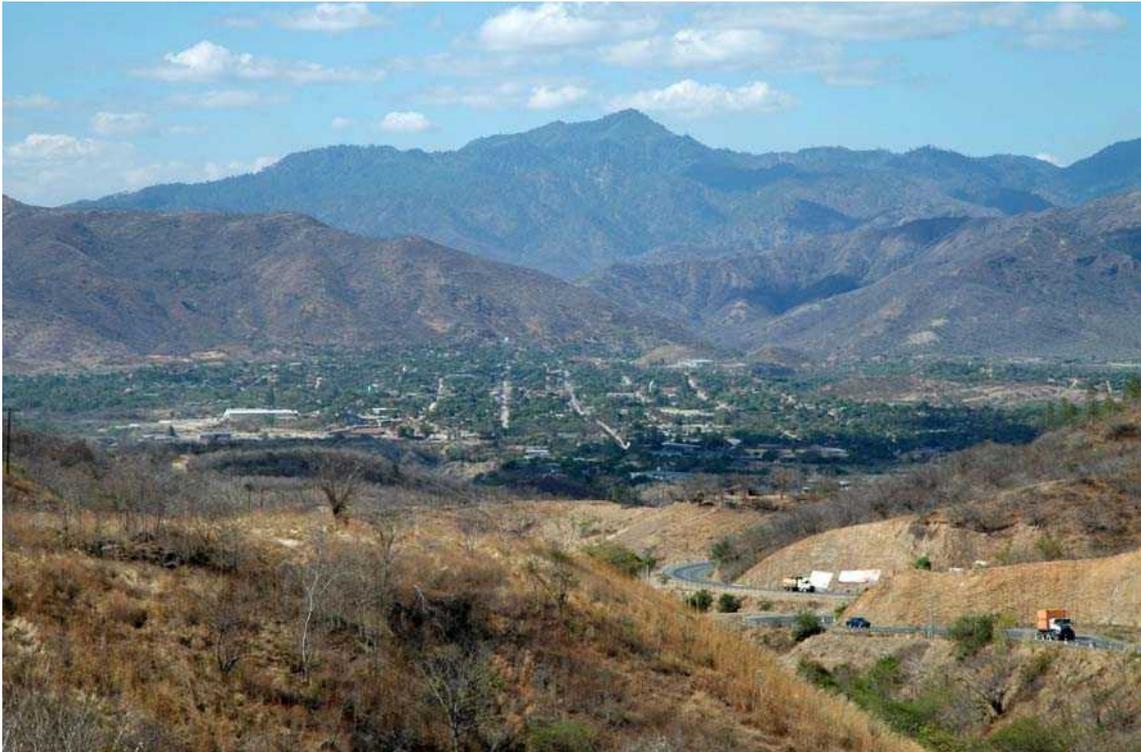


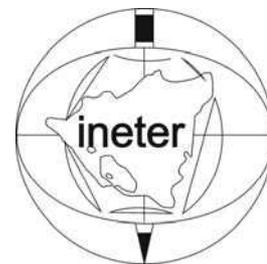
# **ESTUDIO GEOLÓGICO DE RIESGOS NATURALES EN LA PARTE NOE DE NICARAGUA, DEPARTAMENTO DE NUEVA SEGOVIA, EN LOS ALREDEDORES DE CIUDAD DE OCOTAL**

INFORME FINAL

RP/2/2004



**SERVICIO GEOLOGICO CHECO**



**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES**

Praha - Managua  
2005

Servicio Geológico Checo  
en cooperación con  
Instituto Nicaragüense de los Estudios Territoriales

**ESTUDIO GEOLÓGICO DE RIESGOS NATURALES  
EN LA PARTE NOE DE NICARAGUA, DEPARTAMENTO DE  
NUEVA SEGOVIA, EN LOS ALREDEDORES DE CIUDAD DE  
OCOTAL**

**INFORME FINAL**

**Jefe del proyecto**

Petr Hradecký

**Redactor**

Petr Kycl

**con el colectivo de autores**

P. Hrazdára, P. Hradecký, M. Opletal, J. Šebesta,  
J. Ševčík, J. Valenta V. Žáček y A. Alvarez

Garancía: Ministerio de Medio Ambiente de la República Checa  
Financiado por el Gobierno de la República Checa

Praga - Managua

2005

## Contenido

	<i><b>pag.</b></i>
1. Introducción (P. Hradecký) .....	3
2. Geografía (P. Kycl) .....	4
3. Revista de trabajos anteriores (P. Hradecký) .....	6
4. Desarrollo del relieve (J. Šebesta) .....	6
5. Geología (V. Žáček, P. Hradecký) .....	14
6. Geoquímica (M. Opletal) .....	30
7. Hidrogeología (P. Hrazdíra).....	37
8. Ingeniería geológica (P. Kycl, J. Valenta) .....	54
9. Peligros geológicos (P. Kycl, J. Valenta).....	71
10. Materias primas (J. Ševčík).....	86
11. Conclusión (P. Hradecký) .....	92
12. Literatura .....	93
13. Lista de anexos.....	94

## 1. Introducción

En el presente informe se recapitula acerca de los resultados de las investigaciones geológicas realizadas por geólogos checos del Servicio Geológico Checo (ČGS) en el año 2005 en Nicaragua. Las investigaciones geológicas de campo se realizaron en cooperación con colegas del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). La colaboración entre ČGS e INETER se inicia en el año 1997, y el actual proyecto presenta ya su novena etapa.

En los últimos cuatro años se estudian y se concentran en la parte central y septentrional, donde se desarrolla la agricultura y la infraestructura. El área está, por su relieve dinámico, desparejo y por su geología muy vulnerable. Metas del proyecto, investigación de peligros geológicos con relación a geología están análogos como en la parte pacífica.

En el año 2005, por mutuo consenso con la Dirección Ejecutiva de INETER, se iniciaron investigaciones en los alrededores de la ciudad de Ocotal, departamento de Nueva Segovia y municipios aledaños (Macuelizo, Dipilto, Mosonte), entonces en el área importante de esta parte del norte de Nicaragua y de gran importancia económica futura.

El presente reporte es el único estudio orientado al registro de todos los tipos de peligros geológicos en este territorio. Se trata de un trabajo parcial del proyecto quinquenal que tiene por objeto los estudios geológicos regionales de toda la parte central y norte del país, con el objetivo de especificaciones de las condiciones geológicas, que podrían condicionar a los peligros geológicos o naturales. En el marco de este proyecto se entrega, entre otras cosas también el registro de las áreas afectadas por los riesgos geológicos y un complejo de valiosos y aprovechables datos en la previsión de posibles amenazas naturales. El documento básico para la construcción del mapa de los peligros naturales es el mapa geológico detallado que también fue confeccionado en el marco de nuestras investigaciones y forma parte de este Informe.

Aparte de las investigaciones arriba mencionadas, dirigimos nuestra atención también a las investigaciones de condiciones ingeniero-geológicas, materias primas, y a la problemática de las aguas subterráneas. Se trata de cuestiones y aspectos directamente relacionadas con las futuras metas de desarrollo industrial y turístico de este territorio, de las cuales, algunas forman parte integrante de los planes de urbanización.

Los autores de este Informe deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento, al ingeniero Claudio Gutierrez, Director Ejecutivo de INETER, por su asistencia en la

realización de este proyecto; al Alcalde Municipal de Somoto y al Secretario Gubernamental del Departamento de Somoto, por su ayuda en la búsqueda de un espacio físico cómodo y seguro para el desarrollo de las actividades de nuestro grupo de trabajo.

En el transcurso de trabajo nos vino a ver el consul de la Embajada Checa, residente en San José en Costa Rica, señor Pavel Bechný

El proyecto investigativo es financiado por el Gobierno de la República Checa dentro del marco de la Cooperación Bilateral entre la República de Nicaragua y la República Checa. La inspección del proyecto pertenece al Ministerio del Ambiente Checo (MŽP), su realización al ČGS, en Praga. La institución cooperante es INETER, con sede en la ciudad capital, Managua.

## 2. Geografía

El territorio mapeado se extiende en la región del norte de Nicaragua, cercana a la frontera con Honduras (al norte) e incluye departamento de Nueva Segovia. La hoja mapeada se forma de hojas (cortes) topográficas 2856-I, 2857-II, 2957-III a 2956-IV.

La ciudad más importante y junto el centro de la actividad económica y a la vez la capital del departamento Nueva Segovia, es Ocotol, situado en la parte meridional (SSE) de hoja. Otras poblaciones de importancia secundaria son Dipilto, Macuelizo y Mosonte las que están las cabeceras del municipios y para que preparamos mapas de peligro geológico en escala más detallada (1: 25 000). Las demás localidades de los alrededores (Ococona, Las Manos, Mata de Platano, El Amarillo) tienen solamente el carácter de poblado pequeños o de fincas aisladas.

El departamento de Madriz ocupa un área superficial de 3123 km<sup>2</sup>. Su capital, Ocotol, tuvo según los datos del año 2000, una población de 32,248 habitantes (Incer, 2000). La vía internacional, la Carretera Panamericana Norte NI-3 une Nicaragua con Honduras en pueblo fronterizo Las Manos a cruza por pueblos Ocotol y Dipilto. Otros pueblos mayores en la área son Mosonte (5,952 hab.), Macuelizo (5,294 hab.) y Dipilto (4,479 hab.)

El punto más alto del territorio mapeado es Cerro Volcán Viejo (1867). Está compuesto de las filitas, lo que no fue conocido hasta ahora. Toda la Cordillera Dipilto, incluido el propio tope del Cerro Volcán Viejo fue considerada como granítica en los informes anteriores (por ejemplo Pearson 1972, AECL 2004). Hay otras lomas sobrealcanzadas la altura 2 000 m sobre nivel del mar en la hoja de mapa elaborada (p.ej. Cuchilla Los Cabros 2 060 m s n.m.), pero en área todavía no desminada, entonces fuera de nuestro levantamiento. El punto más

bajo, 510 m s n.m., se encuentra en el cauce de Río Coco, cerca del pueblo Agurán, en el límite oriental de esta hoja.

El río más importante es el Río Coco, cerca del límite SE de la area mapeada. Entre los afluentes más importantes pertenecen Macuelizo, Dipilto, Mosonte y Quisulí, todos sinistral y nacidos en masizo Dipilto. Al secamiento de las faldas de la cuenca del Río Coco, contribuyó sin duda el despale del área, el cual se expresa por el reducido del río e incluso la interrupción de su flujo, en el transcurso del verano (p.ej. cauce del Río Macuelizo entre Macuelizo y desembocadura a Río Coco).

Los surtidores de agua subterránea son insuficientes e irregularmente distribuidos. El mayor caudal lo presentan solamente el Río Dipilto, de dónde se saca la agua para la preparación y distribución en acueducto para la mayor parte de población.

Las precipitaciones pluviales anuales promedios son 808 mm (min. 439, max. 1717) según las mediciones de temporada 1990-2004 en la estación meteorológica Ocotal. La temperatura promedio en la ciudad Ocotal (600 m s.n.m.), alcanza los 24° C. caracteriza un EL clima de la provincia corresponde a tipo Subtrópico Seco

La actividad económica de la agricultura está basada en el cultivo local y esporádico de algunos tipos de cereales, maíz, frijoles y el cultivo de café de primera calidad, en las laderas altas del masizo Dipilto. Poco desarrollada es también la producción industrial, limitada a la excavación de madera y sus elaboración en aserraderas locales. De caliza cristalina, excavada en canteras i minas pequeñas se prepara el cal en hornos primitivos.

La vegetación es muy variable. Mientras que las llanuras de los alrededores del Río Coco, Mosonte y Macuelizo y de las afueras de la ciudad de Ocotal son muy secas y con vegetación escasa, las faldas de masizo Dipilto existen restos de montes blancos de pinos. Pordesgrasiadamente, la deforestación continúa catastróficamente por la explotación de madera intensiva y por los incendios, muy abundantes en el tiempo seco.

Los restos de los bosques primarios no destruidos, incluido a fauna escasa, se encuentran bien preservados en la area más alta de Cordillera de Dipilto, al lado de la frontera hondureña, todavía minada de tiempo de guerra.

### **3. Revista de trabajos anteriores**

Nuestro levantamiento encadena a estudio de año previo de alrededores de ciudad Somoto (Hradecký-Novák et al. 2004). La situación geológica de la parte SO de la hoja mapeada es parecida como en el hoja meridional.

