3. ESTRATIGRAFIA DEL AREA

La geología del Arenal es reportada, de manera esquematica, en la fig. 5.

3.1 Tefroestratigrafía

El área del volcán Arenal y gran parte de la zonas adyacentes a la laguna homónima se encuentran recubiertas por estratos de tefras intercaladas en bancos de ceniza que presentan diversos grados de meteorización y arcillificación y, a veces contienen materia orgánica (paleosuelos).

Las tefras emitidas por el Arenal cubren las subyacentes rocas volcánicas antiguas del Grupo Aguacate. Las rocas del Aguacate, que representan la base estratigráfica regional, son caracterizadas por la presencia de un paleosuelo bien desarrollado con típica coloración roja-amarilla y por una alteración siempre muy marcada de las lavas y de las tefras.

El esquema estratigráfico general del Arenal es presentado en la Fig. 6, mientras las correlaciones existentes entre los niveles guía se sintetizan en la Fig.7. Este esquema va a modificar la vieja columna estratigráfica preparada por Melson (1982, 1984) en el corte de "El Tajo". El Anexo 1 contiene los cortes estratigráficos más representativos levantados en el campo.

En el sector occidental del volcán, a lo largo de la laguna, los niveles explosivos del Arenal presentan los máximos espesores que decrecen hacia el oeste. Al occidente del Arenal las tefras decrecen rápidamente de espesor y cerca de la ciudad de Tronadora la secuencia eruptiva mide 1,2m de espesor y resulta constituida por 7-8 niveles de cenizas de diferentes colores, de espesores normalmente decimétricos que yacen arriba del paleosuelo rojo (Aguacate).

En las zonas septentrionales distales, a lo largo de la carretera El Tanque-Santo Domingo-Jicarito solamente una capa de caída se nota arriba del Grupo Aguacate.

La zona oriental está constituida por varias capas de material retrabajado, mezcladas con depósitos de flujo y de lahares procedentes de los volcanes Arenal y Chato. En este sector los depósitos de caída del Arenal presentan poco espesor o no se encuentran.

En las faldas del volcán Chato, al sur del Arenal, se notan algunos niveles procedentes del volcán, con espesores ya bastante reducidos.

En la sección 3.1.2. se describen las características de los horizontes de caída del Arenal a partir del más reciente (ET-1) hasta el más antiguo (ET-9).

3.1.1 Técnicas de investigación tefroestratigráfica

La reconstrucción orgánica y sistemática de la actividad eruptiva pasada ha constituido el fundamento de los trabajos más representativos sobre la peligrosidad volcánica que se han efectuado en el Japón, Estados Unidos e Italia (Nakamura, 1964; Crandell y Moullineaux, 1978; Santacroce, 1987).

Está ampliamente demostrado, mediante varios estudios anteriores, que los depósitos plinianos de caída se caracterizan por presentar una progresiva disminución de su espesor,

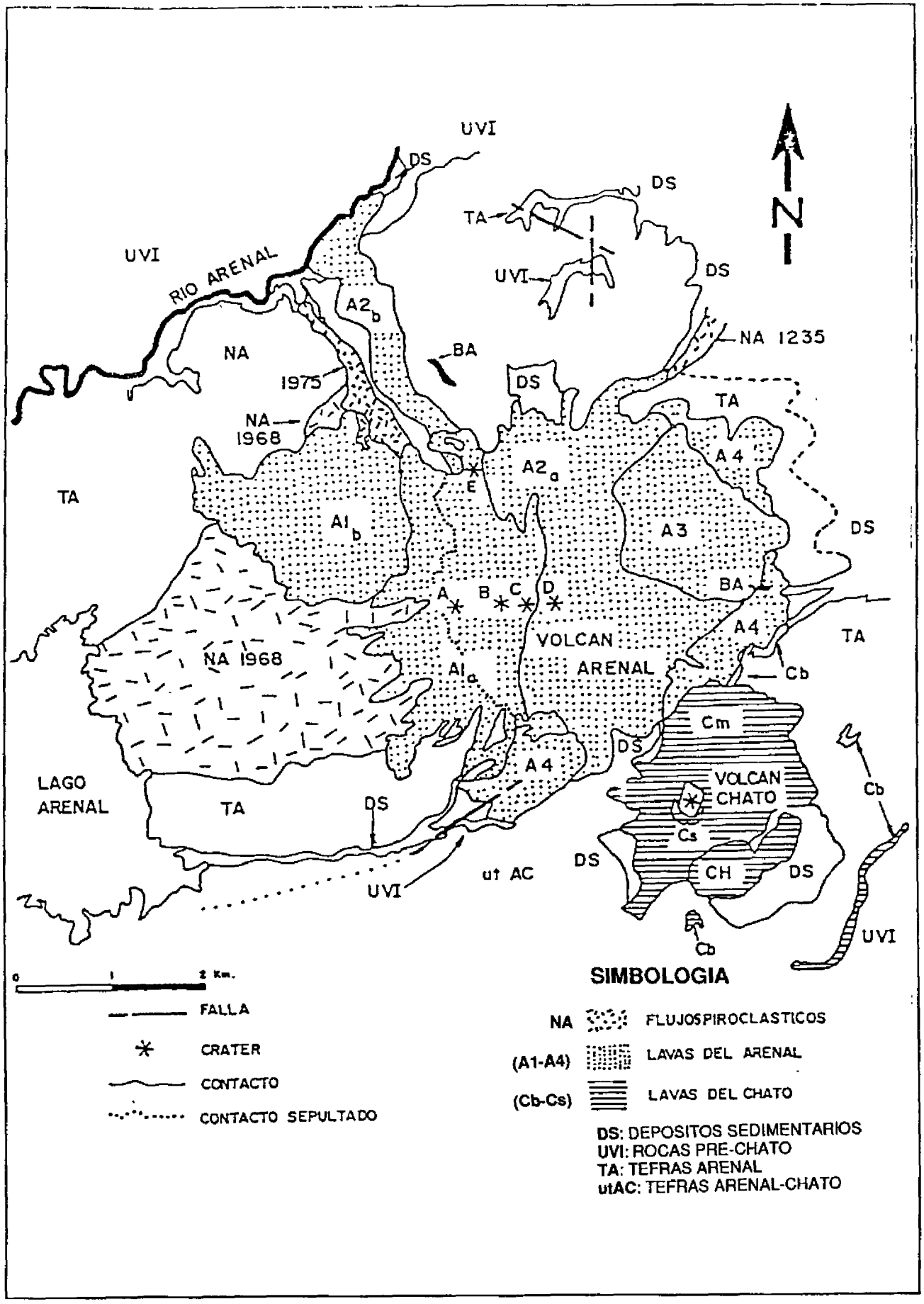


FIG. 5. MAPA GEOLOGICO SIMPLIFICADO DE LOS VOLCANES ARENAL Y CHATO

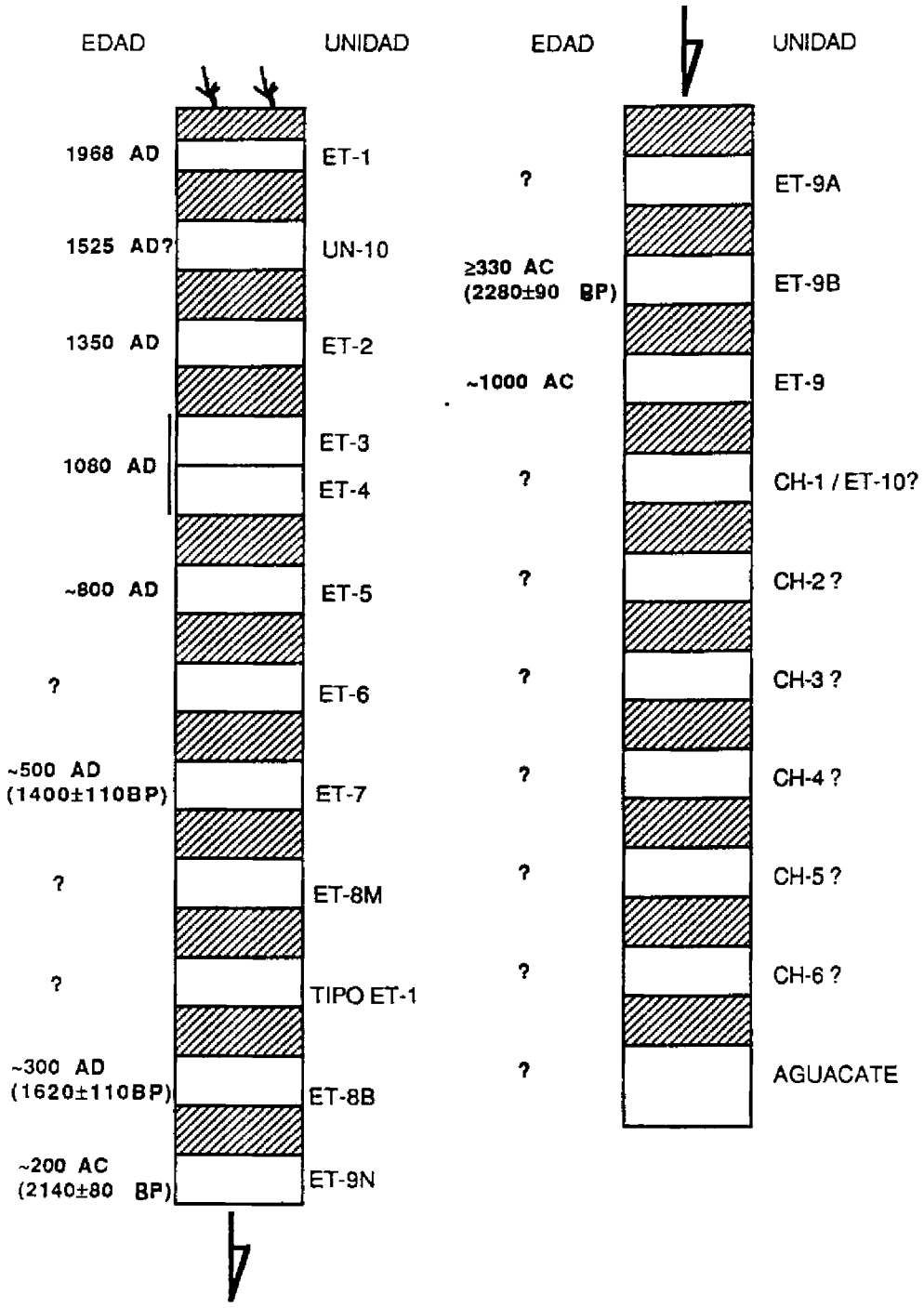


FIG. 6. ESQUEMA TEFRO ESTRATIGRAFICO GENERAL DEL VOLCAN ARENAL (SIN ESCALA)

