

6. Geoquímica

6. Geoquímica

6. 1. Características geoquímicas de las rocas

Para el estudio geoquímico y evaluación de las relaciones genéticas entre diferentes tipos de rocas se han analizado 21 muestras de rocas, los cuáles representan los tipos más importantes de las rocas en el área estudiada. Se presenta la totalidad de análisis. La Tabla de las mismas en forma de Excel se anexa.

Las muestras analizadas incluyen los siguientes tipos de rocas:

- Secuencia La Unión: pómez, escoria, „magma mixing“. Muestras (PdeR Nos. 25, 154).
- Secuencia San Alejo: ignimbritas, lavas. Muestras (PdeR Nos. 20, 102, 140).
- Andesitas „inferiores“: andesita basáltica. Muestras (PdeR Nos. 112, 155, 208).
- Andesitas „superiores“: andesita basáltica, basalto. Muestras (PdeR Nos. 30, 139B, 381).
- Secuencia volcánica Ocote: escoria. Muestras (PdeR Nos. 309, 409).
- Ignimbritas basales: Muestra (PdeR No. 354 A)
- Ignimbritas „Pozo“: Muestra (PdeR No. 301)
- Isla Meanguera. Lavas. Muestras (PdeR Nos. M 1, M 8, M 14).
- Isla Zacatillo, pómez. Muestra (PdeR No. Z 3).
- Cenizas blancas. Muestra (PdeR No. 108).

Todos los análisis fueron realizados en los Laboratorios del CGS, Praga. Los trabajos incluyen: homogenización, análisis de los óxidos mayores (WRA), determinación de elementos menores por método de rentgen-fluorescencia (RFA), elementos de tierras raras por método de espectrometría sustancial inductivo-plasmática (ICP-MS).

Los contenidos de oxidos mayores se ilustran en forma recalculada, sin H₂O, CO₂ y F para evitar la misinterpretación por medio de clasificación TAS y Cox. Símbolos aplicados para cada tipo de secuencias se muestran en el diagrama de clasificación (Fig. 22). Los datos fueron analizados en forma gráfica según los

diagramas de variación y normas del programa MINPET (Minpet Geological Software, Masson Angers, Québec). Estos diagramas se ilustran en las Figuras Nos. 22 hasta 45.

Tab. No. 1.

Muestra	25	30	102	154	155	112	354A	381
Secuencia	La Unión pómez	Andesita superior	San Alejo ash flow	La Unión Escoria	Andesita Inferior	Andesita Inferior	Ignimbrita Basal	Andesita superior
SiO2 (wt.%)	64.02	53.41	69.54	51.81	53.44	54.13	72.96	48.21
TiO2	0.42	0.73	0.38	0.75	0.77	1.15	0.16	0.75
Al2O3	16.17	19.93	15.31	19.40	19.77	16.54	14.30	18.51
Fe2O3	1.92	4.10	2.87	6.03	4.22	5.18	1.79	3.09
FeO	3.50	4.38	0.51	3.66	3.94	4.97	0.17	7.26
MgO	1.72	3.15	0.63	3.58	2.65	2.87	0.23	6.81
MnO	0.184	0.165	0.107	0.203	0.174	0.187	0.067	0.190
CaO	5.45	9.39	2.10	9.46	9.06	7.85	1.76	11.45
SrO	0.050	0.054	0.028	0.057	0.055	0.039	0.020	0.042
BaO	0.091	0.053	0.102	0.114	0.121	0.112	0.150	0.103
Na2O	3.69	3.09	2.42	2.66	3.48	3.41	4.49	2.23
K2O	1.30	0.99	3.48	0.77	1.06	1.90	3.03	0.47
P2O5	0.211	0.167	0.046	0.170	0.209	0.365	0.029	0.106
H2Op	3.44	0.64	5.13	1.69	0.73	0.96	0.93	0.61
H2Om	0.68	0.45	2.30	0.44	0.40	0.74	0.56	0.27
Total	100.20	100.16	99.85	99.69	99.52	99.69	99.53	99.72
Element (ppm)								
Cr	3.1	9.5	2.4	8.5	15.6	17.0	1.2	28.7
Ni	2.5	7.0	3.7	1.2	4.5	7.4	1.2	19.8
Cu	30.5	202.8	26.8	139.9	146.0	258.7	15.1	136.6
Zn	80.9	82.6	92.5	81.9	83.6	107.5	34.6	73.4
As	5.7	4.4	9.9	4.4	5.4	5.2	6.7	4.3
Rb	29.0	17.0	80.0	10.0	14.0	48.0	56.0	4.0
Sr	457.5	508.3	289.0	518.9	484.4	352.6	217.2	416.9
Zr	90.2	57.6	132.2	42.9	64.6	183.0	143.6	32.1
Nb	1.3	0.6	3.9	1.0	1.8	6.0	3.4	0.6
Pb	2.4	2.9	5.0	2.0	1.2	4.0	1.2	3.7
Y	18.6	19.1	12.1	14.9	23.3	32.4	10.0	13.3
REE (ppm)								
La	9.8	7.6	11.4	5.2	7.7	14.1	12.4	3.3
Ce	24.8	19.5	23.7	13.3	17.6	34.6	23.8	9.5
Pr	3.6	2.9	3.0	2.3	3.2	5.9	2.8	2.0
Nd	15.0	13.0	11.1	9.4	14.1	24.9	11.6	7.5
Sm	3.76	3.66	2.29	2.78	3.49	5.78	2.42	2.26
Eu	0.99	1.00	0.60	0.81	1.06	1.38	0.54	0.68
Gd	3.79	4.18	2.30	3.26	4.30	6.70	2.12	2.68
Dy	3.36	3.57	2.03	2.66	3.79	6.22	1.79	2.52
Ho	0.66	0.84	0.30	0.62	0.87	1.31	0.30	0.55
Er	2.44	2.31	1.35	1.50	2.38	3.50	0.97	1.45
Tm	0.18	0.36	0.18	0.18	0.34	0.50	0.18	0.18
Yb	2.36	2.35	1.72	1.81	2.62	4.06	1.30	1.55
Lu	0.33	0.30	0.24	0.26	0.30	0.46	0.18	0.19

Tab. No. 1 - continuación

Muestra	409	M1	M8	M14	Z3	301	140	139B
Secuencia	Ocote escoria	Meanguera Domo Sur	Meanguera basalto	Meanguera andesita	Zacatillo pómez	Ignimbrita „Pozo“	San Alejo Si- ignimbrita	Andesita Superior
SiO2 (wt.%)	50.74	56.55	51.49	54.05	70.11	57.19	62.79	52.45
TiO2	0.91	0.63	0.65	0.70	0.25	0.62	0.78	0.74
Al2O3	20.19	18.84	21.63	18.42	13.41	18.21	15.31	19.28
Fe2O3	6.14	4.97	4.68	2.87	1.54	5.66	4.43	3.29
FeO	3.87	2.39	3.26	5.11	1.22	2.44	2.38	5.59
MgO	2.99	2.67	2.90	4.17	0.56	2.59	1.28	4.51
MnO	0.182	0.190	0.166	0.167	0.114	0.145	0.158	0.172
CaO	9.74	7.54	11.26	9.10	1.58	6.10	4.35	9.42
SrO	0.048	0.054	0.058	0.048	0.021	0.038	0.032	0.051
BaO	0.042	0.063	0.038	0.110	0.143	0.096	0.115	0.045
Na2O	2.20	3.84	2.77	3.20	5.68	2.76	3.69	2.92
K2O	0.52	0.91	0.59	0.90	3.42	1.20	3.41	0.78
P2O5	0.129	0.202	0.132	0.178	0.051	0.098	0.246	0.202
H2Op	2.45	0.91	0.46	0.69	5.77	3.81	2.96	0.82
H2Om	1.66	0.57	0.21	0.23	1.08	1.65	0.74	0.19
Total	99.75	99.50	99.99	99.63	100.01	99.53	100.24	99.96
Element (ppm)								
Cr	12.1	6.8	8.9	27.5	1.2	5.0	2.6	25.3
Ni	1.2	1.2	6.2	14.4	1.2	6.0	1.2	16.0
Cu	192.6	26.2	87.5	123.4	15.8	94.1	45.5	112.8
Zn	91.2	70.2	72.1	78.8	67.8	62.4	111.3	75.9
As	4.8	5.7	4.9	5.1	6.5	6.0	8.3	4.9
Rb	8.0	12.0	8.0	14.0	53.0	23.0	80.0	11.0
Sr	428.4	495.1	547.0	441.8	189.2	355.2	311.5	481.4
Zr	48.7	69.3	38.4	71.1	173.4	82.6	295.2	60.5
Nb	0.6	1.6	0.6	3.1	4.0	2.4	7.5	6.2
Pb	1.2	1.2	1.2	1.2	4.3	1.2	8.0	1.2
Y	16.5	19.6	14.4	15.6	28.1	19.4	45.6	16.6
REE (ppm)								
La	4.1	7.6	4.8	6.6	14.9	6.6	21.9	7.3
Ce	12.0	18.9	11.9	16.2	34.0	18.6	52.7	17.8
Pr	2.4	3.5	2.3	2.6	5.0	3.1	8.6	2.9
Nd	10.4	15.5	9.7	11.2	21.1	13.0	34.9	12.2
Sm	2.48	3.97	2.75	2.65	5.19	3.36	8.78	3.14
Eu	0.84	1.03	0.77	0.78	1.02	0.87	1.81	0.86
Gd	3.24	4.30	2.96	3.21	4.84	3.85	8.63	3.47
Dy	3.17	3.65	2.84	2.83	4.87	3.47	8.78	3.01
Ho	0.69	0.74	0.58	0.60	1.04	0.68	1.91	0.67
Er	1.16	2.08	1.56	1.95	3.20	2.34	5.21	2.09
Tm	0.18	0.43	0.18	0.35	0.60	0.35	0.71	0.18
Yb	2.08	2.49	1.59	1.98	3.38	2.61	5.03	2.06
Lu	0.25	0.30	0.20	0.24	0.50	0.33	0.70	0.27

Tab. No. 1 - continuación

Muestra	208	M17	309	San Alejo	108
Secuencia	Andesita Inferior	Meanguera andesita	Ocotál escoria	San Alejo lava	Ceniza Blanca
SiO₂ (wt.%)	53.97	53.06	49.61	68.97	72.71
TiO₂	0.83	0.77	0.80	0.31	0.28
Al₂O₃	18.08	20.54	20.77	16.12	15.11
Fe₂O₃	6.71	3.93	3.00	2.89	1.51
FeO	2.87	4.33	6.62	0.16	0.57
MgO	3.53	2.39	3.95	0.20	0.29
MnO	0.155	0.179	0.177	0.136	0.102
CaO	8.69	9.41	11.23	2.72	1.46
SrO	0.043	0.049	0.050	0.031	0.014
BaO	0.058	0.036	0.033	0.137	0.111
Na₂O	3.21	3.49	2.55	5.01	3.54
K₂O	1.27	0.64	0.50	2.66	2.59
P₂O₅	0.126	0.149	0.125	0.077	0.036
H₂O_p	1.05	0.60	0.57	1.37	4.25
H₂O_m	0.46	0.20	0.19	0.68	0.72
Total	100.23	99.35	99.83	99.98	99.69
Element (ppm)					
Cr	13.7	5.1	10.3	1.2	1.2
Ni	8.5	1.2	3.2	1.2	1.2
Cu	86.4	110.3	185.9	13.7	21.2
Zn	71.4	79.6	77.3	70.4	48.9
As	6.5	5.5	4.8	5.7	9.1
Rb	24.0	8.0	6.0	38.0	57.0
Sr	433.5	506.7	500.7	316.8	158.7
Zr	75.6	45.8	37.6	171.3	137.4
Nb	0.6	0.6	0.6	3.3	3.5
Pb	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Y	20.6	16.9	14.6	14.3	18.2
REE (ppm)					
La	6.0	3.2	3.4	14.1	14.9
Ce	13.9	11.8	9.2	28.9	29.1
Pr	3.0	2.4	1.7	3.6	3.5
Nd	12.7	9.4	8.3	14.8	14.5
Sm	3.66	3.26	1.93	3.56	3.43
Eu	0.94	0.85	0.70	0.75	0.69
Gd	4.03	3.33	2.88	2.77	2.96
Dy	3.65	3.02	2.53	2.43	2.77
Ho	0.78	0.56	0.55	0.65	0.58
Er	1.85	2.03	1.57	1.75	1.96
Tm	0.33	0.18	0.18	0.18	0.31
Yb	2.17	1.82	1.66	1.70	2.30
Lu	0.32	0.31	0.27	0.32	0.38

Las rocas analizadas reflejan amplias diferencias en el contenido de SiO_2 . En el diagrama de diferenciación – según Cox, (wt%) $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs. SiO_2 (Fig. No. 22) las rocas varían entre basaltos hasta riolitas. Aún mejor se ilustra la composición en el diagrama clásico de TAS (Fig. No. 46) donde aparece una ausencia de andesitas sensu stricto y bien pronunciados límites entre grupos de rocas básicas y ácidas.

Esta división se observa también en el diagrama de variación $\text{Zr}/\text{TiO}_2 \times 0,0001$ vs. Nb/Y (Fig. No. 23). Todas las rocas tienen carácter subalkalino (Fig. No. 24). En el Diagrama AFM (Fig. No. 25) se ilustra su tendencia diferencial cerca de los límites de campos de diferenciación calc-alkalina y toleítica. Según el diagrama discriminativo $\text{Ti}/100 - \text{Zr} - \text{Sr}/2$ y $\text{TiO}_2 - \text{MnO} \times 10 - \text{P}_2\text{O}_5 \times 10$ (Figs. No. 26 y 27) la mayoría de rocas, aunque variables, caen en el campo de los basaltos calc-alkalinos (CAB). Rocas analizadas de basaltos se proyectan en el campo de arcos insulares (IAB). Como demuestra el diagrama discriminativo K_2O vs. SiO_2 (Fig. No. 28), la mayoría de rocas se proyecta al campo de contenido mediano de potasio, lo que corresponde a las rocas de áreas volcánicas semejantes en el mundo.