Las informaciones geológicas de esta área son incompletos, insuficientes o inexacto y equivocado. Los datos generales sobre afloramiento de las rocas metamórficas, sedimentarias y complejos volcánicos se encuentran en trabajo Parson et al., (1972). Muy importantes son datos sobre la edad de la riolita de Somoto (19, resp. 17 MA, Mioceno).

Sistema de información geográfica, editada por el INETER en cooperación con organización española AECI (2004), presenta bien elaborados resultados sobre las condiciones climáticas, especialmente la precipitaciones, algunos tipos de los riesgos, posibilidades de explosión de la tierra. Por desgracia las informaciones sobre la geología son competamente caóticas y equivocadas, de lo que se parece, que los autores no coleccionaban las informaciones en el terreno y además no entienden a esta problemática.

Suponemos, que las informaciones geológicas detalladas y la documentación extensa del terreno, podría notablemente ministrar el progreso a lo conocimiento sobre la composición geológica como el factor principal para las cualesquiera otras aplicaciones.

#### **4. Desarrollo del relieve**

El relieve del área de la ciudades de Ocotal y Dipilto y sus alrededores está formado tanto por un relieve montañoso con valles profundos de gran inclinación como por relieves elevados aplanados y las depresiones. El relieve montanoso está ubicado al lado de la frontera hondureña. Un parte extenso forma la depresión de Ocotal que está ubicada al sur de la montaña. El limitación del sur son Río Coco y Río Macuelízo entre pueblo de Macuelízo y Aguarán. El limitación del norte forman una línea entre de Macuelízo, Agua Caliente, la ciudad de Ocotal, pueblo Mosonte y San Fernando. El relieve montañoso está separado de el valle profundo de Río Dipilto

El punto de mayor altura lo representa la cima de Cuchilla Los Cabros (2060 msnm) que está ubicada en el grupo oriental de la montaña Cordillera De Dipilto, más alta de toda Nicaragua con la cima de Cerro Mogotón (2105 msnm, que es ubicada muy cerca del área de estudio). En la parte occidental de montaña hay una elevación más alta Cerro Ayote (1571 msnm). El punto más bajo se ubica en las llanuras del Río Coco sobre la ciudad de Ocotal. Lugar Aguarán es 510 msnm. El corte erosivo en el territorio estudiado es de aproximadamente 1,550 m s.n.m. La energía del relieve es alta y su desarrollo se corresponde con esta.

La región ocupa la cuenca de Río Coco. El parte occidental desagua el Río Macuelíz, la parte oriental Río Coco y su afluentes, Río Dipilto, Río Mosonte y Quisulí.

El sustrato geológico, sobre del cuál se desarrollaba la mayor parte del relieve de los alrededores de la ciudad de Ocotál y Dipilto, esta constituido por los intrusiones graníticas, las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas de la edad terciaria, profundamente denudados y descompuestos. Todos son erosionados de forma selectiva.

El primitivo relieve volcánico de origen endógeno en el parte del sur es totalmente eliminado por la actividad erosiva profunda. La alternación de los niveles aplanados en el estadio de paleorelieve y cuestas erosivas, ha sido justificada por el cambio de ciclos de la peneplanación, con los ciclos erosivos influenciada por el clima tropical, seguido a su vez por regresión progresiva de la base erosiva local.

Durante la denudación selectiva se impone de manera expresiva la predisposición tectónica y estructural que presentan las estructuras de intrusiones graníticas y volcánicas originales y la tectónica frágil más joven, que las interrumpe.

Recientemente la zona se encuentra deforestada intensivamente que provoca los procesos de erosión de suelo y los movimientos de ladera. Juntamente la deforestación provoca el desague de precipitaciones rápido y el vaho alto. La hartura de los acuíferos de agua subterránea baja rápidamente. Esto es muy importante en la montaña con las precipitaciones fuertes donde el material meteorizado es más poroso.

#### **4.1 Predisposición tectónica del desarrollo de relieve**

El área del territorio de Ocotál y Dipilto puede ser caracterizada como tectónicamente muy afectada. La evolución tectónica fue probablemente policíclica. Los procesos antiguos con las vetas tienen las direcciones O-E y otro N-S. Las estructuras neotectónicas principales son quizás la falla de Dipilto que tiene la dirección de NO y las fallas que limitan la depresión de Ocotál. Esto es una estructura muy complicada que es probablemente una parte de la zona tectónica ancha de „domain boundary“ (Marton, 1987).

Durante el modelación del relieve, las fallas no se imponían solamente como líneas, sobre de las cuales ocurrían más fácilmente los procesos de erosión, meteorización y otros procesos de denudación. Algunas de las fallas son activas hasta hoy, como lo evidencia el registro de terremotos.

Con las fallas se relacionan también las manifestaciones de actividades volcánicas más recientes. Unos volcánes basálticos se encuentran fuera del área estudiada.

En los años 90 son registrados los temblores intensivos en Dipilto y Ocotál. Probablemente son conectados con la falla de Dipilto y las fallas que formaban la depresión de Ocotál. El sistema de las fallas distinguidas es en el valle de Río Coco tiene la dirección a NE. Generalmente la red del sistema de las fallas más joven tienen las direcciones a NO o NE. Unos 4,5 km E de Macuelízo está ubicado un manantial del agua caliente de 74° C, situado en el cruce de las fallas a NO y a N.

## 4.2 Relictos del paleorelieve

Las evidencias del desarrollo del relieve señala un carácter policíclico, reflejando la sucesiva denudación del relieve tectónico original. En el transcurso de su degradación por la denudación, se alternaron los ciclos de erosión y planación. El resultado de este proceso, son los rasgos escalonados del relieve actual, formado por relictos de superficies aplanadas y separadas una de otra, por restos de laderas retrógradas (scarp retreat). Todos estos rasgos del relieve, están cortados por el ciclo erosivo más joven, que forma una red de laderas erosionadas y cauces más o menos profundas. En algunos lugares se desarrollan se formas erosivas, de cañones, debido a ese proceso.

En el área se conservaron unos niveles de superficies aplanadas en el estadio de paleorelieve. Los relictos están situados sobre la cota topográfica de los 1,200 m s.n.m. y presentan una cubierta de suelo caolínico o laterítico de variado espesor.

Los niveles de las superficies aplanadas están situados:

- a) relictos de superficies aplanadas más altas, en la cota de entre 1,800 a 1,900 m s.n.m.
- b) relictos de superficies aplanadas en alturas aproximadas a los 1,700 m s.n.m.
- c) relictos de superficies aplanadas más altas, en la cota de entre 1,300 a 1,400 m s.n.m.
- d) relictos de superficies aplanadas en alturas aproximadas a los 1,200 m s.n.m.
- e) relictos de superficies aplanadas en alturas en 1,000 hasta 1,100 m s.n.m.
- f) relictos de superficies aplanadas en alturas de 800 hasta 900 m s.n.m.
- g) relictos de superficies aplanadas en alturas de 700 hasta 750 m s.n.m.
- h) relictos de superficies aplanadas en alturas aproximadas de 600 m s.n.m.

En la actualidad, todos estos relictos se encuentran en el estadio de relictos intensivamente desgradados por la erosión. El proceso de aplanación del relieve generalmente aprovecha los niveles rocosos más resistentes con deposición horizontal o subhorizontal, en los cuales la aplanación se detiene. El proceso de ladera retrógrada aprovechó, en general, las

superficies de falla que se terminó y sucesivamente la destapó al lado, donde las rocas son más fácilmente erosionables. Este tipo de la denudación marca las formas de las depresiones expresivas.

**ad. a)** El nivel del paleorelieve más viejos se extiende principalmente en los alrededores de la Cordillera de Dipilto - Cerro Chachagua (1904 m), Montaña de Los Nubes, Fila Portillo Honda, Cuchilla Los Cabros, Cuchillas Las Cañas etc. Los cerros separados de este nivel son Cerro Las Nubes y Cerro Vulcán Viejo (1867 msnm).

La meteorización intensiva de este nivel no se ha preservado, ni en planicias más altas apartadas de la erosión retrograda o de la denudación, como es en el region vecino de Somoto . La diferencia es que la estructura geológica mayor del region de Somoto es volcánica mientras que la estructura geológica del region Ocotál-Dipilto es granítica o cristalínica.

**ad. b)** El nivel del paleorelieve aplanado en 1700 msnm está un nivel disminuído. Los restos forman solo un nivel de las elevaciones. El paleorelieve aplanado no se ha conservado. Por eso tampoco están preservadas las capas de las rocas meteorizadas. La erosión es muy profunda y se acomoda de las condicones estructurales, tectónicas y de la resistencia de la roca. Durante del huracán Mitch en 1998 se formó la candidad de las formas diferentes de los movimientos de ladera. El nivel en 1700 msnm ocupa el área pequeña de un parte de Cordillera de Dipilto – Montaña Dipilto, Cuchilla La Gloria y Cerro Pinabote. Es posible que toda unidad cubre solo un segmento tectónico.

**ad. c)** El nivel del paleorelieve aplanado entre 1.400 y 1500 msnm es un nivel relativamente más extenso. Los restos forman solo un nivel de las elevaciones y resto típico – aplanado no es conservado. La erosión es muy profunda y se acomoda de las condicones estructurales, tectónicas y de la resistencia de la roca. La meteorización de la roca no es tan profunda. El relieve rocoso es muy común.

**ad. d) – f)** Los niveles de los relictos de superficies aplanadas en alturas aproximadas a los 1,200 m s.n.m., en 1,000 hasta 1,100 m s.n.m. y en alturas de 800 hasta 900 m s.n.m. ocupan solo un poco del territorio. Como otros forman solo un nivel de las elevaciones y el resto típico, bien aplanado no está conservado.

**ad. g)** El nivel del paleorelieve de aplanación en 700 a 750 m s.n.m. es el nivel de denudación que bordea la depresión de Ocotál y algunos partes cerca de Mosonte – La Huerta o Las Cruces. Se formó en los alrededores de la base de denudación pricipal del Río Coco, sus afluentes y fuentes.

**ad. h)** Adentro de la superficie aplanada de alturas de 700 – 750 m s.n.m. esta introducido el nivel de la denudación más bajo del territorio estudiado. Su altura es aproximadamente 600 –650 m s.n.m. y es el nivel de denudación más amplio en el área estudiada. Se extiende ante todo en la depresión de Ocotál. La superficie de este nivel morfológico esta cubierta generalmente por relictos de capas de gravilla aluvial procedentes de abanicos aluviales. Este nivel también está cortado por la acción erosiva del Río Coco y Río Macuelízo que fluye en dirección a Ocotál, en un cañón de hasta 40 – 50 m profundo.

### **4.3 Meteorización de las rocas y su posición geomorfológica**

La cubierta de rocas meteorizadas representa la variada posición morfológica de complejos del relieve. Los relictos del paleorelieve situados en la cumbres de las elevaciones tienen, por regla general una cubierta de mayor espesor. Sin embargo en la cima de las mesetas aplanadas y en las laderas de erosión su espesor es poco importante.

En los relictos más superiores del paleorelieve se conservó solo el resto de la cubierta caolinica ( Rodeo Grande, Las Frías etc.). Los relictos de superficies aplanadas más inferiores, carecen de esta cubierta. Se encuentran aquí solamente los mantos de rocas meteorizadas de poco espesor; en algunos lugares solamente una leve evidencia de la meteorización química del tipo de lateritización (sobre todo en el nivel de los 700–750 m s.n.m.), en donde el nivel freático está próximo a la superficie del terreno.

### **4.4 Laderas erosionales**

La erosión retrógrada que separa los relictos aplanados de las superficies origina por regla general, las laderas erosivas escarpadas. Algunos valles alcanzan profundidades entre los 200 a 300 metros, las laderas suelen ser escarpadas, en algunos casos hasta verticales.

En laderas de este tipo actúan de manera intensa los procesos exógenos, muy similar a los relictos de tan llamadas laderas retrógradas. Se muestra en ellas el tipo de erosión selectiva. Así se originan planicies estructurales de pequeño tamaño y grados erosivos menores. En el caso de condiciones geológicas adecuadas y fuerte inclinación de la ladera, son susceptibles las formaciones de deslizamientos de pequeña extensión. Son muy frecuentes los desprendimientos y derrumbes de escarpes rocosos erosionados, aunque también el desencadenamiento de flujos torrencionales.