Geotermica Italiana

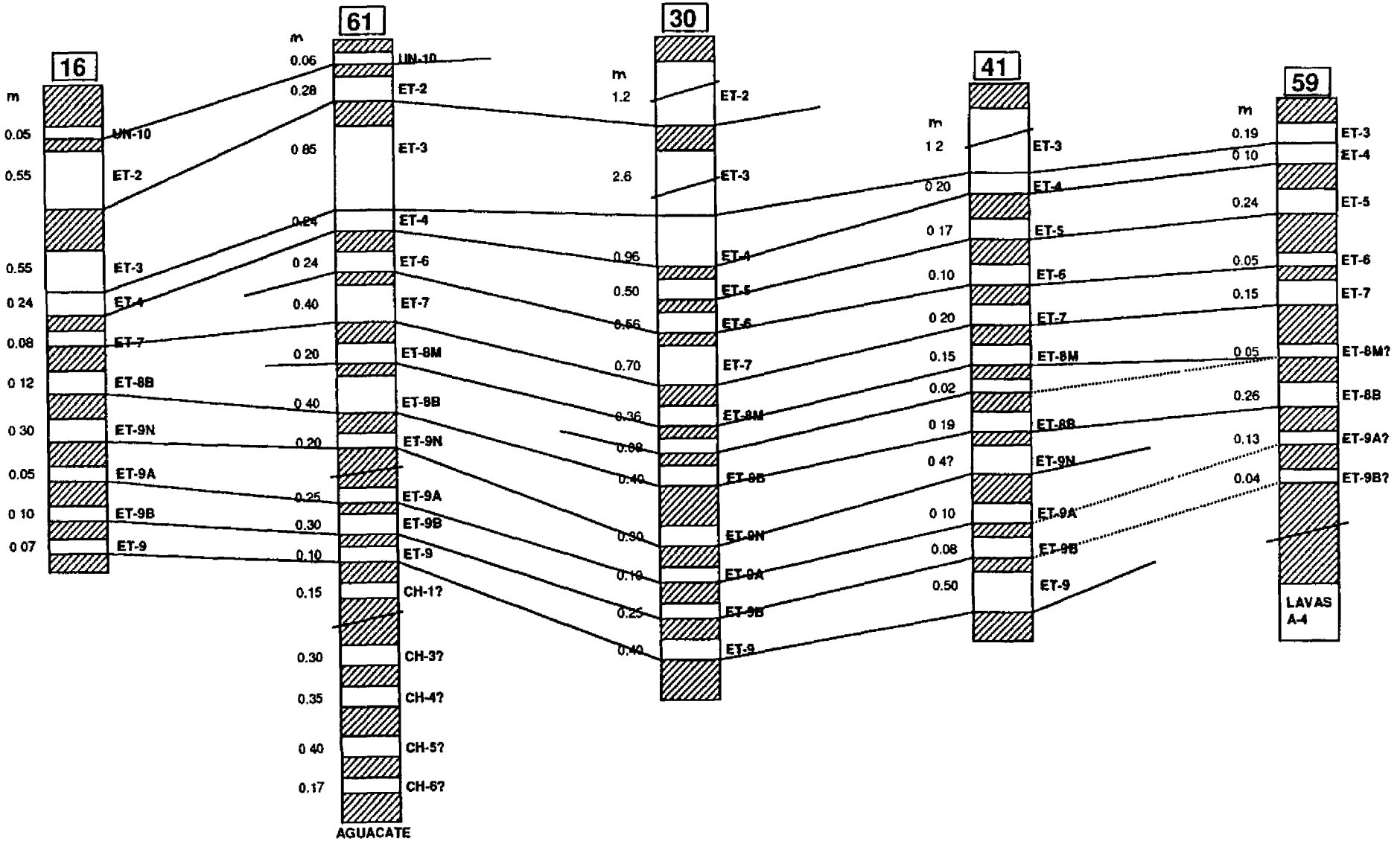


FIG. 7. CORRELACION ESTRATIGRAFICA DE LOS NIVELES GUIA DEL ARENAL (LOS ESPESORES NO ESTAN A ESCALA). PARA LA UBICACION DE LOS CORTES VER FIG. 8

del diámetro medio de las partículas (Mdf), diámetro máximo de los líticos (ML) y de la pómez (MP), a medida que se alejan del centro de emisión.
La forma en que varían dichos parámetros respecto a la distancia, depende de la altura de la columna eruptiva y del régimen del viento en el momento de la erupción.
En consecuencia, resulta fácilmente identificable la proveniencia de una tefra a través de la reconstrucción areal de las variaciones de dichos parámetros. Walker y Croasdale (1971) fueron los primeros en determinar que la curva de distribución de los MS (curvas isopletas de los líticos) resultan menos afectadas por la acción del viento durante la depositación.

Las correlaciones entre los diversos puntos de observación se efectuaron mediante las técnicas universalmente adoptadas en la literatura vulcanológica en los últimos decenios (Cass y Wright, 1987) que fueron introducidas por Thorarinsson (1967).

La investigación tefroestratigráfica se desarrolló utilizando depósitos con una elevada dispersión areal constituidos por estratos de pómez (correspondientes con depósitos de caída erupciones plinianas ylo sub-plinianas), cuyas características litológicas y estratigráficas varían regularmente.

Con el fin de efectuar reconstrucciones areales de los parámetros espesor y dimensiones máximas de los clastos, en los levantamientos de campo en la región del Arenal se seleccionaron los depósitos primarios acumulados en áreas subhorizontales. La depositación de las tefras en superficies inclinadas, aparte de favorecer eventuales removilizaciones erosivas, puede también provocar significativas anomalías locales en las características granulométricas y el espesor del depósito.

En el campo se han levantado 78 cortes estratigráficos (Fig. 8). En la tabla T-1 se reportan las ubicaciones (coordenadas kilométricas Lambert) de las estaciones estratigráficas levantadas y el nombre de la carta topográfica (1:50000) correspondiente.

Acercándose al aparato del Arenal, arriba de sus laderas se estudiaron exclusivamente áreas planas y elevadas con el propósito de reducir al mínimo las eventuales intercalaciones de productos de flujo ("flow" y "surge") y de encontrar el mayor número de niveles de caída.

Las determinaciones de campo, referentes a las dimensiones máximas de los líticos y las pómez, en cada uno de los niveles se efectuaron midiendo la longitud máxima de los tres o cinco clastos de mayor tamaño recolectados en una sección del afloramiento. El promedio de los tres o cinco valores así obtenidos constituye el dato de partida para elaborar los mapas de isopletas.

Las numerosas carreteras, caminos vecinales y veredas que atraviesan la zona en examen, ofrecen la posibilidad de efectuar cortes estratigráficos de fundamental importancia para reconstruir la historia eruptiva del volcán. En el lado meridional del Arenal, donde existe el aparato volcánico del Chato, las observaciones de campo estuvieron limitadas, por falta de accesos y por la presencia de una densa cobertura forestal.

3.1.2 Niveles guía

Unidades menores. tipo ET-1 y UN-10
Las erupciones ET-1 y UN-10 pertenecen a la actividad menor del volcán Arenal. A pesar del nivel de importancia reducida, estos dos eventos, siendo los últimos episodios (1968 AD y 1525 AD ?) del Arenal, han sido descritos con el grupo de eventos eruptivos más importantes producidos por el volcán.

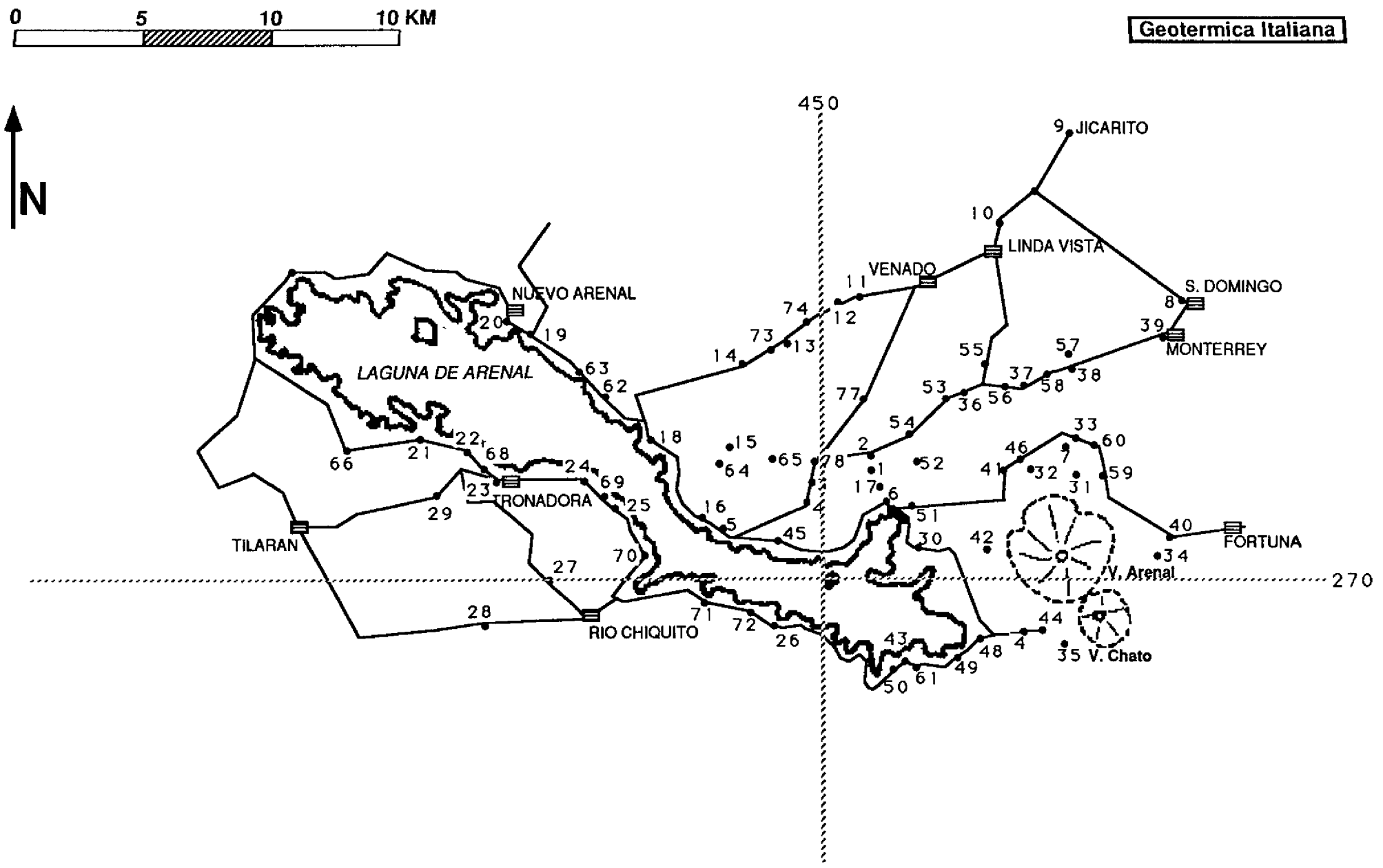


Fig. 8. MAPA DE UBICACION DE LOS CORTES ESTRATIGRAFICOS

STOP - 1	TILARAN	H. 3247 III	274,9 N - 452, 2 E
STOP - 2	TILARAN	H. 3247 III	275,2 N - 452, 0 E
STOP - 3	TILARAN	H 3247 III	274.3 N - 450.0 E
STOP - 4	TILARAN	H 3247 III	273,3 N - 449,7 E
STOP - 5	TILARAN	H 3247 III	272,2 N - 447,1 E
STOP - 6	TILARAN	H. 3247 III	273,9 N - 452,4 E
STOP - 7	MONTERREY	H. 3247 I	275,8 N - 459,7 E
STOP - 8	MONTERREY	H. 3247 I	282,0 N - 464,8 E
STOP - 9	MONTERREY	H 3247 I	286,5 N - 459,4 E
STOP - 10	MONTERREY	H. 3247 I	283,8 N - 457,4 E
STOP - 11	ARENAL	H. 3247 IV	281,4 N - 451,2 E
STOP - 12	ARENAL	H. 3247 IV	281,2 N - 450,6 E
STOP - 13	ARENAL	H 3247 IV	279,6 N - 448,9 E
STOP - 14	ARENAL	H. 3247 IV	278,2 N - 447,5 E
STOP - 15	TILARAN	H. 3247 III	275,4 N - 446,6 E
STOP - 16	TILARAN	H 3247 III	272,4 N - 446,3 E
STOP - 17	TILARAN	H. 3247 III	274,1 N - 452,3 E
STOP - 18	TILARAN	H. 3247 III	273,9 N - 444,8 E
STOP - 19	ARENAL	H. 3247 IV	278,7 N - 440,9 E
STOP - 20	ARENAL	H 3247 IV	279,8 N - 439,0 E
STOP - 21	ARENAL	H. 3247 IV	275,9 N - 434,2 E
STOP - 22	ARENAL	H. 3247 IV	275,8 N - 437,2 E
STOP - 23	ARENAL	H. 3247 IV	275,1 N - 437,9 E
STOP - 24	TILARAN	H 3247 III	274,9 N - 440,9 E
STOP - 25	TILARAN	H 3247 III	273,8 N - 442,8 E
STOP - 26	TILARAN	H. 3247 III	269,2 N - 448,6 E
STOP - 27	TILARAN	H. 3247 III	270,3 N - 440,1 E
STOP - 28	TILARAN	H. 3247 III	268,7 N - 438,1 E
STOP - 29	TILARAN	H 3247 III	273,4 N - 435,6 E
STOP - 30	TILARAN	H. 3247 III	272,0 N - 453,4 E
STOP - 31	FORTUNA	H. 3247 II	274,1 N - 459,8 E
STOP - 32	FORTUNA	H. 3247 II	274 6 N - 458.0 E
STOP - 33	MONTERREY	H. 3247 I	276,0 N - 460,0 E
STOP - 34	FORTUNA	H. 3247 II	271,8 N - 462,8 E
STOP - 35	FORTUNA	H. 3247 II	268,1 N - 459,5 E
STOP - 36	MONTERREY	H. 3247 I	276,8 N - 454,7 E
STOP - 37	MONTERREY	H. 3247 I	277,9 N - 456,5 E
STOP - 38	MONTERREY	H. 3247 I	278,5 N - 459,2 E
STOP - 39	MONTERREY	H. 3247 I	279,7 N - 462,9 E
STOP - 40	FORTUNA	H. 3247 II	272,5 N - 463,1 E
STOP - 41	FORTUNA	H 3247 II	274,8 N - 457,2 E
STOP - 42	FORTUNA	H 3247 II	271,3 N - 456,8 E
STOP - 43	TILARAN	H 3247 III	267,7 N - 453,8 E
STOP - 44	FORTUNA	H. 3247 II	268,6 N - 458,6 E
STOP - 45	TILARAN	H. 3247 III	271,8 N - 449,5 E
STOP - 46	FORTUNA	H. 3247 II	275,0 N - 457,5 E
STOP - 47	FORTUNA	H. 3247 II	268,7 N - 458,2 E
STOP - 48	FORTUNA	H. 3247 II	268,7 N - 456 2 E
STOP - 49	FORTUNA	H. 3247 II	268,4 N - 455,6 E
STOP - 50	TILARAN	H. 3247 III	267,7 N - 453,5 E
STOP - 51	TILARAN	H. 3247 III	273,1 N - 453,2 E
STOP - 52	TILARAN	H. 3247 III	274,4 N - 454,0 E
STOP - 53	MONTERREY	H. 3247 I	276,4 N - 454,5 E
STOP - 54	ARENAL	H. 3247 IV	275,8 N - 453,2 E
STOP - 55	MONTERREY	H. 3247 I	278,2 N - 454,9 E
STOP - 56	MONTERREY	H. 3247 I	277.7 N - 455.7 E
STOP - 57	MONTERREY	H. 3247 I	278,7 N - 459,1 E
STOP - 58	MONTERREY	H. 3247 I	278,0 N - 458,1 E
STOP - 59	FORTUNA	H. 3247 II	273,3 N - 462,3 E
STOP - 60	FORTUNA	H 3247 II	275,8 N - 460,8 E
STOP - 61	FORTUNA	H. 3247 II	267,5 N - 454,0 E
STOP - 62	ARENAL	H 3247 IV	275,8 N - 443,7 E
STOP - 63	ARENAL	H. 3247 IV	277,4 N - 441,7 E
STOP - 64	TILARAN	H 3247 III	274.8 N - 446,3 E
STOP - 65	TILARAN	H. 3247 III	275,4 N - 447,8 E
STOP - 66	TILARAN	H 3247 III	275,5 N - 432,4 E
STOP - 68	TILARAN	H. 3247 III	275,3 N - 437,5 E
STOP - 69	TILARAN	H. 3247 III	274,3 N - 442,3 E
STOP - 70	TILARAN	H. 3247 III	271,8 N - 443,6 E
STOP - 71	TILARAN	H. 3247 III	270,4 N - 446,1 E
STOP - 72	TILARAN	H. 3247 III	269,5 N - 448,1 E
STOP - 73	ARENAL	H. 3247 IV	279,4 N - 448,0 E
STOP - 74	ARENAL	H. 3247 IV	280,5 N - 449,9 E
STOP - 77	ARENAL	H. 3247 IV	277,2 N - 451,6 E
STOP - 78	TILARAN	H. 3247 III	275,1 N - 450,1 E