De la secuencia volcánica La Unión dos miembros extremos de una muestra con evidencia de „magma mixing“ han sido analizados, es decir, una escoria basáltica y una pómez dacítica (Fig. No. 46). Los datos analíticos muestran la tendencia de evolución química y mezcla de magma de dos cámaras separadas, una somera con magma de carácter ácido y una más profunda con magma de carácter básico. En los diagramas de Harker (Figs. No. 30 hasta 44) se demuestra bastante bien la diferenciación magmática, con el aumento del contenido de SiO_2 , disminuye el porcentaje de Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 . Es posible que entre los dos grupos se encuentren rocas con diferente grado de hibridización.

Las rocas analizadas de la Secuencia San Alejo pertenecen a productos volcánicos ácidos: lavas dacíticas, ceniza de flujos de composición dacítica hasta riolítica e ignimbritas de composición traquiandesítica. Los contenidos de la mayoría de óxidos no varían mucho, sólo las traquiandesitas son notables por su mayor contenido de CaO , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 (Figs. No. 31-33 y 38).

Coladas de lava fueron artificialmente divididas entre andesitas „superiores“ y „andesitas inferiores“ que comprenden los productos efusivos de varios centros volcánicos y de varias edades relativas. Una diferencia notable se presenta en el contenido de alcalis (Figs. No. 22, 24, 28, 39). Las diferencias en el contenido de SiO_2 y otros óxidos es mínima. Algunas diferencias se pueden observar en MgO , Fe_2O_3 y TiO_2

(Figs. No. 11, 12, 17). Las andesitas „superiores“ mas basicas contienen un porcentaje más alto de MgO . Por lo contrario, las andesitas „inferiores“ tienen un contenido mayor de Fe_2O_3 . Estas diferencias podrían ser causadas por oxidación y meteorización de minerales ricos en Fe (piroxenas, olivino). El contenido relativamente alto de TiO_2 y K_2O en andesitas „inferiores“ (Figs. No. 17, 18) puede ser quizás explicado por la presencia del K - feldespato y biotita. También se preservan algunas diferencias en el contenido de Cu y Rb (mayor contenido en las andesitas „inferiores“) y Cr y Ni (mayor contenido en andesitas basálticas „superiores“).

Según la clasificación, las andesitas „inferiores“ pueden ser definidas dentro de rocas de alto contenido de potasio, mientras las „superiores“ dentro de rocas de contenido de K mediano (Fig. No. 7). Sin embargo, la mineralogia de las andesitas son parecidas. (Capítulo Andesitas).

La Secuencia volcánica Ocotál tiene una posición singular dentro de la composición de productos de Volcán Conchagua. Las muestras de escorias analizadas corresponden a un basalto, no se observan diferencias notables ni en contenido de óxidos mayores ni en elementos menores. La única diferencia es en el contenido de Fe_2O_3 que podía haber sido causado por la oxidación de varios minerales ricos en Fe.

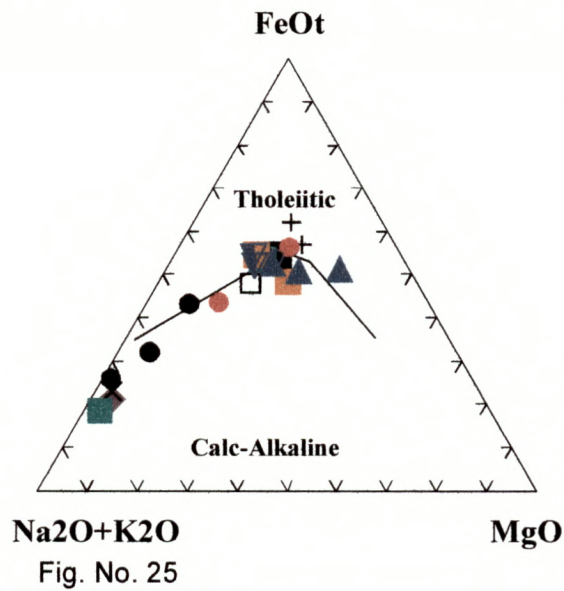
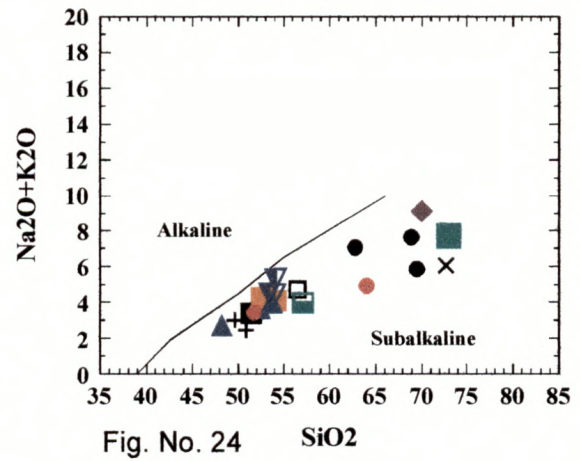
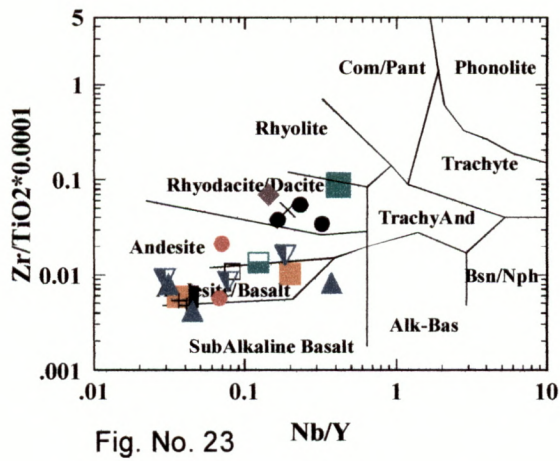
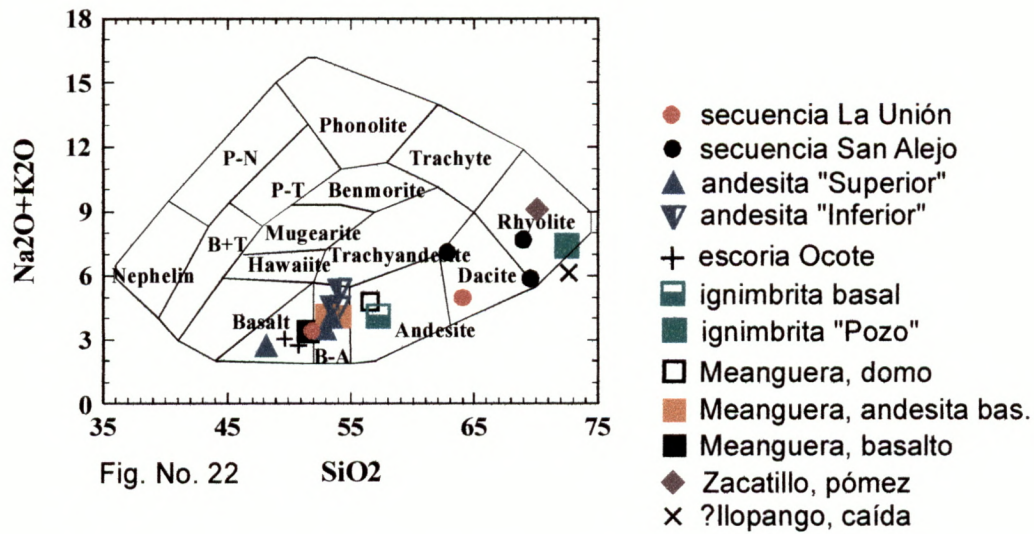
Se analizó una muestra de las Ignimbritas basales, la cual corresponde a una riolita (determinado por medio de un análisis de matriz). Otra muestra de una ignimbrita de la Secuencia „Pozo“ revela una composición andesítica. Ambos tipos ignimbríticos difieren sustancialmente en contenido de óxidos y elementos menores, lo cual se ilustra en los Diagramas de Harker (Figs. No. 9-23). Dichas diferencias en composición química apoyan la división de dos tipos de ignimbritas en la columna estratigráfica, es decir, aunque se parecen en el campo, no se unieron en un sólo grupo.

Muestras de lavas de la Isla Meanguera corresponden a basaltos y andesitas, incluyendo las muestras del domo volcánico en la parte sur de la isla. Estas son rocas que predominan en todo el territorio de la isla. En la mayoría de diagramas de Harker no existen dispersiones importantes. De esta manera se puede suponer que el magma se desarrollo por procesos de cristalización fraccional.

Una muestra de pómez proveniente de la isla Zacatillo corresponde a una riolita, con alto contenido de alkalis, causado por la presencia de K-feldespatos y Na-plagioclasa.

Una muestra de ceniza blanca obtenida del PdeR No. 108 corresponde a una riolita, manifiesta poca meteorización. La ceniza proviene de un centro aún desconocido, puede ser Ilopango (más en Capítulo Sedimentos no-volcánicos).

Las muestras analizadas en el diagrama de contenidos normalizados para condritas (Fig. No. 45 = Fig. No. 24) se encuentran en varios niveles de concentración, sin embargo sus curvas son bastante parecidas entre sí, en un curso generalmente continuo. Las curvas de proyecciones normalizadas reflejan una anomalía-Eu negativa y por su composición y carácter confirman el carácter andesítico de rocas estudiadas.



