

III RECURSOS NATURALES, GEOTECNIA Y MEDIO AMBIENTE.

Randall Flores
Manuel Valenciano
Rolando Mora
Teresita Aguilar
Allan Astorga

3.1 RECURSOS MINERALES.

YACIMIENTOS METALICOS.

Depósitos filonianos: Se han encontrado afloramientos de mineralizaciones en la zona de estudio, las cuales han sido objeto de actividad minera en el pasado, evidenciado esto por la existencia de pequeñas excavaciones en las áreas mineralizadas. Las mineralizaciones se encuentran formando vetas en zonas de fracturamiento o diaclasamiento. Las rocas encajantes son parte del Intrusivo de Escazú. Los principales minerales encontrados en las vetas son: esfalerita, galena, pirita, cuarzo, y calcopirita. Las mineralizaciones están asociadas a la actividad magmática del intrusivo.

En los Cerros de Escazú desde hace mucho tiempo se han reconocidos mineralizaciones de zinc y plomo, con algo de oro y plata pero no existen trabajos geológicos detallados sobre las mismas. Las vetas se encuentran aguas arriba del Río Lajas a una altitud de 1500 m, las cuales tienen una potencia o espesor de aproximadamente 1.80 m. Están constituidas principalmente de esfalerita con galena, pirita, calcopirita y cuarzo. Las mineralizaciones se encuentran en un fracturamiento de dirección NE con altos buzamientos al oeste y su extensión es desconocida, aunque es posible que se extienda en dirección NE-SW.

Es de mucha importancia determinar el verdadero potencial económico de estas vetas polimetálicas y para ello es necesario realizar estudios geológicos, petrológicos y geoquímicos más detallados, pues es probable que las vetas mineralizadas se extiendan hacia el norte y sur del sector en estudio.

También se han realizado estudios geoquímicos a nivel regional del área de los cerros de Escazú y alrededores basados en muestras de sedimentos fluviales, rocas y suelos.

PINILLA (1992) toma en cuenta las concentraciones de los elementos metálicos de Cu, Ni, Co, Zn, Mn, Fe y Pb para cada unidad litológica del área de estudio y alrededores.

Algunos datos de los resultados de este estudio pueden observarse en el cuadro 3 y en la figura 8, donde se pueden observar los sitios de muestreo en rocas que este autor toma en cuenta para el estudio geoquímico.

Para la Formación Pacacua *ibíd.* afirma que esta unidad posee el valor de Mn más alto, los demás elementos contienen concentraciones intermedias en comparación con el resto de las unidades litológicas. Además presenta la mayor variabilidad geoquímica con respecto a las otras formaciones, debido al carácter heterogéneo, ya que está formada por diferentes facies litológicas y su carácter poligenético.

PINILLA (1992) afirma que la Formación Pacacua posee un valor promedio de Cu más alto que la Formación Peña Negra, esto debido posiblemente a que dicha unidad está más afectada por las alteraciones hidrotermales provocadas por el Intrusivo de Escazú. Además presenta concentraciones promedio mayores de Co y Mn.

El mismo autor señala que la Formación Peña Negra se caracteriza por tener concentraciones de Ni, Zn y Fe más altos que la Formación Pacacua y menos variabilidad geoquímica.

El Intrusivo de Escazú presenta la mayor concentración de cobre que el resto de las unidades litológicas. La Formación de Depósitos de Avalancha Ardiente se caracteriza por concentraciones promedio altas de Zinc y bajos en Níquel comparados con el resto de las unidades litológicas y por tener la menor variabilidad geoquímica, junto con el Intrusivo de Escazú (*ibíd.*)

En cuanto a los sedimentos fluviales PINILLA (1992) define una Unidad Geoquímica Sedimentario-Intrusivo y una Unidad Geoquímica Volcánica.

En la Unidad Sedimentario Intrusivo, los sedimentos fluviales en los Cerros de Escazú presentan valores altos de Cu, Zn, Pb, las cuales concuerdan con vetas y mineralizaciones de pirita, galena y calcopirita localizadas en los Ríos Suerre, Poás y Lajas en forma de pequeñas vetas. Al suroeste de Aserrí existen valores altos de Mn, influenciadas por las lavas del Cerro Alto de Burio. En el Intrusivo de Escazú (Cerros de Escazú) hay concentraciones de Ni (PINILLA, 1992).

En la Unidad Volcánica el potencial minero es bajo. Hay contenidos de minerales metálicos de Cu, Ni, Co, Zn, Pb, Mn, Fe, pero muchos de estos valores anómalos son producto de la contaminación industrial, humana y doméstica (*ibíd.*).

YACIMIENTOS NO METÁLICOS.

Se consideran de interés económico en el cantón de Alajuelita dos yacimientos no metálicos:

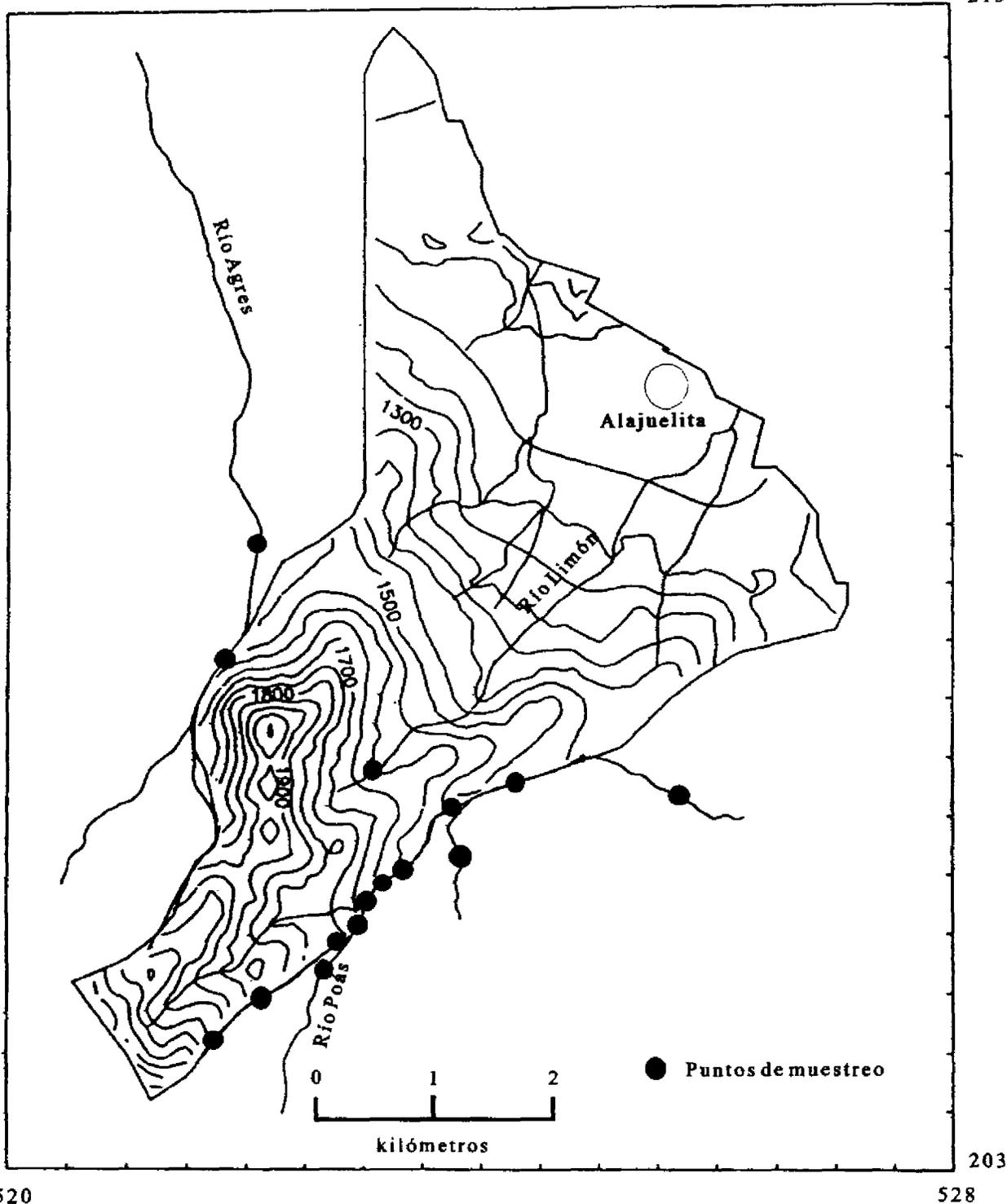


Fig. 8. Ubicación de los sitios de muestreo geoquímico (según Pinilla, 1992)

a- Depósitos piroclásticos de avalancha ardiente:

Son flujos piroclásticos de tobas e ignimbritas de color gris grisáceo. Se pueden observar en la Hacienda La Verbena, en la Urbanización La Aurora y el Río Tiribí, donde anteriormente se explotaba material de un pequeño tajo. El material se podría explotar como lastre en la construcción y mantenimiento de carreteras.

Cuadro 3. Contenido metálico(1) promedio en las unidades litológicas cantón de Alajuelita, según Pinilla, 1992.

	Cu	Ni	Co	Zn	Mn	Fe	Pb	UNIDAD
F. Pacacua	69.62	22.39	16.77	48.31	625.31	2.61	1.37	
F. Peña Negra	52.00	30.57	17.43	73.86	348.00	3.33	1.90	
Intrusivo de								
Escazú	84.00	20.00	18.00	53.00	314.00	2.15	1.30	
Avalancha								
Ardiente	44.00	17.00	17.50	58.00	314.00	2.18	1.40	

Fuente:

Gustavo Pinilla, Geoquímica Regional de las hojas Abra y Barba, Valle Central, Costa, Rica, 1992. Tesis de Licenciatura, inédita.

Notas: (1) Las concentraciones están dadas en p.p.m., exceptuando el Fe dado en %.

b- Rocas de la Formación Pacacua localizadas en la Hacienda La Verbena:

Compuestas por conglomerados brechosos y areniscas conglomeráticas. En esta área estas rocas están intruidas por un dique lávico de composición andesítica. Estos materiales podrían ser utilizados como agregado de construcción, mientras que el dique se podría explotar como material de agregado.

RECURSOS HIDRICOS

RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES.

El sistema fluvial del cantón de Alajuelita corresponde a la vertiente del Pacífico, perteneciendo a la cuenca del río Grande de Tárcoles. El área está drenada por el río Tiribí, al cual se le unen el río Cañas y su afluente la Quebrada Común, el río Limón y su tributario la Quebrada Guacamaya, las Quebradas Chinchilla y Coche, río Poás y su afluente el río Lajas y además el río Agres. Todos los cursos de agua, excepto el río Cañas, nacen en el cantón, en la ladera noreste de los Cerros de Escazú, los cuales presentan una dirección de suroeste a noreste y de sureste a noroeste.

RIO AGRES.

El río Agres o San Rafael drena una cuenca de aproximadamente 3,25 km² de área, ubicada al sur de la Ciudad de Escazú. La naciente del río Agres se encuentra en los Cerros de Escazú, en el Cerro Cedral a 2440 m.s.n.m.. Su afluente principal lo constituye la quebrada Londres. Actualmente sus aguas son utilizadas para abastecer el acueducto del Cantón de Escazú, a través de una planta de tratamiento con un caudal captado de aproximadamente de 12 l/s y una producción promedio de 50-60 l/s. Este río presenta una variación de caudales por estación muy marcada, oscilando desde 842 l/s (máximo medido en invierno) a 32 l/s (mínimo medido en verano).

RIO POAS.

El río Poás drena una cuenca de aproximadamente 4,75 km², la cual se encuentra ubicada al suroeste de la población de Aserri. La naciente se encuentra en el Cerro Rabo de Mico, a una elevación de 2150 m.s.n.m. Su afluente principal lo constituye el río Lajas, cuya naciente se encuentra en la cota de 2100 m.s.n.m. Ambos cursos confluyen en la elevación de 1650 m.s.n.m. Actualmente sus aguas son utilizadas para abastecer el acueducto del Cantón de Desamparados y poblaciones aledañas. Las aguas son tratadas a través de la Planta de San Juan de Dios de filtros lentos, con una producción promedio de 87 l/s.

Este río presenta una gran variabilidad de caudales, oscilando desde 260 l/s. (máximo medido en invierno) a 70 l/s (mínimo medido en verano) con un caudal promedio de 160 l/s. Actualmente no se capta la totalidad de su caudal ,pero existe la posibilidad de reacondicionar la planta de tratamiento de San Juan de Dios, lo que necesariamente aumentaría el volumen de captación.

El potencial de los recursos hídricos superficiales se puede evaluar por medio de la medida de caudales de los ríos más importantes del cantón, lo cual se presenta en los cuadros 4 y 5.

Cuadro 4. Caudales máximos y mínimos instantáneos de algunos ríos del cantón de Alajuelita en época lluviosa, período 01/01/70-31/12/91

Nombre de la estación	Fecha de aforo	Caudal máximo medido l/seg	Fecha de aforo	Caudal mínimo medido l/seg
Río Cañas	08/07/86	30.60	04/06/87	1.76
Río Limón	20/11/87	37.73	03/06/87	13.09
Río Lajas	20/11/87	74.06	08/07/86	52.00
Río Agres	09/10/80	842.00	02/06/87	42.70
Río Tiribí	13/10/88	1 179.40	26/11/75	418.00

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado, Departamento de Recursos Hídricos.

Nota: Los datos son puntuales.

Cuadro 5. Caudales máximos y mínimos instantáneos de algunos ríos del cantón de Alajuelita en época seca, período 01/01/70-31/12/91

Nombre de la estación	Fecha de aforo	Caudal máximo medido l/seg	Fecha de aforo	Caudal mínimo medido l/seg
Río Cañas	19/02/86	21.00	23/03/88	2.03
Río Limón	29/01/82	63.00	03/05/83	10.00
Río Lajas	24/01/89	58.70	15/05/86	22.00
Río Agres	24/01/91	124.00	15/05/72	32.00
Río Tiribí	24/01/91	441.50	19/01/83	117.00

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado, Departamento de Recursos Hídricos.

