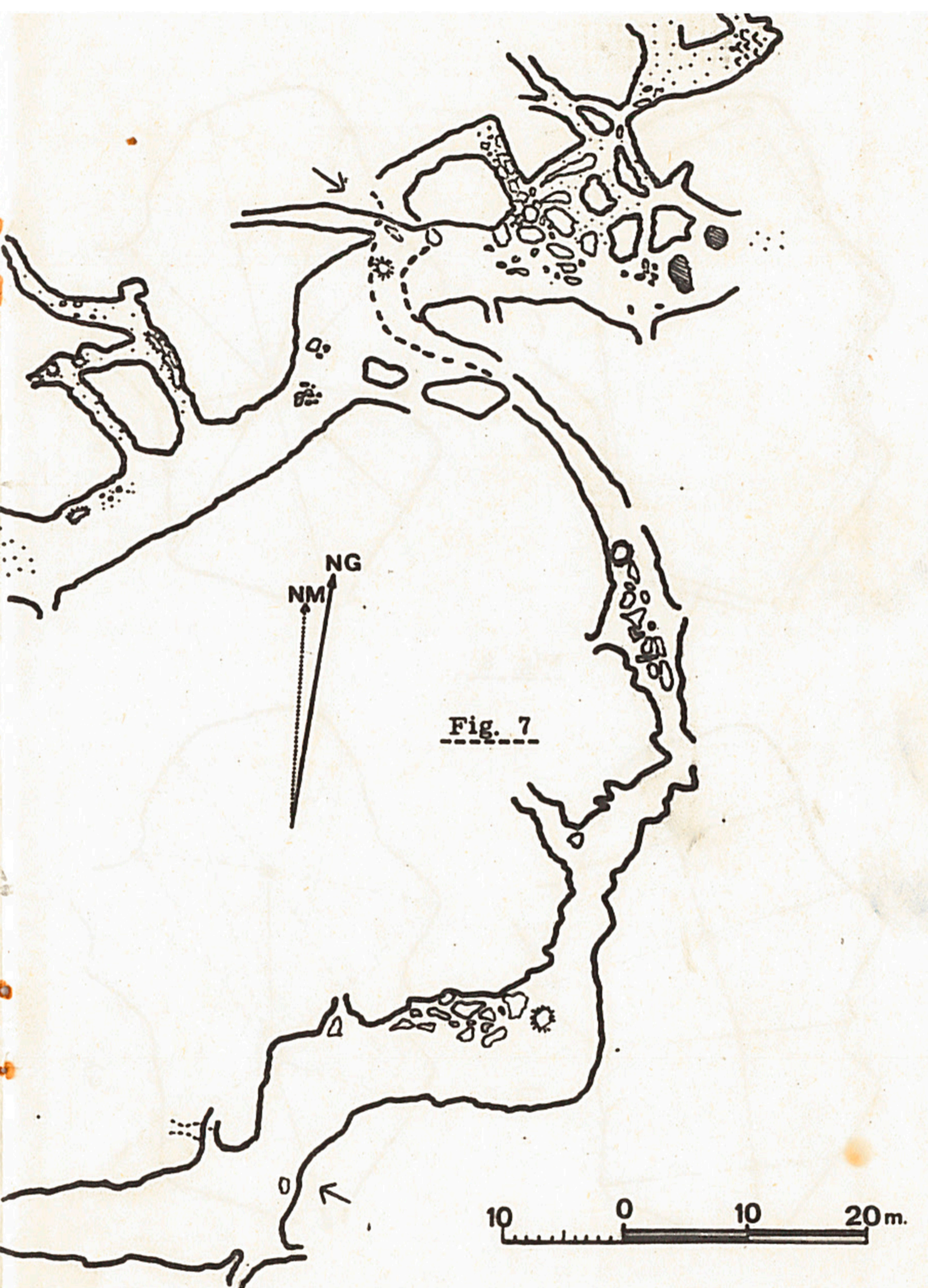