Las laderas erosivas estan muy bien desarrolladas en los valles de los ríos Río Coco, Río Macuelízo, así como en casi todos los valles de flujos corrientes del oriente del territorio

estudiado, donde se unen en muchos casos con laderas retrógradas. El fenómeno muy importante representa el cañón del Río Macuelízo que alcanza unos 100 m de profundidad y ubicado entre sitio Macuelízo y Soledad. El anchura del cañón alcanza en algunos lugares solamente unos metros. Durante las fuertes lluvias del huracán Mitch las paredes de sus laderas fueron lavadas hasta el nivel de unas decenas metros, y al mismo tiempo descubiertas varias formas erosivas ubicadas en sus paredes y en el fondo de su cauce. En la depresión de Ocotál eroda Río Coco en sus depósitos de gravas y formó un cañón de 40 a 50 metros de profundidad hasta el fundamento rocoso.

#### **4.5 Acumulaciones fluviales y aluviales**

Las acumulaciones fluviales y generalmente aluviales cubren relativamente la superficie muy extensa. Las acumulaciones forman las terrazas fluviales y generalmente los conos aluviales fósiles. Las acumulaciones contemporáneas son solo como el relleno de los lechos de ríos o los conos aluviales pequeños. Las acumulaciones fósiles son más o menos profundas. Las acumulaciones de la grava y arena gruesas más extensas rellenan las depresiones tectónicas de Ocotál. También rellenan algunas depresiones denudacional como la depresión de Ocotona, Rodeo Grande y valle de río Dipilto.

Las depresiones principales corresponden con un nivel denudacional en 700-750 msnm y 600-650 msnm.

##### ***Rellenos de lechos***

Los lechos de ríos son generalmente estrechos con poco grava y arena fluvial. La profundidad del relleno se cambia conforme con el carácter de la actividad fluvial. Mayoría de los lechos son ahuecados de terreno rocoso.

Los rellenos de lecho más profundo tienen los ríos Río Coco, Río Mosonte y Río Quisil.

##### ***Terrazas fluviales***

Las terrazas fluviales se formaron tan solo cerca de los ríos principales como Río Coco y Río Macuelízo. Las terrazas fluviales quedan siempre unos metros sobre de nivel de los lechos de ríos. Las terrazas fluviales más extensas están cerca de la ciudad de Ocotál.

##### ***Conos aluviales***

La depresión de Ocotál y las depresiones más pequeñas tienen el relleno aluvial más o menos profundo. Los conos aluviales resultan siempre detrás del cambio súbito de la curva escarpada de erosión. La sedimentación aluvial es un proceso del transporte de las aluviaciones durante de las precipitaciones enormes. La grava y arena aluviales son mal cribadas y mal

labradas. La composición de los sedimentos aluviales componen generalmente el material meteorizado de las rocas cristalinas.

En el área del estudio pueden reconocerse algunas generaciones de conos aluviales:

- contemporáneos
- fosiles – superiores e inferiores

#### **4.6 Procesos exógenos actuales**

Estos procesos dependen de la variación de períodos lluviosos y secos. Esta variación provoca que el relieve este expuesto por procesos dinámicos externos, como la erosión, los movimientos de ladera, la meteorización química y la deposición de sedimentos aluviales. En la actualidad el desarrollo del relieve se ve influenciado cada vez más por la actividad humana.

La erosión y el transporte siguiente de los materiales erosionados se incrementa, sobre todo por el despale de las laderas de los cerros y valles de ríos. Entre otros procesos importantes, pertenecen la deposición de sedimentos (agradación) y los movimientos de laderas. Estos se inician con precipitaciones pluviales enormes. A la erosión son expuestas sobre todo las laderas de valles y laderas retrógradas. Durante el huracán Mitch se formó una espesa red de nuevas barrancas erosivas y el drenaje ya existente fue profundizado hasta por unos metros más. Encima de ello originó la cantidad de la red densa de erosión de suelo. Por ejemplo cerca de los ríos Dipilto, Mosonte, en Rodeo Grande, cerca de pueblo Ocotona o Macuelízo.

Un efecto contrario ocurre en lugares, donde disminuye la inclinación de la curva erosiva y sucesivamente se acumulan depósitos, generalmente de gravas gruesas del abanico aluvial. Muchas veces la erosión y la deposición se combinan con los movimientos de laderas, sobre todo en la reptación de ripios que pasa al transporte de material rocoso con su siguiente deposición. Al contrario, las acumulaciones de deslizamientos son muchas veces erosionadas.

En el transcurso del huracán Mitch se registraron lugares donde se crearon decenas de deslizamientos poligenéticos, sobre todo de coluvios, disgregados de capas de roca y de suelo.

En el territorio estudiado se comprobaron muchos tipos de movimientos de laderas, aunque predominan los deslizamientos fósiles. En el mapa del relieve se señalan solamente los deslizamientos más importantes. Otras formas, incluso de deslizamientos pequeños, que no se pueden mostrar en el mapa geológico por sus diámetros poco importantes, son señaladas en el mapa de riesgos geológicos, incluso su descripción y tabla explicativa.

## 4.7 Conclusión

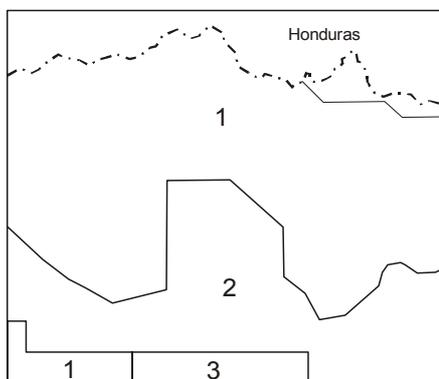
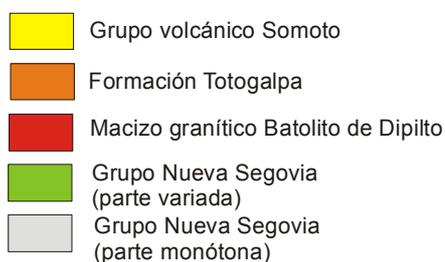
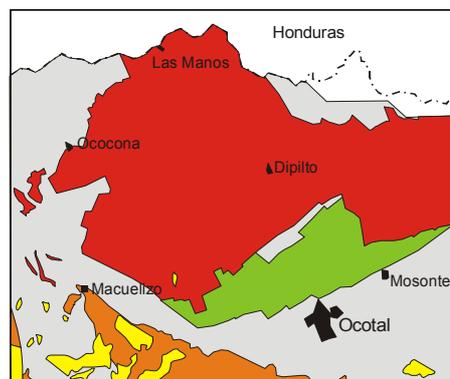
El relieve terciario tectónico anterior y parcialmente el relieve volcánico (especialmente de la zona de sur) del origen endógeno está completamente desmontado por corte denudacional profundo. El reemplazo de los niveles de las superficies aplanadas (niveles de paleorelieve) con las laderas erosionales indica el reemplazo de los ciclos de la planación con los ciclos de erosión bajo la influencia de la clima tropical y árida. Juntamente llegó a bajo gradual de la base local de la erosión que representa aquí el lecho de Río Coco. Durante la denudación selectiva se presentaba el solidez diferente de las rocas y la predisposición estructural y tectónica que representan las estructuras tectónicas anteriores y la tectónica policíclica postvolcánica frágil más joven que todo el relieve altera. De la erosión intensiva sucumben también los restos del paleorelieve terciario con el perfil caolínico profundo.

Probablemente en el Pleistoceno máximo cuando la glaciación culminaba en el hemisferio del norte, cuando fueron las zonas climáticas desplazadas, este área fue el parte de la zona árida. La meteorización mecánica de las rocas fue muy intensa y produjo la cantidad enorme del material meteorizado que después un transporte corto se acumulaba en las depresiones como los conos aluviales. En ciclo denudacional último, Pleistoceno superior y Holoceno, en el desarrollo de relieve predominó la erosión intensiva que cortó tanto los restos del paleorelieve aplanado como los rellenos aluviales de las depresiones. En el tiempo contemporáneo la erosión intensa continúa y la sedimentación aluvial local está solo en lugares especiales.

## 5. Geología

Fig 5.1

Unidades geológicas en el territorio de Ocotal



1. V. Žáček
2. M. Opletal, P. Hradecký
3. A. Přichystal, J. Babůrek

Cooperación: P. Kycl, P. Hrazdára, J. Šebesta, J. Ševčík, J. Valenta

La geología de Ocotal, cabecera del departamento de Nueva Segovia esta constituida por un significativo predominio de rocas metamórficas y graníticas, sobre los suprayacentes sedimentos clásticos del Grupo Totogalpa y rocas volcánicas efusivas.

Las rocas metamórficas se reconocen como del Grupo Nueva Segovia (Del Guidice, 1960) y son probablemente de edad Paleozoico, por lo tanto de las mas antiguas de Nicaragua. Esta misma unidad es también conocida como Grupo Palacagüina, (Zoppis,1957) y se extiende ampliamente al norte de Nicaragua, y pertenece, según Schuchert (1935) y otros autores “al “Núcleo de Centroamérica”, que se extiende desde el sur de México, hasta el norte de Nicaragua.

Estas rocas metamórficas fueron intruidas por un segundo y extenso cuerpo de roca plutónica de composición granítica, llamado “Batolito de Dipilto” que presenta una variación en su composición desde propiamente granito, granodiorita y hasta diorita. Su edad, de acuerdo a Garayar, (1971) y la Parsons Corporation, (1972) varía entre los 117.4 y 60 millones de años. El Batolito de Dipilto se distribuye en forma de una franja orientada Este-Oeste y su contacto litológico con las rocas metamórficas Paleozoica en los sectores occidental y meridional se encuentra en gran parte del territorio mapeado.

Los sedimentos clásticos gruesos, como conglomerados y areniscas de color rojo, afloran al sur, y se conocen como Formación Totogalpa, de edad probablemente Oligoceno-Mioceno. En esta misma parte, afloran también varios cuerpos volcánicos de composición ácida, pero de dimensiones relativamente pequeños y posible edad Oligoceno Superior. Están representados por intrusiones de riolitas, dacitas, ignimbritas riolíticas y uno pequeño cuerpo de basalto.

Los depósitos más recientes de edad Cuaternario, consisten de materiales aluviales y coluviales “viejos que forman terrazas o cubren planicies, sobre todo en alrededores de la ciudad de Ocotál y las localidades de Mosonte y Ococona, además de sedimentos aluviales más recientes o “jóvenes” que rellenan el lecho de los ríos.

## 5.1 Resumen de la geología

### 5.1.1 Rocas metamórficas – Grupo Nueva Segovia

El Grupo Nueva Segovia está formado en una mayor proporción por filitas y mica-esquistos intercalados por cuarcitas, conglomerados, areniscas de grauwaca, rocas meta-volcánicas. Con base de nuestro trabajo de campo, la parte variada ha sido definida como formando una franja que sigue un rumbo general NE-SO y que se ubica al norte de la carretera Mosonte – Ocotál – Macuelizo.

Esta parte de variada litología, consiste sobre todo de rocas ácidas y básicas, meta-volcánicas, tobas y calizas cristalinas. La parte litológicamente monótona y que predomina en el territorio de estudio y en toda la región de rocas metamórficas, consiste de meta-sedimentos-filitas y esquistos y grauwacas, cuarcitas, conglomerados y meta-volcánicas subordinadas. Las rocas fueron metamorfizadas en condiciones de grado epizonal que alcanzan—en el territorio mapeado, sólo el grado de esquistos verdes, en la facies de albita + actinolita + clorita.

La parte considerada **monótona** está formada sobre todo por filitas, esquistos micáceos (pizarras) intercalados con cuarcitas, conglomerados, grauwacas y muy raramente por metavolcanitas.

Las *filitas sericíticas* color gris-verdoso con muchas vetillas discontinuas de cuarzo de lenticular, predominan en la región, al sur y este-sur de Ocotál y afloran en el corte de la carretera Panamericana al sur de Ocotál, al suroeste, entre Cerro Marimacho y las Mesas de Alcayán (a un lado de la carretera entre Macuelizo-Somoto, en el lecho del Río Macuelizo,

desde el pueblo de Macuelizo hasta su confluencia con el Río Coco y a lo largo del curso de este río y desde la Loma de Porvenir, al oeste hasta el borde oriental del territorio mapeado.