Nota:

Los datos son puntuales.

RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS

Para examinar el potencial del recurso hídrico subterráneo del cantón de Alajuelita, se debe analizar el sistema hidrogeológico en base a las formaciones rocosas que constituyen el área de estudio. SALAS (1981) las analiza en la siguiente forma:

Formación Pacacua:

Está constituida por conglomerados brechosos tobáceos, de origen sedimentario. A causa del grado de compactación esta formación es poco porosa y aunque pudiera existir cierta permeabilidad en el sentido de los planos estratificados, el alto grado de compactación ha logrado rellenar las posibles fracturaciones en los estratos porosos.

Posee una permeabilidad baja, una capacidad de almacenamiento de agua sumamente baja. Se le considera un estrato con pocas zonas de recarga a estratos profundos. Se caracteriza por un rendimiento específico (estimado) de 0,05 l/s/m.

Depósitos Coluvio-Aluviales:

Están constituidos por materiales producto de la erosión de las secciones sedimentarias, ubicadas en las partes altas de ésta región.

Estos materiales constituyen depósitos de agua para el abastecimiento local, dependiendo de las características de la fracción aluvial de esta formación.

Intrusivo de Escazú:

Este sistema constituye la mayor parte de la sección sur y suroeste de la cuenca del Río Virilla, casi desde el nivel del Río Virilla hasta los cerros de Escazú.

Esta formación geológica se caracteriza por tener muy baja permeabilidad, con un rendimiento (estimado) específico de 0,02 l/s/m, indicando posibilidad de acuíferos locales muy pequeños y totalmente desfavorables para la recarga de aguas a los estratos inferiores, por lo que no es capaz de proveer almacenamiento de aguas subterráneas, ni permitir infiltración a estratos profundos.

Formación Peña Negra:

Está constituida por estratificaciones poco permeables y de baja recarga de agua a estratos inferiores. Presenta un rendimiento específico estimado sumamente bajo y al igual que la formación Intrusivo de Escazú, no es capaz de proveer almacenamiento de aguas subterráneas.

Formación Depósitos de Avalancha Ardiente:

Está constituida por rocas piroclásticas, de muy baja permeabilidad y sin posibilidades de almacenamiento.

Esta formación está considerada como de baja recarga a estratos profundos.

SALAS (1981) destaca tres características comunes a todas las formaciones geológicas del área de estudio:

- la capacidad de recarga de agua a estratos profundos es de baja a nula,
- la capacidad de almacenamiento de agua subterránea es muy baja,
- los posibles caudales de explotación son muy pequeños y sujetos a cambios estacionales.

Otra evaluación del potencial de acuíferos subterráneos del cantón de Alajuelita, es el método de análisis de las líneas equipotenciales y líneas de flujo de las aguas subterráneas (fig. 9). Como puede apreciarse en la figura, el flujo de aguas subterráneas ocurre en dirección favorable a la pendiente topográfica, desde las partes altas a las zonas más bajas del cantón, principalmente hacia el NE y NW.

Las zonas de recarga regionales se encuentran en las faldas de los cerros San Miguel, Cedral y Rabo de Mico (Cerros de Escazú).

Estas zonas de recarga y las nacientes de los ríos deben continuar siendo protegidas (Zona Protectora de los Cerros de Escazú).

3.2 CONSIDERACIONES GEOTECNICAS.

INTRODUCCION

Paralelamente con la investigación geológica del cantón de Aljuelita, se realizaron pruebas de laboratorio a muestras recuperadas de suelos residuales de las Formaciones presentes en el área de estudio (ver Geología local). El objetivo de estas pruebas es caracterizar física y mecánicamente los suelos superficiales del cantón.

La ejecución de los ensayos ha estado a cargo del laboratorio de Geotecnia e Hidrogeología de la Escuela Centroamericana de Geología, dentro del curso de Campaña Geológica 1992 de la misma Escuela. Los ensayos de laboratorio practicados en las muestras son las siguientes:

- contenido de humedad natural,
- peso unitario en el sitio de muestreo,
- gravedad específica,
- límites de consistencia (líquidos y plásticos),
- análisis granulométrico,
- compresión inconfiada,
- corte directo.

Todos los procedimientos utilizados en la ejecución de las pruebas se describen en el Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil (Bowles, 1981).

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS.

Propiedades físicas.

Análisis Granulométrico (distribución de partículas por tamaños) y Límites de consistencia.

Los materiales del Intrusivo de Escazú son arenas no plásticas pobremente gradadas sin nada de grava, con la fracción fina que varia en un rango de 15 a 22 %.

Los materiales de la Formación Pacacua son arenas arcillosas de plasticidad intermedia con una cantidad apreciable de finos (de 12 a 30 %).

Los materiales de la Formación Peña Negra son arenas arcillosas de plasticidad intermedia con poco o nada de grava y una fracción fina apreciable que se encuentra entre 18 a 28 %.

Los materiales de la Formación Coris son arenas arcillosas de alta plasticidad con una fracción sumamente importante de finos (de 33 a 49 %).

Los suelos residuales de la Cornubianita en los Cerros de Escazú son principalmente una mezcla de suelos de arenas gravosas, arenas no plásticas y arenas arcillosas de baja plasticidad con una fracción fina entre 31 a 34 %.

El resumen de los resultados de las pruebas granulométricas se presentan en el cuadro 6, y las figuras 10 a la 14 muestran las curvas granulométricas (distribución de partículas por tamaño) de los suelos residuales analizados.

Cuadro 6. Características granulométricas de los suelos residuales del cantón de Alajuelita.

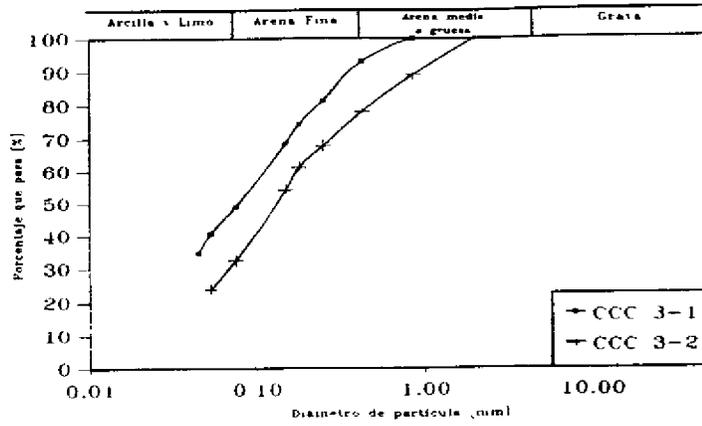
Formación	Muestra	% grava	% arena	% finos
F. Coris	CCC 3-1	0.00	51.13	48.87
	CCC 3-2	0.00	67.62	32.38
Cornubianita de Escazú	CSM 16-A	59.14	39.90	0.96
	CSM 0-B	0.00	69.00	31.00
	CSM 16-B	0.00	65.61	34.39
F. Pacacua	ALTO 1	0.00	75.69	24.31
	HV 2-1	3.84	84.50	11.67
	HV 2-2	0.00	70.86	29.14
Intrusivo de Escazú	RP 1-A	0.00	82.45	17.55
	RP 8-A	0.00	84.95	15.05
	RP 1-B	0.00	77.82	22.18
	RP 8-B	0.00	78.41	21.59
F. Peña Negra	SAT 1-1	0.00	72.18	27.82
	SAT 1-2	2.20	79.07	18.73

Las fracción arena en porcentaje por peso predomina en casi todas las muestras y la fracción fina alcanza un porcentaje sumamente importante, siendo esta la responsable de regir el comportamiento físico y mecánico de los materiales que componen los suelos residuales de éste cantón.