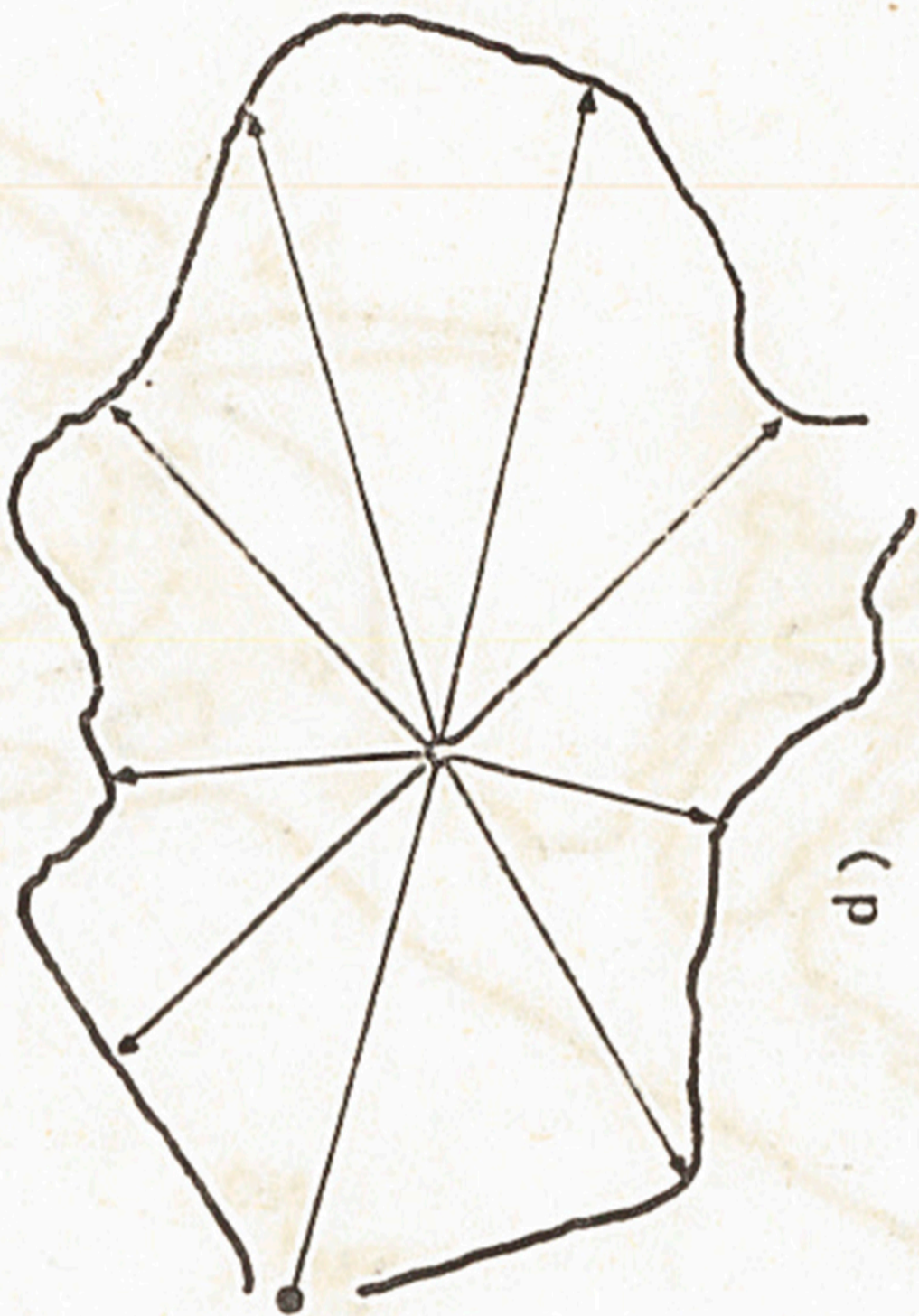
Fig. 7

10 0 10 20 m.





b)