TABLA T-1 UBICACION DE LAS ESTACIONES ESTRATIGRAFICAS

El único nivel centimétrico de lapilli, escorias y ceniza que se observa con bastante continuidad, arriba del nivel guía ET-2, debe de considerarse como UN-10 y no como ET-1, por sus características y por la presencia de un espeso suelo arriba de éste, seguramente más viejo que 24 años (1968-1992). La edad de UN-10 podría ser la misma de un flujo piroclástico de la Qda. Tabacón, datado por Melson y Sáenz (1973) en 1525 ± 20 años (ver Chiesa, 1987).

Los depósitos de caída de la erupción ET-1 (Julio de 1968) no han sido observados en el campo. Solamente en algunos cortes se nota una traza de lapilli y escorias básicas, discontinua, mezclada con el suelo actual y casi al nivel topográfico.

La publicación de Sáenz (1977), cuyo trabajo de campo fue efectuado inmediatamente después de la erupción del 1968, reporta que los espesores del depósito son muy reducidos (entre 5cm y trazas milimétricas) y por lo tanto han sido completamente erosionados.

Algunas trazas de piroclastos básicos de caída, asociadas con los eventos menores del Arenal, se reconocen, en modo discontinuo, en el interior de la secuencia estratigráfica, intercaladas entre los niveles guías más energéticos.
Estas trazas indican que el volcán Arenal ha producido frecuentes eventos explosivos análogos o mayores de la UN-10 y ET-1 (78 muertos en 1968), que, sin embargo, no se conservan en el registro estratigráfico general.

ET-2 o Unidad 20
El nivel ET-2, estudiado en la localidad de El Tajo por Melson (1982 y 1984), y denominado UN-20 por los arqueólogos en el Sitio El Silencio (Mueller, 1984) es uno de los horizontes guía en las reconstrucciones estratigráficas del Arenal.

En el campo el nivel ET-2 se presenta, en su facies típica, como un doble nivel de caída decimétrico de pómez dacítica (Melson, 1984, Chiesa, 1987 y Borgia et al., 1988) y líticos (ET-2C y ET-2A) separados por una capa centimétrica de arena y ceniza gris (ET-2B).
En la Tabla T-2 se presentan los parámetros (Espesor total ,MP,ML) de caída de ET-2. En la Tabla T-3 están reportados los espesores de ET-2 diferenciando los niveles antes dichos.

El nivel de caída superior ET-2C es seguramente el más importante entre los que componen el nivel de caída ET-2. Su espesor varía sensiblemente; en la estación 30 (camino viejo a la presa) mide 95 cm y, alejándose del volcán, constituye el único nivel de ET-2 que se conserva.
El ET-2C presenta una escasa matriz, un tamaño grande de los fragmentos; una gradación inversa-normal y un mayor porcentaje de los líticos hidroxilados, indicio de elevado hidrotermalismo. Las pómez presentes son densas con anfíbol y a veces con evidencias de mezcla de magmas.

El nivel intermedio ET2-B está constituido por una capa de arena y ceniza vesiculada de color gris. Esta matriz confiere al nivel una cierta cohesión que sobresale al erosionarse (Chiesa, 1987 a y b). A veces, incluidos en el depósito, se observan raras pómez y líticos de tamaño centimétrico, y trazas de hojas.

El espesor del ET-2B es normalmente inferior al decímetro. Se destacan las estaciones S-5,16,30 donde mide 16cm, 18cm, y 14cm respectivamente.

El nivel inferior ET-2A es un depósito de caída de gradación inversa-normal con poca matriz. Los líticos presentes son menos frecuentes que en ET-2C. Análogamente el tamaño promedio de las pómez y de los líticos de este nivel resulta inferior a lo observado en ET-2C. Las pómez densas con anfíbol presentan, a veces, las mismas evidencias de mezcla de

NUMERO CORTE	COORDINADAS KILOMETRICAS	ESPESOR (en metros)	MP/ML (en cm)	NOTAS
S - 1	274,9 N - 452,2 E	0,7	7/9	
S- 2	275,2 N - 452,0 E	0,39	12/8	
S - 3	274,3 N - 450,0 E	0.38	8/3	POMEZ QUEBRADAS
S - 4	273,3 N - 449,7 E	0,47	5/5	POMEZ QUEBRADAS
S - 5	272,2 N - 447,1 E	0,62	4/5	POMEZ QUEBRADAS
S - 6	273,9 N - 452,4 E	0,4	6/9	POMEZ QUEBRADAS
S - 14	278,2 N - 447,5 E	0,2	2/1	
S - 15	275,4 N - 446,6 E	0,36	4/2	
S - 16	272,4 N - 446,3 E	0,55	4/2	
S - 18	273,9 N - 444,8 E	0,43	4/1,5	
S - 19	278,7 N - 440,9 E	> 0,20	≥1/≤1	
S - 20	279,8 N - 439,0 E	~ 0,15	≤1/<1	
S - 21	275,9 N - 434,2 E	0,18	≤1/ -	
S - 22	275,8 N - 437,2 E	0,2	<2/<1	
S - 23	275,1 N - 437,9 E	0,14	1,5/<1	
S - 24	274,9 N - 440,9 E	0,2	2/1	
S - 25	273,8 N - 442,8 E	0,27	2,5/1	
S - 26	269,2 N - 448,6 E	0,47 - 0,69	4/2	
S - 27	270,3 N - 440,1 E	0,22	2,5/1	
S - 28	268,7 N - 438,1 E	0,24	2/0,5	
S - 29	273,4 N - 435,6 E	0,2	2/<1	
S - 30	272,0 N - 453,4 E	1,5	apr-15	POMEZ QUEBRADAS
S - 36	276,8 N - 454,7 E	0,17	8/6	
S - 37	277,9 N - 456,5 E	0,14	3/3	
S - 38	278,5 N - 459,2 E	TR	<2/<1	TRAZA DE ET-2
S - 39	279,7 N - 462,9 E	TR	<1/ -	TRAZA DE ET-2
S - 43	267,7 N - 453,8 E	0,2	10/8	DEPOSITO EROSIONADO
S - 44	268,6 N - 458,6 E	0,12	8/7	DEPOSITO EROSIONADO
S - 45	271,8 N - 445,9 E	>0,5		
S - 47	268,6 N - 458,2 E	0,22	3-mar	POMEZ QUEBRADAS
S - 48	268,7 N - 456,2 E	0,36	4/4.5	POMEZ QUEBRADAS
S - 50	267,7 N - 453,5 E	0,4	5 / 7	
S - 51	273,0 N - 450,0 E	0,55	4-mar	POMEZ QUEBRADAS
S - 52	274,4 N - 453,9 E	0,14	3.5/2.5	
S - 53	276,3 N - 454,5 E	0,2	9 / 10	
S - 54	275,9 N - 453,2 E	0,22	5/3.5	
S - 57	278,7N - 459,1 E	TR	- / -	TRAZA DE ET-2
S - 61	267,1 N - 453,9 E	0,28	4.5/6.5	POMEZ QUEBRADAS
S - 62	275,8 N - 443,7 E	0,2	3.8/1.8	
S - 63	277,4 N - 441,7 E	0.14	2.5/1.5	
S - 64	274,8 N - 446,3 E	0,37	3.6/5.5	POMEZ QUEBRADAS
S - 65	275,4 N - 447,8 E	0,29	4 / 4	
S - 66	275,5 N - 432,4 E	0,07	1 / 0.2	
S - 68	275,3 N - 437,5 E	0,06	1,8/ -	POMEZ QUEBRADAS
S - 69	274,3 N - 442,3 E	>0,2	2,5/ -	
S - 70	271,8 N - 443,6 E	0,5	4/1,5	
S - 71	270,4 N - 446,1 E	0,51	6.2/3	
S - 72	269,5 N - 448,1 E	>0,42	5,5/6	
S - 73	279,4 N - 448,0 E	0,14	3/ -	
S - 74	280,5 N - 449,9 E	<0,2	2.5/2.3	
S - 77	277,2 N - 451,6 E	ap0.20	4/3.5	
S - 78	275,1 N - 450,1 E	0,24	4 / 4	

TABLA T-2 PARAMETROS DEL NIVEL DE CAIDA ET-2

NUMERO ESTACION	A2 ET - 2	A1 ET - 2	A ET - 2	B ET - 2	C ET - 2
S - 1	-	-	0.15	0.05	0.50
S- 2	-	-	0.10	0.04	0.25
S - 3	0.02	0.01	0.06	0.04	0.25
S - 4	0.02	0.03	0.12	0.10	0.20
S - 5	0.03	0.03	0.12	0.16	0.28
S - 6	0.02	0.01	0.06	0.07	0.24
S - 14			0.20 (espesor total)		
S - 15	-	-	0.08	0.03	0.25
S - 16	0.03	0.03	0.08	0.18	0.22
S - 18	-	0.04	0.10	0.09	0.20
S - 19			> 0.20 (espesor total)		
S - 20			0.15 (espesor total)		
S - 21			0.18 (espesor total)		
S - 22			0.20 (espesor total)		
S - 23	-	-	0.02	0.02	0.10
S - 24	-	-	0.02	0.02	0.16
S - 25	-	-	0.04	0.08	0.15
S - 26	0.03	0.04	0.09	0.06	0.27
S - 27	-	0.02	0.04	0.04	0.12
S - 28	-	0.01	0.05	0.06	0.12
S - 29			0.20 (espesor total)		
S - 30	0.10	0.10	0.21	0.14	0.95
S - 36			0.17 (espesor total)		
S - 37			0.14 (espesor total)		
S - 38			traza (espesor total)		
S - 39			traza (espesor total)		
S - 43			0.20 (espesor total)		
S - 44			0.12 (espesor total)		
S - 45			>.050 (espesor total)		
S - 47			0.22 (espesor total)		
S - 48			0.36 (espesor total)		
S - 50			0.40 (espesor total)		
S - 51			0.55 (espesor total)		
S - 52			0.14 (espesor total)		
S - 53			0.20 (espesor total)		
S - 54			0.22 (espesor total)		
S - 57			traza (espesor total)		
S - 61			0.28 (espesor total)		
S - 62			0.20 (espesor total)		
S - 63			0.14 (espesor total)		
S - 64			0.37 (espesor total)		
S - 65			0.29 (espesor total)		
S - 66			0.07 (espesor total)		
S - 68			0.06 (espesor total)		
S - 69			>0.20 (espesor total)		
S - 70			0.50 (espesor total)		
S - 71			0.51 (espesor total)		
S - 72			>0.42 (espesor total)		
S - 73			0.14 (espesor total)		
S - 74			<0.20 (espesor total)		
S - 77			ap 0.20 (espesor total)		
S - 78			0.24 (espesor total)		

TABLA T-3 ESPESORES (en metros) DEL ET-2 DISTINTOS POR LOS NIVELES A2-A1-A-B-C

magmas ya observadas en ET-2C. El espesor de ET-2A resulta menor de 10-12cm. Se destaca el espesor medido en la estación S-30 que alcanza los 21 cm.