Los valores de los límites de consistencia de los materiales se aprecian en el gráfico de plasticidad de la Institución Británica de Normas (BSI, 1975) (fig. 15 y 16). El cuadro 7 presenta los resultados de los límites de consistencia de las pruebas realizadas.

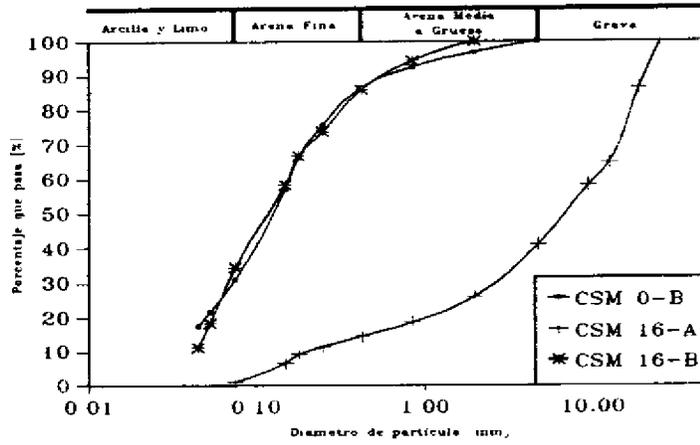
Según lo anterior y utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) (Bowles, 1981), así como el gráfico de plasticidad de la Institución Británica de Normas (BSI, 1975), las muestras se clasifican como se aprecia en el cuadro 8.

Fig. 10 Curvas granulométricas
Frm Coris cantón de Alajuelita



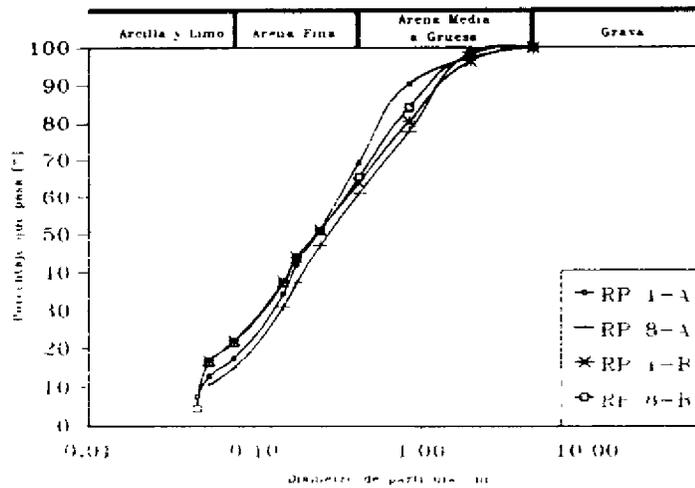
Lab. de Geotecnia
Esc. Centr. de Geología
Univ. de Costa Rica

Fig. 11. Curvas granulométricas,
Frm Cornubianita de Escazú Alajuelita



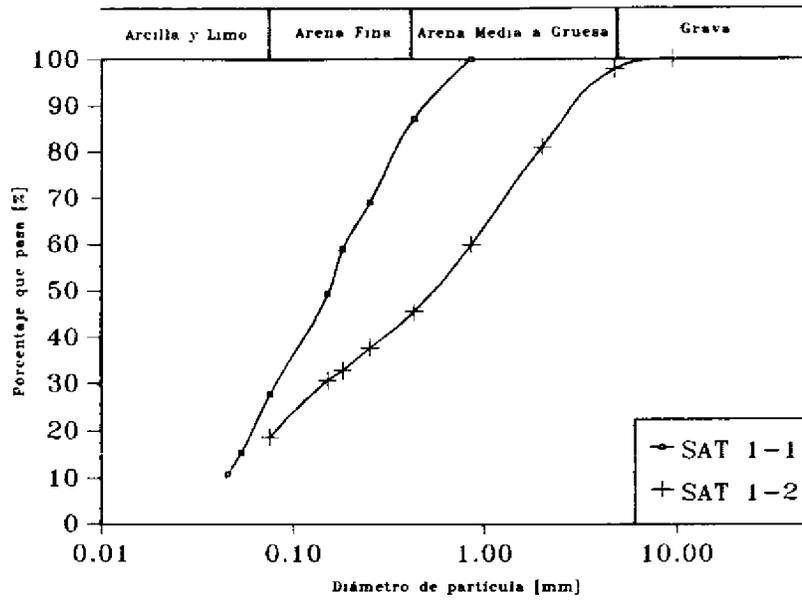
Lab. de Geotecnia
Esc. Centr. de Geología
Univ. de Costa Rica

Fig. 12 Curvas granulométricas,
Frm Intrusivo de Escazú, cantón de Alajuelita



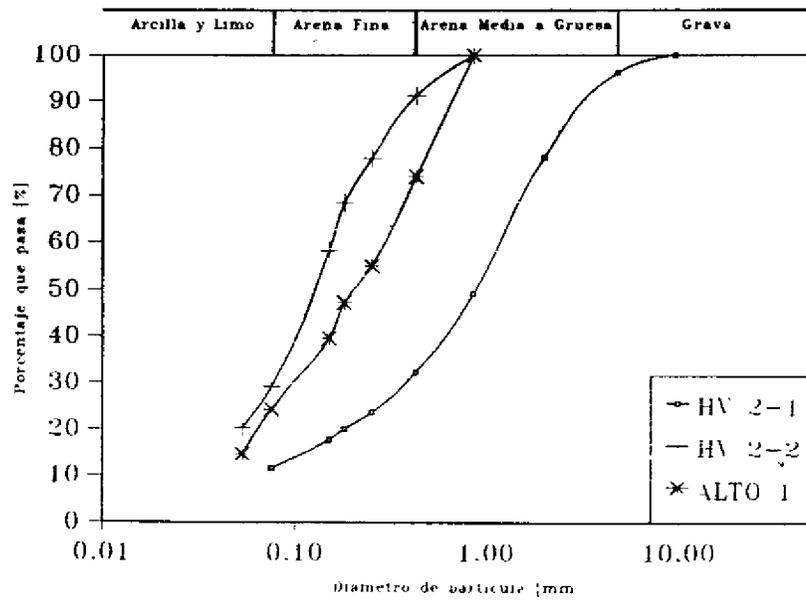
Lab. de Geotecnia
Esc. Centr. de Geología
Univ. de Costa Rica