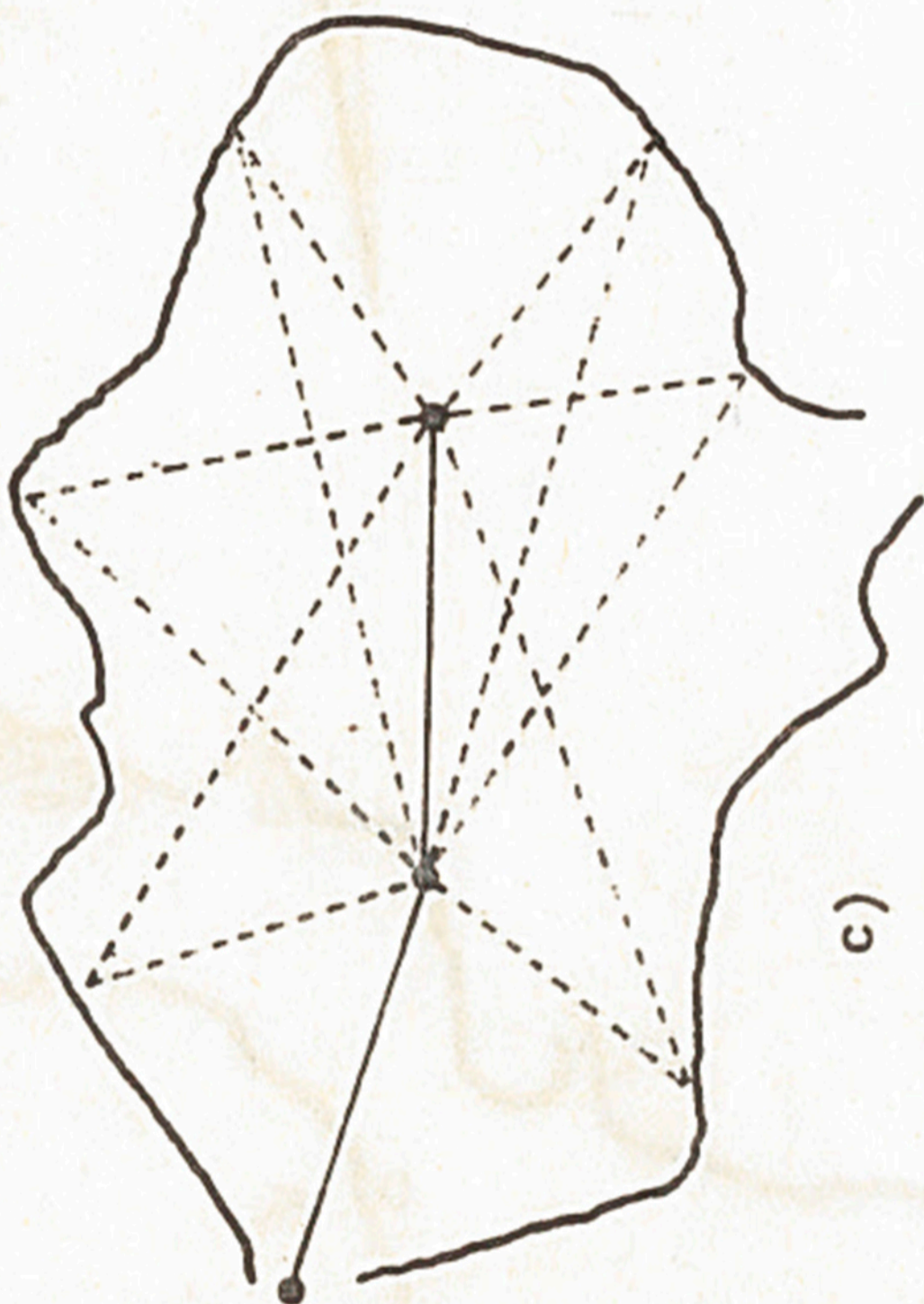


d)

Fig. 8



a)



c)