En los cortes proximales al Arenal (S-3,4,5,6,16,26,30), debajo de ET-2A, han sido observados dos niveles, de espesor muy reducido, denominados respectivamente ET-2A1 y ET-2A2 .
El nivel intermedio ET-2A1 está constituido por un nivel gris de ceniza vesiculada bastante similar al nivel intermedio ET-2B. Su espesor promedio varía entre 1 y 4 cm, con un máximo de 10cm en S-30.
El nivel basal ET-2A2 resulta constituido por un delgado nivel de caída arenoso con pómez y líticos de tamaño milimétrico y con espesores de 2-3cm. Un máximo de 10cm ha sido medido en el corte S-30.

ET-2 tendría una edad de 1350 AD años en concordancia con las últimas y más recientes dataciones producidas por M. Mueller (en Soto, 1991). Una edad de 1362 ± 20 AD para la unidad ET-2, ha sido sugerida por Chiesa (1987 b) con base en datos arqueológicos y de ^{14}C.
La edad de ET-2 concuerda con la de los fragmentos arqueológicos recogidos en el suelo debajo de ET-2 y datados por los arqueológos del Museo Nacional de Costa Rica (edad 1000 AD o más joven, comunicación escrita).

En la fig. 9 (mapa de las isopacas) se reportan los espesores de ET-2 medidos en 52 cortes estratigráficos.
En facies proximal los espesores de ET-2 se han considerado en su conjunto sin distinguir los niveles ET-2A,B,C; en facies distal el valor medido corresponde al nivel ET-2C. La forma elíptica de las curvas isopacas de 10, 20, 30, 50 y 100cm indican que el área de dispersión máxima de ET-2 se localiza al occidente del volcán Arenal. Al momento de la erupción habían vientos fuertes (más de 30 m/s, ver fig. 36) de dirección este-oeste que han impedido la depositación de ET-2 en las faldas orientales del Arenal.

Los mapas de isopletas han sido preparadas utilizando los diámetros máximos de pómez y líticos medidos en el nivel ET-2C. Las curvas isopletas de las pómez más pequeñas (2 y 4 cm de diámetro) dibujan dos elipses con eje máximo de dispersión según la dirección este-oeste. Las curvas isopletas de las pómez de 8 y 10 cm, más regulares, son afectadas de manera menor por el viento (fig. 10). Por el hecho que muchas pómez de gran tamaño se encuentran quebradas, las curvas isopletas de 8 y/10 cm podrían ser subestimadas.
El mapa de isopletas de los líticos de ET-2C (fig.11) contiene las curvas de 1,6; 3,2; 6,4 y 8 cm.
La mayor densidad de los líticos condiciona la geometría de las curvas, que presentan una dispersión menos marcada a lo largo de la dirección este-oeste que la de las pómez.
Las curvas de 1,6; 3,2 y 6,4 han sido utilizadas para el cálculo de la altura de la columna eruptiva de ET-2.
El diámetro máximo de los líticos, seguramente asociados a una fase de caída de tefras, alcanza unos 15cm y ha sido observado en el corte S-30.

ET-3
El depósito de caída ET-3 está caracterizado por numerosas alternancias centimétricas de escorias y lapilli de grano grueso y fino de naturaleza andesítico-basaltica con niveles de cenizas intercalados (Ver Tabla-4)

Los numerosos niveles centimétricos de escorias y lapilli gruesos separados por lapilli finos y ceniza indican una actividad violenta de tipo estromboliano fuerte más o menos continua en el tiempo.

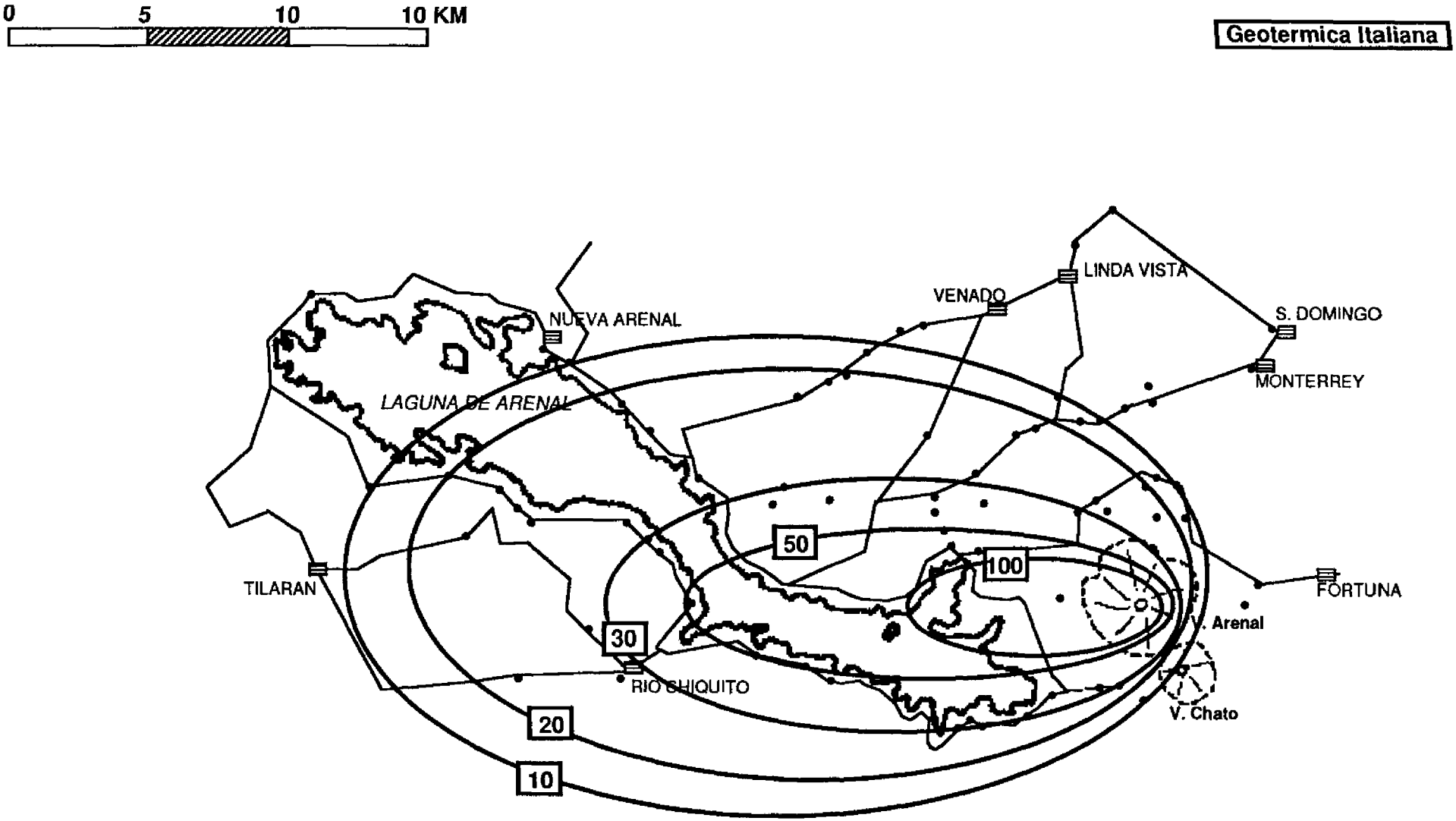


Fig. 9. CURVAS ISOPACAS DEL NIVEL ET-2 (en cm)

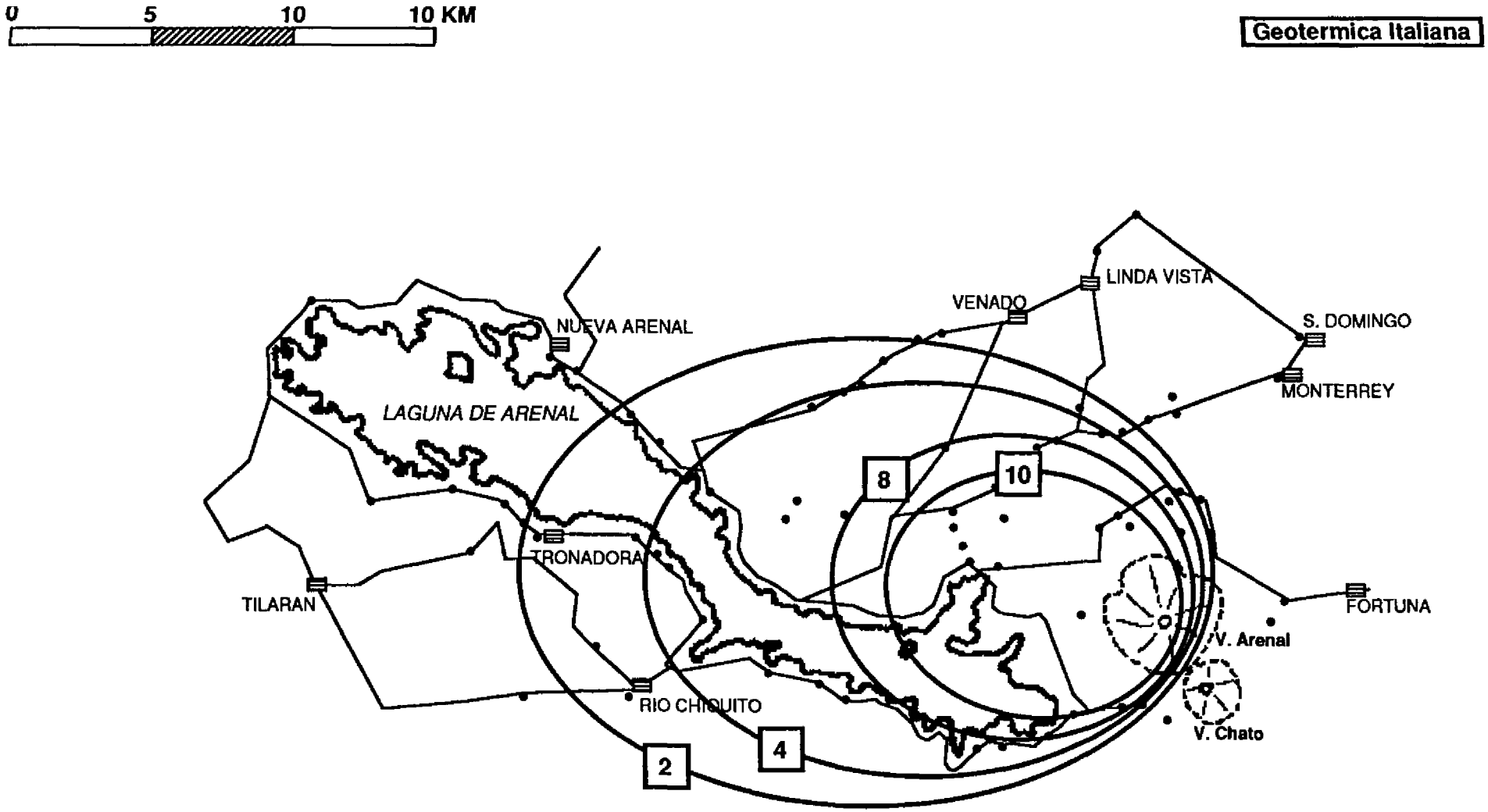


Fig. 10. CURVAS ISOPLETAS DE LA POMEZ DEL NIVEL ET-2C (en cm)