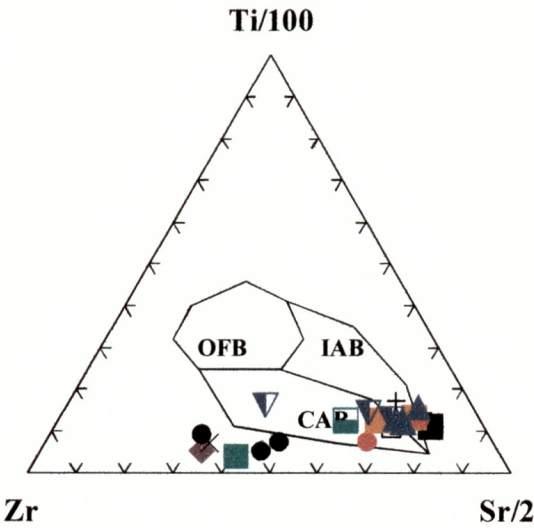


Fig. No. 26

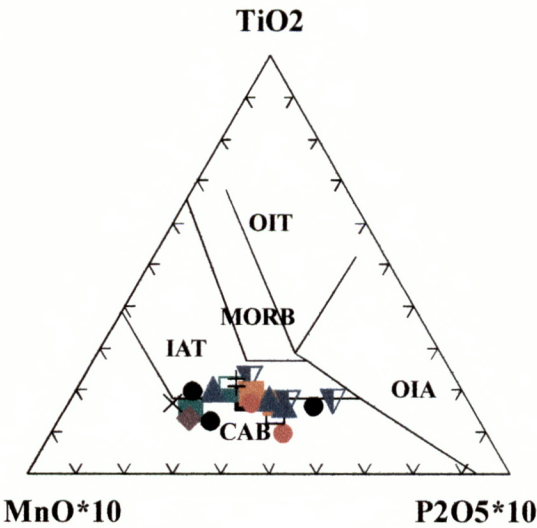


Fig. No. 27

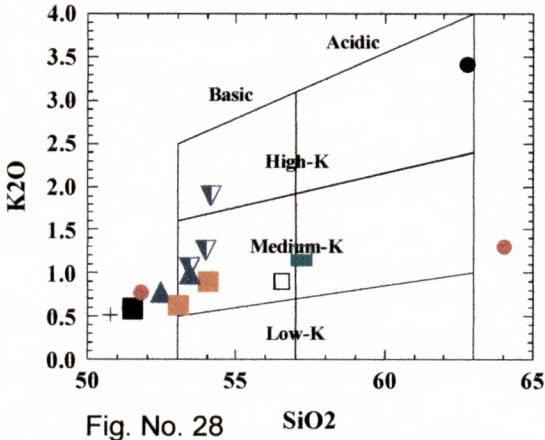


Fig. No. 28

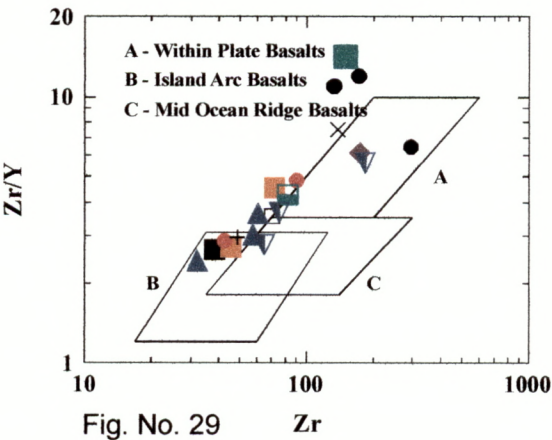
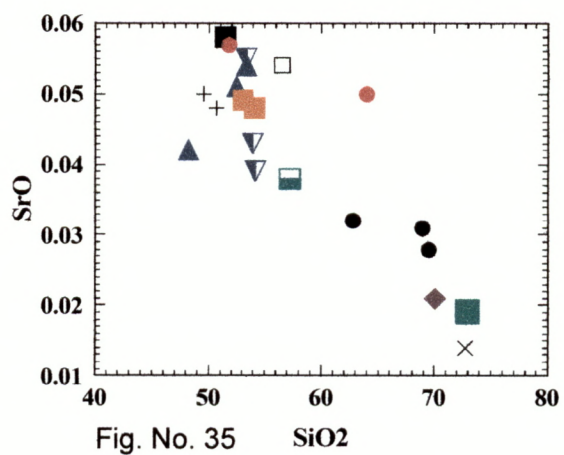
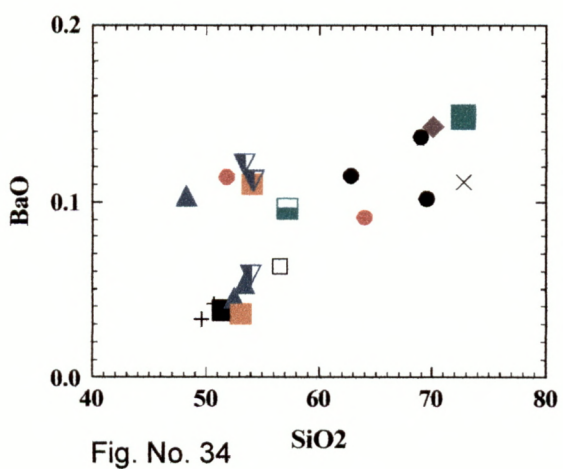
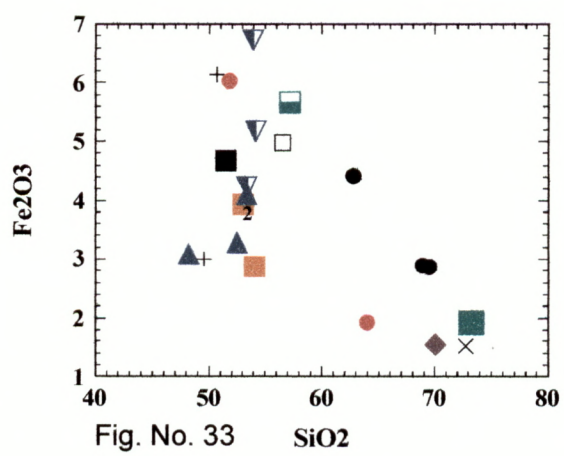
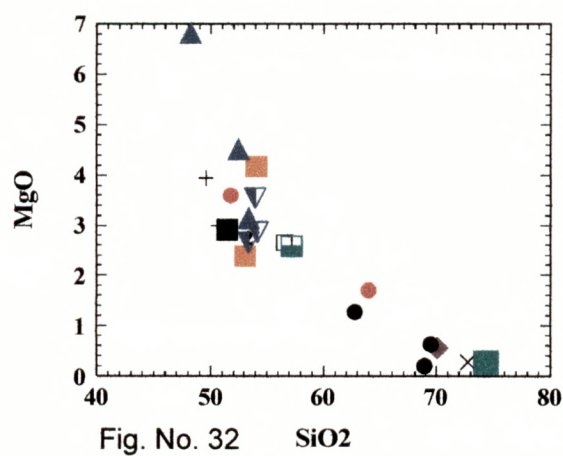
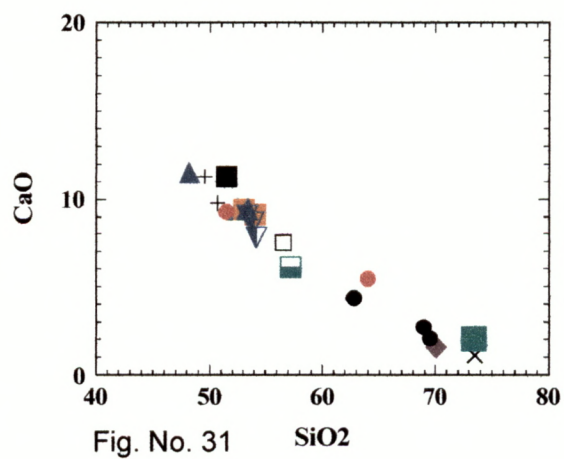
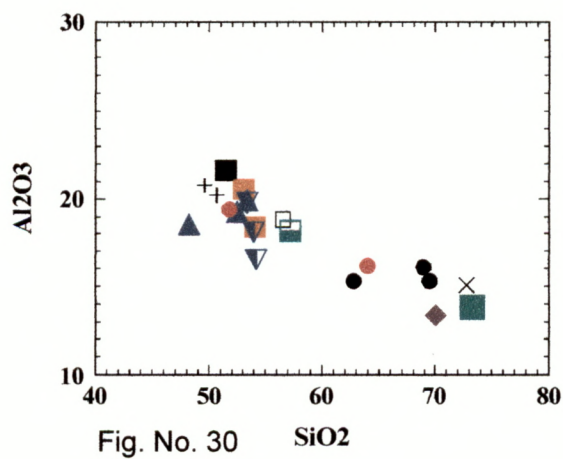