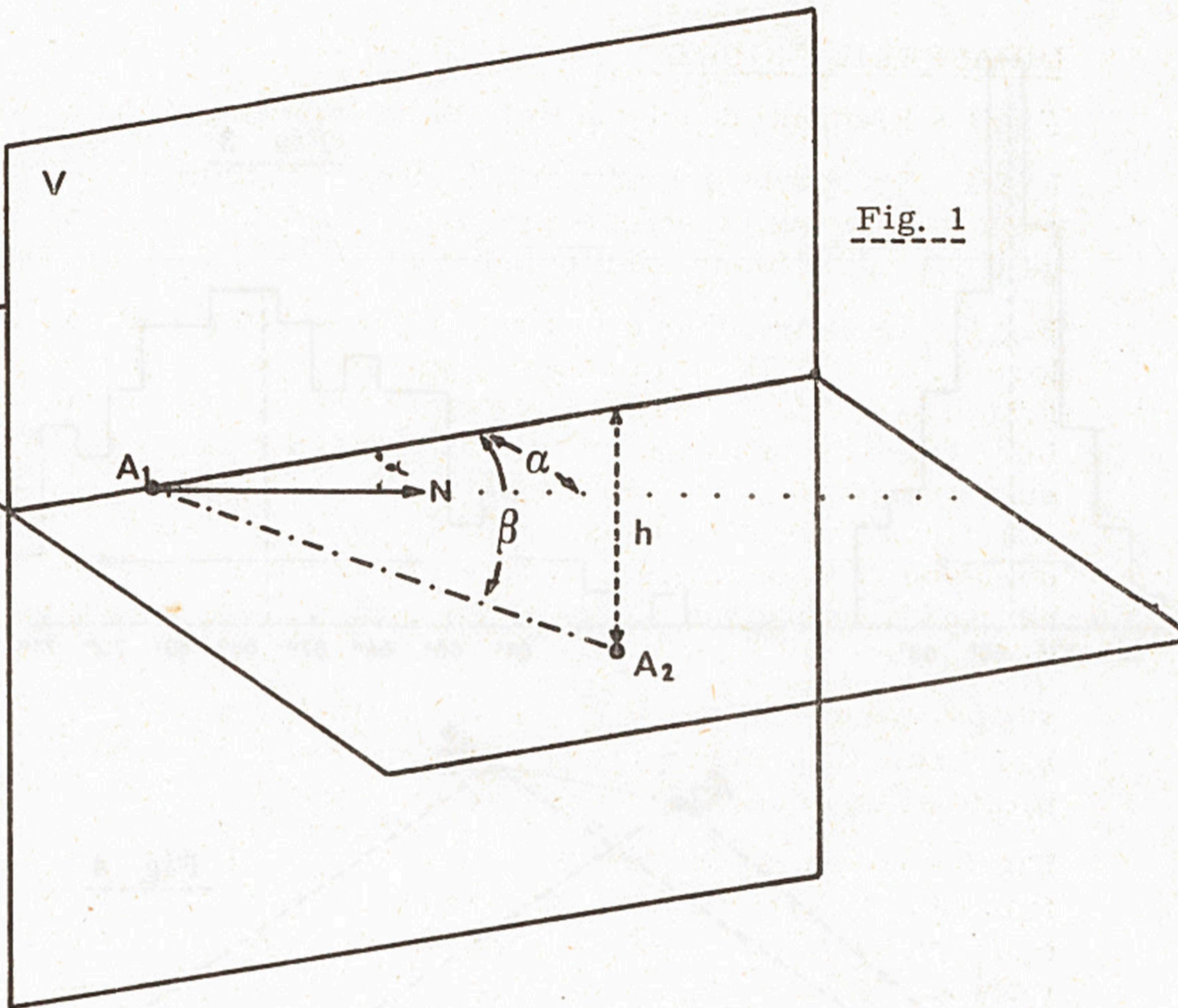


Fig. 1