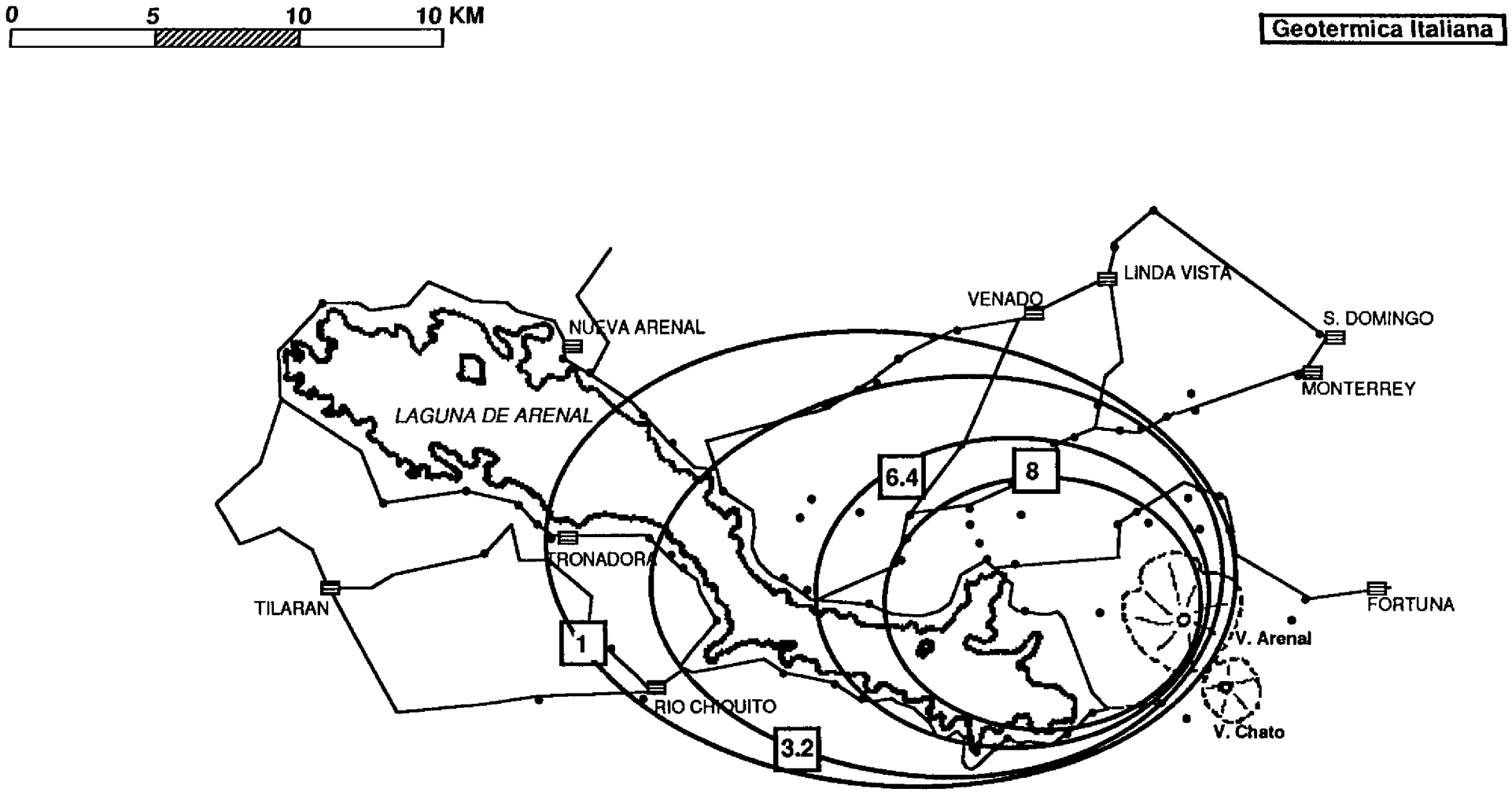


Fig. 11. CURVAS ISOPLETAS DE LITICOS DEL NIVEL ET-2C (en cm)

N. CORTE	COORD. KILOMETRICAS	ESPESOR (m)	ME/ML (cm)	NOTAS
S - 1	274,9 N - 452,2 E	> 0,70	4/4	
S- 2	275,2 N - 452,0 E	0,9	5/4	
S - 3	274,3 N - 450,0 E	> 0,80	5/4	
S - 4	273,3 N - 449,7 E	> 1,00	5/4	
S - 5	272,2 N - 447,1 E	> 0,80	2/1,5	
S - 6	273,9 N - 452,4 E	> 0,90	5/4	
S - 7	275,8 N - 459,7 E	0,2	5/5	
S - 14	278,2 N - 447,5 E	0,4	2,5/<1	
S - 15	275,4 N - 446,6 E	0,5	3/1	
S - 16	272,4 N - 446,3 E	0,55	3/<1	
S - 17	274,1 N - 452,3 E	1,1	5/3	
S - 25	273,8 N - 442, 8 E	0,10 ?	2,5/1	
S - 26	269,2 N - 448,6 E	0,8	3 - 4/4	
S - 27	270,3 N - 440,1 E	1,2	1,5/<1	
S - 28	268,7 N - 438,1 E	0,6	<1/<1	
S - 29	273,4 N - 435,6 E	0,22	<1/<1	
S - 30	272,0 N - 453,4 E	2,6	7/6	
S - 31	274,1 N - 459,8 E	> 0,80	9/5	
S - 32	274,6 N - 458,0 E	0.39	9/5	
S - 33	276,0 N - 460,0 E	0,4	4/2,5	
S - 34	271,8 N - 462,8 E	0,3	6/1,5	
S - 35	268,1 N - 459,5 E	0,25	> 5 / -	
S - 36	276,8 N - 454,7 E	0,7	6/3	
S - 37	277,9 N - 456,5 E	0,25	4/2,5	
S - 38	278,5 N - 459,2 E	0,2	2/<1	
S - 39	279,7 N - 462,9 E	TR	<1/<<1	Trazas
S - 40	272,5 N - 463,1 E	0,2	4/1,5	
S - 41	274,8 N - 457,2 E	1.2	7/8	
S - 42	271,3 N - 456,8 E	> 1,40	10/17	
S - 43	267,7 N - 453,8 E	0,7	4/3	
S - 44	268,6 N - 458,6 E	0,9	6/3	
S - 45	271,8 N - 449,5 E	0.12		Erosionado
S - 46	275,0 N - 457,5 E	0.30		
S - 47	268,7 N - 458,2 E	0.16	3.5/ -	
S - 48	268,7 N - 456,2 E	2.10		
S - 49	268,4 N - 455,6 E	2.10		
S - 50	267,7 N - 453,3 E	1.35		
S - 51	273,1 N - 453,2 E	1.02		
S - 52	274,4 N - 454,0 E	1.00		
S - 53	276,4 N - 454,5 E	0.26		
S - 54	275.9 N - 453,2 E	0 50		
S - 55	278,2 N - 454,9 E	TR		
S - 56	277,7 N - 455,7 E	0.15		
S - 57	278,7 N - 459,1 E	0.16		
S - 59	273,3 N - 462,3 E	0.19		
S - 60	275,8 N - 460,8 E	0.30		
S - 61	267,5 N - 454,O E	0.85		

TABLA T-4 PARAMETROS DEL NIVEL DE CAIDA ET-3

Melson (1984) describe el nivel ET-3 como alternancias de lapilli de composición andesítico-basáltico concentrados en la parte media-inferior del nivel y una parte superior de color amarillo-pardo constituida por ceniza volcánica.
En la sección 30, ET-3 presenta los máximos espesores medidos (2,60m) y resulta efectivamente constituido por 2 partes :
- la parte inferior (1,20m) presenta por lo menos 40 estratos centimétricos de escorias en alternancia con cenizas finas hasta lapilli y está relacionada con una actividad de tipo estromboliano;
- la parte superior (1,40m), formada por capas delgadas de cenizas con pisolitos y subordinadas capas escoriáceas, está asociada con una fase freatomagmática.

Un paleosuelo decimétrico de ceniza de color café pardo, poco desarollado separa ET-3 de ET-2. Inferiormente ET-3 resulta en continuidad con el subyacente ET-4. Solamente en algunas secciones existe una discordancia erosional o un nivel centimétrico de ceniza que separa los dos niveles guía.

Las mismas escorias densas con evidencias de mezcla de magmas, presentes en el nivel ET-4 han sido observadas en el nivel ET-3. Todos los datos disponibles confirman que la erupción ET-3 ocurrió en continuación con el evento ET-4 o inmediatamente después de un periodo de descanso muy pequeño.

En algunos cortes, ET-3 está caracterizado por la presencia de flujos piroclásticos de composición básica. El de Quebrada Guillermina, ha sido datado por Borgia et al.(1988) y proporciona una edad de 1080 ± 50 años AD.
Dentro del depósito ET-3, en cortes cercanos al volcán, hay bloques de gran tamaño asociados con una actividad balística contemporánea a la erupción.

En la fig. 12 se dibuja el depósito de ET-3 con diferentes espesores (20, 50, 80 y 200cm), reconstruidos utilizando más de 45 cortes estratigráficos.

No ha sido posible reconstruir curvas isopacas inferiores a 20 cm porque ET-3, en su facie distal, está formado, principalmente, por capas de ceniza básica de espesor muy irregular.

La zona de dispersión de ET-3, así como ET-2, se extiende al occidente del volcán Arenal. Sin embargo, la forma elíptica de las curvas isopacas sugiere la depositación de una columna eruptiva bajo vientos no muy intensos de dirección este-oeste.

Los mapas de isopletas de líticos y de las escorias presentan algunos problemas interpretativos. En efecto los diámetros máximos de los líticos-escorias no superan los 10cm, confirmando que ET-3 se ha formado por un ciclo de numerosas pequeñas actividades explosivas separadas y no en consecuencia de un único episodio eruptivo. Por lo tanto, las medidas de escorias y/o de líticos utilizadas son indicativas y las curvas obtenidas resultan sub-estimadas. Considerando estos problemas de aproximación, se decidió unir los líticos y las escorias en un único mapa de isopletas (fig.13).
Las curvas isopletas de esta figura evidencian tres elipses con valores respectivamente de 2, 5 y 8 cm, con eje máximo de dispersión según la dirección este-oeste.

ET-4
El nivel guía ET-4 está constituido por una numerosa serie de distintos niveles de caída que yacen arriba de un paleosuelo color café. El nivel basal (ver corte 30) presenta pumitas gris y más obscuras, con trazas de mezcla de magma, una buena granoselección y pocos líticos grises o hidroxilados e intrusivos (~5%); la gradación normal es muy evidente aun cuando, en la porción más alta hay un nivel más grueso.
Sobre el depósito de caída basal se observa un nivel de ceniza gris, centimétrico, con un "fall" de pómez con gradación directa y una capa de ceniza centimétrica; en el área de los