Fig. No. 29



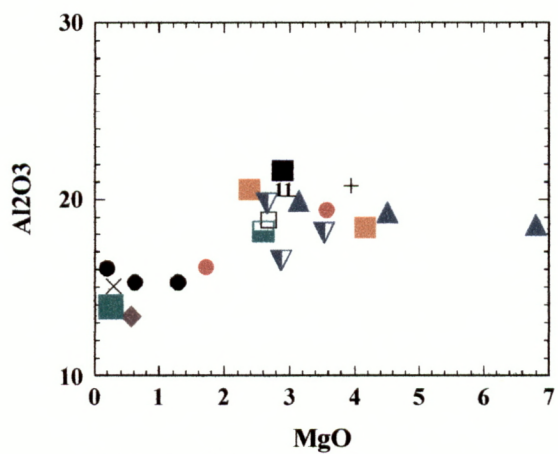


Fig. No. 36

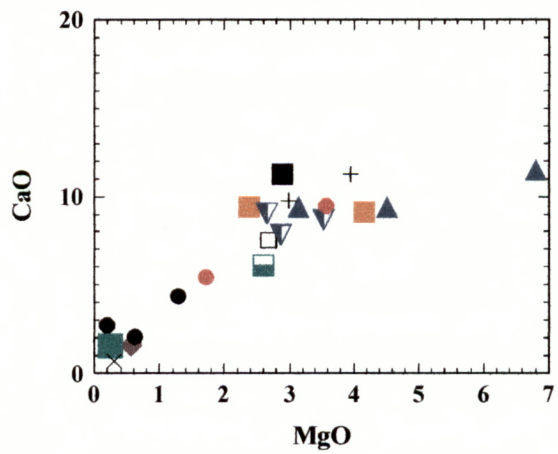


Fig. No. 37

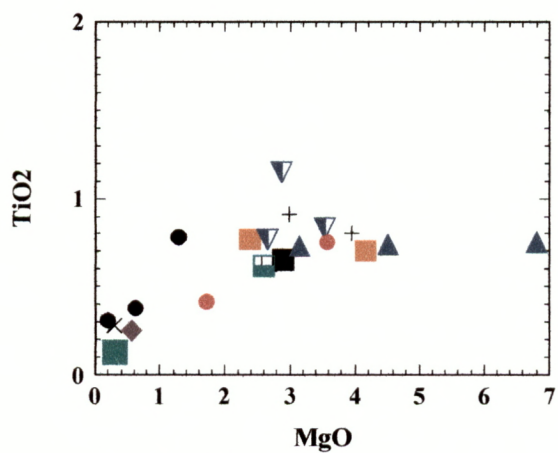


Fig. No. 38

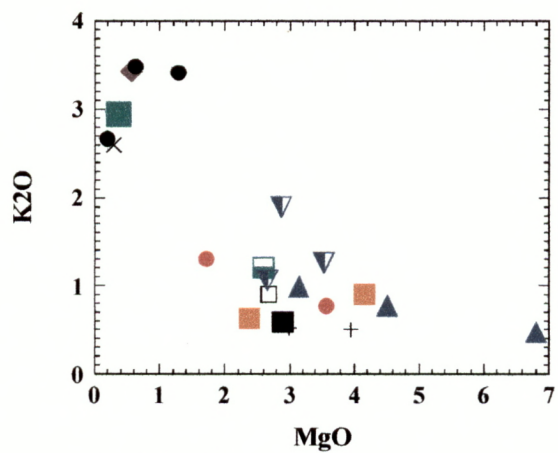


Fig. No. 39

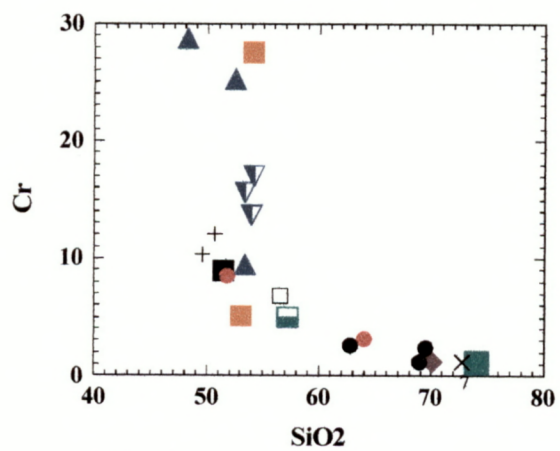


Fig. No. 40

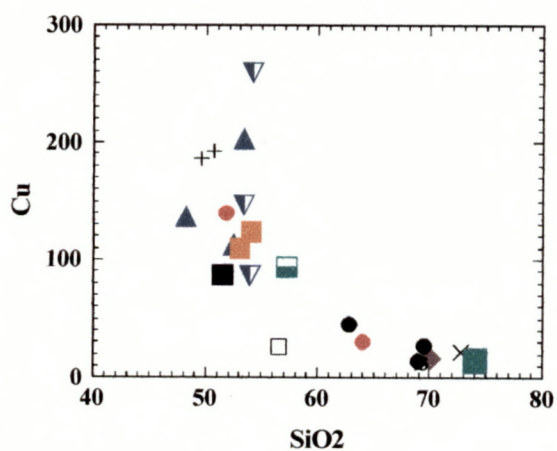


Fig. No. 41

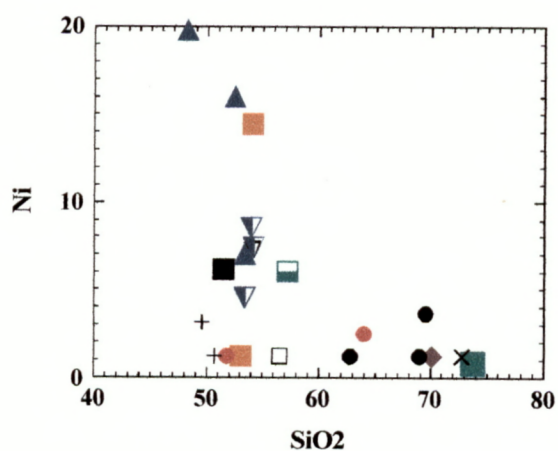


Fig. No. 42

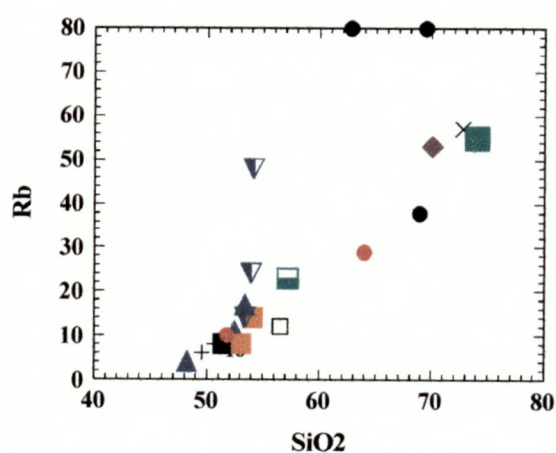


Fig. No. 43

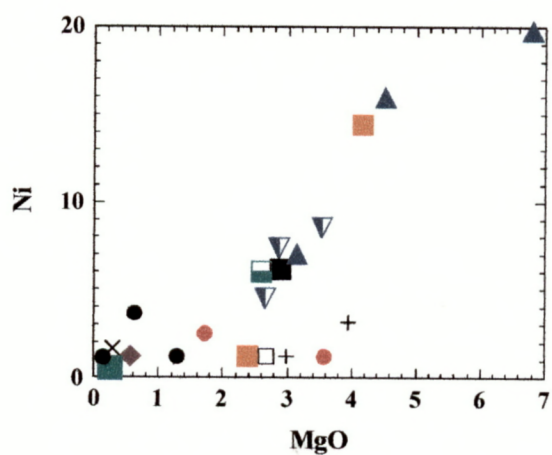


Fig. No. 44

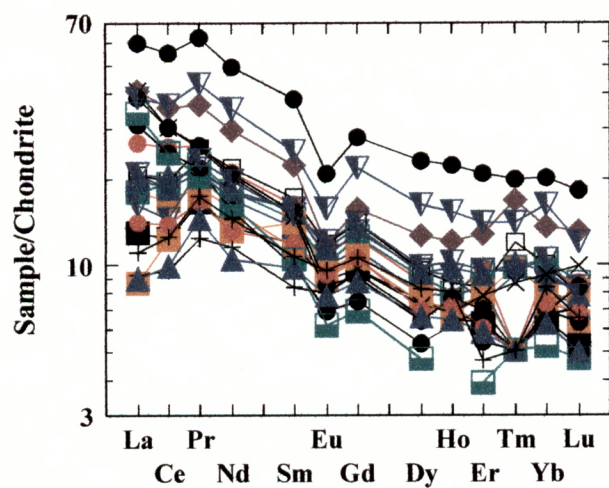
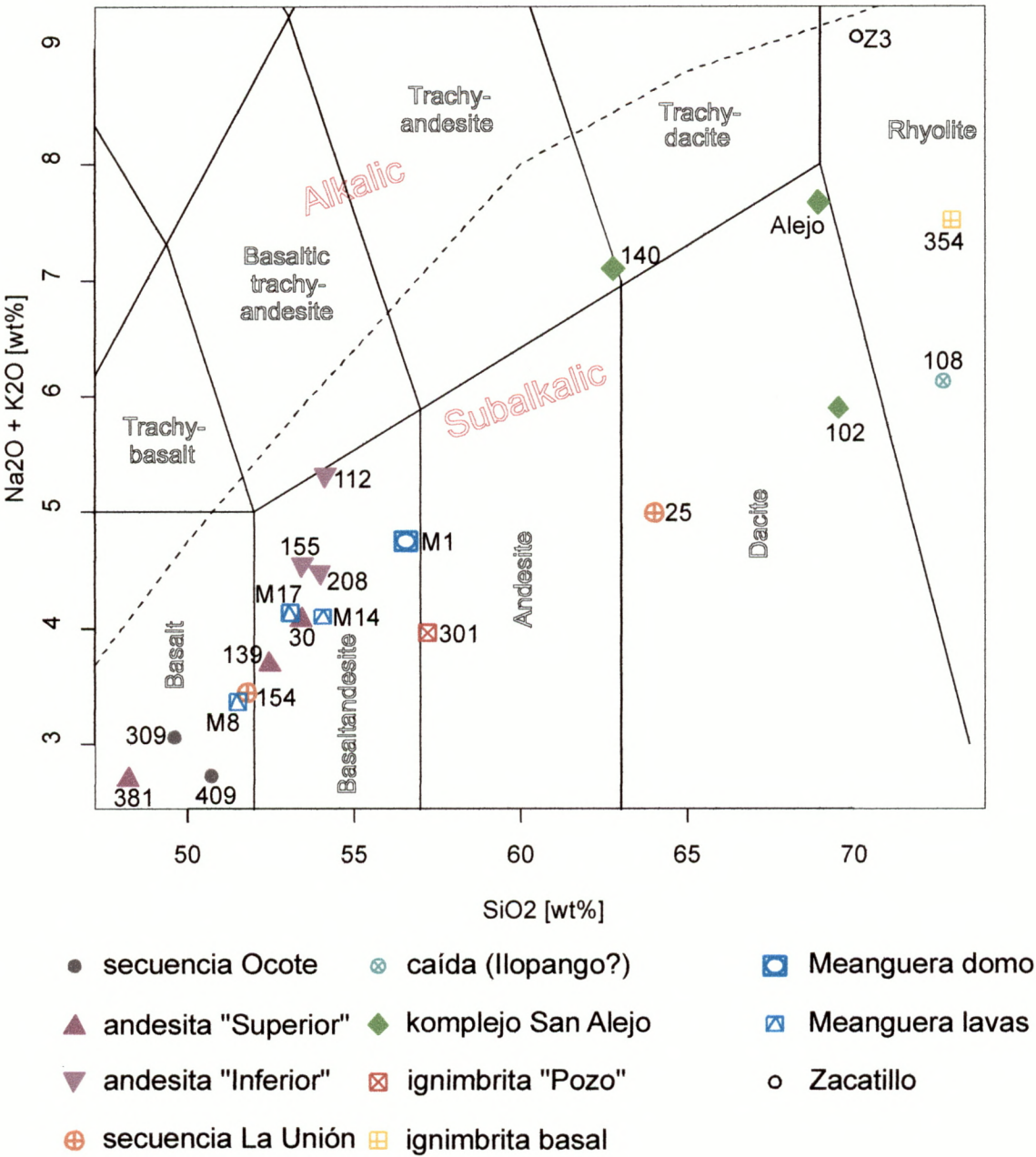


Fig. No. 45

Fig. No. 46. Clasificación TAS (hecho en programa R) de rocas analizadas.



6. 2. Actividad post-volcánica

Únicos fenómenos de a post-volcánica en la región estudiada son las fumarolas que se sitúan en varios sitios de tierra firme así como en las islas.

Al pie del volcán Conchagua al Norte de Punta El Cáguano las emanaciones de gases se encuentran en las gravas de la playa, en alcance del oleaje. El mejor ejemplo de fumarolas es el campo en vecindad del caserío Playitas (Foto No. 78) documentado por PdeR Nos. 87, 88, donde, además dre emanaciones de vapor y gas existen también pequeños „volcánes de lodo“ y manantiales del agua caliente. En el campo fumarólico, la alteración de rocas sólidas es bien profunda, la roca se convierte en arcillas. En Abril 2003 se observó la emisión de vapor caliente de varios hoyos pequeños.

Se observó también la presencia de minerales secundarios que forman unas películas delgadas sobre de rocas. Por RTG análisis se confirmó el contenido de: Sulfatos de Mg, Fe, Al – halotrichita, pickeringita, Mg-copiapita y epsomita; Anatasa, tridimita, crisotilo, estauconita [mineral con $Zn - NaO \cdot 3 Zn_3 (Si, Al)_4$].

En la Isla Meanguera dos campos fumarolicos se conocen en el caserío La Negra, en el margen de Sur del cráter del mismo nombre. Durante de periodo seco, la actividad es muy baja. Rocas vecinas sufren la alteración fuerte (Foto No. 54). En la costa Sur, fumarolas hoy inactivas fueron documentadas encima de la playa, cerca del caserio Guerrero.

Igualmente, un pequeño campo de fumarolas extintas se observó en la costa oriental de la Isla Zacatillo.

Manantiales del agua caliente se asocian con fumarolas, además se encontraron en Punta Remolina y Punta La Virgen al Norte de península Chiquirin (PdeR No. 83). En punta Remolina el agua alcanza la temperatura de unos 45-50° C, lo que aprovecha la gente local para lavar la ropa.

7. Evolución del relieve

7. Evolución del relieve

El relieve de la parte SE de El Salvador y las islas salvadoreñas del Golfo Fonseca, que abarca el área del estudio se desarrollaba en la relación con la evolución geológica policíclica de edificios volcánicos individuales así como las depresiones tectónicas y parte costera.

La edad de estructuras geológicas se está evaluando, ante todo, en base de relaciones regionales. Al aceptar todas las opiniones publicados hasta ahora, consideramos las secuencias basales como Pliocenos, la actividad mayor del volcanismo de Plioceno-Pleistoceno (actividad explosiva), Pleistoceno (efusiones, estratovolcánes), Holoceno (volcanismo basáltico en solo unas localidades) hasta Sub-reciente (edad histórica), aunque sin dataciones, no obstante posible. La actividad reciente de volcánes tanto de tierra firme como de islas puede excluirse. Del área todavía faltan los datos exactos radiométricos, muestras colectadas se analizan). Edificios volcánicos han sido afectados por la erosión, disturbación tectónica y otros procesos, ante todo exogeneos.

El área puede ser dividida en unas unidades morfoestructurales:

- 1) El relieve estructural del doble-volcán Conchagua
- 2) El relive tectónico y erosional del complejo de andesitas „superiores“ e „inferiores“, de Secuencias San Alejo, La Unión, „Pozo“ e Ignimbritas basales.
- 3) El relieve estructural de Islas Meanguera, Conchagueta, Zacatillo, Martin Pérez y Perico/Periquito
- 4) Las planicies de deposición policíclica fluvial y volcánica (epiclástica).

1) El relieve estructural del Volcán Conchagua

El grupo volcánico Conchagua se compone de dos edificios estratovolánicos, Cerro del Ocote (más joven) y Conchagua o Cerro de la Bandera. Laderas estructural de los dos edificios han sido cavados por barranacos profundos. Supecies de laderas manifiestan lateritización de coladas lávicas de múltiples generaciones. Cráteres se encuetran en el estado de erosión y se identifican por anillo de escoria soldada (margenes SE del cráter original de Conchagua, ó, sea, por forma aproximada (El Ocote).

Ambos volcánes revelan el grado avanzado de perturbación por movimientos tectónicos. Zona de fisuras que representa una falla de 2 kms de anchura pasa en la dirección NOE-SE por las faldas SOE de Cerro Ocote (Fotos No. 5, 6), cerca del cráter, luego cambia su dirección en N-S y por su forma circular quizás podemos juzgar por el sistema de fallas caldéricas. Esa falla, bien conocida, manifiesta temblores sísmicos recientes (Marroquín 1991). Hacia el N la falla está cubierta por depositos volcano-fluviales.

Al pies del volcán, las planicies de la inclinación moderada se formaron sobre de superficies de coladas de lavas andesíticas. Lavas meteorizadas se extienden hasta las costas del Golfo Fonseca. Solamente en NOE las coladas lávicas yacen sobre del material redepositado, fluvial, epiclástico y piroclástico de la Secuencia La Unión. Al E y SE del volcán, observamos la perturbación de lavas por tectonica reciente.

Meteorización laterítica, por lo general, afecta las porciones exteriores de flujos lávicos y por lo tanto podemos encontrar en varios lugares los bloques esféricos – núcleos relativamente frescos, mientras que el resto de roca se convirtió en arcilla roja.

2) El relieve tectónico y erosional de basamento volcánico

Sierra de Jucuarán bordea al área estudiada de SOE. No existen razones porque considerar su extensión hacia La Unión, aunque sería fácil aplicar la geología de Formación Bálsamo, que construye esta Sierra, al territorio estudiado. Sin embargo, la correlación fue establecida en rasgos geológicos diferentes (vea capítulo Evolución geológica).

Las secuencias volcánicas de composición, origen y edad diferente condicionaron la morfología predominante en la mayoría del territorio, incluso las depresiones tectónicas y relieve erosional en la parte central. Hacia las costas los macizos volcánicos, resp. sus productos subyacen las unidades secundarias más jóvenes.

Relieve reciente es el resultado tanto de actividad tectónica como de erosión y otros procesos post-volcánicos que formaban la morfología en el Pleistoceno hasta Reciente. Hoy, los residuos de superficies estructurales podemos encontrar solo donde existen las coladas lávicas de gran potencia.

El volcanismo Plioceno, Pleistoceno hasta ?Holoceno era policíclico y de varias cámaras magmáticas. Por ejemplo, en los alrededores de San Alejo los aparatos de actividad explosiva de edad probablemente Pleistoceno se preservaron en residuos inexpresivos debido a el estado bien erosionable de sus productos, mientras que algunas

elevaciones que formaban los edificios estratovolcánicos, dominan en la morfología aunque sus edad había podido ser igual, en unos ejemplos.

Las elevaciones son siguientes:

Cerro Juana Pancha – 631 m s.n.m. El relicto del volcán grande, su lado Este afectado po fallas S-N.

Cerro de Bobadilla – 356 m s.n.m., un pequeño volcán erosionado

Cerro El Jicote – 527 m s.n.m., un residuo pequeño del volcán entre las depresiones endoreicas

Cerro El Cristóbal – 631 m s.n.m., restos de un volcán

Cerro El Duende, 404 m s.n.m.

Cerro Yayantique – 618 m s.n.m.

Cerro El Aguacate – 440 m s.n.m.

Planicies a los pies de las elevaciones, formadas por coladas andesíticas, sufrían los impactos tectónicos y erosión. El relieve resultó en el sistema de planicies intravolcánicas, incluido las depresiones tectónicas.

En las partes Norte y Sur del área, entre edificio volcánico Conchagua y las formación subyacentes se extienden las planicies aplanadas de diferentes niveles: 200 m s.n.m., 150, 100 y 50 m s.n.m. respectivamente. Es cierto de que estas planicies a menudo se formaban sobre de superficies de coladas lávicas subhorizontales. Posteriormente, estas superficies eran desintegradas por la erosión retrograda jóven en forma resultante de cauces estrechos.

Las niveles aplanadas de 100 y 150 m s.n.m. se convirtieron en depresiones intravolcánicas. Sus fondos corresponen con este nivel y sus márgenes en altitud alrededor de 300 m s.n.m. probablemente representan los residuos del paleorelieve más viejo. Las depresiones todavía forman la arista hidrográfica entre drenajes al Río El Tamarin y Bahía de La Unión.

Superficies de flujos andesíticos se preservan, en su mayoría, en el nivel de 300 m s.n.m. El relieve estructural, originalmente aplanado estaba afectado por actividad tectónica. Fallas atraviensa el territorio por varios rumbos, no obstante, los sistemas de N-S y NOE-SE parece dominante. Las fallas E-OE que limitan la depresión salvadoreña, cortan las dichas fallas.

Este sistema tectónico había condicionado el relieve específico de depresiones intravolcánicas, algunas de ellas ya eran escanciadas y ahora poseen el drenaje superficial.

Fondos de depresiones intravolcánicas se sitúan en la altitud de 150 m s.n.m. (El Portillo, El Ojuste, Las Aradita, Colonia 15 de Septiembre), y 100 m s.n.m. En las depresiones se depositaron los sedimentos lacustrinos, arcillas de meteorización, sedimentos fluviales y gravillas de conos aluviales. El régimen de agua subterránea sigue respetando la división original puesto de que las depresiones siempre se rellenan por el agua, lo que podría ser aprovechado para uso agrícola durante del período de lluvias.

Otro nivel de fondo de depresiones intravolcánicas comprende el altitud de 100 m s.n.m. Así se ubican los complejos de depresiones unidas – Laguna los Negritos, Laguna Managuara y Laguna El Pílon y otras depresiones unidas Lagunas Los Chorros, El Ciprés y Lagunela Pozo de Mangar. Estas depresiones están parcialmente rellenas por las lagunas someras del nivel de agua variable. Las depresiones Colonia El Pílon y La Joya Redonda ya se encuentran en el estado de drenaje, son rellenas por sedimentos policíclicos (composición de sedimentos véase en Capítulo Sedimentos no-volcánicos).

En el futuro, estas estructuras podrían ser utilizadas para la retención del agua en el período lluvioso. Es posible que el desagüe del complejo de depresiones Lagunas Los Negritos, El Pílon y Managuara haga rumbo la Bahía de La Unión y el desagüe de Laguna Los Chorros, Lagunela Pozo del Mangar y Laguna El Ciprés al Estero Tamarindo.