En muestra de mano, la roca es de grano muy fino, con textura esquistosa, laminada y con pliegues complicadas y clivaje transversal. La composición mineralógica de la roca es cuarzo, muscovita fina (sericita), menos clorita y albita. Cuando el grado de meteorización es alto, la susceptibilidad a deslizamientos y derrumbes en relieve de cuevas fuertemente inclinadas es alto. Las filitas así meteorizadas, (caolinizadas) se usan para fines de construcción y reparación de carretera.

**Los conglomerados** con guijarros alargados, (fragmentos líticos o de cuarzo) hasta de 10cm de longitud se encuentran, sobre todo, intercalados (con espesores hasta decenas de metros.) con filitas sericíticas que afloran en el lecho rocoso de los ríos Mosonte y Coco, en la parte sureste de este territorio. Por su contenido de lentes elongadas de cuarzo metamórfico, son muy semejantes a la filita sericítica (foto 5.1), pudiendo gradar a grano más fino, como areniscas del tipo grauwaca.

**Las filitas de grafito** se presentan como estratos subordinadas con filitas de sericita, pero en las parte oeste y norte de Macuelizo en donde las filitas afloran muy bien en lecho de Río Macuelizo y al lado occidental del poblado del mismo nombre.

**Las rocas de filitas con grafito y sílice** afloran también en el Río Macuelizo, entre el pueblo de Macuelizo y el lugar llamado La Soledad, unos 5 Km. río arriba (foto 5.2). Se trata de rocas negras laminadas, muy macizas que forman cascadas y pequeños saltos de agua en el lecho rocoso del río. En su composición mineral, prevalece el cuarzo (70-80 %) y muscovita (20-30 %) con minerales opacos y dispersos de grafito (tr %). La relativa abundancia de microcristales de turmalina, (0.01-0.05mm.) indica que la silificación es de origen hidrotermal, relacionado con la intrusión granítica.

**Los esquistos arcillosos** que localmente gradan a areniscas color gris-oscuro con una apariencia más de roca sedimentaria, por su muy débil metamorfismo se encuentran al NO, en los alrededores de Mata de Plátano y La Calera. Son rocas de grano fino, bastante suaves y que se presentan en bancos y estratos con espesores desde centímetros a decímetros, y que localmente tienen cuarzo lenticular.

Otro tipo de rocas son las **cuarcitas** de color blanco o claro gris –amarillo y de grano fino, se presentan en los alrededores, entre las localidades de Ococona y El Zurzular. Su espesor alcanza desde los 5-20 metros.

**La parte de litología variada** representa un típico complejo volcánico-sedimentario, muy heterogéneo y constituido de rocas meta-volcánicas de tobas ácidas y básicas y un minoría de filitas fuertemente esquistosas de origen sedimentario, calizas cristalinas (mármol).

**Los esquistos verdes** se localizan sobre todo, en la parte variada pero también afloran de manera aislada en la parte monótona, por ejemplo en La Soledad (NO de Macuelizo) y en lecho del Río Coco, cerca de la ciudad de Ocotál en el lugar llamado Gracias a Dios.

Son rocas de composición dacítica–andesítica, color gris- verdoso, algunas con manchas verde y gris, con cristales de tamaño grano fino (foto 5.3) a medio, hypautomórfico en su mayoría de clorita, actinolita o anfíbol verde, y cristales euhedrales de epidota y albita; en menor cantidad cuarzo, prehnita, muscovita, titanita e ilmenita.

El estrato aislado de esquisto verde (10-20m de espesor y más de 100m de longitud) que se encuentra en La Soledad, en el Río Macuelizo, es una roca maciza sin clivaje con manchas, y láminas blancas y gris-verdosas deformadas en forma de pliegues ptigmáticos. Los bloques pulidos de este tipo de roca, con diámetro hasta de 2m. se hallan varios Kms. río abajo de la Soledad debido al prolongado transporte fluvial, son muy decorativos (foto 5.4).

**Las rocas meta-volcánicos y meta-tobas ácidas**, de composición riolítica, se presentan en bancos espesos y densos, aspecto macizo pero laminado. Son de color gris o gris-verdoso, holocristalinas y tamaño de grano fino. Los minerales principales son cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa (probablemente albita), biotita, (15 %) en menor cantidad (3-5 %) calcita, titanita y magnetita.

Se encuentran, por ejemplo en una gran cantera abandonada, al norte de Ocotál (foto 5.5). Otros tipos de meta-tobas o meta-volcánicas un poco más básicas están formadas por cuarzo, feldespatos, biotita verde y fina (hasta 15 %), con una minoría de epidota, magnetita y actinolita.

**Los esquistos calcáreos**, se encuentran formando lentes con espesores de 1-2m. en el complejo de meta-volcánicos, también en una cantera abandonada, al norte de Mosonte y cerca al contacto con el granito. La roca es dura y maciza, aunque presenta una estructura muy heterogénea, nodulosa de grano fino a medio.

Están formados por cristales de plagioclasa, calcita, cuarzo y piroxeno verde del tipo diópsida, con menoridad de anfíbol verde, granate de tipo grosularia, vesuvianita, biotita, wollastonita y trazas de opacos y apatito. La asociación mineralógica o paragénesis indica una significativa influencia del metamorfismo de contacto.

**Rocas de metamorfismo de contacto.** Las rocas originadas por metamorfismo de contacto con el Batolito de Dipilto, se encuentran sobre todo, en la parte occidental del área mapeada. Las rocas afloran en el corte de la carretera de Macuelizo a Santa María y en el recorrido entre Poza Galán y El Zurzular (foto 5.6).

Otro lugar muy importante y recién conocido se localiza en la parte alta de la Cordillera de Jalapa-Dipilto, entre Cerro Las Nubes, al occidente hasta el borde oriental del territorio mapeado. En los mapas geológicos precedentes, toda la Cordillera de Dipilto está erróneamente cartografiada como granito.

Las rocas metamórficas se encuentran sobre el granito, formando “sobre” de cumbres más altos, entre los 1,300- 2,000m. sobre nivel del mar. A estas elevaciones, la mayoría de los esquistos se encuentran intensamente meteorizados, lo que favorece la generación de profundos deslizamientos. El parte de borde fronterizo con Honduras aún no ha sido mapeado, porque hasta hoy día, es un terreno minado; sin embargo es muy probable que también esté formado por esquistos, probablemente incluya a la montaña más alta del país, el Cerro Mogotón. (en el borde NE del área estudiada)

Esquistos muscovíticos - biotíticos nodulosos y rocas corneanas muscovíticas son rocas color gris-oscuro, levemente manchadas de 2-5mm de diámetro. El estudio microscópico muestra que las manchas no representan cristales de andalucita ni de albita, sino espacios, donde por influencia del proceso metamórfico, los opacos fueron consumidos. No obstante, según Engels (Boletín Geológico No 8) se encuentran también esquistos nodulosos con andalucita y albita.

Los esquistos nodulosos, de los alrededores de Ococona y del lugar El Manduyal están compuestos por cuarzo, clorita, muscovita, biotita color naranja a marrón claro y abundantes minerales opacos finos, en parte derivado de grafito. Los minerales accesorios son la plagioclasa, rutilo y pequeños cristales de turmalina color marrón, con tamaños de 0.01-0.05 mm. (hasta un 5 %).

**Calizas cristalinas (mármoles)** se distribuyen en el territorio mapeado, sobre todo, entre Mosonte y un lugar a 5-6 Km. al Oeste de Ocotál, siguiendo las foliaciones regionales de meta-esquistos, y generalmente en el contacto entre la parte monótona, al SE y la parte de litología variada, al NO.

El afloramiento aislado dentro de las filitas de la parte monótona, se encuentra en el pueblo de La Calera, en un corte de carretera de Macuelizo a Santa María. Se trata de un afloramiento relativamente grande que forma una loma. Su forma es lenticular y el espesor de 20-30 m y se extiende por unos 100 m (foto 5.7). Al parecer, el estrato de mármol ha formado

originalmente un estrato continuo, que ha sido modificado por metamorfismo asociado con eventos de deformación y fallas de dirección NO-SE.

El mármol de La Calera es de grano fino y color gris pero muy brechado, aunque cementado por calcita recién formada (foto 5.8). En el lugar existen hornos para calcinar la roca y producir cal, en esta localidad.

No obstante, los principales afloramientos de calizas cristalinas, se encuentran entre la ciudad de Ocotál, (Barrio Santos Duarte) y Apají, al occidente de la ciudad. Las dimensiones de los estratos o cuerpos lenticulares, son desde los dos metros hasta unas decenas de metros, con longitudes desde unos cientos metros hasta un kilómetro.

En Mosonte se encuentran dos pequeños estratos de mármol con espesores de 2 a 4m. el primer afloramiento (en donde hay un horno o calera) está en Mosonte. Otra localidad se ubica a dos Km. al norte de Mosonte, en Cerro El Pencal, muy cerca del contacto con el granito.

Las calizas cristalinas tienen texturas laminares, color gris a negro y grano fino a medio. Su composición es calcita, el grafito y la flogopita son minerales accesorios. Según los análisis químicos, las concentraciones de óxidos secundarios alcanzan hasta el 0.44 % de (MgO, el 0.06 % de MnO) y el 0.25 % de FeO. Se encuentra un mármol negro de grano medio en la localidad de Mosonte con un contenido de 2.46 % de carbón.

### **5.1.2 El Batolito de Dipilto**

El Batolito de Dipilto es el cuerpo ígneo intrusivo conocido de mayores dimensiones en Nicaragua en donde forma la parte más alta de la Cordillera de Dipilto y Jalapa. El resto corresponde a la vecina Honduras (foto 5.9). Existen otros cuerpos intrusivos separadas del batolito, como los que afloran en los alrededores del poblado de San Juan de Río Coco. (Garayar 1971)

La región estudiada se localiza en la parte occidental del Batolito de Dipilto que presenta una forma muy irregular, cubriendo más de 200 Km. cuadrados. Las rocas plutónicas del batolito han intruido a las rocas metamórficas – filitas y varias rocas meta-volcánicas; los contactos son generalmente intrusivos (foto 5.10 y 5.11), pero una gran parte del sur-oeste, fue modificada por la gran falla de “Macuelizo – Aguas Calientes”, de rumbo NO-SE. Sin embargo, en otros lugares algunos de los contactos podrían ser tectónicos; sin embargo predominan los contactos intrusivos, al norte y oeste.

Al Oeste, donde una apófisis del batolito se encuentra por debajo de las rocas metamórficas, el granito aflora en los alrededores de Ococona, en una geomorfología de

valles, como intrusivos aparentemente aislados. Se encuentran también extensos filones de cuarzo blanco lechoso de forma lenticular y mineralización hidrotermal de Cu-Fe en granito. El batolito se encuentra intensamente afectado por una densa y variada red de sistemas de fallas y grietas, con zonas brechadas o rocas milonitizadas con manifestaciones de mineralización hidrotermal.

En el área mapeada las rocas del batolito consiste de varios tipos –granito, granodiorita y diorita (foto 5.12). El granito resulta difícil de reconocer en campo, a causa del intenso tectonismo y sobre todo por el avanzado grado de meteorización. El granito y la granodiorita son rocas muy semejantes, especialmente cuando se encuentran meteorizadas y/o alteradas, por ello su cartografía en mapa geológico, no es tan posible.

- **Granito y granito biotítico**

La roca del tipo granito representa la roca más típica del Batolito de Dipilto y también lo es para el área mapeada (fotos 5.13 y 5.14). Se trata de granito biotítico de grano medio a grueso con cuarzo (35-40 %) y feldespatos como minerales principales como. El feldespato potásico, predomina con un 35 a 50 %, sobre la plagioclasa, (15-25 %) que corresponde a oligoclasa básica (An15-29).

El mineral accesorio principal, es biotita color marrón-oscuro y de fuerte pleocroísmo se encuentra hasta un 10 %; parte de ella es muchas veces convertida a clorita de Fe color verde. La turmalina negra representa, además de la biotita, un segundo componente máfico típico para el granito de Batolito de Dipilto (hasta algún por ciento, foto 5.15), aunque en algunas partes puede faltar totalmente. En sección delgada, es color marrón y forma “manchas” y agrupamientos de cristales milimétricos diseminados en la roca. Se puede ver en sección delgada como un componente tardío, penetrado por una red de vetillas de plagioclasa. Los otros componentes secundarios son los opacos, zircón y apatito.