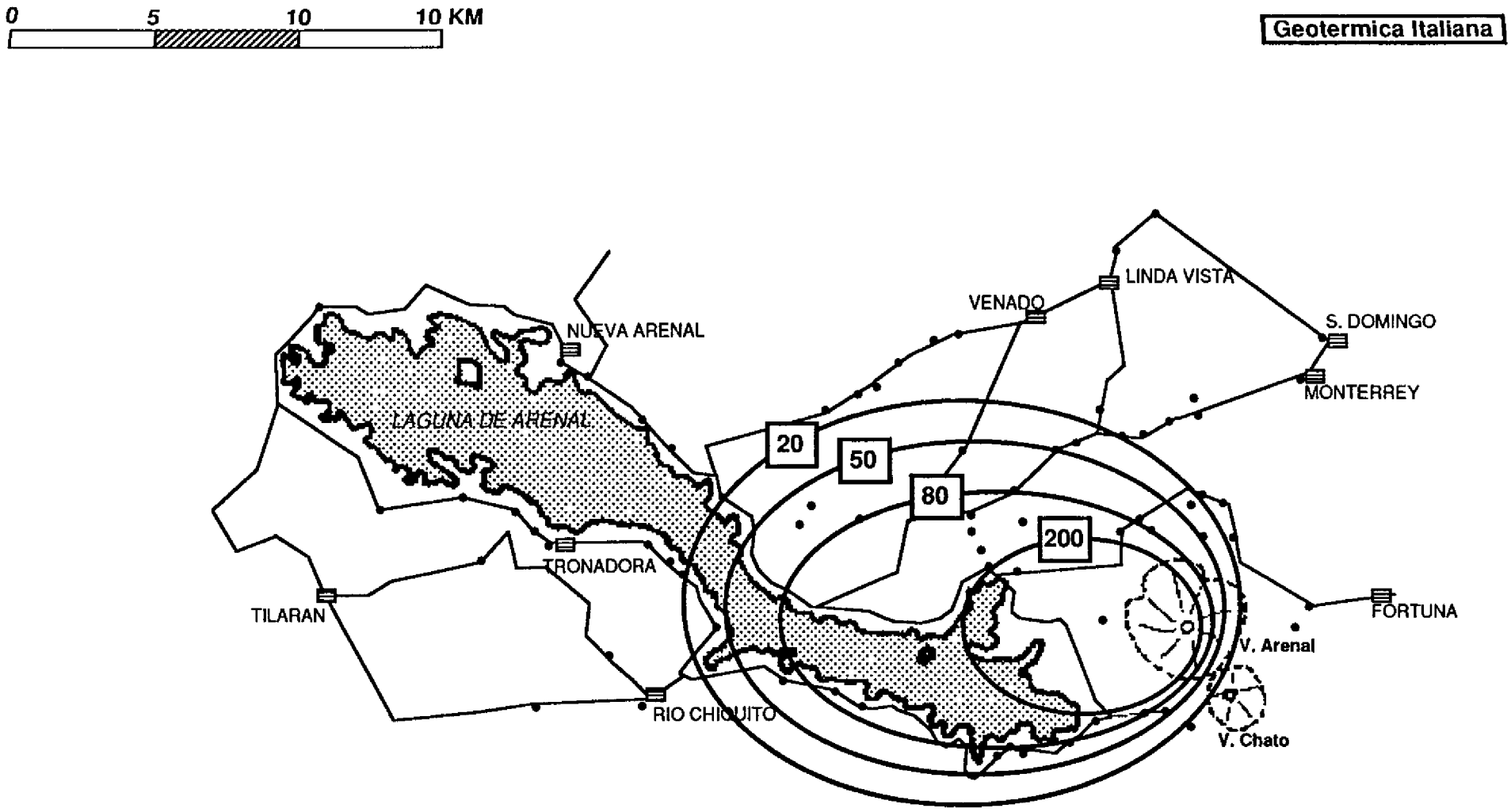


Fig. 12. CURVAS ISOPACAS DEL NIVEL ET-3 (en cm)

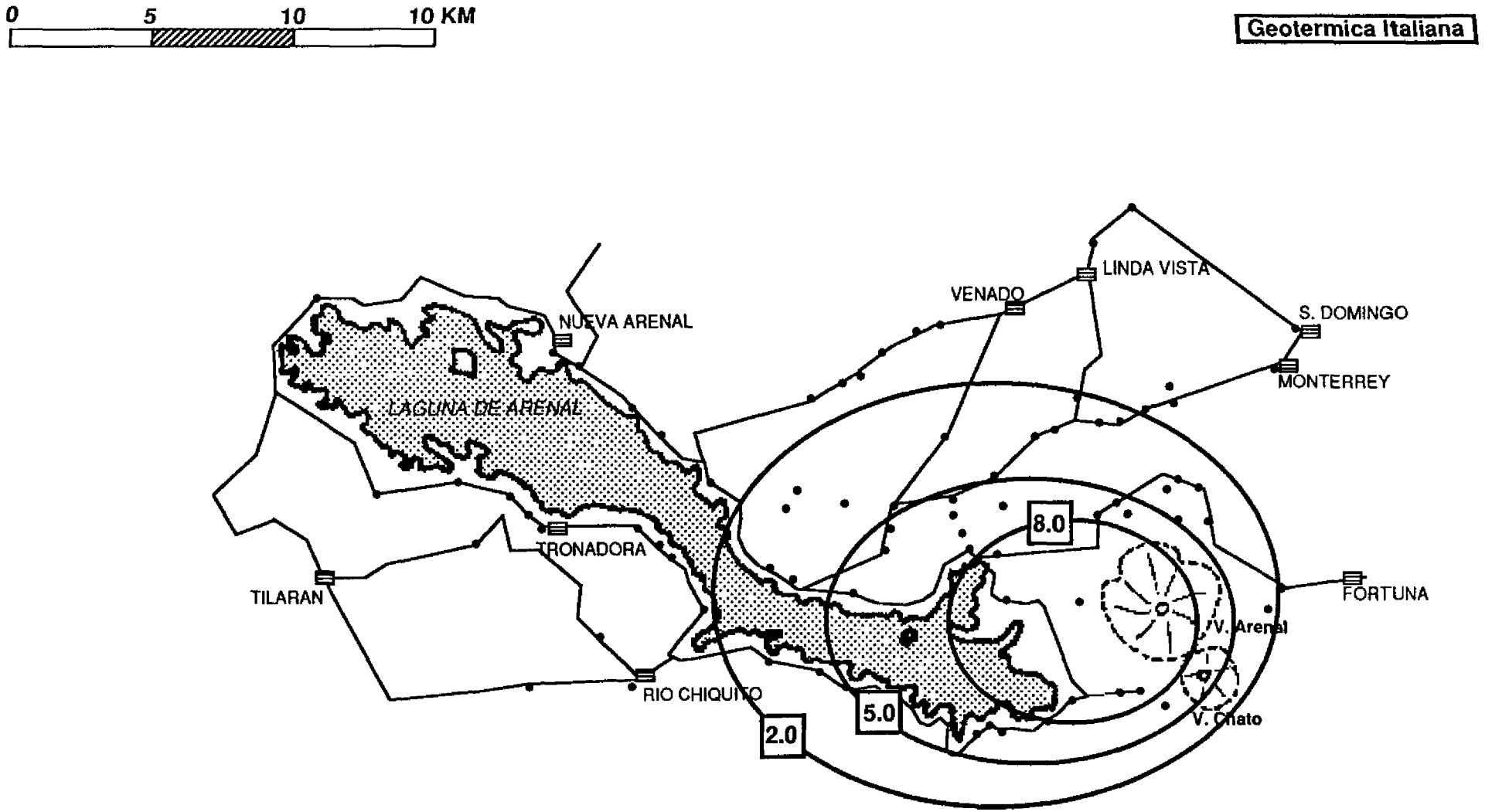


Fig. 13. CURVAS ISOPLETAS DE LITICOS DEL NIVEL ET-3 (en cm)

Lagos (sector N del Arenal), entre la ceniza y el fall se encuentra un nivel de grandes bloques balísticos.

Los espesores en el corte 30 son decimétricos. Sigue otro nivel de caída de pumitas con un nivel intermedio más fino y luego ceniza y lodo con pisolitos, de espesor cumulativo de hasta vanos decimetros en el corte 30. De este nivel en adelante empieza una alternancia de delgados (centimétricos) niveles de lapilli de pómez (ya con abundantes escorias negras que preanuncian la ET-3) y cenizas pisolíticas vesiculadas, con "armored" lapillis aglutinados.

Un cierto período de descanso, aunque muy breve, enmarca el cambio a la erupción ET-3, indicado por la presencia, en algunos cortes, de canales de erosión y discordancias erosionales en general.

La distribución de ET-4, en su conjunto, muestra un eje de dispersión alargado hacia el SO, como se puede ver en los mapas de isopacas (Fig.14) e isopletas (MP y ML de las fig. 15 y 16) que son bastante consistentes. Esto indica la presencia al momento de la erupción de un cierto viento. La edad radiométrica se asume similar a ET-3, como 1080 años AD.

ET-5
La parte basal del nivel guía ET-5 está constituida por un nivel de caída de lapilli pumítico gris con ceniza y mala granoselección, con líticos andesíticos muy claros e hidrotermalizados (~10%) concentrados en la base.

En el corte 32 (localidad Los Lagos) este presenta una gradación normal en la base, con bloques balísticos de hasta 12 cm, mientras al tope se observan lapilli más gruesos. Este nivel basal, de espesor hasta decimétrico, se encuentra sobre de un paleosuelo, generalmente no muy desarrollado, de color café. Sigue arriba, un depósito de ceniza y arena gris de espesor pluricentimétrico hacia el Oeste, mientras que en los cortes hacia el N y NE se reduce a una interlamina muy delgada.

Otro depósito de caída de pumitas amarillentas, ceniza y arena con granoselección muy baja y líticos "armados", y gris termina la secuencia. La gradación de este depósito es directa.

Según Melson (1984), los dos depósitos de caída representan los magmas de una cámara zonada siendo el primero (basal), de naturaleza diferenciada (techo de la cámara) mientras el final es más básico (parte baja de la cámara).

La distribución de ET-5 ha sido fuertemente controlada por los vientos altos, teniendo un marcado eje de dispersión hacia el norte, única excepción entre los depósitos del Arenal. Ambos mapas de isopletas (Fig. 17 y 18) son bien consistentes, referidos a la capa basal, que es la más gruesa. El mapa de isopacas, por lo contrario sale muy diferente si se consideran separadamente las dos capas de lapilli y el nivel de ceniza intermedio. Los resultados confirman, para la capa basal, una distribución hacia el norte (Fig. 19) parecida a la de las isopletas, siendo la que contiene los fragmentos más grandes; el nivel de ceniza (Fig. 20) y la capa superior tienen dispersión "normal" hacia el oeste.
El nivel guía ET-5 tiene una edad arqueológica de aproximadamente 700-800 AD.

ET-6
El nivel guía ET-6 está separado del ET-7 por un delgado paleosuelo de color café-pardo. Su parte basal está formada por un nivel de caída arenoso con débil gradación inversa, muy bien clasificado, con fragmentos negros escoriáceos subordinados rojizos y blancos; en el corte 30 el espesor es de 20 cm. Sigue arriba una serie de delgados niveles pisolíticos, a veces hasta pisolitos "sustained" y toba vesiculada, alternados con capas de lapilli con un espesor global pluridecimétrico en el corte 30.

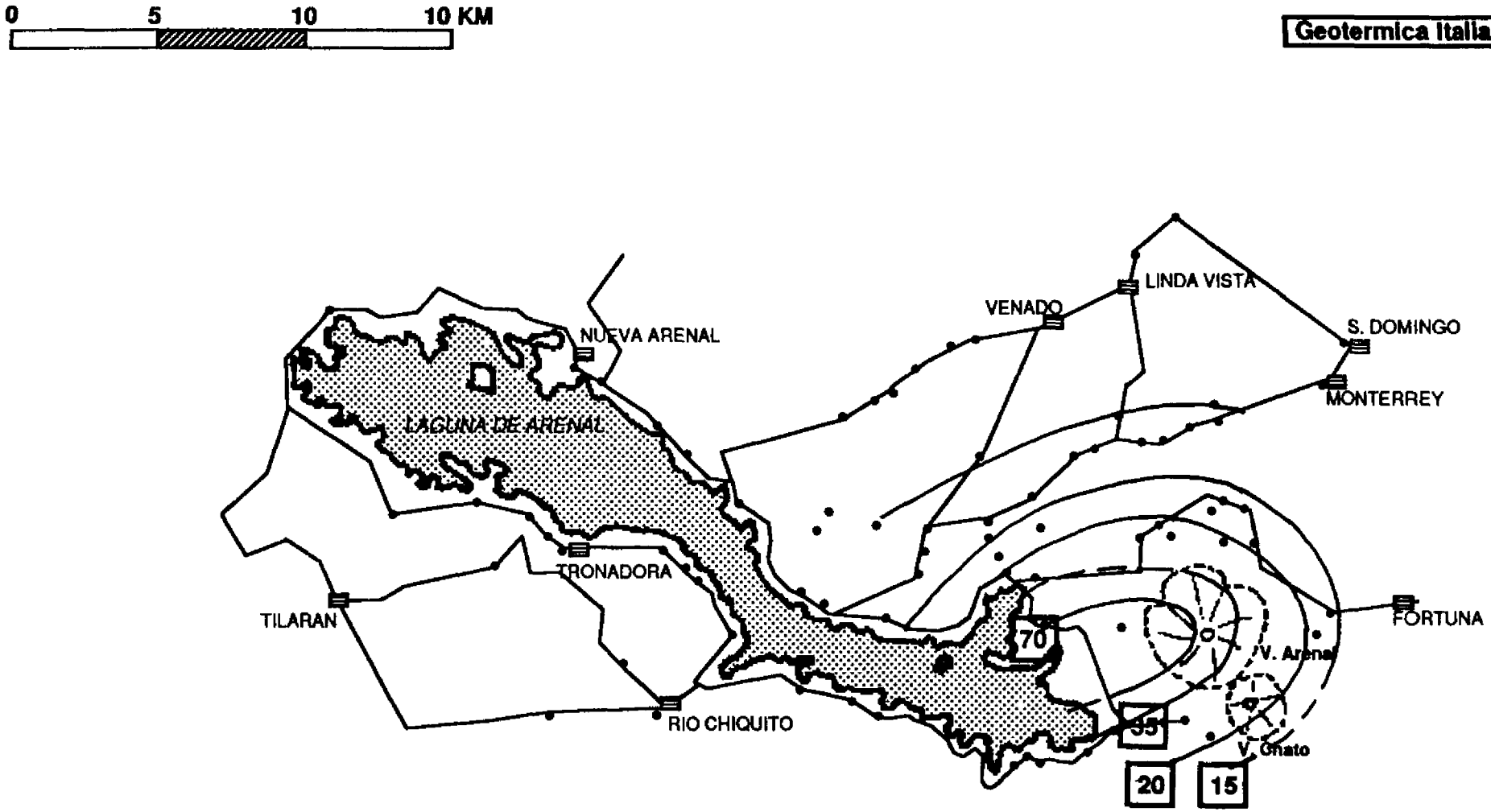


Fig. 14. CURVAS ISOPACAS DEL NIVEL ET-4 (en cm)