Los fondos de las depresiones revelan el grado alto de meteorización química, hoy en estado de lateritización inicial. En general, en las depresiones la meteorización es más intensiva que en laderas de edificios volcánicos y manifiesta, además, la presencia mayor del proceso de caolinización.

3) Superficies estructurales en las islas del Golfo Fonseca

La isla Meanguera (16 km²) está formada por lavas y piroclastos de varios centros volcánicos arreglados conforme a las fallas, es decir, en rumbo generalmente N-S. Las fallas tectónicas formaron el graben, situado en el centro de isla. Laderas tectónicas alcanzan hasta 100 metros de altura relativa. Cráteres presentan alto grado de

erosión y enfangación por sedimentos. El grado de erosión de laderas estructurales es bajo.

Rellenos originales de cráteres Plan de Laguna y Cerro de Laguna están erosionados por Quebrada Grande. El cráter Plan de la Negra está sin desagüe. La falla transversal del rumbo E-OE atraviesa la isla, sobre de ésta se sitúan fumarolas.

Farallones inestables en las costas de isla se derrumben ocasionalmente (Golfo El Foquí, Punta Narizona). Playas se concentran sólo en sitios El Majahual y El Corozal.

La isleta Meanguerita formaba la parte de caldera junto con Isla Meanguera, siendo de que la composición volcánica de las dos parece igual.

Isla Conchaguita (9 km²) tiene el patrón estructural parecido, tres volcánes apagados se alinean sobre de fallas N-S y del rumbo transversal se encuentra un residuo del cono de escoria. La falla NE-SOE corta el cráter de Cerro El Havillal, el cumbre mayor está cortado de dos fallas (NE-SOE y NOE-SE). Laderas estructurales de volcánes forman flujos de lava andesítica mientras que la península El Panteón en el Este representa el cono cinderítico destruido.

Dos niveles geológicos y geomorfológicos de la Isla Zacatilo (4 km²) corresponden a dos sistemas volcánicos – más viejo, del volcanismo ácido y explosivo, podría corresponder a la actividad de una caldera colapsada mientras que el sistema superior se compone de actividad predominantemente efusiva de volcánes superficiales, hoy cortados por varias fallas.

Isla Martín Pérez e isletas Perico y Peroquito representan las superficies en parte de origen estructural, en parte aplanados, de coladas andesíticas. Un pequeño cono cinderítico en Isla Perico revela rasgos relativamente muy jóvenes.

4) El relieve aplanado sobre de sedimentos volcano-fluviales

Penillanuras cubiertas por sea depósitos volcánicos (piroclásticos y epiclásticos) sea por sedimentos fluviales se extienden en los alrededores de La Unión y al Sur, en el Estero de Tamarindo. Llanuras se desarrollaban fuera de alcance de pies de edificios volcánicos.

Carácter litológico se discute en detalles en capítulos sobre de Composición geológica.

Sedimentos suaves de este tipo de deposición manifiestan el carácter de drenaje igual que en cono fluvial llano. En algunos lugares los corrientes tienden a agruparse, en otros las superficies continúan siendo afectados por erosión vertical.

8. Riesgos geologicos

8. Riesgos geológicos

8. 1. Descripción general

Uno de los temas fundamentales del presente proyecto comprendió el estudio de los peligros geológicos de la zona. Generalmente, los peligros se dividen en dos tipos genéticos básicos:

- a) de origen endógeno
- b) de origen exógeno

Puesto que el área estudiada no fue fuertemente afectada por el huracán Mitch en 1998, los problemas asociados con los procesos exógenos fueron entonces mínimos. Similarmente, el peligro endógeno se considera como mínimo, ya no se tiene evidencia histórica de actividad volcánica. Los movimientos telúricos, aunque persistentes, no han causado daños considerables. No obstante, relativo a las condiciones tanto geológicas como geomorfológicas, nunca se pueden excluir las amenazas naturales de la zona, ante todo en el presente, cuando existen grandes proyectos de desarrollo que producirán mayor cantidad de construcciones e incremento de población en la región. Debido a esto, los dos tipos de peligros se discuten en detalle a continuación:

Los Peligros de origen endógeno resultan de la posible actividad sísmica en fallas existentes. El área forma una zona ancha de fallamientos aparentemente asociados con movimientos de tipo lateral izquierdo (Stoiber, Carr 1973). Esta zona se relaciona con la subducción de placa Cocos debajo de la de Caribe. Regionalmente, la zona del Graben de Honduras está situada en el mismo rumbo, se considerada como el elemento estructural importante (Weyl 1980).

La frecuencia de sismos, aunque moderados o débiles, es alta a lo largo de la costa salvadoreña, así como también en el Golfo de Fonseca y las costas de Nicaragua. El relieve tectónico todavía se encuentra en estado de evolución. Durante los últimos años se han documentado sismos con epicentros en las fallas con rumbo N-S que pasan al lado de las quebradas El Jicaró, Duende u Honda, en el flanco oriental del volcán de Conchagua (Marroquín 1991). En general, la mayoría de fallas tanto las conocidas como las nuevas identificadas pueden ser potencialmente reactivadas. Dentro de la zona de fracturamiento algunas fallas se manifiestan en zonas de disturbación, donde las secuencias de rocas aparecen perturbadas, mezcladas, friables o afectadas por actividad hidrotermal. La erosión y redeposición es evidente en esas zonas. Todos los procesos

han resultado en origen de depresiones tectónicas, que han sido rellenadas por material erosionado y transportado.

Las zonas de mayor vulnerabilidad sísmica son las siguientes:

- pendientes al suroeste del Volcán El Ocote
- sistemas tectónicos de la costa al sureste del volcán Conchagua, asociadas con fumarolas y fuentes de agua termal
- fallas entre Multipesca y Playitas al oriente de La Unión
- fallas que afectan los flujos andesíticos en todo el área.

La actividad volcánica no puede ser confirmada en ningún lugar estudiado. Existen datos antiguos sobre una actividad del volcán Conchagua en 1868, sin embargo se trató de una serie de temblores que levantaron densas nubes de polvo en laderas secas de la montaña. Meyer-Abich (1956) duda que el Volcán Conchagua haya producido alguna actividad en tiempos históricos, sin embargo informa sobre erupciones posibles en la isla Conchaguita durante 1892.

Otros autores descartan la posibilidad de reactivación del volcanismo en Conchagua (Flores 1991), aunque admiten la posibilidad teórica de reacomodación de la situación estructural y magmática debajo del volcán como consecuencia de actividad sísmica. Según el presente estudio, varias zonas de actividad débil fumarólica manifiestan los fenómenos post-volcánicos tanto en Conchagua, como en las islas de Meanguera y Conchaguita. Esto, junto con la exhibición relativamente reciente de magma basáltico (Isla Periquito, Conchaguita y Meanguera) testifica que la actividad es geologicamente joven, sin embargo éstas han ocurrido hace decenas de miles de años. La reactivación del volcanismo por actividad sísmica parece poco probable en el tiempo reciente.

Durante el presente estudio, la actividad hidrotermal fue documentada en las siguientes localidades:

Playa Chiquirín

Playa Playitas (las Pozas, Punta Negra, El Borbollón)

Los Humillos

El Cáguano

Isla Meanguera: cráter La Negra

Playa El Limón (Aguas calientes).

Los detalles sobre estas áreas se presenta en el Capítulo 6.

Procesos exógenos

Estos procesos, potencialmente peligrosos en cualquiera área vulnerable, fueron estudiados en el transcurso de trabajos de campo y evaluados por medio de fotos aéreas. El área estudiada presenta una energía erosional alta, ante todo en el Volcán Conchagua y otros edificios morfológicamente expresivos (Volcán Juana Pancha y otros).

Existen superficies profundamente meteorizadas donde las rocas se encuentran argilitizadas y friables, producto de meteorización laterítica o de actividad hidrotermal. Todo el área, esta expuesto a lluvias torrenciales, y esto, junto con el estado avanzado de deforestación que predomina en todo el área de estudio, puede acelerar los procesos exógenos destructivos hasta un nivel catastrófico.

Estos fenómenos y procesos podrían predecir las amenazas eventuales por procesos exógenos. Los resultados de éstos son los siguientes:

- a) varios tipos de erosión y abrasión
- b) inundaciones, transporte de depósitos y su acumulación. La erosión es un proceso común en áreas donde las condiciones son favorables – pendientes inclinadas, basamento litológicamente descompuesto, presencia de agua, impactos antropogénicos desfavorables.
- c) movimientos de laderas
- d) cambios intermitentes del nivel del agua subterránea

La erosión es un proceso común del suelo y este se conoce muy bien, pero hay que darse cuenta que la actividad antropógena negativa, que ha ocurrido en los últimos años, contribuye negativamente con el problema, sobre todo por la deforestación regional. En el área de estudio, existen muchas localidades de este tipo de alteración del suelo, ante todo en áreas de agricultura, que yacen sobre acumulaciones de epiclásticas y sedimentos sueltos, de deposición policíclica. También, la labranza orientada perpendicularmente a las pendientes podría complicar los problemas de deslave de las laderas.

Los procesos de “mass wasting” en frente de la erosión retrograda podrían imponerse en los cierres de valles. Este sistema de procesos exógenos facilita la inestabilidad de laderas donde estos procesos podrían originarse. Los cierres de valles en los barrancos al pie del volcán Conchagua manifiestan estos riesgos.

Los peligros provocados directamente por la actividad fluvial, ante todo durante de lluvias torrenciales e intensas se concentran en depósitos meteorizados, viejos. En estas secuencias existen sistemas de valles o barrancos profundos, cuyas

curvas de erosión se encuentran desequilibradas, pues durante las lluvias se manifiesta la erosión espontánea junto con la deposición temporal de sedimentos.

La erosión tanto vertical como lateral en cauces es el fenómeno más activo y peligroso en el área de estudio. Dichos procesos amenazan las carreteras en los valles y los puentes, que podrían deteriorarse y ser destruidos por flujos fuertes durante crecidas de los ríos. Se conoce bien, que estos tipos de desastres ocurrieron durante el Huracán Mitch en Nicaragua y Honduras, donde la erosión violenta destruyó las fundaciones de varios puentes, construidas de forma somera.

En la Tabla anexada se identifican las localidades bajo esta amenaza. Algunos de ellos son:

Río Los Encuentros en San Alejo, cauces La Quebradona (al suroeste de Las Maderas), Juana Pancha (al Este del cumbre del volcán del mismo nombre), La Bobadilla (en el caserio del mismo nombre), Las Trincheras (en el caserio del mismo nombre), Las Guarumes al suroeste del caserio Agua Fría), Napoleón (al Sur de Laguna de Ciprés), Los Corrales (al Norte del Estero La Chanchera), Río Maderas (al Norte del caserio Maderas), Río Los Almendros (al Este de El Carmen), Río Agua Caliente (curso superior del Río Managuara). Además, el cauce profundamente cortado del Río Managuara en el Sur del área estudiada podría llevar gran cantidad de agua proveniente de los drenajes en las montañas al norte, puesto que la depresión El Portillo que se encuentra en ese lugar, posee una cuenca hidrográfica relativamente ancha y por lo tanto con capacidad de proveer una gran cantidad de agua. En el relleno de dicha depresión se observan los arroyos erosionables pequeños, en la parte al sur de la depresión éstos se profundizan hasta 6 metros en sedimentos arenosos. Marcas de erosión retrograda también se observaron.

En lecho fluvial del Río Managuara está cubierto por bloques de rocas de gran tamaño, algunos provienen de las paredes vecinas derrumbadas, pues, en el caso de flujo fuerte de las aguas del río y posiblemente también en caso de sismos, los bloques sueltos transportados por la corriente, podrían amenazar seriamente no solo a las carreteras y caminos, sino también a los puentes pequeños y casas en este valle el cual se encuentra relativamente muy poblado.

La erosión subsuperficial podría causar problemas, ante todo en construcciones ingenieriles tales como los puentes o carreteras. La desintegración sucesiva de la roca por el efecto del contacto con el agua resulta por la disolución de algunos minerales y

lavado de la fracción fina. Las rocas así pierden sus coherencia y por lo tanto, el proceso podría ser desfavorable para dichas construcciones.

En el área de estudio se documentaron varios horizontes de arcillas color rojo-marrón, producto de la meteorización de lavas ("rotlehm"). Es cierto que este material puede ser erosionado y transportado en pendientes y valles, además está siempre cubierto por bloques de andesitas o basaltos residuales, que en caso de transporte formarían un elemento destructivo.

Inundaciones, transporte de sedimentos y sus acumulación

En el área estudiada las zonas impactadas por la marea alta máxima se consideran, inconvenientes para cualquier construcción y/o habitación. Se trata de las costas al norte de La Unión y en el sur, las costas de Tamarindo. Un uso adecuado de estas áreas son las salineras que operan en dichos territorios .

La ampliación del Puerto de Cutuco y su consecuente incremento de actividad productiva en la ciudad de La Unión conlleva a revisar detalladamente las posibles amenazas geológicas del lugar. Además de los problemas geológicos que enfrenta la zona y que son identificados en la Tabla anexada, el lugar se encuentra geográficamente en la zona de influencia de los deltas de ríos que entran al Golfo de Fonseca, lo que significa una gran acumulación de material arenoso. Estas áreas de acumulación de arena se detallan en el mapa geológico adjunto (Fig. No. 49), además pueden ser identificadas durante la marea baja. Seguramente estas áreas son conocidas por los navegantes del golfo, pero debido a que la posición de estos bancos de arena es inestable y puede moverse con frecuencia es importante monitorear su ubicación periódicamente.

Las localidades más afectadas por este fenómeno son las siguientes: Estero Manzanilla, alrededores de la Isla Perico, costas de la ciudad La Unión y Puerto Cutuco, y en el sur el Estero de Tamarindo.