Un granito biotítico porfirítico de grano grueso y porfiroblastos de feldespatos que alcanzan tamaños de 1 a 4 cm. de longitud, se observan sobre todo en la parte meridional del batolito, en cercanías del contacto de filitas o esquistos.

- **Granodiorita biotítica**

Una roca de granodiorita biotítica con anfíbol de grano medio a grueso y textura ligeramente porfirítica formada por cristales prismáticos de feldespatos (aprox. 45 %) con un significativo predominio de plagioclasa (andesina ácida, aprox. An34) sobre feldespato potásico, y cuarzo (aprox. 35 %). Los minerales oscuros están representados por biotita color

marrón-negro, (hasta 15 %) poco cloritizados y cristales subhedrales a prismáticos de anfíbol verde (algún por ciento). Los componentes accesorios son apatito, titanita y zircón.

Una granodiorita biotítica de grano medio con mineralización hidrotermal de Cu-Fe se encuentra entre Cerro El Arado y el Cerro El Culantro, al occidente de Ococona (248). Composición mineral de esta roca es plagioclasa, (45%) cuarzo, (30%) biotita cloritizada (ambos biotita y clorita, aprox. 20%) y poco anfíbol (1%), calcopirita (hasta 2%) poca malaquita, pirrotina (1%), epidota y moscovita accesoria. Las componentes opacos son titanita, zircón, apatito.

- **Diorita**

Una roca de diorita anfibólica y biotítica. color gris-oscuro forma cuerpos irregulares de algunos cientos de metros hasta unos kilómetros en diámetro, se encuentran en los lugares de Cerro Las Minas, Guanacaste y Sitio El Junquillo (entre Macuelizo y Rodeo Grande).

La roca (248) tiene grano tamaño fino a medio (0.1-1mm.) y una textura porfirítica holocristalina con cristales euhedrales de plagioclasa - oligoclasa (aprox. 60%) a –andesina (An 40-41), cuarzo (aprox. 20%), biotita (aprox. 10%) color marrón-oscuro y anfíbol verde, (aprox. 10%), ambos con intenso pleocroísmo. Otras componentes son con frecuencia intersticiales , son pirrotina (hasta 1%,) incluido en minerales máficos, menos abundantes son titanita, apatito y zircón.

- **Roca de diques**

El batolito se encuentra cortado por diques de aplita granítica, en cambio es poco común encontrar diques de pegmatita. Se encuentran diques de rocas intrusivas básicas, especialmente andesitas de edad Terciario, a veces orientadas con direcciones de fallas y grietas importantes, en longitudes hasta de algunos cientos de metros y anchos de decímetros hasta de 1 a 2 metros.

Se presentan muchos filones de aplita y cuarzo con turmalina en corte de camino de Mosonte a la Cordillera de Dipilto, especialmente entre la Loma Las Minas y el lugar Ojo de Agua (foto 5.15). Los cristales de turmalina son color negro, pero en el microscopio se puede ver una zonación concéntrica con pequeños núcleos gris-azul y un ancho margen ancho de color marrón.

- **Aplitas y pegmatitas**

La aplita es color gris-claro y de grano fino y su espesor aplita varía desde algunos centímetros a menos de un metro. Es una mezcla de cuarzo y feldespato y con frecuencia cristales o manchas de turmalina negra.

La pegmatita se presenta en el Batolito de Dipilto sólo en unos lugares, mezclada solamente con cuarzo y feldespato gruesos con espesores hasta de un metro, la formación de cavernas con cristales son muy raras. La pegmatita con cristales prismáticos de turmalina negra de algunos centímetros de largo y hasta 15 milímetros de ancho se observan en San Fabián, en la Carretera Panamericana, al norte de Ocotál (foto 9.16).

Una intrusivo grande de basalto aflora dentro del cuerpo granítico a unos 10 kilómetros al oeste de Ocotál, siguiendo una dirección Norte-Sur, a lo largo de aproximadamente 900m hasta la cima del Cerro Las Guayabas. Se observan xenolitos de rocas metamórficas, el de mayores dimensiones, algunos cientos metros, se encuentra en el lugar Las Trancas, unos 6 Km. hacia el norte de Mosonte. La abundancia de xenolitos se ha observado en zonas de contactos complejos del occidente, en los alrededores de Ococona.

### **Condiciones y grados de meteorización**

Los cambios en la composición y textura de las rocas graníticas por acción del intemperismo, ha sido generalmente intenso y bastante profundo. Normalmente la roca en el afloramiento muestra un aspecto y consistencia arenosa con granos friables de cuarzo, feldespatos y láminas de biotita poco alteradas.

Se encuentran extensas zonas (alrededores de los caseríos Ojo de Agua, El Horno, El Encino, las fincas San José y La Argentina, en la Comarca La Laguna, las montañas al oriente de Dipilto) en donde la roca de granito está totalmente meteorizado y/o alterados, con minerales de feldespatos convertidos a caolín. Por el contrario, el lecho de casi todos los ríos en los valles profundos están formados por roca de granito fresco o muy poco alterados (foto 5.14).

### **5.1.3 Formación Totogalpa**

Este nombre fue introducido por Del Guidice, (1957) en razón de los sedimentos gruesos expuestos en el poblado de Totogalpa y sus alrededores. Según Williams y McBirney, (1969) su edad es Oligoceno a Mioceno Medio. Estos sedimentos se encuentran solamente en el Sur en el territorio estudiado, formando una franja de dirección oeste a este, entre Macuelizo y el lugar Loma El Porvenir. Se observan también sobre la Carretera Panamericana en el límite del territorio. Su buzamiento es por lo común al NE, entre 0-30° de inclinación

Esta formación geológica suprayace en discordancia con filitas, y por debajo de ignimbritas del Grupo “Somoto” formando grandes mesetas en alrededores de los pueblos de Mesas Alcayán, Ocote Seco y El Portillo y su espesor alcanza hasta unos cientos metros.

Se trata de bancos de conglomerados color rojo con intercalaciones de areniscas del mismo y de grano grueso a fino, con espesor de centímetros hasta varios metros. La forma y composición de los fragmentos que forman estos conglomerados son subangulares, de cuarzo blanco y su origen es metamórfico, de filitas sericíticas meteorizadas, y clastos subordinadas de rocas volcánicas, sobre todo andesitas.

La matriz está formada por granos de cuarzo cementados por sílice coloidal, carbonatos y óxidos de hierro. Las grietas que se originan en los lugares (entre Loma El Porvenir al Río Coco) son las llamadas “torres de piedra”.

### ***Vetas y filones de cuarzo***

El mineral de cuarzo blanco se encuentra con frecuencia en forma de lentes o vetillas (foto 5.17) discontinuas dentro de filitas y como clastos en la Formación Totogalpa. Muchos pequeños filones de cuarzo blanco se encuentran dentro de las rocas metamórficas y en el Batolito de Dipilto, también como cuarzo brechado color rojo debido a lavado de hematita, acompañan a algunas fallas, sobre todo al occidente del territorio, al norte de Ococona.

Unos extensos cuerpos lenticulares de cuarzo blanco se hallan en una zona de montaña, entre Ococona y El Culantro. Estos lentes se localizan en “sobre” metamórfica y también en las partes más superiores del batolito. Se trata de filones de cuarzo blanco masivo y homogéneo, de grano muy grueso y prácticamente sin ningún tipo de cavidades. Se asume que su espesor máximo podría alcanzar los 20 a 50?m. y longitudes desde 100 hasta unos cientos de metros.

Dos filones localizados en su parte más septentrional, en la Cuesta de Cerro El Culantro son de dimensiones aproximadas a 80 x 20m. Se trata de cuarzo brechado y cementado por óxido de hierro. Otros lentes, incluido el más grande, se encuentran a un Km. al occidente de Cerro El Arado, están formados por cuarzo bastante puro, poco brechado, sin óxidos de hierro. Probablemente, existen otros cuerpos filonianos de cuarzo mas allá del area de estudio, hacia el occidente.

#### **5.1.4 Rocas terciarias**

Rocas volcánicas del edad Terciario y de composición ácida afloran en límites del Sur y Suroeste del área estudiada. Más hacia el Norte no fueron documentados, parece que en el

sector de secuencias metamórficas, plutónicas y sedimentarias no se encontraban primariamente y dicha área ya estaba fuera de alcance de volcanismo caldérico silíceo.

En la cresta del Cerro Marimacho (PdeR 35) afloran las ignimbritas del color gris-blanco, claro, del grano fino, de composición riolítica. Estructura es homogénea, tiestos minutos del vidrio todavía quedan frescos, además la roca contiene fragmentos de feldespatos, plagioclasas, cuarzo y biotita. Ignimbritas en relictos aislado cubren las filitas subyacentes.

Roca análoga que aflora en PdeR 34 manifiesta la estructura vitroclástica bien desarrollada, tiestos sin recristalización, contiene fragmentos de pómez de apariencia fresca. Fragmentos de fenocristas se presentan por anfíbolo y plagioclasas, dentro de los de rocas predominan sedimentos rojos de Fm. Totogalpa. Roca tiene la composición dacítica, quizás debido que el grado de silicificación secundaria no ha alcanzado todavía al nivel más avanzada (Tab. en Capítulo Geoquímica).

Ignimbritas riolíticas fueron documentadas también en PdeR 108 y 135 (Tab. en Capítulo de Geoquímica). En ambas muestras el grado de desvitrificación es bajo, estructuras originales se preservaron bastante bien. Las rocas podemos comparar con las de parte superior del Grupo Somoto de afloramientos vecinos. en el Sur (Oligoceno-Mioceno). Ignimbritas riolíticas prevalecen, por ausencia del cuarzo pasan a las dacitas.

En la parte SE del área documentamos las rocas dacíticas intrusivas, que son intensivamente silicificadas y por esto forman los escarpamientos rocosos, resistentes a la erosión. En el PdeR 71 la roca tiene color gris-amarillo, es homogénea, muy dura y desintegra en bloques. Usualmente la silificación afecta toda la roca que en realidad semeja a las cuartzitas. En detalle microscópico predomina el mosaico del cuarzo con relictos de plagioclasas. Silicificación avanzada a veces origina la estructura brechosa de la roca.

Roca intrusiva de riolita está representada por la muestra de PdeR 39. Afloramientos en parte sur del área estudiada son aislados, forman partes de un cuerpo intrusivo en la profundida. Roca es de estructura homogénea, del color gris-verdoso, dura. Feldespatos son bien caolinizados, fenocristas prominentes forman las plagioclasas, el cuarzo se encuentra en granos. Anfíbolo es muy fina.

Presencia de masicoz volcánicos en la perifería de acumulaciones regionales de ignimbritas e intrusiones ácidas del edad Terciario puede ser explicado sea por actividad tectónica (el bloque norteño relativamente subido) o sea, por la ausencia primaria del volcanismo regional, es decir, la actividad de calderas del volcanismo silíceo se terminan en este borde creado ya por tectónica antigua. En periferias de las calderas extensas se

manifestaron las intrusionés en fallas circulares y de esta manera, cesaron la actividad volcánica de este tipo, para largo tiempo.

### **5.1.5 Sedimentos cuaternarios**

#### **Gravas y arenas (hológeno)**

Las arenas y gravas llenan los cauces y lechos aluviales de los flujos actuales. Desarrollados son llanuras aluviales de los ríos Coco, Macuelizo, Dipilto, Mosonte, etc. y llanuras aluviales menores de los arroyos. De aspecto de la energía alta del relieve, predominan las gravas con contenido menor de arena. De aspecto corte erosivo grande de los ríos Coco y Macuelizo, llanuras aluviales de las ambas son relativamente estrechas y con frecuencia los cauces son erosionadas hasta el basamiento rocoso. (río Macuelizo sobre pueblo Macuelizo, Río Mosonte sobre El Sonzapote o Dipilto cerca de Los Manos. El tamaño de los guijarros es en promedio 20-30 cm, algunos tienen eje longitudinal mas que 50 cm. La potencia de los sedimentos fluviales oscila en decenas de metros. Localmente se preservaron las arcillas y arenas de inundaciones (sobre Mosonte cerca de La Hurte o en Río Coco cerca El Porvenir). Durante de tiempo seco igualmente estos sedimentos contienen la agua con corriente subterráneo.