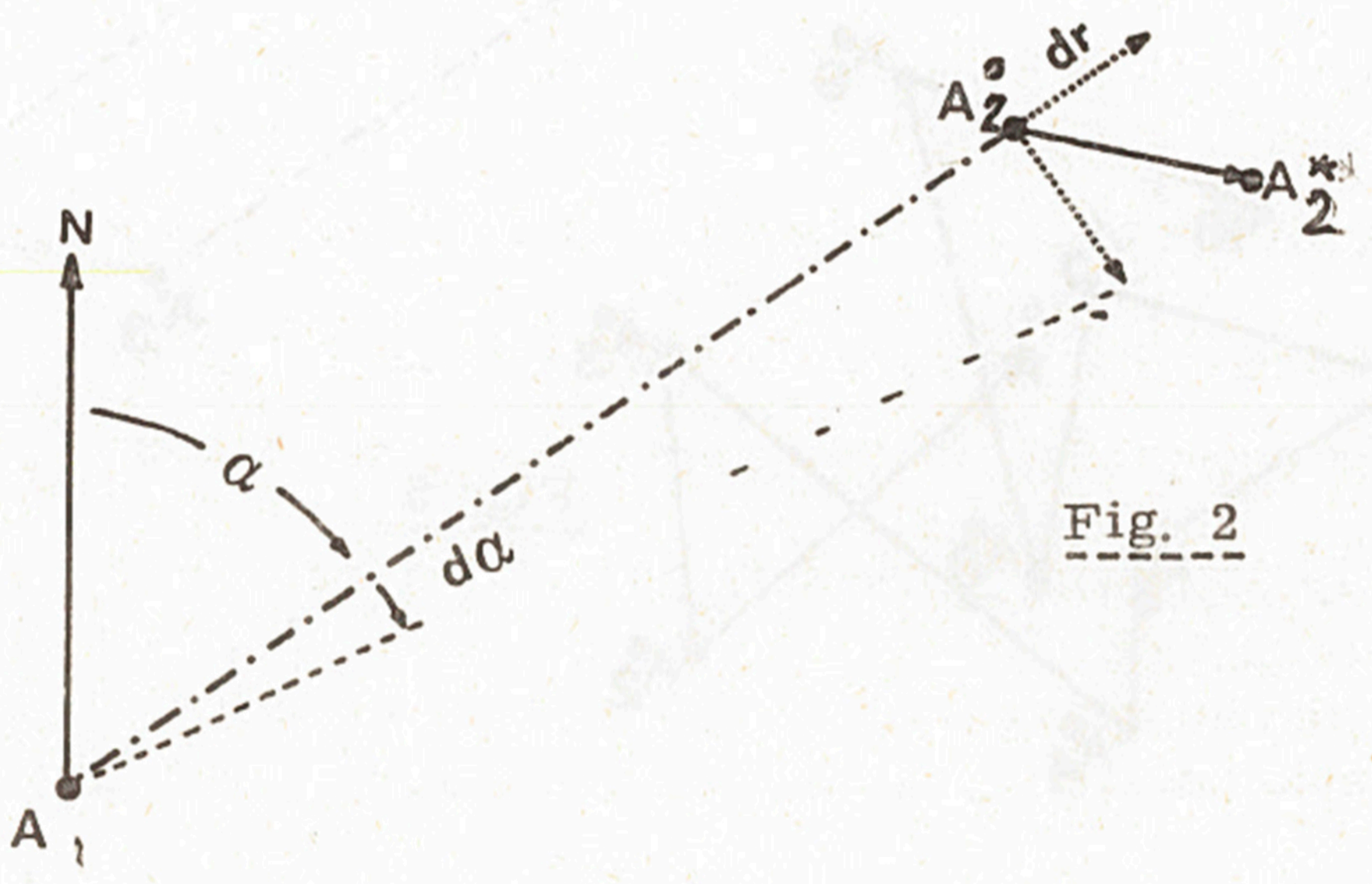


Fig. 2

Fig. 3