Las depresiones sin drenaje se localizan en el centro del área estudiada y al oeste del macizo de Conchagua. Su forma está condicionada por movimientos tectónicos que han afectado el área hasta tiempos recientes (Marroquín 1991, Flores 1991). El relleno, compuesto de suelos húmidos, es muy fértil y productivo, sin embargo, existen riesgos de inundaciones intermitentes y erosión del suelo.

La tierra, aun cuando es productiva debe de tener un sistema de irrigación durante la época seca y protegida de inundaciones por medio de la construcción de

drenajes en periodos de lluvias. Los restos de un sistema de riego todavía se observan en el sitio la Joya Redonda.

Otros tipos de peligro que se identifican en el área de estudio son los asociados a llanuras de valle. Durante inundaciones, el agua de los ríos tiende a derramarse lateralmente, esto debe de ser tomado en consideración también en Puerto de Cutuco, donde además otros peligros existen (más detalles véase Tabla anexada).

Los problemas con las acumulaciones del material friable en los conos aluviales, por ejemplo, existen en las islas en el Golfo Fonseca. Las acumulaciones de material friable en el área limitada podrían amenazar caminos y puertos de pescadores. En las costas de La Unión la situación es casi igual (Tabla anexada) Las rocas friables pueden ser transportadas fácilmente en caso de desajuste de deposición, es decir, durante de trabajos de construcción de obras.

Las playas, lugares de descanso de miles de habitantes, también pueden ser evaluados como lugares vulnerables. Las amenazas vienen parte de aguas torrenciales de Conchagua, parte del mar alta, es decir en los dos casos se trata de erosión o acumulación de arenas. La destrucción de costa por tsunami no pueden ser excluida.

Movimientos de laderas en el Volcán Conchagua presentan procesos muy peligrosos: Como se ilustra en la Tabla, en los barrancos podrían ocurrir flujos de detritos que transporten bloques, arena, lodo y material vegetal que se depositaría ya sea como un cono aluvial o en las playas de la costa. Lugares que podrían verse afectados por este fenómeno son: Quebrada Aguacatal (entre la cima del Volcán y caserio Carasimo), El Jicaro y Honda (al Oeste de Sitio El Zapotal). En estos lugares existen algunas casas que serían directamente amenazadas, así como en los caseríos El Carasimo (PdeR No. 314), y a lo largo del camino que conduce de Piedra Blanca a Conchagua. Estos valles se unen en la quebrada El Duende, lugar con registros de actividad sísmica reciente (Flores 1991), el cual corta la carretera de La Unión. Esta drenaje podría transportar material erosionado de las partes altas del volcán.

Los corrientes torrenciales también podrían amenazar al parte sur y Suroeste del Volcán Ocote cerca de Piedra Rayada (PdeR No. 308), Quebradas Palo Solo, El Cogolito, La Arenosa, El Consumidero y Ríos El Zompopeco, El Zapote.

Al norte del Volcán Conchagua existen unos cauces que también podrían actuar como drenaje de flujos de escombros, aunque la curva de erosión parece más equilibrada. Las quebradas La Bambusera y El Chincho después de juntarse forman un

cono aluvial plano compuesto de bloques angulares de lava y de arena. Este tipo de acumulación rellena el lecho del cauce hasta su desembocadura al océano.

Un flujo grande de agua podría amenazar la carretera La Unión-Cutuco En el cruce de la Quebrada Chepegual, sin embargo, ni su cuenca hidrográfica ni su fuerza de erosión son grandes.

Los Movimientos de laderas pueden esperarse en los farallones a lo largo de las costa sur y sureste del área estudiada, incluyendo las costas de las islas Meanguera, Conchaguita y Zacatillo. Derrumbes de los farallones en las costas isleñas el resultado de la abrasión marina.

En Tablas se presentan las localidades potencialmente vulnerables que podrían sufrir algún tipo de peligro geológico debido a condiciones desfavorables, tanto naturales como antropogénicas.

8. 2. Riesgos geológicos, ciudad de La Unión y alrededores

La costa del Golfo de Fonseca cerca de La Unión se representa por un relieve de inclinación moderada, formado sobre planicies fluviales y volcánicas. Estas se originan por acumulaciones de material tanto piroclástico como epiclástico, fluvial, coluvial y residuos de lavas meteorizadas. Las acumulaciones en los deltas se encuentran al este de la ciudad. La mayoría de los materiales depositados se clasifican como materiales suaves, sueltos, propensos a la erosión y transporte sucesivo del detrito.

La actividad sísmica ocasional y moderada, afecta ante todo, el área al oeste de la ciudad, condicionada por el transcurso de fallas de los rumbos N-S y NE-SO. Esta situación también existe en las islas del Golfo estudiadas y como se mencionó en el Capítulo Evolución geológica, la renovación de la actividad volcánica en todo el territorio estudiado parece poco probable. No obstante, en caso de sismos fuertes o terremotos podrían crearse tsunamis. Sin embargo, este tipo de amenaza debe estudiarse más y por detalles, por la combinación de datos meteorológicos e históricos.

En el año 2003 comenzaron los trabajos para la ampliación y remodelación de la red vial en la zona de estudio y en breve se construirá el nuevo Puerto Cutuco en las proximidades de La Unión. Esto va afectar en forma significativa a la ciudad de La Unión y sus alrededores. Por esta razón, la atención debe prestarse no sólo desde el punto de vista geológico-ingenieril sino también por los conocimientos geológicos y litológicos básicos.

Un tipo de peligro inmediato representan los flujos torrenciales de agua que tienen su origen eventual en los barrancos de las laderas del volcán Conchagua y pueden transportar una gran cantidad del material friable. Estos se originan durante lluvias fuertes, que por lo general son de corta duración y poseen fuerza destructiva. Dos trayectorias posibles de estos flujos pasan por la ciudad, y tienen la apariencia de cauces de erosión. Luego, éstos continúan hacia el mar formando un cono de deyección, donde podrían acumularse abundantes materiales así transportados.

Como potencialmente peligroso puede calificarse el drenaje en la Quebrada El Chogualen, cuyo cauce es angosto y está situado en la ciudad misma. En caso que los flujos torrenciales transporten un gran volumen de material, el cauce podría ensancharse y profundizarse. En la parte superior del cauce se observan acumulaciones de este tipo de depósitos que por una parte demuestran los procesos sucedidos en el pasado, por otra parte, representan el material potencialmente transportable durante cualquier temporal intenso.

El cauce pasa debajo del puente de la carretera que comunica a La Unión y sigue a través del cementerio. Para evitar los daños eventuales, el drenaje del cauce debería ser ampliado artificialmente antes de que suceda un evento natural como el antes citado.

Otra trayectoria de flujos de escombros destructivos probables está situada en el cauce aparentemente insignificante al lado de la carretera Conchagua – La Unión, que más abajo atraviesa los barrios Las Flores y El Centro y aún más abajo, desemboca al mar cerca de Destacamento militar No. 3. La cuenca hidrográfica de este cauce es pequeña, pero el peligro puede aumentar considerablemente en caso que dicho cauce se junte con el cauce cercano del cauce El Salto. Aguas abajo de este cauce, yace una acumulación antigua de un cono de deyección. El drenaje actual tiene rumbo hacia Punta Roca y la Base Naval, no obstante en las circunstancias de las obstrucciones por sedimentos no se puede excluir el cambio de la corriente hacia la estación antigua del ferrocarril en el barrio Las Flores.

Al este de la ciudad se extiende un cono de deyección en la desembocadura de la quebrada El Salto. Hacia las laderas del Cerro Bandera, el cauce pasa por los cañones bastante profundos que sirven como desagüe y transporte del material erosionado de esta área. Otro cauce de carácter parecido es la quebrada Los Monos, que desemboca al mar cerca de los tanques de la estación Petróleo.

Para los cimientos de los edificios es indispensable prever que el basamento geológico se compone de rocas inhomogéneas, sueltas, usualmente bien permeables.

Dentro del complejo de dichas rocas se pueden esperar acuíferos encerrados en las capas impermeables de arcillas lateríticas, que están cubiertas por material sobreyacente.

El nivel del agua subterránea se pone en contacto con la intrusión salina del mar cerca de la costa, no obstante oscila periódicamente hacia el continente, en relación con períodos secos o lluviosos. Esta fluctuación del nivel de agua subterránea es la causa de cambios en la presión hidrostática, lo que puede actuar negativamente en varias construcciones, como son los pilares de los puentes.

Leyenda y comentario, área La Unión – Puerto Cutuco

1 – puente sobre la Quebrada El Duende o Huisquil: la localidad se ubica fuera de la ciudad, en la carretera que corta el drenaje de su cuenca que comprende unos 14 km² de desagüe del territorio situado en la parte alta.

2 – puente sobre de Quebrada El Chogual – está situado en un barrio de la ciudad y en el cementerio municipal.

3 – cono de deyección Quebrada El Salto, entre Punta Roca y El Petroleo.

4 – drenaje existente El Salto y su conjunción eventual en la ciudad

5 – valle Los Monos

Flujos de lava (L) – cubren las laderas estructurales, a menudo se encuentran en estado de meteorización avanzada. Son más coherentes que tipo A.

Planicies volcánicas y fluviales de sedimentación policíclica (A) – se desarrollan sobre materiales incoherentes, sueltos, por causa de la meteorización y erosión fácil.

Area inundada (B) – Terreno no apto para cualquier construcción debido a que puede inundarse ya sea por marea alta o durante lluvias fuertes.

Cono aluvial – Manifiesta la depositación caótica de arcillas, arenas, gravas en los eventos de lluvias torrenciales o inundaciones.

Acumulación fluvial – Está compuesta de gravas gruesas, arenas, arcillas. Puede convertirse en sitio peligroso durante la inundación.

Cauce erosional – El fondo del cauce y sus cercanías suelen inundarse en los transcurso de riadas. La erosión tanto vertical como lateral actúan con fuerza.

Escarpe erosional – Cambio brusco de la inclinación entre la planicie y ladera de valle, donde puede actuar la erosión subterránea.

8. 3. Tabla de riesgos (Tabla No. 2)

PdeR, LOCALI- DAD	ESTRATI GRAFIA, GRUPO	LITOLOGIA	TIPO DE RIESGO	ACTIVA- CIÓN POSIBLE	FIG.
158, 51, 52, 53, 101 La Unión, cortes de la Carretera 1	La Unión	Arenas epiclásticas, gravas, tobas, flujos de lodo, flujos piroclásticos	Deslave, movimientos de laderas, flujos de lodo Erosión, cono aluvial	Lluvias torrenciales Construcciones artificiales Ampliación de carretera Despale Sobrecargo por construcciones	Foto 82
57 hasta 62 Al lado de CA-2 en cercanías de El Retiro, Hacia al Sur del Corte de la CA-2 2	La Unión	Material epiclástico y piroclástico, inconsistente, friable	Erosión, derrumbes, Bloques caídos	Lluvias fuertes, sismos (proximidades de falla)	Foto 35
88 y otros Playitas 3	Fumarolas	Andesitas, epiclasticos	Alteración de rocas dentro del campo fumarólico, inestabilidad del basamento, actividades agresivas de gases fumarólicos	Aumento de actividad volcánica (post- volcánica)	Foto 78
44, 11 Playa La Criba (SOE de la costa de Conchagua) 4	Sedimentos epiclásticos	Arenas, gravas, depositos coluviales, escorias, material de terrazas marinas, de flujos de lodo, sedimentos de suelos, arcillas, lodo	Derrumbes, deslizamientos en farallones, abrasión por mar, erosión, cono de deyección	Temblores, Lluvias fuertes, Tsunami, Oleajes fuertes	Foto 76, 82, 64, 70
380 377 Río Managuara 5	Sedimentos fluviales y de conos de deyección	Lodo, arena, grava, bloques	Erosión vertical y lateral amenaza puentes, casas, comunicaciones	Lluvias fuertes, temblores	Foto 12, 13,71 Fig. 14
215 El Pílon 370 sobre de CA-1	Arcillas lateríticas	Andesitas mete- orizadas, lateriti- zadas	Derrumbes Deslizamientos	Lluvias Temblores	Foto 75, 79,

455, El Amarillo ⁶					Fig. 12
108 7, 8 281 Depresión al este de CA-2, La Negra de Isla Meanguera ⁷	Relleno sedimentario de depresiones	Lodo humoso negro, arcilloso	Erosión vertical y Retrograda Inundaciones Contaminación del agua subterránea	Lluvias, corrientes intermitentes	Foto 79, 81, Fig. 12
22 debajo de Cerro El Panal cerca CA - 2 256 cerca de El Portillo ⁸	Sedimentos de cauces intermitentes	Epiclastitas lodo, gravas	Erosión Movimientos Gravitacionales Socavación	Lluvias y corrientes torrenciales	Foto 77, 79 Fig. 17
202, 203, 325 al E de CA-2 cerca de Sitio Palo Blanco ⁹	Sedimentos litorales	Arena, gravilla Depósitos epiclásticos	Inundación	Mareas altas Oleaje Tsunami	
75 – boca de Río Managuara 375 Bahía De La Unión ¹⁰	Depósitos arenosos y arcillosos de manglares	Arenas, arcillas	Inestabilidad	Flujo y reflujo	Foto 29
391, 392. 396 Maculis, El Tamarindo 352 Chiquirín ¹¹	Sedimentos de playas	Arenas, gravas	Transporte eólico	Actividad del viento, despale	Foto 80
477 El Tamarindo, 456 Estero La Manzanilla ¹²	Bancos de Arena	Arenas	Riesgo para la Navegación	Agradación por deposición continua de arenas	Foto 7,8
Sureste de La Union, cerca de camino a Playitas ¹³	Depósitos antropogénicos	Desechos	Contaminación del agua	Deposición de desechos	
312 Quebradas La Honda, Duende ¹⁴	Secuencia El Ocote, Andesitas superiores, inferiores	Falla tectónica	Derrumbes, deslizamiento, amenazas para construcciones de casas, caminos	Actividad sísmica, Lluvias fuertes	Foto 16, 76, 61
151, 156 Puerto Cutuco ¹⁵	Secuencia La Unión	Caídas de pómez, sedimentos epiclásticos, aluviales y coluviales	Movimientos de ladera, derrumbe, material inconsistente	Sobrecarga por construcciones en laderas, perturbación de estabilidad por cortes de carreteras	