En algunos lugares, donde la curva de erosión se modifica con impetuosidad o en transpóso el río para aluvio amplio se forman los conos de deyección pequeños. De razón que las gravas y arenas aluviales contienen poco de arcilla son bien usable como material de construcción y en algunos lugares se explotan. El agua subterránea que corre dentro de dichos sedimentos durante del tiempo seco representa único reservo de agua para todas las grandes áreas.

#### **Las gravas y arenas aluviales**

Estos sedimentos son bien desarrollados en la area estudiada. Forman sobre todo los restos de relleno policiclico de la depresión de Ocotál de gran potencia. Son representados sobre todo por las gravas semiangulares con arena y arena arcillosa. Predomina una sedimentación caótica, algunas veces alteran estratos de las gravas y arcillas parcialmente seleccionadas. Contenido de arcillas es alto y sube hasta 20%. Se propone, que los sedimentos se formaron por flujos torrenciales en la forma de los conos de deyección amplos. Composición de los conos respecta la litología y grado de meteorización dentro de área de desagüe. Este relleno aluvial de depresión de Ocotál probablemente se originó durante del

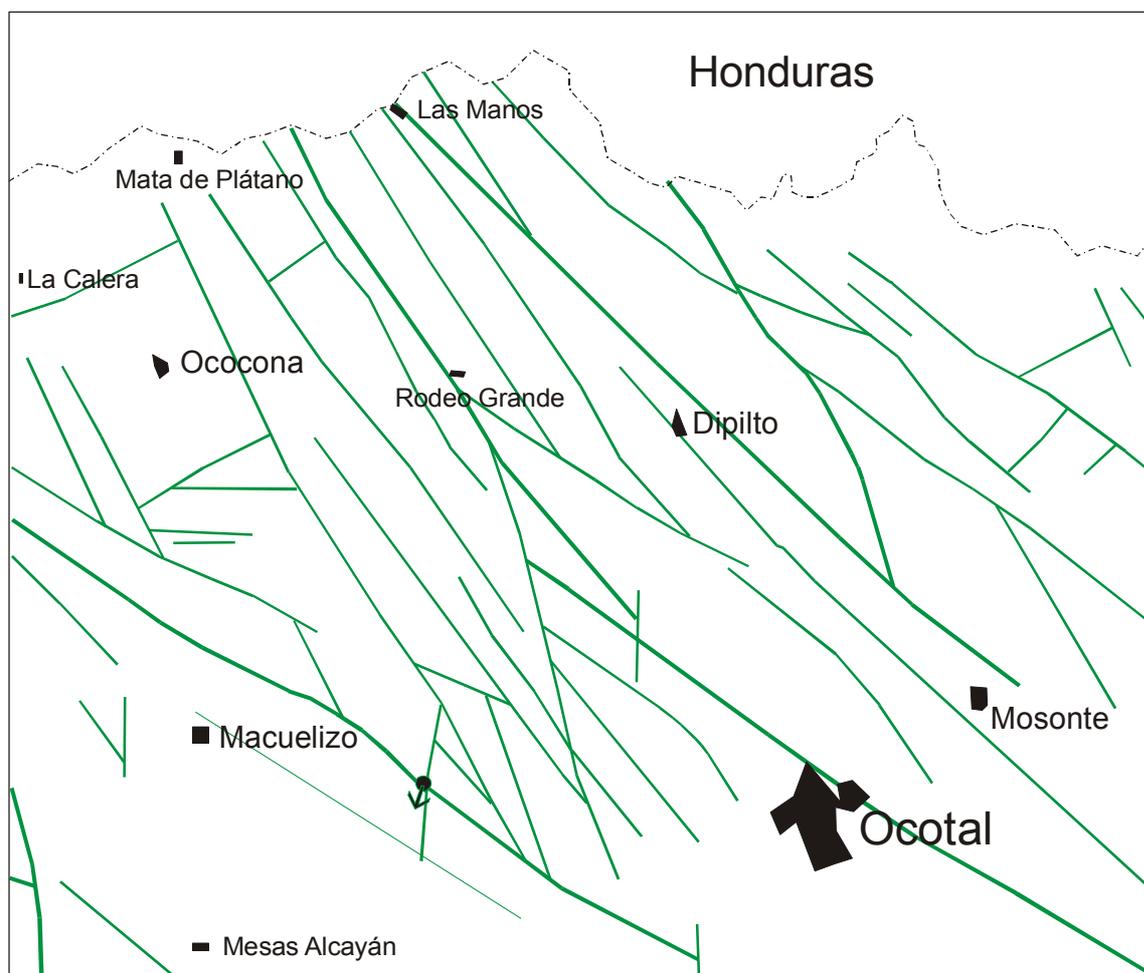
Pleistoceno, porque ahora ya se encuentra fuertemente denudada (más informaciones en el capítulo 4. Desarrollo del relieve).

### Los gravas y arenas fluviales (Pleistoceno)

En los valles erosivos de los ríos Coco y Macuelizo se preservan los restos pequeños de las terrazas del río con el material mucho más seleccionado y con grava angular, éste tiene contenido de arcilla más baja. Dichos lugares se encuentran al oriente de Macuelizo en el desembocamiento de Río Coco cerca El Porvenir (Tres Señoras), cerca Las Camellas, al borde de la ciudad Ocotal, cerca Río Grande y Aguada. Dimensiones de estas terrazas y potencia son pequeños

## 5.2 Tectónica

Dibujo 5.2 Esquema tectónico



La dirección principal de las partes de las rocas cristalinas es nororiental – suroccidental. Está marcada por la foliación metamórfica, que probablemente de la parte grande corresponde con la estratificación primaria. Este fenómeno se observa bien sobre todo

en las estratas de esquistos verdes y las calizas cristalinas. En las cercanías de Ocotál (area de las rocas variedades de Formación Nueva Segovia) buzán las estratas con ángulos 20-30° , sobre todo al nororiental y de razón de plegamiento localmente (por ejemplo cerca Mosonte) también buzán al noroccidente. En la parte occidental los inclinaciones de foliación son 60 – 80° y parcialmente se deforman también al contacto con el cuerpo plutónico.

En la area mapeada existe una cantidad de las fallas, que podemos determinar sobre las direcciones predominantes y por la importancia geológico – regional para :

- fallas y complejos de fallas de dirección noroccidental-suroccidental
- fallas de dirección norte - sur
- fallas de dirección nororiental - suroccidental
- fallas de dirección oriente – occidental

### **5.2.1 Fallas y complejos de fallas noroeste – suroccidental hasta sursur occidental – nornororiental**

Se observan en toda la area mapeada exepto de parte suroccidental las vetas pequeñas de rocas volcánicas sobre todo andesitas, que tienen direcciones predominantes de 120-135 °. Esto significa carácter de extension de estas estructuras que tienen el vector de distanción nororiental – suroccidental, generalmente vertical por las estructuras. El fallamiento más importante con dirección noroccidental – suroriental corta la parte suroccidental de la hoja y para la aréa El Porvenir proponemos nombre „falla Macuelizo – Aguas Calientes“. Esta falla tiene importancia regional y generalmente separa el pluton Dipilto en nororiental de las rocas metamorfisadas de Formación Nueva Segovia en suroccidente. En cruzamiento de esta falla con la otra de dirección norte – sur cerca de pueblo Agua Calientes, 9 km oeste de Ocotál hay un fuente termal. Otra falla paralela corre 10-12 km más sur, en la area norte de Somoto de Yalacaguina al suroriental en dirección para la Carbonera (en el mapa es nombre falto El Cairo) en noroeste. Cerca de San José (carretera de Icalupe) por una falla más joven de dirección norte – sur es movido 2,2 km al norte y continua (afuera la area mapeada) al noroccidente para Icalupe (véase el mapa geológico de cercanía de Somoto, Žáček et al 2004). Ambas las fallas tienen los hundimientos nororiental estructuralmente más profundos y dividen el area mapeada (Somoto, Ocotál) para tres bloques estructurales :

1) Bloque suroccidental (solamente en la oja Somoto) continua solamente a las rocas volcánicas de grupos Matagalpa y Coyol

2) En la parte central entre ambas fallas (en ambas hojas Somoto y Ocotál) afloran en la base las filitas cubiertas por los sedimentos clásticos de formación Totogalpa y localmente volcanitas del grupo Matagalpa. Como los más superiores se observan restos de las ignimbritas del grupo Coyol.

3) Estructuralmente el más profundo es bloque nororiental de falla Macuelizo – Aguas Calientes con las volcanitas del macizo Dipilto y con metamorfitas de Formación Nueva Segovia.

Entre la falla Macuelizo – Aguas Calientes y las montañas pasa en direcciones noroccidental- suroriental hasta nornoroccidental – sursuroriental un sistema de fallas. Tiene como mínimo la anchura 15-20 km, pero es muy probable, que las fallas se encuentran también al oriente de la área mapeada en el dirección de Cordillera de Dipilto – Jalapa. La mayoría de las fallas tiene dirección „del Río Dipilto“ y son importantes en morfología y determinan las direcciones de los valles pequeños (foto 5-3), para cercanía de las fallas es típica fragmentación hasta trituración de las rocas, localmente acompañada por vetas del cuarzo y pirita dimesiada. En algunas fallas se observan (también en el tiempo seco) fuentes pequeños de agua. En la estructura y construcción geológica las fallas de dirección noroccidental – suroriental hasta nornoroccidental – sursuroriental se demuestran como las fallas con el movimiento horizontal de algunas centenas metros hasta algunos km. Occasionalmente pasan por estas fallas las vetas pequeñas sobre todo de andesitas (foto 5-18). Una falla expresiva con movimiento horizontal más que 1 km pasa de Cerro de Ayote (entre Mata de Plátano y Las Manos) por Rodeo Grande: después de interrupción continua através la parte norte de Ocotál y Barrio Sandino para Cerro Guaraza en parte suroriente de hoja. Geomorfologicamente expresiva es „falla Dipilto“ que pasa de Las Manos al noroccidente para Dipilto y después para la área La Huerta al norte do Mosonte.

### **5.2.2 Fallas de dirección N-S**

Las fallas de dirección N-S no son muy abundantes y en mayoría casos son posteriores a fallas de dirección NO-SE. La falla de este sistema más expresada de punto de vista

geológico se observa al Norte de Llano Cuchilla Larga al Oeste de Mesas Alcayacán. Brecha tectónica de espesor 50-200 m, contiene las escamas de rocas de F. Totogalpa, filitas e ignimbritas, aflora en los cortes de carretera de Somoto a Icualepe. Se trata de falla dextral con importante componente vertical. La falla de importación regional de sistema NO-SE (ver mapa geológica de alrededores de Somoto, Žáček et al., 2004) fue trasladada por esta falla aproximadamente 2 200 m más al Norte y el bloque oriental fue elevado por lo menos unos cientos metros a contra del occidental. Algunas fallas de alrededores de Macuelizo son acompañadas por la trituración y mineralización Ag-Au, en algunas lugares antes excavada. Muy importante de sistema N-S es falla cerca de Aguas Calientes con manantial de aguas termales en cruce con falla de dirección NO-SE y con extrusión del basalto en el tope de loma Cerro la Guayabas. Cerca de Aguas Calientes está acompañado con brecha tectónica de cuarzo cavernoso con hematita y limonita de espesor más que 10 m.

### **5.2.3 Fallas de dirección NE-SO**

Las fallas de este sistema fueron parcialmente comprobadas a base de la evaluación de fotos aéreas y a la vez verificadas por las exploraciones en el campo como sistemas de la grietas o zonas trituradas, llenadas por el cuarzo cavernoso en el parte con limonita y espesor hasta unos metros. Unas diques de volcanitas encontradas podría indicar el régimen de extensión. Zona triturada con cuarzo cavernoso aflora en el corte de carretera 1 km al S del El Zarzular.

### **5.2.4 Fallas de dirección O-E**

Las fallas de este sistema fueron comprobadas principalmente a base de la evaluación de fotos aéreas. Se trata de las fallas de importancia local, los cuáles no separan las unidades litoestratigráficas importantes y vinculadas principalmente a la zona entre Macuelizo y Ococona en la parte occidental de al área mapeada.