Fig. 13. Curvas granulométricas,
Frm Peña Negra, cantón de Alajuelita



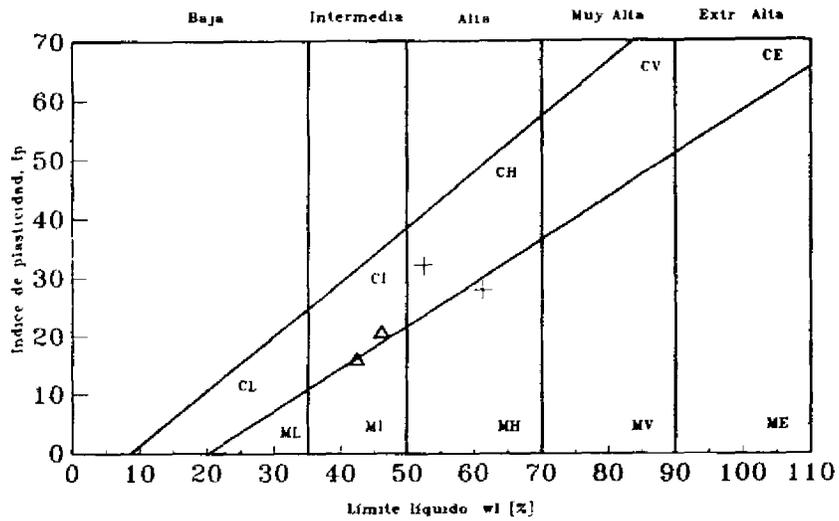
Lab. de Geotecnia
Esc. Cent. de Geología
Univ. de Costa Rica.

Fig. 14. Curvas granulométricas,
Frm. Pacacua, cantón de Alajuelita.



Lab. de Geotecnia
Esc. Cent. de Geología
Univ. de Costa Rica.

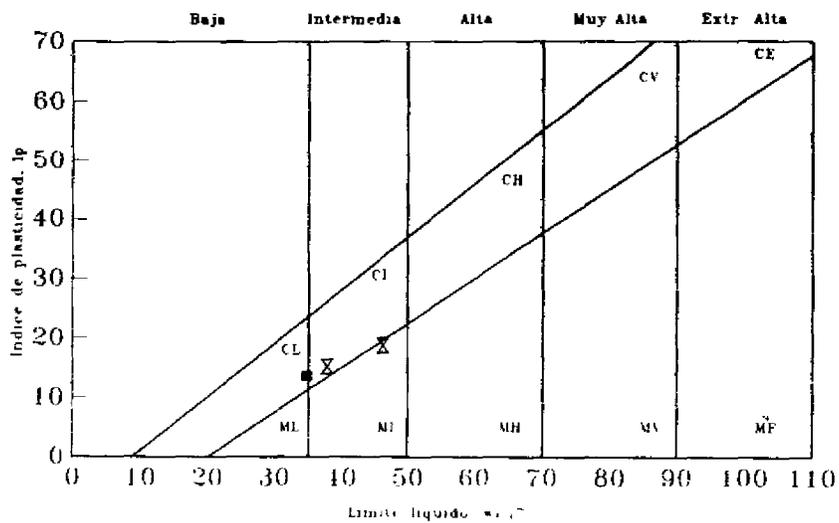
Fig. 15. Gráfico de plasticidad, B.S.I., cantón de Alajuelita.



△ F. Pacacua + F. Coris

Lab Geotecnia
Esc. Centr. de Geología
U.C.R.

Fig. 16. Gráfico de plasticidad B.S.I., cantón de Alajuelita.



■ Cornubianita X Peña Negra

Lab Geotecnia
Esc. Centr. de Geología
U.C.R.

Cuadro 7. Límites de consistencia de los suelos residuales del cantón de Alajuelita.

Formación	Muestra	Límite Líquido(%)	Límite Plástico(%)	Índice de Plasticidad (%)
F. Coris	CCC 3-1	61.3	33.4	27.9
	CCC 3-2	52.4	20.2	32.2
Cornubianita de Escazú	CSM 16-B	34.8	21.2	13.6
F. Pacacua	ALTO 1	46.1	25.3	20.8
	HV 2-1	42.3	26.2	16.1
F. Peña Negra	SAT 1-1	46.2	25.2	21.0
	SAT 1-2	37.8	22.6	15.2

Los valores del peso unitario seco, relación de vacíos y porosidad (cuadro 9) indican que los suelos del Cantón de Alajuelita se pueden clasificar según la formación a la pertenecen, como se aprecia a continuación:

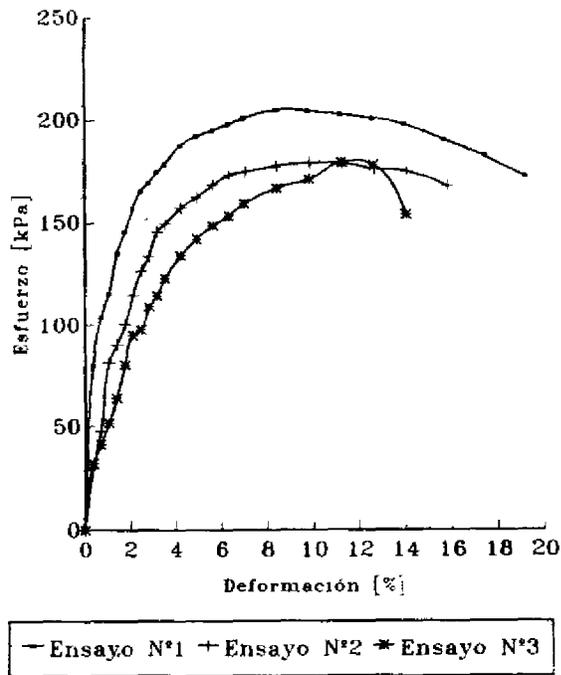
Formación	Estado del suelo
Intrusivo de Escazú	suelto
F. Peña Negra	suave
F. Pacacua	suelto
F. Coris	suave
Cornubianita de Escazú	suelto

Propiedades mecánicas.

Ensayo de compresión inconfiada.