	Coluviales				
35,36,309, 310,311,409 Ladera suroeste del Volcán Conchagua 22	Secuencia Conchagua Secuencia Ocote	Andesitas meteorizadas en bloques, escorias sueltas, escombros	Movimientos de laderas, flujos de escombros, derrumbe de rocas de laderas inclinadas Amenazas para pueblos Camarón y Piedra Rayada	Temblores Despale Corrientes de agua	
Islas Meanguera, Conchagüita 23	Lavas andesíticas	Flujos lávicos de andesitas y basaltos, en parte meteorizados	Derrumbes de bloques y escombros Tanto en las costas, como adentro de islas. Amenazas para pueblos costeros	Temblores en las fallas tectónicas activas	
459, Isla Conchaguita 24	Sedimentos de cauces intermiten- tes	Bloques de lava, grava, lodo, arena	Erosión vertical, retrograda y lateral, Transporte caótico de material erosionado Amenazas para construcciones de todos tipos	Precipitaciones extremas Temblores	
Isla Periquito- Isla Perico, canal entre isletas 25	Bancos de arena	Arenas, gravas	Oscilación de agua Limitación de transporte	Flujo, reflujo	
216 El Pílon El Amarillo 26	Lavas meteoriza- das, lateritas	Andesitas	Deslizamientos	Precipitaciones extremas Sismos	
Salinas Los Rivera, Naranjo, Las Pinitas, Lourdes, al Sur de Chapernal 27	Sedimentos antropo- génicos	Lodo, sal	Inundación, destrucción de salinas	Mareas altas Oleajes Tsunami	foto

9. Materias primas

9. Materias primas

Toda el área mapeada está compuesta exclusivamente por rocas volcánicas, lavas y materiales piroclásticos o sus derivados. Dichas rocas son productos de varios centros volcánicos de diferente composición química, desde ácida hasta básica, predominando las rocas de composición andesítico basáltica y los yacimientos que pueden encontrarse aquí están asociados con estas rocas. Sin embargo, en la zona de interés prácticamente no se encuentran las materias primas típicas para otras áreas volcánicas en las cuáles usualmente predominan.

Es interesante que se haya encontrado pirita diseminada en algunas zonas de alteración hidrotermal sin valor económico. Las posibilidades de descubrir yacimientos de materias primas no metálicas, también son muy limitadas.

Se encontró solamente un depósito pequeño de cenizas finas en la cantera cercana a la carretera que conduce al Delirio en el punto del PdeR No. 108, la cual se explota para uso local. Según el dueño de la cantera el material se usa para la reparación de calles secundarias, lo que no es adecuado ya que la ceniza, de consistencia muy fina, no puede compactarse bien. El espesor de la capa de cenizas que sirve como materia prima varía entre 0.7m hasta 1.2 m. En la parte superior del perfil abundan las cenizas blancas poco consolidadas con laminas finas de color pardo, de potencia de algunos centímetros (resultado de oscilaciones de agua subterránea). El material está compuesto en su mayoría por feldespato y cuarzo, ambos de carácter muy fino y con poco contenido de caolín. Subyacente a la materia prima se observan 5 cm de escorias redepositadas y más abajo, tobas totalmente descompuestas.

Se tomó una muestra de 2,5 kg de peso de Cenizas Blancas que fue analizada en los laboratorios del SGC. De la muestra natural se hicieron por la vía húmeda, los análisis granulométricos de las fracciones menores que 20 μ , 20 – 63 μ , y más que 63 μ , además, el análisis químico y cocimiento a una temperatura de 1410⁰ C. En la fracción menor que 20 μ se determino: la composición química, absorción de azul metileno, blancura después de secado, granulometría (Sedigraph) y cocimiento a 1410° C. En la fracción mayor que 63 μ se determinó la granulometría por la vía seca, la composición química y fundición a la temperatura a 1410° C. Recibimos los resultados siguientes:

Análisis de la materia prima no beneficiada (natural)

Composición granulométrica:	% de peso total
Fracción sobre 0,20 mm	13,2
Fracción 0,063 – 0,20 mm	58,6
Fracción 0,020 – 0,063 mm	15,8
Fracción 0,0 – 0,020 mm	12,4

Análisis químico:	% de peso total
SiO ₂	68,30
Al ₂ O ₃	14,96
Fe ₂ O ₃	2,60
TiO ₂	0,28
CaO	2,82
MgO	0,94
K ₂ O	2,56
Na ₂ O	4,01
Pérdida por ignición	3,39

eflorescencia – temperatura 1410° C:	5D (5 = color gris y pardo y oscuro)
(D = estructura parcialmente fundida y derretida)	
materia prima	5D
fracción 20 – 63 µ	5D
fracción menor que 20 µ	5D
contenido de feldespato	63,0 %

Análisis de la fracción menor que 20 µ lavada (separada) en el laboratorio

Composición químico:	% de peso total
SiO ₂	65,51
Al ₂ O ₃	16,70
Fe ₂ O ₃	3,71
TiO ₂	0,33
CaO	1,60
MgO	0,73
K ₂ O	2,24
Na ₂ O	2,59

Pérdida por ignición	6,39
eflorescencia – temperatura 1410° C:	5D
blancura absoluta R 457 nm	35.5 %
contenido de las partículas menores que 2 µ	14.3 %
menores que 1 µ	8.9 %
menores que 5 µ	36.9 %
menores que 10 µ	76.9 %
menores que 20 µ	92.8 %

Adsorción de azul de metileno	15,4 mg.g ⁻¹
-------------------------------	-------------------------

Análisis de fracción mayor que 0,063 mm

Análisis químico:	% de peso total:
SiO ₂	68.50
Al ₂ O ₃	14.90
Fe ₂ O ₃	2.6
TiO ₂	0.26
CaO	2.98
MgO	0.96
K ₂ O	2.21
Na ₂ O	4.17
Pérdida por ignición	3.24

Análisis granulométrico por vía seca:

tamiz /mm/	residuo de cribado /%/	granulación interior /%/
6.3	0.0	100
4.0	0.0	100
2.0	0.0	100
1.6	0.0	100
1.0	0.0	100
0.8	0.03	99.97
0.5	0.07	99.90
0.315	0.13	99.77
0.20	1.83	97.94
0.09	35.20	62.74
0.063	62.74	0.00

grano medio d ₅₀	0.09 mm
d ₂₅	0.063 mm
d ₇₅	0.13 mm
simetría del grano	0.485

Eflorescencia – temperatura 1410° C:

fracción 0.315-0.5 mm	5D
fracción 0.20-0.315 mm	5D
fracción 0.09-0.20 mm	5D
fracción 0.063-0.09 mm	5D

Contenido del feldespato:	63.1 %
---------------------------	--------

De estos resultados de laboratorios se deduce, que la materia prima es más parecida a un tipo de caolín feldespático con un contenido alto de fundentes (alcalinas, CaO) y muy bajo de caolinita pura. Por ejemplo, según las normas checas la muestra tiene calidad “Z 55CaNa260”, lo que significa una plagioclasa original con contenido alto del óxidos del hierro que se convierte en color no deseable. Con el proceso de sorteo se puede obtener un producto poco plástico, con grano grueso y blancura baja después de desecación y también con el cocimiento. Favorable es el contenido alto de

los fundentes y desfavorable es el contenido muy bajo de caolinita, de Al_2O_3 y muy alto en óxidos de hierro.

Como producto secundario se puede obtener una arena rica en plagioclasa (fracción mayor que $63\ \mu$) que tiene prácticamente la misma composición química que la materia prima natural (no beneficiada). Una desventaja grande es también el alto contenido de óxidos de hierro. La arena es fina (grano medio $0.09\ \text{mm}$), con gran contenido de feldespato ($63.1\ \%$) y con predominancia de plagioclasa. La arena feldespática es usable igualmente como materia prima para las mezclas que se queman hasta obtener el color y para las mezclas con contenido alto de componente plástico.

Durante de proceso de beneficio, la calidad de los productos no cambió considerablemente, entonces sería mejor usarlo en la forma natural. Para el cambio sustancial de calidad hay que usar una separación electromagnética seca o mojada. La materia prima sin beneficio es empleada como desengrasante o fundente para las mezclas plásticas que se queman en colores (pavimentos, loza gruesa, la cerámica roja, cerámica para jardín y cerámica ordinaria).

Otras materias primas que teóricamente se podrían encontrar en las regiones volcánicas (tobas zeolíticas, bentonitas, agatas, jaspes) no se encontraron en el área de estudio. Únicamente, en las cercanías del pueblo Tihnilotal, se encontraron calcedonias y ópalos de calidad baja, en la zona de alteración hidrotermal. A penas una cantidad muy limitada sería utilizada para la producción de joyería.

En lo que se refiere a materias para la construcción: La situación tampoco es favorable. Como arena de calidad media pueden usarse las fracciones finas de escoria y pómez, encontradas dentro de Secuencia la Unión. Recientemente se han desarrollado métodos de utilización de material piroclástico para la producción seca de bloques de construcción.

Las escorias se explotan en una cantera de forma no continua cerca del Sitio de Arenero, además de unas canteras pequeñas abandonados se observaron en otros lugares, sobre todo en el macizo de Conchagua. Las rocas piroclásticas con características composicionales de “magma mixing” se explotan también con frecuencia alrededor de Sitio de Arena. La explotación es complicada debido a las capas de material sólido y duro. Flujos piroclásticos de material soldado cubren la secuencia.

Para las construcciones y reparación de las carreteras se usan rocas poco consolidadas, es decir depósitos piroclásticos o epiclásticos. Los criterios principales para su uso son – cercanía de la obra, extracción del material sin explosivos y

consolidación buena del material excavado. Dichos materiales se usan prácticamente sin pruebas tecnológicas, solamente según la experiencia de los constructores. La construcción de canteras es mala. Después de la terminación de la obra la mayoría de canteras se abandonan. Solamente en algunos casos, como la explotación de los flujos de ceniza dacítica cerca del pueblo Trinchera, son más o menos permanentes.

En el área de estudio tampoco se observan cuerpos de roca sólida (lava) con el volumen suficiente, sin alteraciones y con cobertura superficial aceptable. Las andesitas “inferiores” de volumen suficiente se observaron en la cantera grande cerca del caserío La Colorada. La roca fuertemente fracturada y meteorizada se explota con excavadora, el material obtenido tiene calidad baja.

La única roca que cumple todas las especificaciones técnicas de los estándares para la producción de piedra triturada se encuentra en algunas coladas de andesita basáltica “superior”. Sin embargo, dichos flujos lávicos en general, tienen una potencia relativamente pequeña, alrededor de un metro o menos. Los materiales duros y resistentes pero de poca potencia, cubren una extensión grande de los depósitos epiclásticos provenientes de las ignimbritas meteorizadas por lo que un cálculo de las reservas de roca sólida puede resultar equivocado.

Dicho problema se observó bien en la cantera cerca de la hacienda El Melonal. Las paredes de la cantera se componen de ignimbritas (del tipo “Pozo”) y andesitas “inferiores”, ambas totalmente meteorizadas. La roca sólida – andesita “superior” forma solamente la superficie de la loma y tiene una potencia de 0.7 m o menos. De esta manera se explotan solamente bloques de roca sólida que cubren los pendientes de la loma. La cantera está muy bien equipada con máquinas modernas que producen roca triturada de buena calidad pero los costos operativos deben ser muy altos. La vigencia de la cantera es corta.

En varios pueblos, ante todo en las islas del Golfo de Fonseca Conchaguita y Meanguera se utilizan bloques de andesitas o basaltos para construcciones de pavimentos o paredes, que se rompen manualmente. Ocasionalmente puede utilizarse la escoria basáltica para lechos de caminos. La arena para las construcciones se transporta por lanchas y cayucos desde tierra firme.

Una materia prima interesante es la andesita con descomposición “estratificada”, que se encuentra prácticamente en todo el área de estudio, sobre todo en la parte norte, la cual tiene buena aplicación por ejemplo, para uso doméstico como pavimentos, o decorativo jardines así como en el interior de casas.

En unos lugares se también explota suelo arcilloso o arcilla para producción de cerámica roja – ladrillos y tejas y como la desgrasante o fracción granular se usa ceniza volcánica. De mezcla muy bien homogenizada se producen ladrillos y tejas de muy buena calidad. No obstante, las reservas son muy pequeñas y no pueden servir para la producción industrial.