## 6. Geoquímica

Para la característica geoquímica tomamos en la hoja Ocotal 9 muestras de las rocas oristalinas y 5 muestras de las rocas volcánicas de edad terciario. Los datos obtenidos presentamos en las tablas N° 6-1,2 (rocas oristalinas ?) y N° 6-3,4 (rocas volcánicas).

Todos los análisis fueron realizados en el laboratorio acreditado del Servicio Geológico Checo (ČGS), en Praga – Barrandov.

Los análisis de laboratorio son siguientes: homogenización, determinación de análisis complejos de silicatos y oligoelementos por el método de fluorescencia: Roentgen – Fluorescente análisis (RFA) y la determinación de la concentración de los elementos del Grupo de Tierras Raras por el método de Espectometría de Masa Induscamente-Plásmatica (ICP-MS). El estudio geoquímico en el capítulo de Babůrek (in Hradecký-Novák et al. 2004) en la Informe sobre la hoja Somoto.

Rocas cristalinas (Formación Nueva Segovia) forman la parte mayor de la hoja mapeada. Las rocas metamórficas las dividimos por los dos unidades: la monótona formada casi completamente por filitas y la segunda variada, donde predominan metabasitas con melavolcanitas, filitas y marmoles. En total tomamos 5 muestras de las rocas ?cristalínicas?, 2 muestras de marmol, 2 esquistos verdes y una de ftanita. De punta de vista de estudio estadístico es la cantidad de las muestras pequeña pero en relación con el informe del año pasado dan una información compleja sobre el contenido químico de Formación Nueva Segovia. En marco de la informe del año pasado fue analizado 10 muestras y junto con las nuevas son, en total, 19 muestras con análisis complejo.

Las filitas no se analizarán ahora, porque fueron estudiados en marco de hoja Somota y también por su meteorización fuerte. Pero se analizó la muestra de ftanita (P.de.R. N° 330) que se origino de filita en zona del contacto con granita. Según Babůrek (in Hradecký-Novák et al.2004) el químisimo de las filitas corresponde tanto al químisimo de los depósitos pelíticos primitivos como al de areniscas del tipo arcosa. Porque en lo mismo tiempo como sedimentación de las pelitas existía el volcánismo, una parte de las rocas filíticas probablemente contiene material de origen volcánico.

Quimismo de ftanita es un poco distinto en comparación con 4 muestras de filita de hoja Somoto. En comparación con filitas, ftanita contiene cantidad un poco baja de SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>O y al contrario contenido de FeO, CaO y Na<sub>2</sub>O más alto.

En la hoja Ocotal tomamos 2 muestras de rocas metavolcánicas, que integran las informaciones obtenidos de 3 muestras tomadas en la hoja Somoto. Dos muestras nuevas son

completamente distintos por petrografía y por geoquímismo también; una tiene la composición ácida, la segunda al contrario muy básica. Según los diagramas de clasificación TAS (Cox et al. 1979, fig. 6-1 y Middlemost 1994, fig. 6-2) pertenece la muestra de P.de R. 204 al proyección de traquita (y las rocas intermediales) y segunda de P.de.R. N° 273 al campo de basalta (y las rocas basicas). Pero ambas pertenecen dentro de las rocas subalcalinas y según diagrama AFM dentro del grupo calcareo-alkalino (fig.6-3). Pero la otra diagrama (Jensen 1976, fig.6-4) ordena la primera muestra dentro riolita. Según relaciones entre R1-R2 (De la Roche (1980, fig.6-5) son proyecciones en las ambos extremos opuestos de diagrama. Uno esta en campo de traquifonolita el otro al fin en campo de las rocas picriticas. De razón de diferencia tan grande entre las ambas muestras caen sus proyecciones con frecuencia dentro de los campos distintos, típicos para la posición tectónica del volcanismo. Según Babůrek (in Hradecký-Novák et al. 2004) „las rocas metabazicas tienen quimismo de los basaltos subalcalinos“. Según la diagrama de discriminación las rocas caen al campo de las islas oceánicas, las marcas son típicas para volcánico toleítico del fondo oceánico y las islas oceánicas. Los análisis de las tierras raras de ambas hojas demuestran, que las metavolcanicas básicas de Formación tienen relativamente las curvas normalizadas relativamente llanas, que corresponden con las tholeítas del fondo oceánico o islas del océano respectivamente. Documentan el volcánismo del manto oceánico en el territorio de Nicaragua. Al Contrario la muestra de roca metavolcánica acida tiene una anomalía de Europio significativa (véase fig. 6-6), lo que testimona, que los metavolcanitos ácidos en el marco de desarrollo de Formación Nueva Segovia son más jóvenes en comparación con los tipos básicos.

Los analisis de dos muestras de marmol indican que marmoles contienen poca cantidad de los elementos no calcareos, también SiO<sub>2</sub> (1,13 y 2,07%), MgO (0,44 a 0,33). Los contenidos de CaO (54,07 y 51,85%) y CO<sub>2</sub> (49,92 y 40,87), documentan que marmoles son relativamente puros (véase tab. 6-1). Los contenidos bajas de MgO documentan una metamorfosis débil que no provoco dolomitización.

De granitas tomamos 4 muestras. No es mucho para estudio estadístico, pero son las primeras informaciones sobre químismo complejo de estas rocas.

Según el diagrama TAS (Cox et al. 1979, fig.6-7) caen 3 muestras al grupo de granita y el cuatro al grupo de cuarzdiorita (granodiorita). Según el diagrama de clasificación de Middlemost (1994, fig.6-8) dos muestras caen al grupo de granita, la tercera esta en límite con granodiorita y el último dentro del campo de granodiotita.

Los digramas R1 – R2 (De la Roche 1980, fig 6-9 y Batchelor – Bowen 1985, fig 6-10) indican mevemente de 2 nuestras caen al campo de granita (P. de R. 300y 361), tercera está en campo de granodiorita y la última para campo de tonalita y que carácter genético de granitas es *Syn-collision*, mientras ambas granitoides más básicos son *Pre-plate Collision*. Estos resultados corresponden bien con las observaciones en campo y con desarrollo clásico de los plutones – que significa que como primeros se forman granitoides más básicos y al fin los granitos. Pero todos los granitoides tienen contenido de aluminio poco más bajo y entonces pertenecen al grupo de *Metaluminous granitoide* (Strand 1943, fig 6-11). Al fin podemos decir, que los granitoides forman una línea desde las rocas intermediales hasta rocas ácidas. Como es normal dentro de esta línea suben los contenidos de SiO<sub>2</sub> y alcalinas y baja contenido de los elementos básicos, por ejemplo FeO, MgO y CaO.

**Según de contenido de los elementos de las tierras raras y las curvas normalizadas se puede concluir:**

- los granitoides más básicos y más viejos tienen las curvas relativamente llanos
- granitas jóvenes tienen anomalía de Eu expresiva

Esto coincide bien con el desarrollo „clásico“ de cámara magmática.

*Fig. 6.1: Diagrama de clasificación TAS: Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> (Le Maitre, 1989)*

*Fig 6.2: Diagrama de clasificación TAS: Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> (Cox et al, 1979)*

*Fig 6.3: Diagrama Alk.-FeO<sub>T</sub>-MgO (Irvine, Baragar, 1971)*

*Fig 6.4: Kationt diagrama Al-Mg-Fe+Ti (Jensen, 1976)*

*Fig 6.5: Diagrama de clasificación R1-R2 (De la Roche, 1980)*

*Fig 6.6: Spider-gram de chondrito REE*

*Fig 6.7: Diagrama de clasificación TAS: Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> (Cox et al, 1979)*

*Fig 6.8: Diagrama de clasificación TAS: Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> (Cox et al, 1979)*

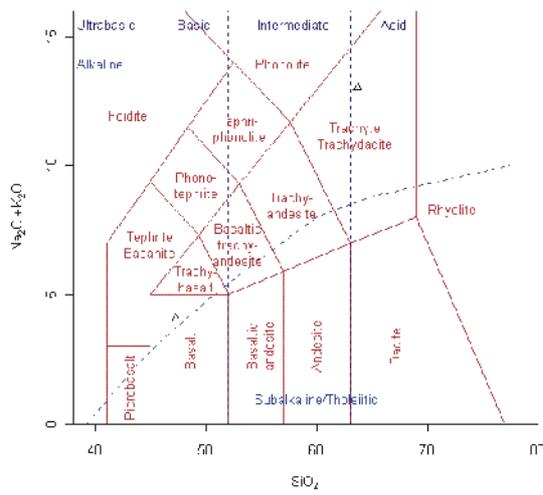
*Fig 6.9: Diagrama de clasificación R1-R2 (De la Roche, 1980)*

*Fig 6.10: Diagrama tectónica (Batchelor, Bowden, 1985)*

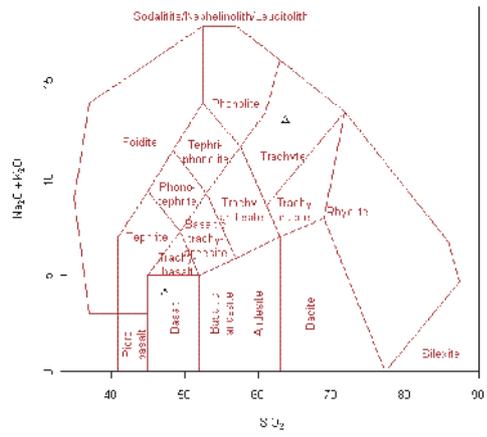
*Fig 6.11: Diagrama A/CNK – A/NK (Shand, 1943)*