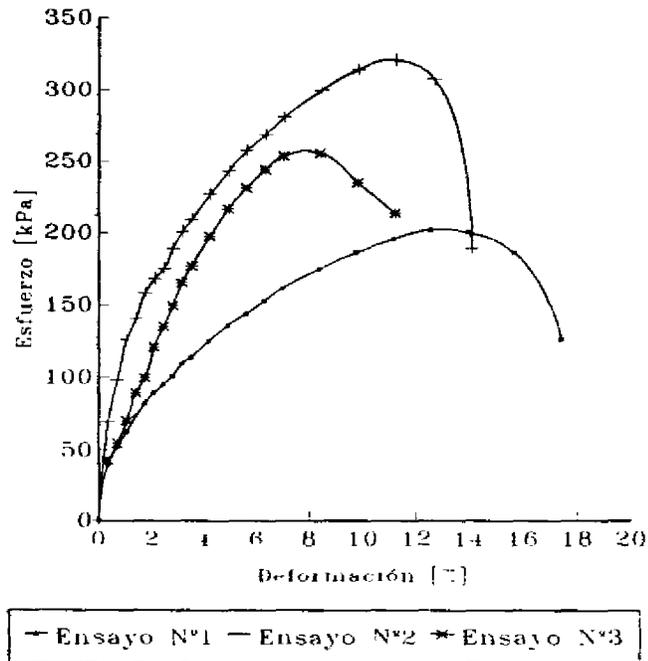
Se ejecutaron ensayos de compresión inconfiada de tipo no drenado (también llamado ensayo U) para determinar la resistencia al corte o cohesión de muestras de suelo de las Formaciones Pacacua y Peña Negra. Se efectuaron estas pruebas en cilindros de aproximadamente 3.33 cm de diámetro por 7.25 cm de alto preparadas de muestras remoldeadas. A cada uno de los suelos se le practicaron tres ensayos. Los resultados de estos ensayos anteriormente descritos pueden verse en las figuras 17 y 18 y en el cuadro 10. Los resultados de las pruebas indican que los suelos probados corresponden a suelos consistentes con resistencias al corte que se encuentran entre 179 a 317 kPa. El valor promedio de la cohesión para los materiales varía entre 94 a 130 kPa.

Fig. 17 Ensayo de compresión inconfiada
Frm. Patagua (muestra ALTO 1)



Lab. de Geotecnia.
Esc. Cent. de Geología
Univ. de Costa Rica

Fig. 18. Ensayo de compresión inconfiada.
Frm. Peña Negra (muestra SAT 1-1)



Lab. de Geotecnia
Esc. Cent. de Geología
Univ. de Costa Rica

Ensayo de corte directo.

Para analizar las propiedades mecánicas de los suelos se ejecutaron ensayos de corte directo del tipo no consolidado-no drenado (UU) y consolidado-no drenado (CU) con el fin de utilizar estas pruebas para calcular los parámetros de resistencia al corte de los materiales. A unas de las muestras se le aplicaron esfuerzos normales de 23.3, 46.5 y 71.7 kPa (ALTO 1, SAT 1-1), mientras que a las otras fueron probadas a esfuerzos normales de 46.6, 95.2 y 190.7 kPa (CCC 3-1, CCC 3-2, CSM 0-B y SAT 1-2). Los resultados de estas pruebas anteriormente descritas pueden observarse en las figuras de la 19 a la 24. Luego se procedió a realizar el ajuste de las envolventes de falla (fig. 25 a la 29) y calcular los parámetros de resistencia al corte de los suelos.

Cuadro 8. Clasificación de los suelos residuales del cantón de Alajuelita según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el gráfico de plasticidad de la Institución Británica de Normas (BSI).

Formación	Muestra	SUCS	BSI
F. Pacacua	ALTO 1	Arena arcillosa (SC), de plasticidad baja	Arcilla de plasticidad intermedia (CI)
	HV 2-1	Arena mal gradada (SW), de plasticidad baja	Arcilla de plasticidad intermedia (CI)
	HV 2-2	Arena pobremente gradada (SP), no presenta plasticidad	-
F. Coris	CCC 3-1	Arena arcillosa (SC), de alta plasticidad	Limo de plasticidad alta (MH)
	CCC 3-2	Arena arcillosa (SC), de alta plasticidad	Arcilla de plasticidad alta (CH)
Cornubianita de Escazú	CSM 16-A	Mezcla grava-arena (GP), pobremente gradada, no presenta plasticidad	-
	CSM 0-B	Arena pobremente gradada (SP) no presenta plasticidad	-
	CSM 16-B	Arena arcillosa (SC), de baja plasticidad	Arcilla de plasticidad baja (CL)
Intrusivo de Escazú	RP 1-A	Arena bien gradada (SW), no presenta plasticidad	-
	RP 8-A	Arena bien gradada (SW), no presenta plasticidad	-
	RP 1-B	Arena pobremente gradada (SP), no presenta plasticidad	-
	RP 8-B	Arena pobremente gradada (SP), no presenta plasticidad	-
F. Peña Negra	SAT 1-1	Arena arcillosa (SC), de plasticidad baja	Arcilla de plasticidad intermedia (CI)
	SAT 1-2	Arena arcillosa (SC), de plasticidad baja	Arcilla de plasticidad intermedia (CI)

Los cuadros 11 y 12 suman los parámetros de resistencia al corte de las pruebas realizadas.

Fig 19 Ensayo de corte directo (Tipo UU)
Fria Pacagua (muestra AL70 1)

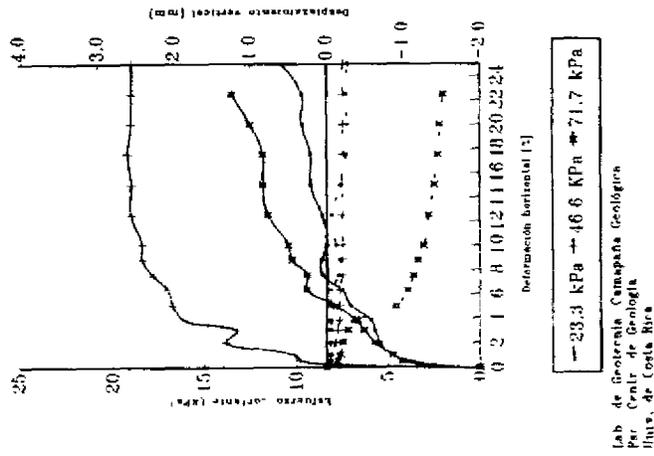


Fig 20 Ensayo de corte directo (tipo CU),
Frim. Coris (muestra CCC 3-1)

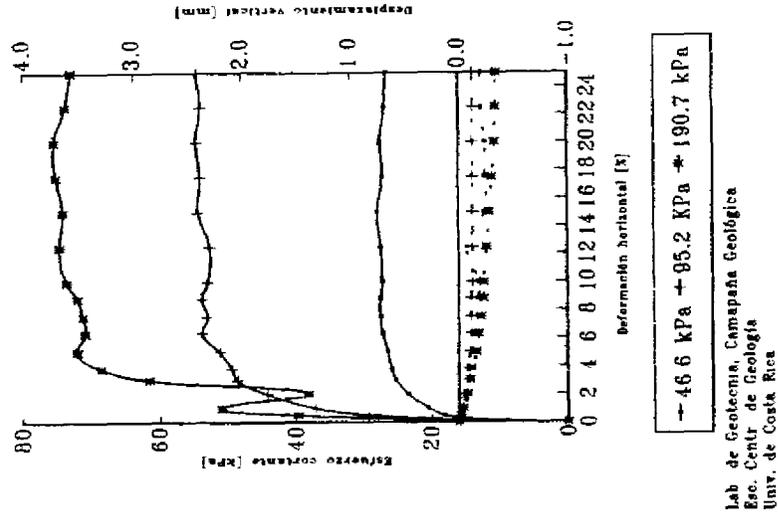


Fig 21 Ensayo de corte directo (tipo CU)
Frim. Coris (muestra CCC 3-2)