Fig. No. 47. Curva granulométrica de la fracción menos 63 μ

Sample: PdeR No. 108			Material: KAOLIN		
Operator:			- Density: 2.61 g/cm3		
Company:			Liquid: Water		
Comments: Kaolin			- Density: 0.9948 g/cm3		
Date: 3.6.2003 06:40			- Viscosity: 0.7519 mPa.s		
Temperature: 33 °C			Median Diam.: 6.2 μ m		
Di: 60 μ m			Modal Diam.: 6.0 μ m		
Dmin: 1 μ m					

Percentiles			Sizes		
D [μ m]	Mass %		Mass %	D [μ m]	
1	8.9		90	15.6	
2	14.3		75	9.7	
5	36.9		50	6.2	
10	76.9		25	3.6	
20	92.8		10	1.3	

D [μ m]	Mass %	Freq [%/decade]	D [μ m]	Mass %	Freq [%/decade]
50	100.0	2.6	8	64.6	126.0
40	99.9	8.5	7	57.3	134.2
30	97.6	23.5	6	47.7	144.5
25	95.4	29.0	4	28.4	74.4
20	92.8	25.4	3	20.7	46.2
15	89.5	34.8	2	14.3	30.1
10	76.9	116.1	1.5	11.2	19.0
8	64.6	126.0	1	8.9	-1.7

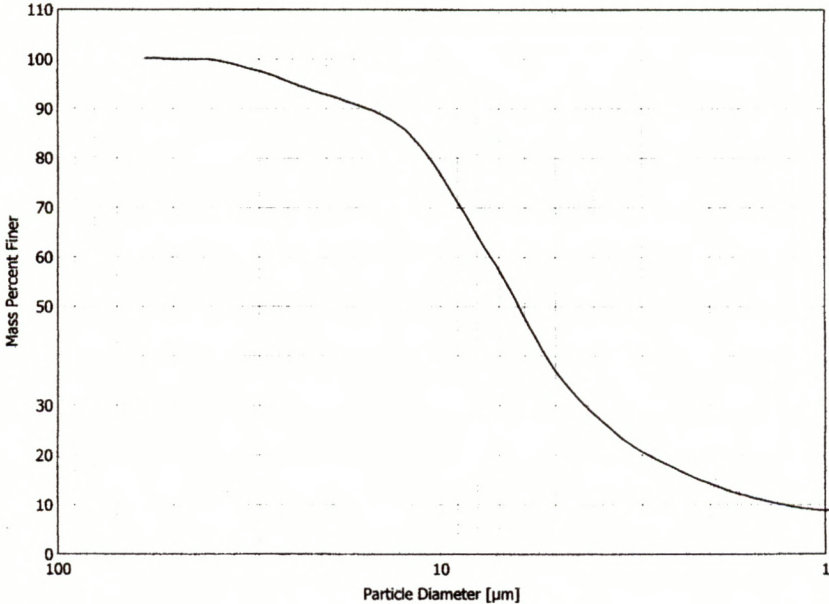
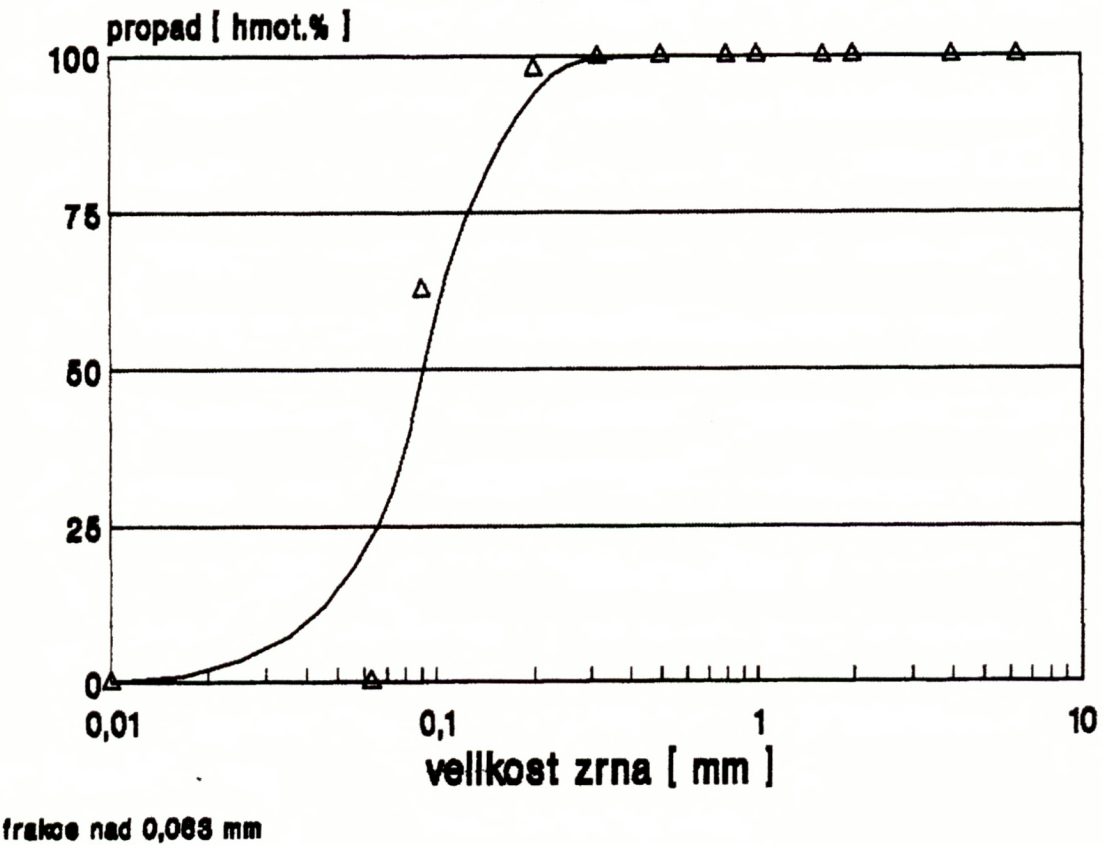


Fig. No. 48. Curva granulométrica de la fracción sobre 63 μ

Zrnitostní krivka pisku



10. Conclusiones

10. Conclusiones

Principales resultados del Proyecto 2003 resumizamos en puntos siguientes:

1. En el año 2003 se realizó primer etapa del Proyecto lo que significa el inicio de la cooperación mutua entre Servicio Geologico Checo ČGS y Servicio Nacional de estudios territoriales SNET. Las dos instituciones son organizaciones del ramo competente de Ministerios de Ambiente, MARN y MŽP.
2. El Proyecto 2003 es primera parte del programa de larga duración siendo de que podría cubrir las zonas más vulnerables en el territorio salvadoreño por estudio geologico complejo. La coordinación es de parte de SNET, proyecto está financiado dentro del Programa del Gobierno Checo.
3. Objeto principal de los estudios en 2003 fueron la investigación, documentación, explanación, localización y predicción de peligros naturales que tienen origen en las condiciones geologicas. Los trabajos se concentraron a la región del oriente, en Departamento de La Unión e islas en el Golfo Fonseca. Se trata de un sector de dificultades climáticas máximas. Trabajos en el campo transcurrieron en meses de Marzo hasta Mayo, trabajos del gabinete terminaron en Noviembre 2003. Durante de los trabajos asistieron 7 geologos checos y dos salvadoreños.
4. Durante del levantamiento en el campo se estudiaba el área de unos 580 km² lieve, del terreno volcánico. El área de estudio está cubierta por 480 puntos documentados de referencia, por la mayor parte, con toma de muestras. Para definir las rocas y establecer las secuencias litoestratigraficas fue analizado 21 muestras para análisis de oxidos mayores, menores y tierras raras, rocas se determinaron con uso de 67 láminas delgadas nuevas, además 10 analisis de RTG para determinar la composición de mixturas arcillosas en zonas de alteración, 2 muestras de determinación paleontológica, 6 láminas pulidas para micropruebas, todo en valor total de unos miles de Dolares.
5. Estudio complejo abarca: a) mapeo geologico en escala de 1:50 000, b) analisis de la evolución del relieve, c) estudio de los procesos y depositos más recientes, d) volcanologia y origen de sistemas, e) basado en los datos conseguidos por actividades mencionadas: definición de riesgos geologicos en sitios vulnerables. Los resultados se presentan tanto en forma de GIS como escrita.

6. Se precisó la opinión sobre de litoestratigrafía del área, se modificaron parcialmente las opiniones existentes sobre de construcción geologica, procesos dinámicos, geomorfológicos, genéticos, de clasificación de rocas y sus extensión regional. El mapa geologico de El Salvador, existente hasta ahora, proviene de la Misión Alemana en los años setenta del Siglo XX.

7. Basado en los datos geológicos se definieron los motivos tanto geologicos como geomorfológicos de origen de algunos riesgos naturales, por un lado en forma general, por otro lado, con ejemplos concretos de casos. Considerando todos los datos litologicos, los procesos de meteorización y alteración, los procesos dinámicos del desarrollo del terreno y al carácter de sedimentos recientes, hemos definido los 27 sitios de mayor amenaza, con detalles.

8. El área estudiada pertenece a las regiones más remotas del país. En el año 2003 comenzaron los trabajos del proyecto internacional de construcción del Puerto Nuevo de Cutuco, que tendrá la importancia mayor en toda la región de América Central. Las construcciones grandes y remodelación del terreno va a ser indispensable. Por lo tanto, el Informe del estudio geologico de riesgos naturales en esta zona puede contribuir bien a los conocimientos sumarios de esta problemática y al progreso tanto social como economico de la región. Además, algunos resultados y métodos podrían aplicarse a otras áreas del país.

11. Referencias

11. Referencias citadas

- Baxter S. (1999): Mapa Geodinámico de El Salvador, 1: 500 000. ed. S. Baxter, Artes Gráficas, San Salvador.
- Baxter S. (2001): Mapa Geomorfológico de El Salvador, 1: 500 000. ed. S. Baxter, San Salvador.
- Berry, E.W. (1917): Fossil plants from Bolivia and their bearing upon the age of uplift of the eastern Andes. – Proc. US Nat. Mus. 54: 103-164.
- Berry, E.W. (1921): Tertiary fossil plants from Costa Rica. – Proc. US Nat. Mus. 59: 169-185.
- Berry, E.W. (1923): Miocene fossil plants from southern Mexico. – Proc. US Nat. Mus. 62: 1-27.
- Carr M.J. (1984): Symmetrical and segmented variation of physical and geochemical characteristics of the Central American volcanic front. – Journ. Volcanology and Geotherm. Research, 20, 231-252, Amsterdam
- Caldcleugh A. (1836): Some account of the volcanic eruption of Cosigüina in the Bay of Fonseca, commonly called the Bay of Conchagua. – Philosophical transactions of the Royal Soc. , London.
- Cox, K.G., J.D.Bell and R.J. Pankhurst (1979): The interpretation of igneous rocks. London: Allen and Unwin.
- De Vries B. van Wyk (1993): Tectonics and magma evolution of Nicaraguan volcanic systems.– Dpt. Of Earth Sciences, Open University Milton Keynes.
- Durr F., Klinge H.(1960): Beitrage zur Stratigraphie und zur Palaeopedologie des mittleren El Salvador.-N.Jb.Geol.Palaont.,Mh.,3,111-132, Stuttgart
- Flores D.A.H. (1991): Informe geovulcanologico, inspeccion realizada al municipio de Conchagua y sus alrededores. – MS Archivo de SNET.
- Graham, A. (1992): The current status of the legume fossil record in the Caribbean region. – In: Herendeen, P.S. & Dilcher, D.L., Advances in legume systematics 4, Fossil record, pp. 161-166.
- Herendeen, P.S. (1992): The fossil history of the Leguminosae from the Eocene of southeastern North America. – In: Herendeen, P.S. & Dilcher, D.L., Advances in legume systematics 4, Fossil record, pp. 85-160.
- Hradecký P. et.al. (1998): Estudio geologico para reconocimiento de riesgos naturales, área de Masaya-Granada. – MS Archivo INETER, Managua.

- (2000): Estudio geológico para reconocimiento de riesgo natural y vulnerabilidad en el área de León, La Paz Centro y Malpaisillo. – MS Archivo INETER, Managua.
- (2001): Estudio de riesgos naturales y vulnerabilidad, volcán Cosigüina. – MS Archivo INETER, Managua.
- Jameson R. (1835): Eruption of the volcano of the Cosigüina in Nicaragua, communicated by Colonel Juan Galindo. – The Edinburgh new Philosophical Journal, Edinburgh.
- Klinge H. (1960): Die Boden El Salvador, Zentral-Amerika.-N. Jb.Geol. Palaeont., Mh.,9,404- 116, Stuttgart.
- Klinge H. (1961): Bemerkung zur Bodenkarte von El Salvador, Zentralamerika.- N.- Jb.Geol. Palaeont. Abh., 113,1,47-54, Stuttgart .
- Mai, D.H. (1986): Über Typen und Originale tertiärer Arten von *Pinus* L. (Pinaceae) in mitteleuropäischen Sammlungen – Ein Beitrag zur Geschichte der Gattung in Europa. – Feddes Report. 97: 571-605.
- Marroquín G. (1991): Sismicidad en los alrededores del Volcán Conchagua, Febrero-Marzo 1991. – MS Archivo de SNET.
- Meyer-Abich H. (1956): Los volcánes activos de Guatemala y El Salvador. – Anales del Servicio Geologico Nacional de El Salvador, San Salvador.
- Morley, R.J. (2000): Origin and evolution of tropical rain forest. – John Willey & sons, Chichester, 362 pp.
- Sapper K. (1925): Los volcánes de la América Central. – Halle.
- Simkin T. et al. (1981): Volcanoes of the world. - Smithsonian Institution, Hutchinson Ross Publishing, Stroudsburg.
- Spurr J. E. (1901): The ore deposits of Monte Cristo. – The XXI. U.S.G.S. annual report, part II, Washington.
- Squier E. G. (1860): Nicaragua: People, scenery, monuments. - Harper & Brothers, New York.
- Stoiber R.E., Carr M.J. (1973): Quaternary volcanic and tectonic segmentation of Central America. – Bull. Volcanol., 37, 304-325.
- Weyl R. (1980): Geology of Central America. – Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- Williams H., McBirney A.R. (1969): Volcanic history of Honduras. – Univ. Of California Press, Berkeley and Los Angeles.

Wiesemann G. (1975): Remarks on the geologic structure of the Republic of El Salvador, Central America. – Mitt. aus dem Geol.-Paläont. Inst. Universität Hamburg, 44, 557-574, Hamburg.

Wiesemann G. Et al. (1978): Mapa geologico de Republica de El Salvador, escala 1:100 000. - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.