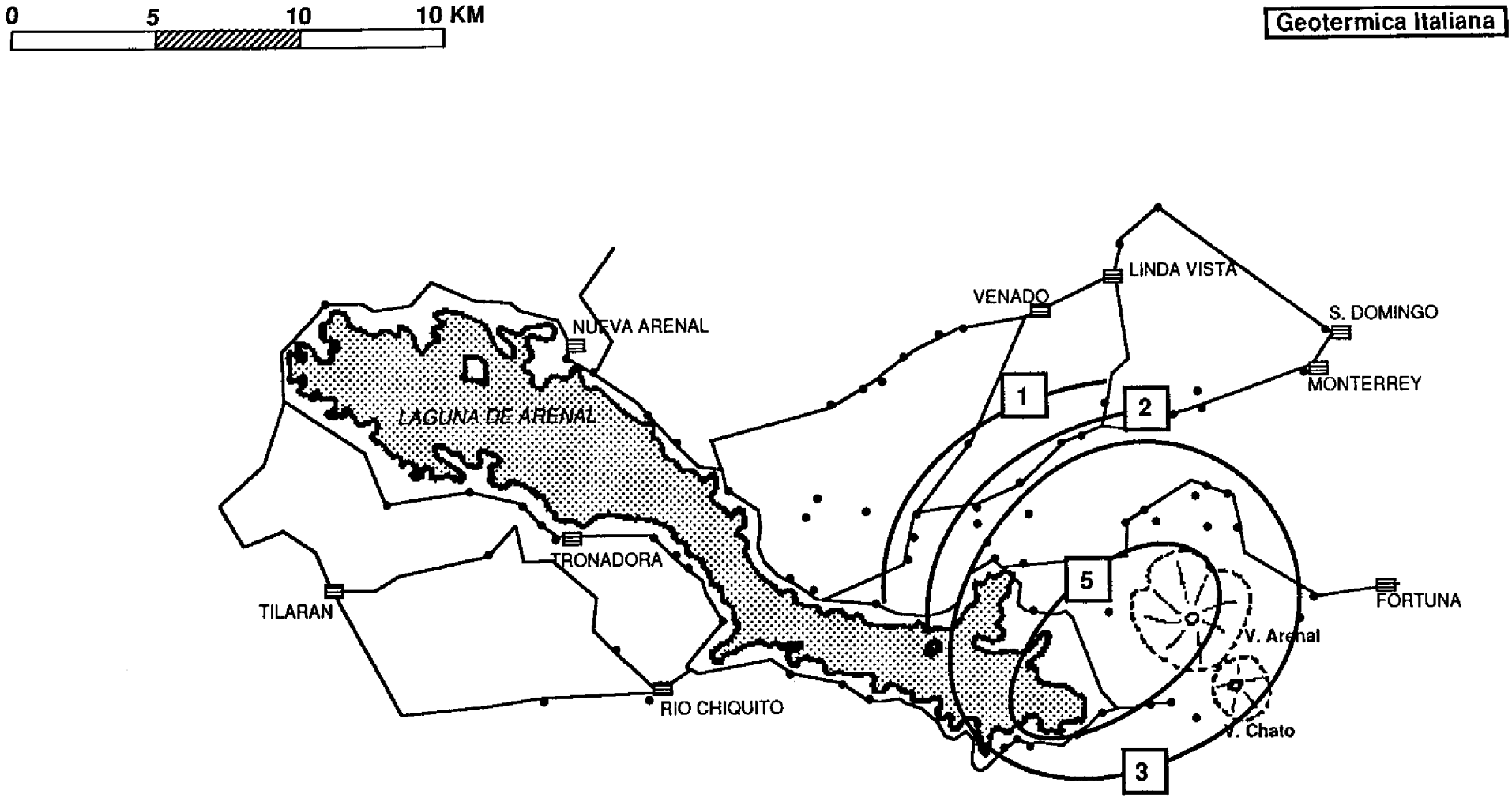


Fig. 15. CURVAS ISOPLETAS DE LA POMEZ DEL NIVEL ET-4 (en cm)

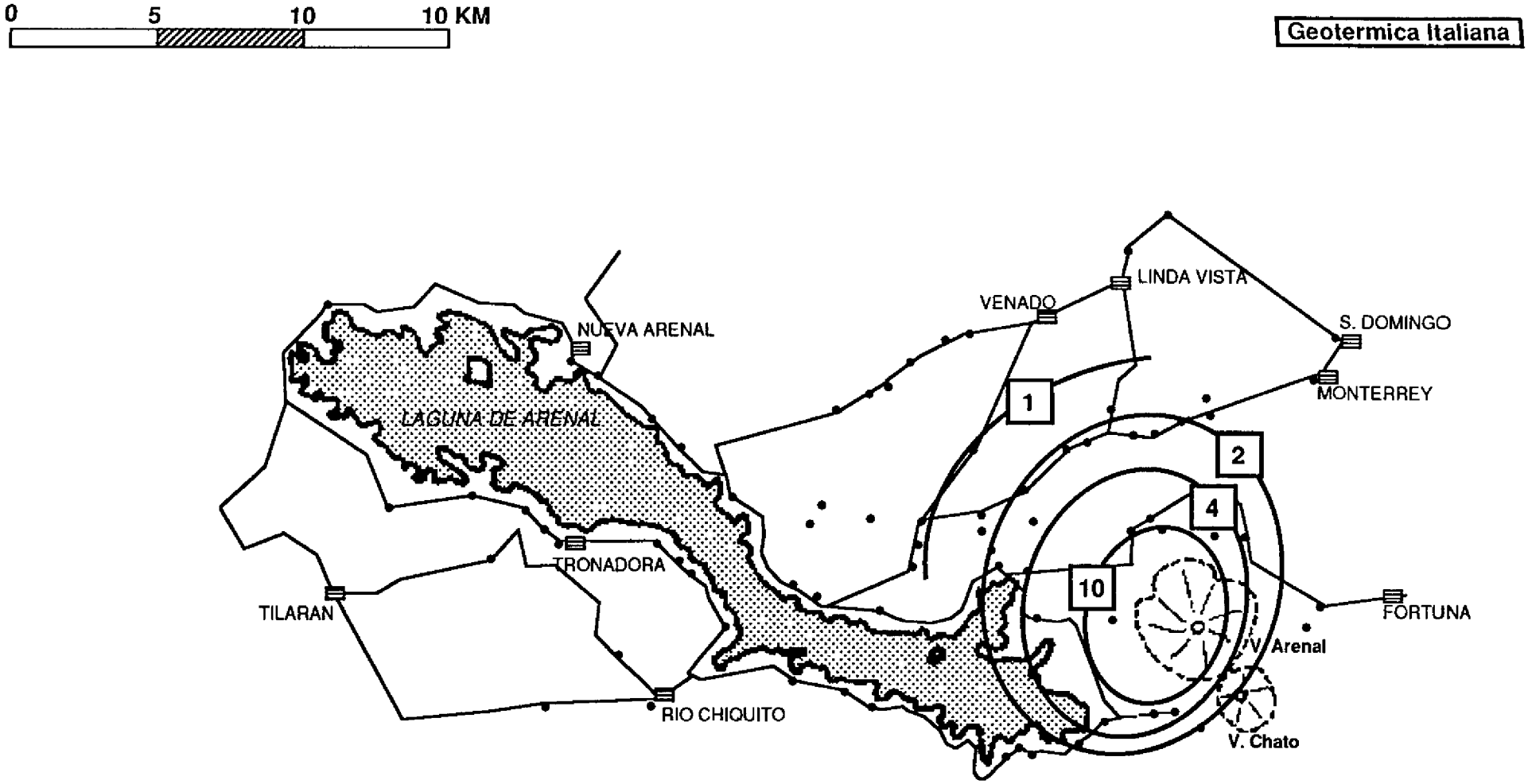
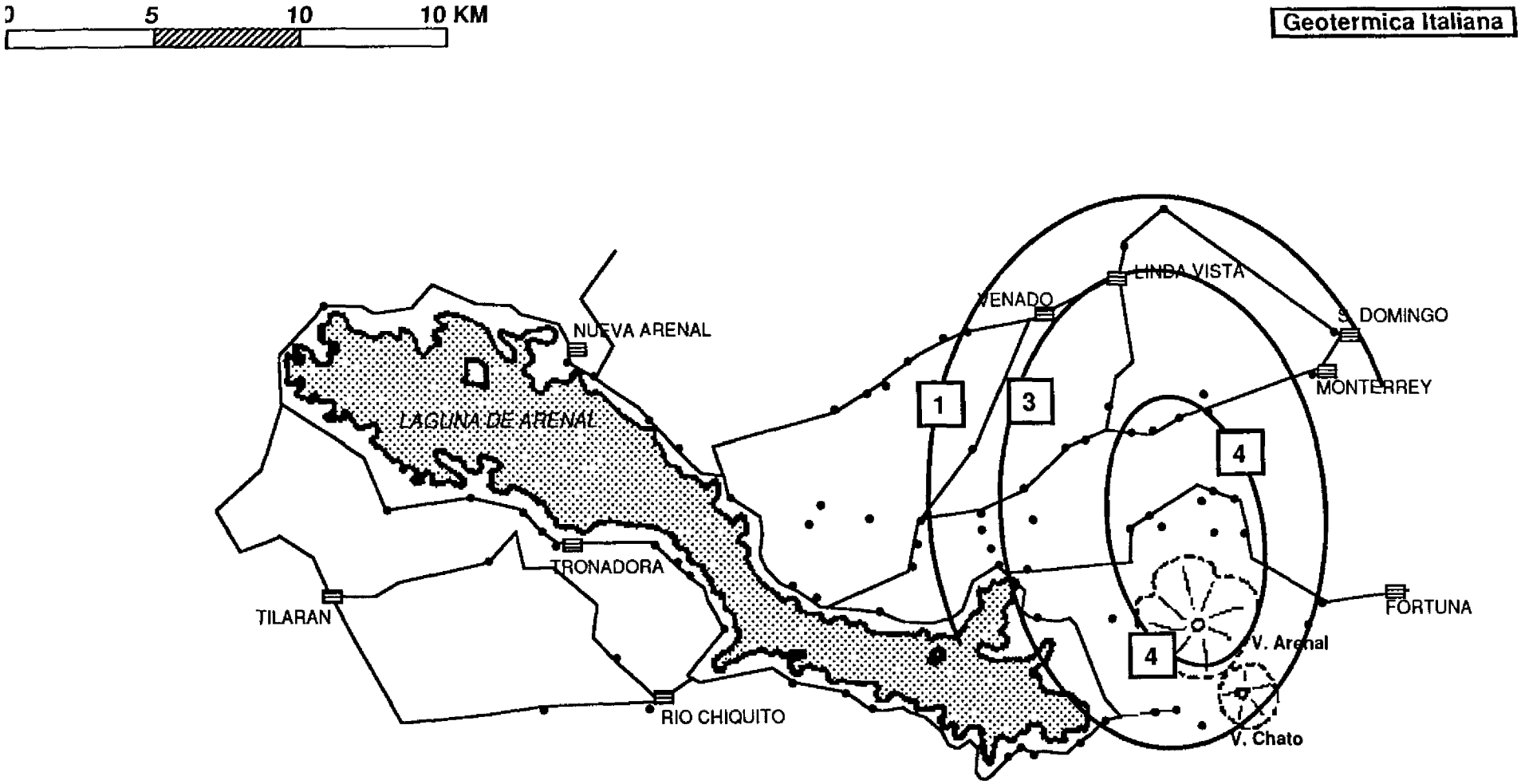
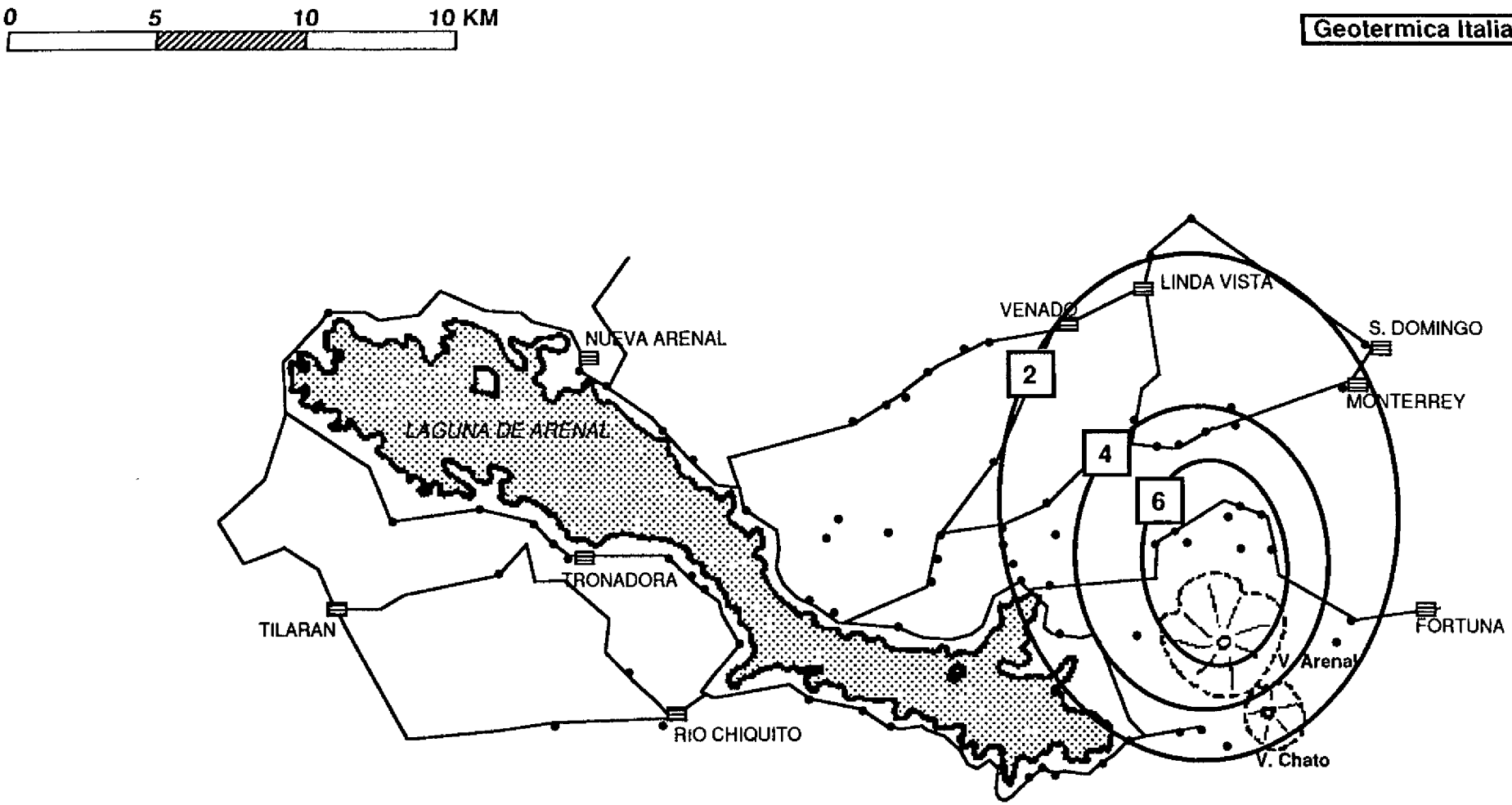