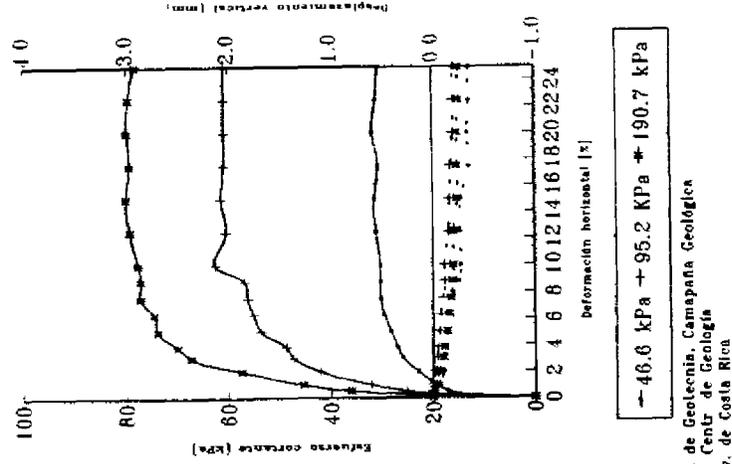
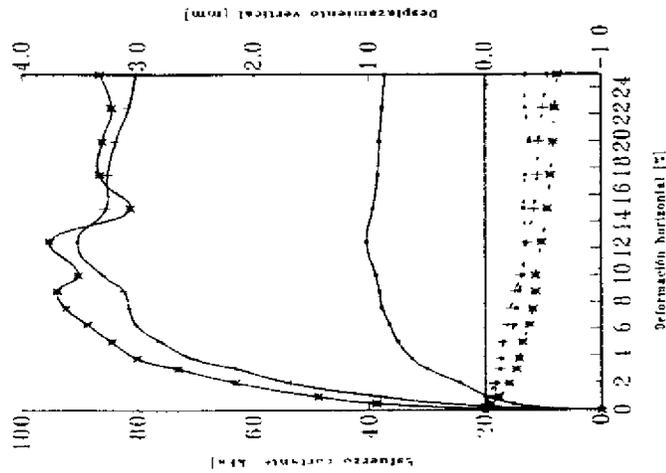


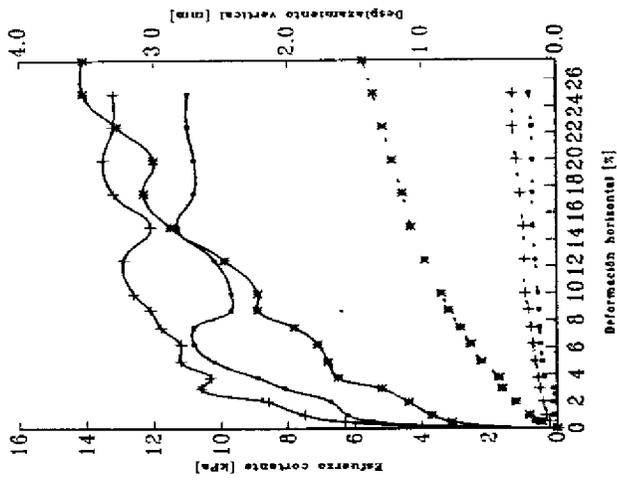
Fig. 22. Ensayo de corte directo (tipo CU)
 Frm. Cornubianita de Escazú (muestra CSM 0-8)



→ 46.6 kPa → 95.2 kPa → 190.7 kPa

Lab. de Geotecnia
 Esc. Centr. de Geología
 Univ. de Costa Rica

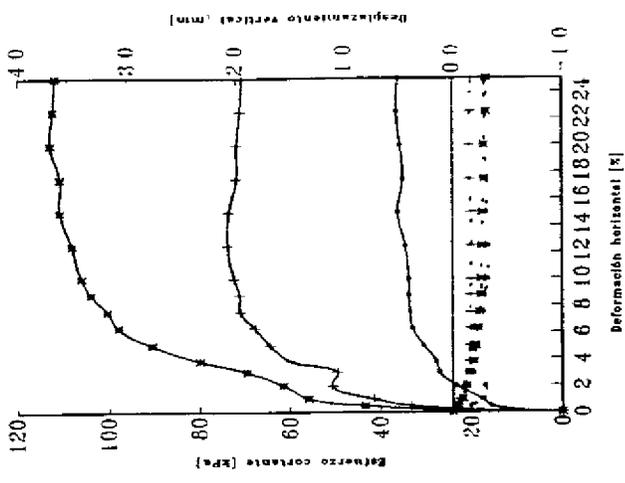
Fig. 23. Ensayo de corte directo (tipo UU)
 Frm. Peña Negra (muestra SAT 1-1)



→ 23.3 kPa → 46.6 kPa → 89.9 kPa

Lab. de Geotecnia, Camapaña Geológica.
 Esc. Centr. de Geología
 Univ. de Costa Rica

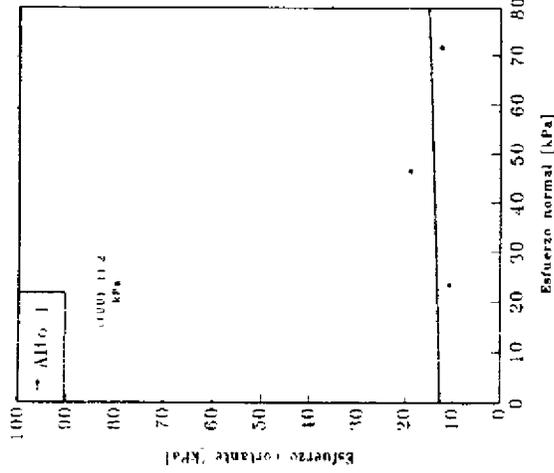
Fig. 24. Ensayo de corte directo (tipo CU)
 Frm. Peña Negra (muestra SAT 1-2)



→ 46.6 kPa → 95.2 kPa → 190.7 kPa

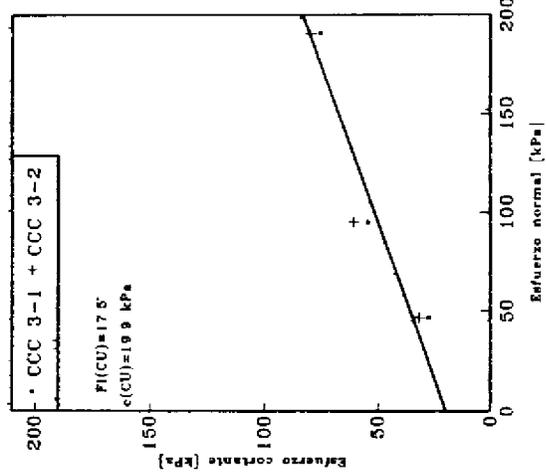
Lab. de Geotecnia
 Esc. Centr. de Geología
 Univ. de Costa Rica

Fig. 25 Resistencia al corte,
Frm Pacacus, cantón de Alajuelita



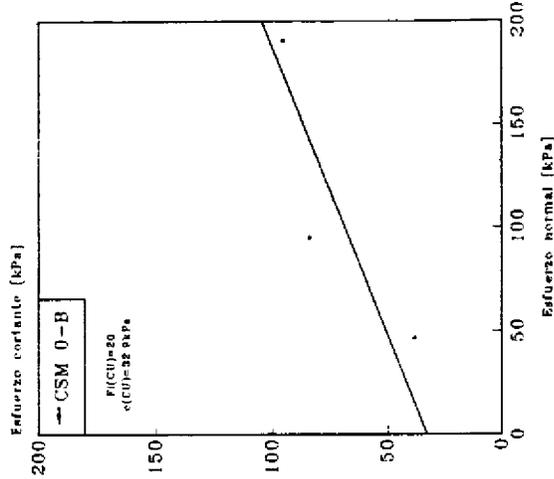
Lab. Geotecnia
Esc. Centr. de Geología
U.C.R.