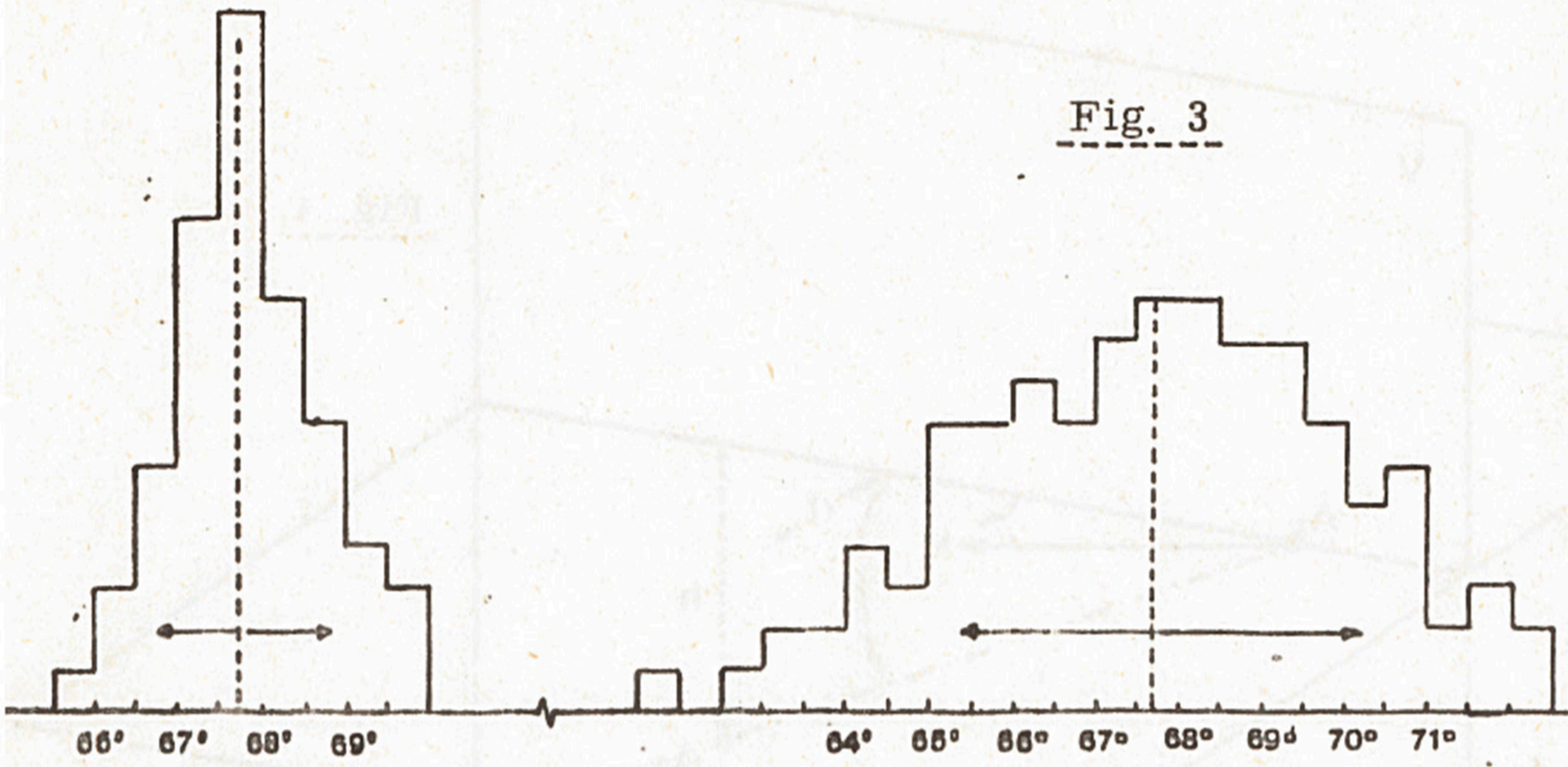


Fig. 4

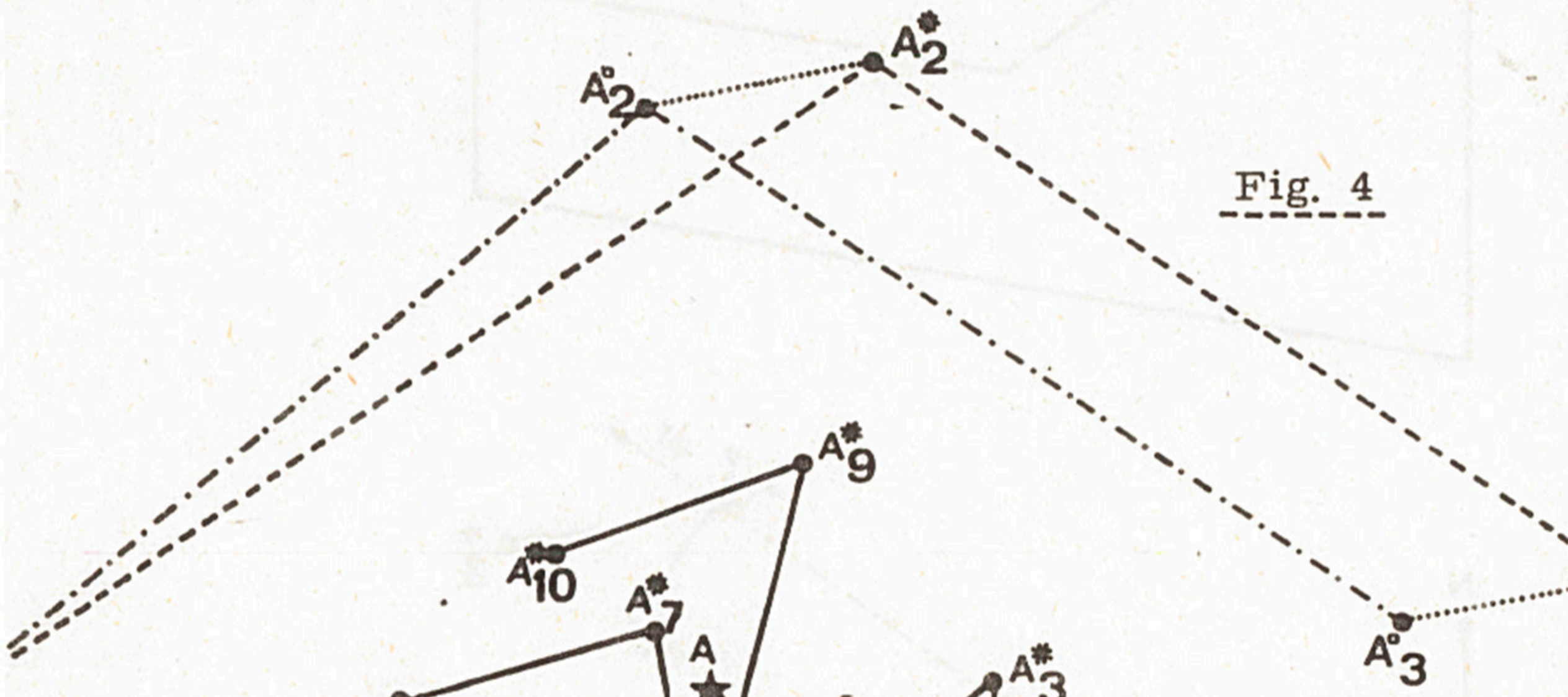