Fig. 16. CURVAS ISOPLETAS DE LITICOS DEL NIVEL ET-4 (en cm)



). 17. CURVAS ISOPLETAS DE LA POMEZ DEL NIVEL ET-5 (en cm)



g. 18. CURVAS ISOPLETAS DE LITICOS DEL NIVEL ET-5 (en cm)

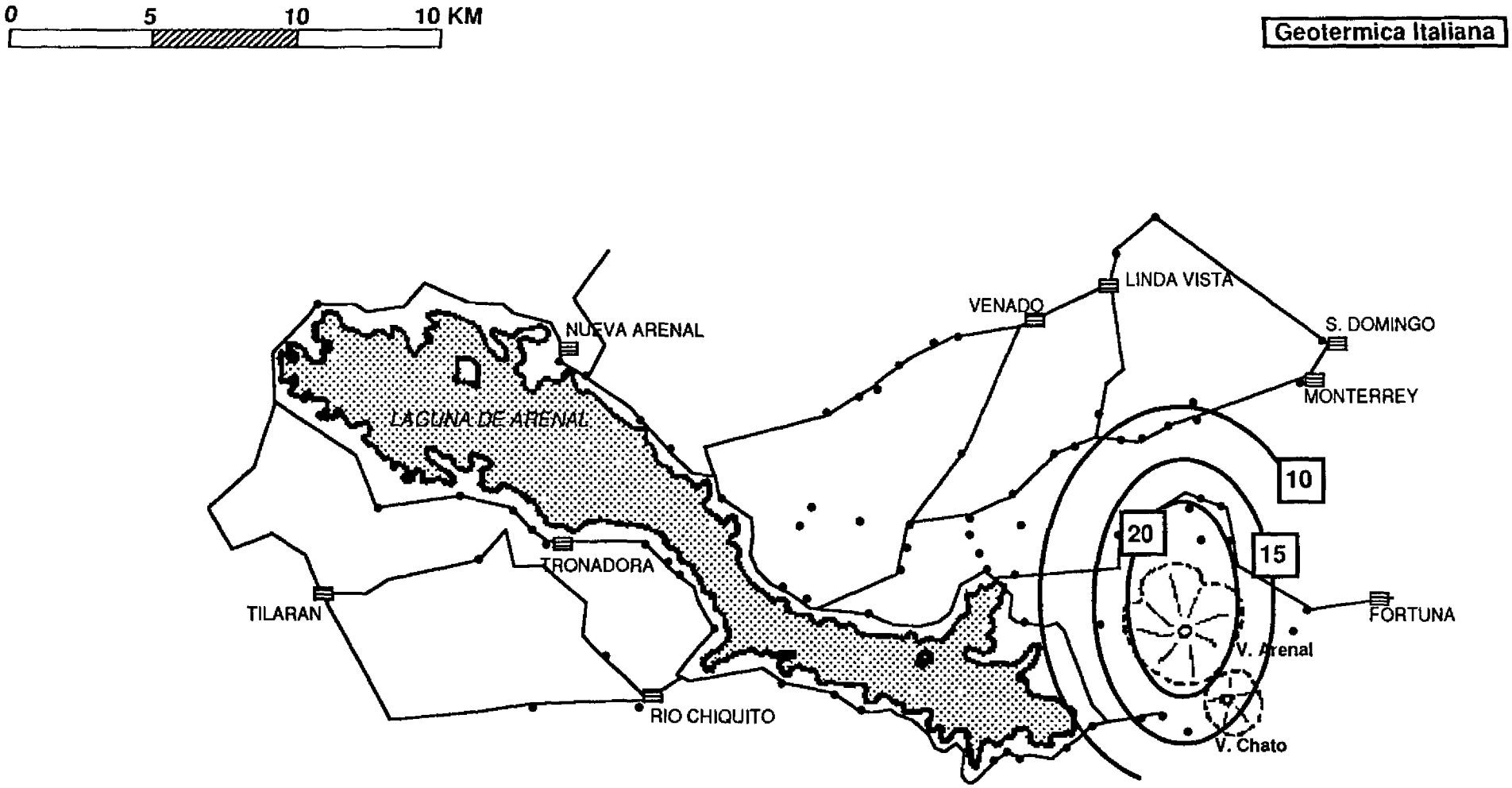


Fig. 19. CURVAS ISOPACAS DEL NIVEL ET-5A (en cm)

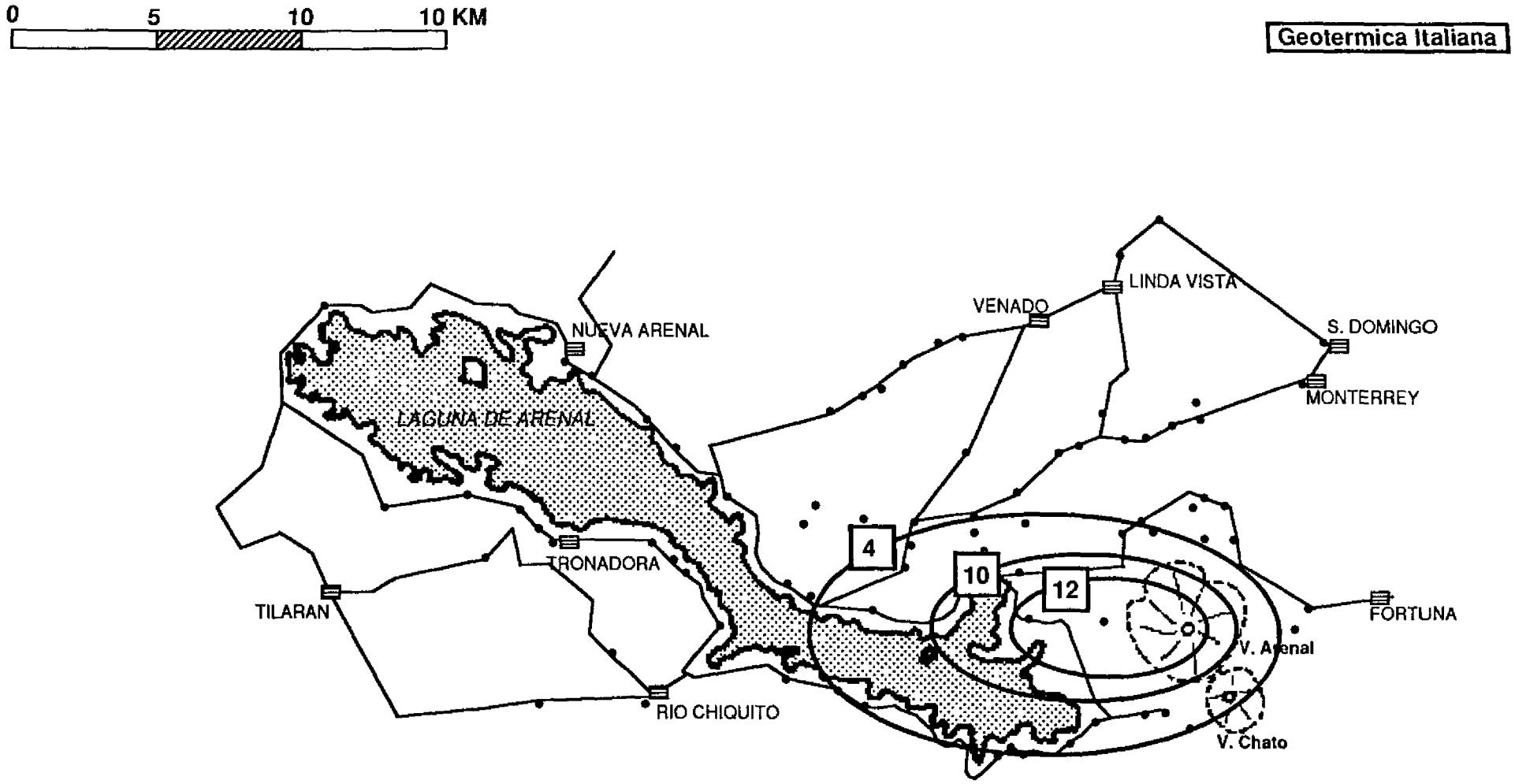


Fig. 20. CURVAS ISOPACAS DEL NIVEL ET-5B (en cm)