Fig. 26. Resistencia al corte
Frm. Coria, cantón de Alajuelita



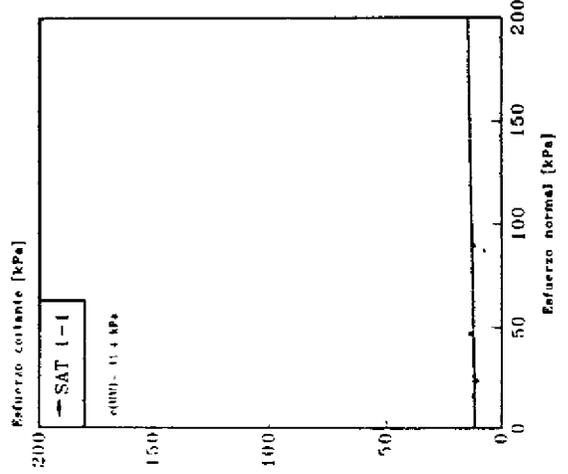
Lab. Geotecnia
Esc. Centr. de Geología
U.C.R.

Fig. 27 Resistencia al corte,
Frm Cornubianita de Escazú, Alajuelita



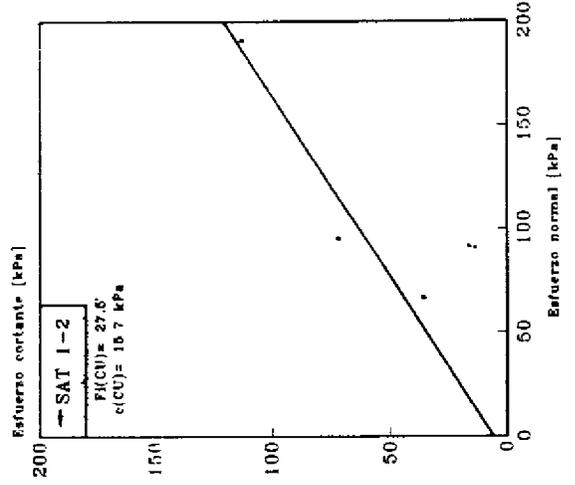
Lab. Geotecnia
Esc. Centr. de Geología
U.C.R.

Fig. 28 Resistencia al corte,
Frm. Peña Negra, cantón de Alajuelita



Lab. Geotecnia
Esc. Centr. de Geología
U.C.R.

Fig. 29. Resistencia al corte.
Frm Peña Negra, cantón de Alajuelita.



Lab. Geotecnia
Esc. Centr. de Geología
U.C.R.

Cuadro 9. Características físicas de los suelos residuales del cantón de Alajuelita.

Propiedades físicas	F. Peña Negra		FORMACION F. Coris		F. Pacacua		
	Sat 1-1	Sat 1-2	CCC 3-1	CCC 3-2	Alto 1	Hv 2-1	Hv 2-2
Gravedad Específica(Gs)	2.68	2.72	2.70	2.86	2.78	2.69	2.72
Contenido de Humedad (w%)	30.0	24.8	41.4	34.8	29.2	15.6	24.6
Peso Unitario Húmedo (kN/m3)	16.6	17.8	16.6	17.2	16.3	17.6	17.8
Peso unitario seco (KN/m3)	12.8	14.3	11.7	12.8	12.6	15.2	14.3
Peso Unitario Sat. (kN/m3)	17.8	18.8	17.2	18.1	17.9	19.4	18.8
Peso Unit. de Sólidos(kN/m3)	26.3	26.7	26.5	28.0	27.3	26.4	26.7
Relación de Vacíos (e)	1.05	0.87	1.26	1.20	1.16	0.73	0.87
Porosidad (n) (%)	51.3	46.4	55.7	54.4	53.6	42.3	46.5
Grado de Saturación (S) %	76.3	77.8	89.0	83.3	70.1	57.3	76.9

Propiedades físicas	FORMACION						
	Intrusivo de Escazú				Cornubianita de Escazú		
	RP 1-B	RP 1-A	RP 8-A	RP 8-B	CSM 0-B	CSM 16-B	CSM 16-A
Gravedad Específica(Gs)	2.76	2.69	2.81	2.87	2.75	2.73	2.67
Contenido de Humedad (w%)	10.1	25.3	19.8	21.5	25.0	29.6	15.6
Peso Unitario Húmedo (kN/m3)	16.4	16.8	18.3	18.6	16.9	17.2	15.9
Peso Unitario Seco (kN/m3)	14.9	13.4	15.3	15.3	13.5	13.3	13.8
Peso Unitario Sat. (kN/m3)	19.3	18.2	19.7	19.8	18.4	18.2	18.4
Peso Unit. de Sólidos(kN/m3)	27.1	26.4	27.6	28.1	27.0	26.8	26.2
Relación de Vacíos (e)	0.82	0.96	0.80	0.84	1.00	1.01	0.90
Porosidad (n) (%)	45.1	49.1	44.4	45.6	49.9	50.3	47.4
Grado de Saturación (S) %	33.9	70.7	69.6	73.5	69.1	79.8	46.2

Cuadro 10. Resumen de las pruebas de compresión inconfiada.

PARAMETRO	FORMACION					
	F. Peña Negra SAT 1-1			F. Pacacua ALTO 1		
	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA MAXIMA (KPa)	201.9	255.3	317.4	205.5	179.0	179.1
COHESION (KPa)	101.0	127.6	158.7	102.8	89.5	89.6
PROMEDIO DE LA COHESION (Kpa)		129.1			94.0	

Cuadro 11. Resumen de los parámetros de resistencia al corte (UU)

Formación	Muestra	Angulo de fricción	Cohesión KPa
F. Pacacua	Alto 1	0.0°	11.2
F. Peña Negra	Sat 1-1	0.0°	11.4

Cuadro 12. Resumen de los parámetros de resistencia al corte (CU)

Formacion	Muestra	Angulo de fricción	Cohesión KPa
F. Coris	CCC 3-1 CCC 3-2	17.5°	19.9
Cornubianita de Escazú	CSM 0-B	20.0°	32.9
F. Peña Negra	SAT 1-2	27.5°	15.7

3.3 CONSIDERACIONES AMBIENTALES.

CONTAMINACION AMBIENTAL.

La cantidad de desechos sólidos, líquidos, y gaseosos aumenta cada día más por la actividad humana. Estos desechos afectan en forma negativa el medio natural y amenazan la calidad de vida del hombre.