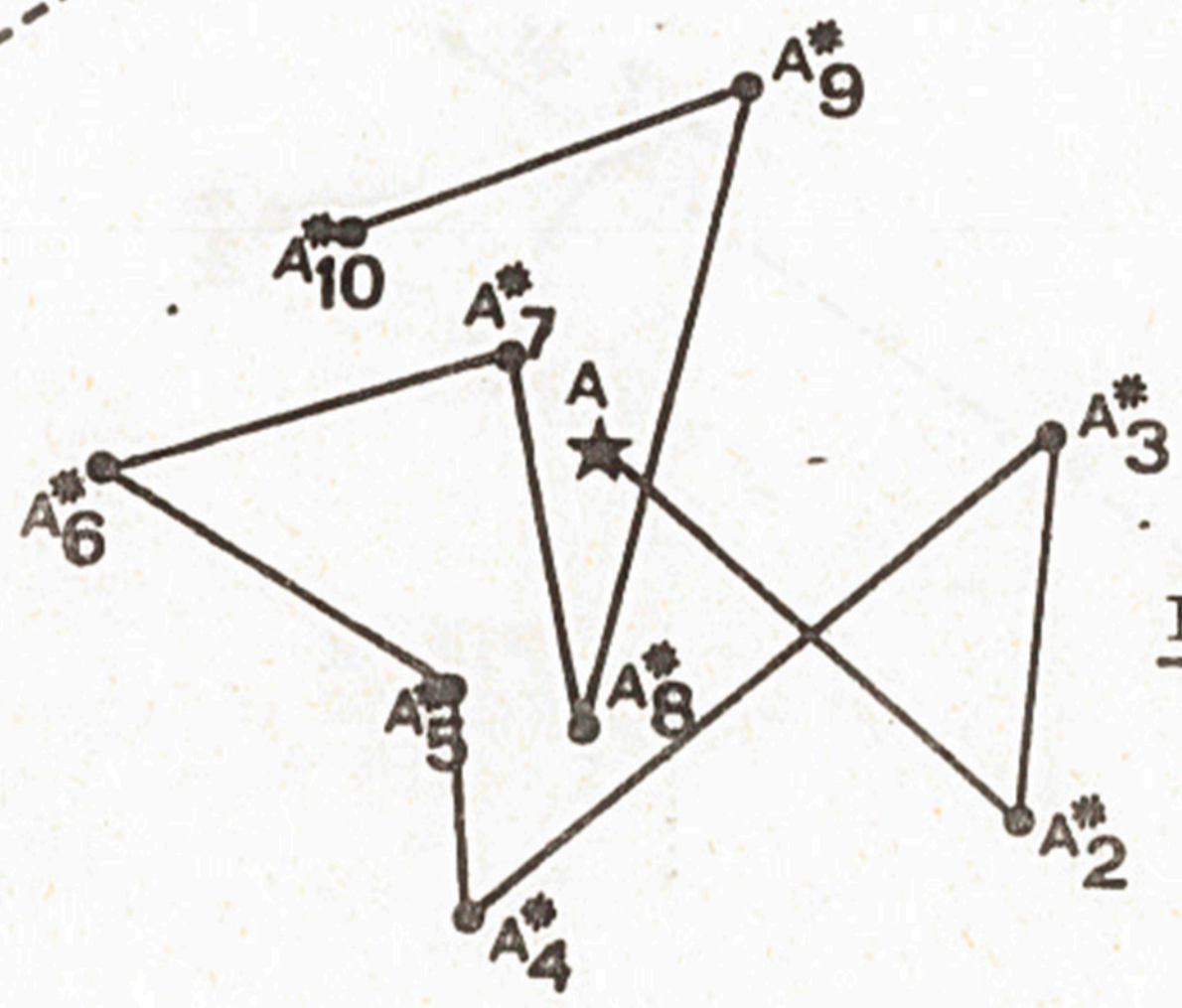


Fig. 5



NOMBRE DE LA CAVIDAD Ojo Guareña

LOCALIDAD

TOPOGRAFIA COMENZADA DESDE Cacique

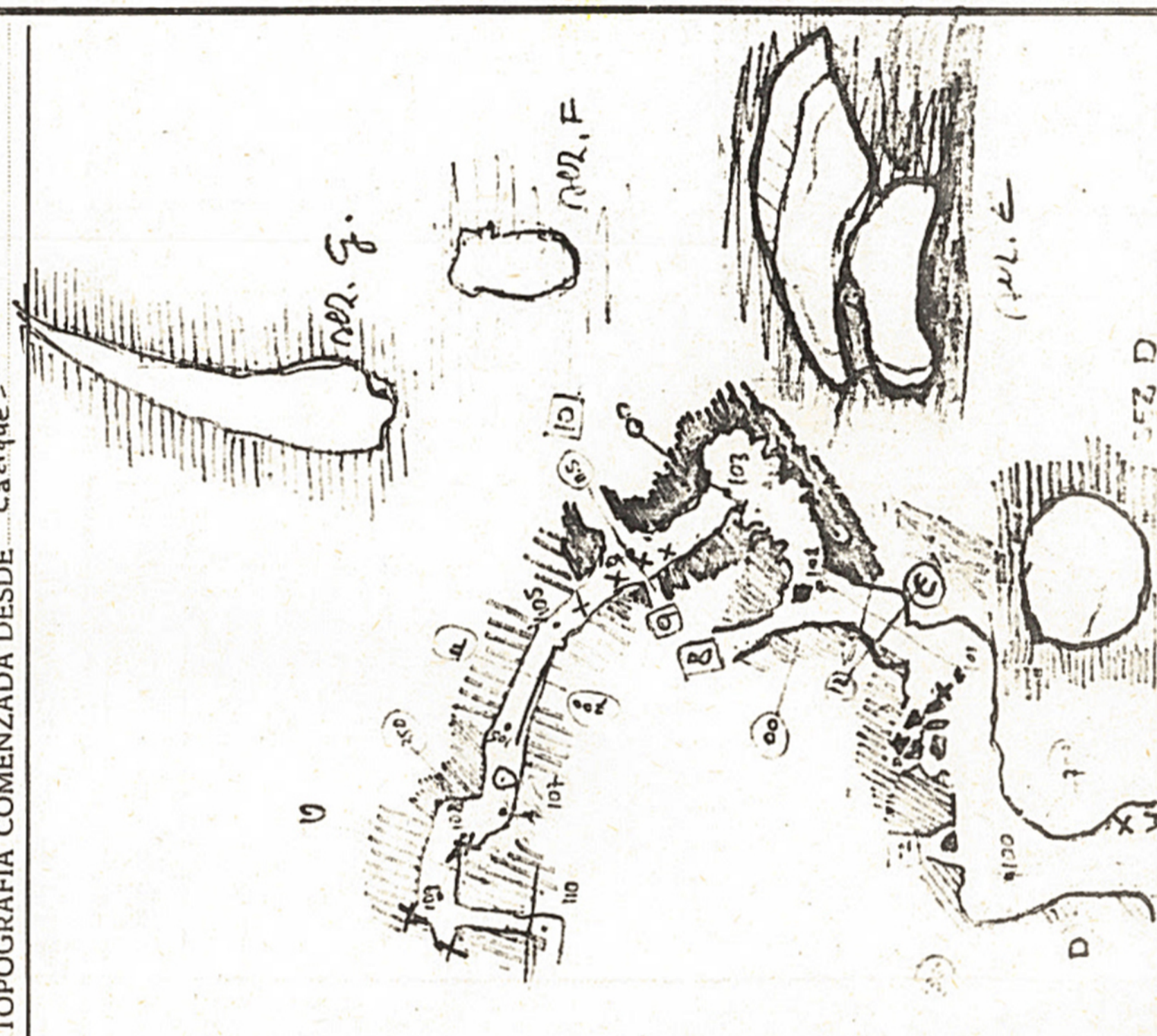
Hoja N.º 2 Fecha: 12 Agosto 1971

TOPOGRAFOS: Brijula G. Giglio B. Sexag. N. Magn/

Anotaciones F. Werlen M. Cinta/Estadifa

Gianni Giglio - Maurizio Segalati - Fernando Werlen

Del Fto.	GRADOS			ANCHO	Alto	Tipo suelo	NOTAS Y SECCIONES	
	Ai	B	C					
07	32	00		2.5	3.0	R	W = cañon	
09	33	00		2.30	4	W.R.	S = albar	
10	25	-30				R	A = Arqilla	
11	5	25	20	1.20	2.50	R	○ 20220 ascendente	
12	15	25	20	1.35	2.50	R		
13	35	10		0.50	1.10	R+A		
14				5.40	1.85	R+A		
15	30	-40			4	R+A		
16	12	-10		0.50	1.00	"		
17	28	-40		6	5	R		
18	34	00		5	8	R+A		
19	27	15		1.50	1.20	R		
20	32	10		1.00	1.00	R		
21	32	10		1.00	0.80	R+A		
22				1.40	3			
TOTAL							1183	



Gabinete 94 G.W.S Fecha 13/8 N.º