*Fig 6.12: Diagrama de clasificación R1-R2 (De la Roche, 1980)*

6-1

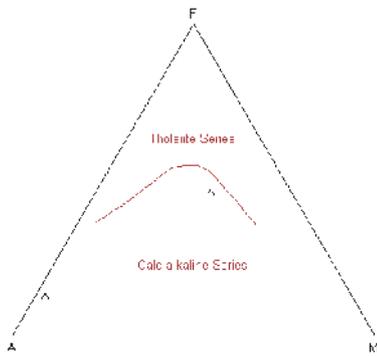


6-2



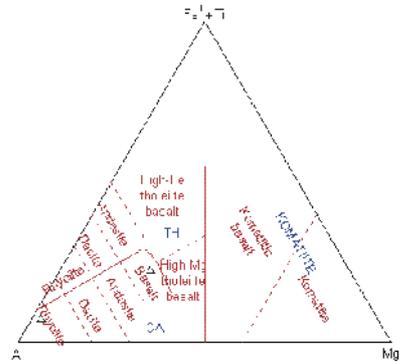
6-3

AFM diagram



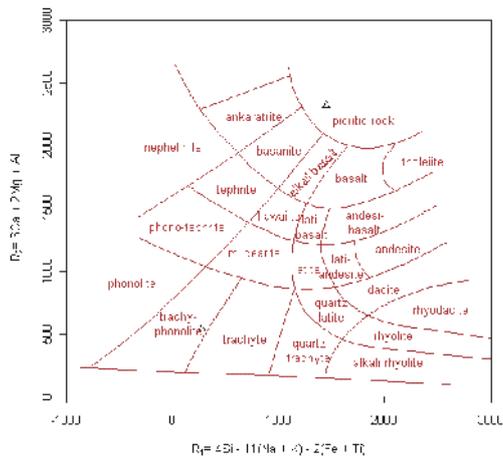
6-4

Jensen cation plot



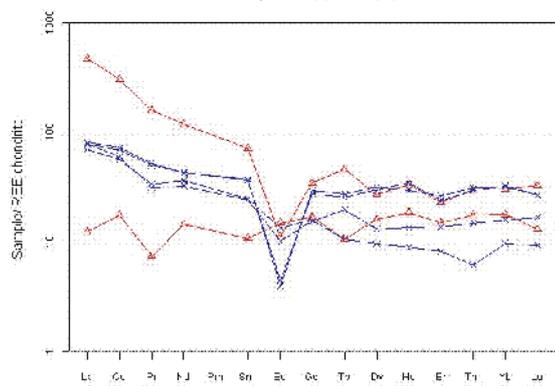
6-5

De la Roche

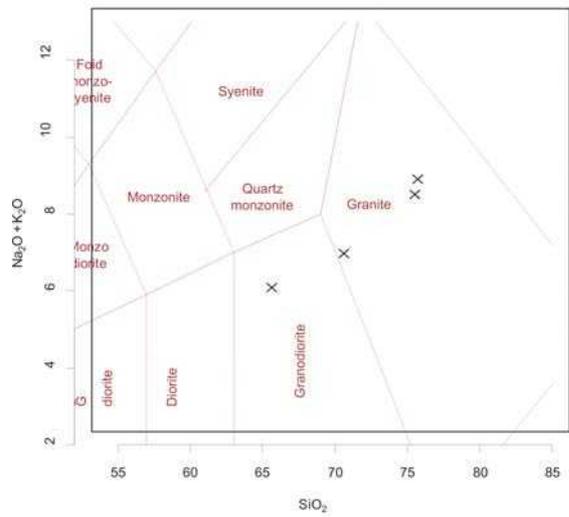


6-6

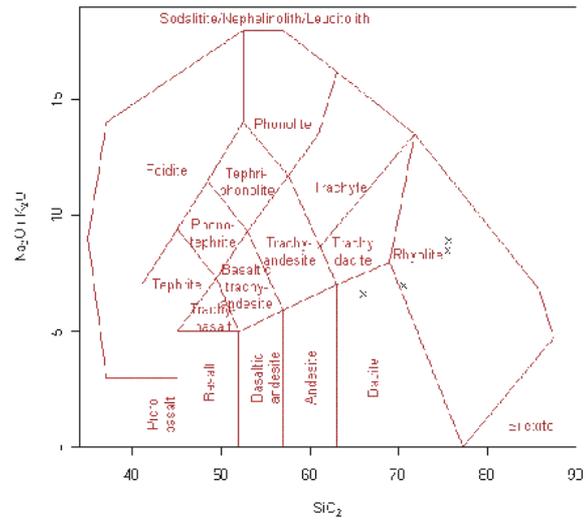
Samples 2, 3, 4, 5, 7, 8



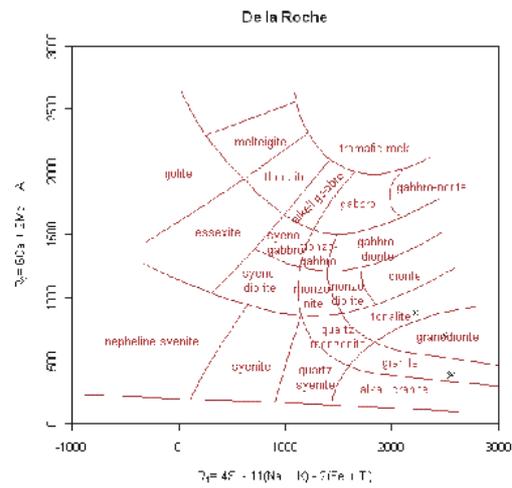
6-7



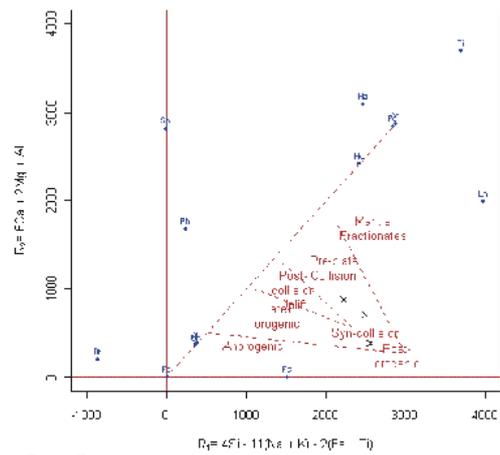
6-8



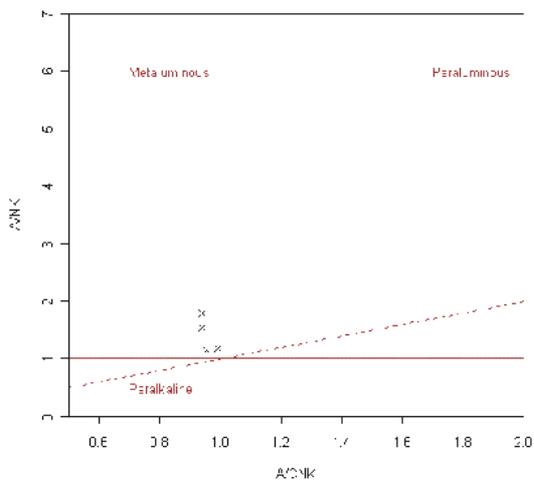
6-9



6-10



6-11



6-12

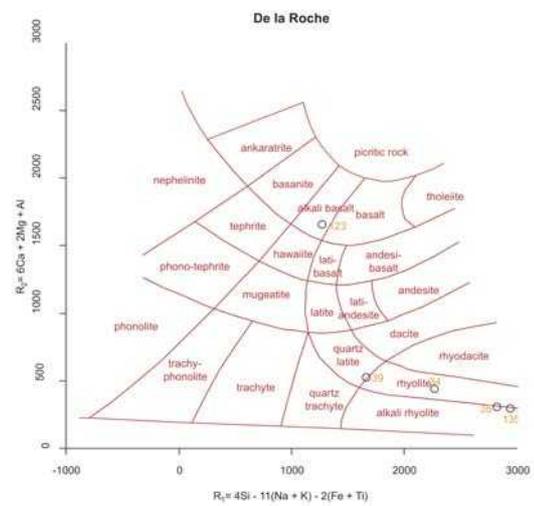


Tabla 6-1 Main elements

No. anal	Doc. point	Geol. unite	Rock	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	SrO
1		3 N. Segovia	marmor	1.13	0.03	0.38	0.14	0.12	0.062	0.44	54.07	<0.005
2		204 N. Segovia	green shist	61.19	0.25	18.19	2.09	1.81	0.091	0.43	1.51	0.057
3		238 M. Dipilto	tonalite	68.93	0.50	14.47	0.98	2.10	0.077	1.35	3.33	0.005
4		248 M. Dipilto	tonalite	63.68	0.68	15.93	1.95	3.18	0.085	1.83	4.47	0.029
5		273 N. Segovia	green shist	46.29	1.37	15.87	0.91	8.15	0.232	5.70	16.15	0.054
6		283 N. Segovia	marmor	2.07	0.03	0.69	0.02	0.20	0.071	0.33	51.85	0.039
7		300 M. Dipilto	granite	74.17	0.22	12.73	0.40	1.21	0.046	0.36	1.10	0.079
8		330 N. Segovia	hornfels	55.71	1.57	15.55	1.71	6.84	0.180	1.83	4.01	0.007
9		361 M. Dipilto	granite	74.46	0.16	12.57	0.41	0.94	0.026	0.19	1.19	0.051

BaO	P2O5	Li2O	Na2O	No.	K2O	CO2	S-sum	Sekv	H2O+	H2O-	F	Fekv	Sum
<0.005	0.043	<0.001	0.04	1	0.11	42.92	0.007	<0.002	<0.005	0.09	0.029	<0.012	99.46
<0.005	0.035	0.001	6.73	2	5.81	0.71	0.008	<0.002	0.63	0.12	0.036	<0.015	99.72
0.010	0.088	0.010	3.54	3	3.28	0.02	0.008	<0.002	0.91	0.13	0.057	<0.024	99.80
0.053	0.155	0.008	3.54	4	2.79	<0.01	0.005	<0.001	0.88	0.18	0.055	<0.023	99.61
0.083	0.173	0.007	3.63	5	0.38	0.05	0.009	<0.002	2.10	0.13	0.051	<0.021	99.48
<0.005	0.084	0.001	0.03	6	0.22	40.87	0.001	0.000	0.26	0.05	0.034	<0.014	99.31
0.222	0.050	0.019	3.21	7	5.13	0.14	<0.005	0.000	0.74	0.05	0.118	<0.050	99.99
0.030	0.620	0.006	6.14	8	1.93	1.26	0.008	<0.002	2.03	0.17	0.112	<0.047	99.73
0.061	0.038	0.004	2.70	9	6.07	0.38	<0.005	<0.001	0.52	0.09	0.043	<0.018	99.92

Tabla 6-2 Trace elements and REE

No anal.	Doc. point	Geol. unite	Rock	As	Co	Cr	Cu	Mo	Nb	Ni	Pb
1		3 N. Segovia	marmor								
2		204 N. Segovia	green shist	<1	<5	3	10	<1	238	4	6
3		238 M. Dipilto	granodiorite	<1	6	25	5	<1	11	7	6
4		248 M. Dipilto	tonalite	<1	11	11	12	<1	7	6	3
5		273 N. Segovia	green shist	46	25	290	8	<1	14	115	7
6		283 N. Segovia	marmor								
7		300 M. Dipilto	granite	6	<5	9	6	<1	16	10	13
8		330 N. Segovia	hornfels	<1	<5	<2	5	<1	94	8	<2
9		361 M. Dipilto	granite	2	<5	8	7	<1	14	8	15
No anal.	Rb	Sn	Sr	U	V	Y	Zn	Zr	La	Ce	Pr
1											
2	95	3	40	6	<10	46	111	835	145.3	245.2	19.4
3	107	<2	239	<2	30	25	66	117	24.1	48.8	3.8
4	83	<2	433	<2	98	16	85	135	21.4	45.9	4.1
5	17	27	319	<2	293	90	90	89	3.8	14.1	0.9
6											
7	263	4	52	6	19	53	54	122	25.1	58.8	6.4
8	41	<2	398	<2	23	52	136	467	69.2	144.3	17.1
9	176	<2	49	7	<10	56	30	107	24.3	56.0	6.1
No anal.	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
1											
2	70.3	13.89	0.81	8.94	2.18	8.73	2.39	4.84	0.97	6.31	1.05
3	19.4	4.74	0.74	4.01	0.93	4.21	0.96	2.86	0.48	3.32	0.54
4	21.7	4.77	0.99	4.09	<0.70	3.09	0.64	1.72	<0.30	2.02	0.30
5	8.6	2.10	1.09	4.36	<0.70	5.17	1.34	3.17	0.57	3.74	0.42
6											
7	25.9	7.11	0.33	7.11	1.21	9.60	2.46	4.98	0.96	6.76	0.86
8	68.7	15.66	4.68	12.82	1.37	10.92	2.31	5.59	0.93	5.65	0.95
9	25.6	7.24	0.29	7.64	1.29	10.11	2.12	5.51	1.00	6.63	0.86

## 7. Hidrogeología

### 7.1 Introducción

La zona estudiada representa del punto de vista geomorfológico el terreno montañoso con relativamente grandes diferencias en la altura (más de 1 km) entre la llanura del carácter de acumulación en los alrededores de la ciudad Ocotal y las montañas en la parte norteña. El pico más alto de la zona es el Cerro Chachagua con sus 1903 m sobre el nivel del mar. El lugar más bajo representa el nivel del río Coco (cca 550 m s.n.m.) en la zona cuando abandona el territorio.

Aguas de la zona apuntada en el mapa están desaguadas por el río Coco con sus subafluentes Macuelizo, Da Jagua, Dipilto, Quisuil etc. al Mar Caribe. Caudales de los ríos son caracterizados por valores variados en la dependencia de la temporada y en actualidad no se monitoran (datos son conocidos desde 1993) excepto el río Dipilto.

Para considerar relaciones hidrogeológicas todos los datos climáticos necesarios (precipitaciones, temperaturas del aire, evapotranspiración ) de calidad gráfica y estadística están depositados en el Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales (INETER). El instituto fue establecido para calificación de los datos climáticos en Nicaragua (INETER 2004).

Precipitaciones promedias anuales en la zona oscilan entre 400 y 1800 mm. Valores mínimos mensuales de las precipitaciones se apuntan en diciembre, enero y febrero y valores máximos desde mayo hasta septiembre. En la tabla 7.1 se ven promedias precipitaciones mensuales de la estación hidrometeorológica Ocotal (612 m s.n.m.) , según los datos de INETER. En la comparación de precipitaciones anuales se nota progresiva disminución de la actividad lluviosa desde el año 1995 (1995 – 1100 mm, 1996 – 1101, 1997 – 698, 1998 – 1717, 1999 – 923, 2000 – 604, 2002 – 775, 2003 – 734, 2004 – 576 mm)

Tabla 7.1

*Valores mensuales de precipitación (mm) en el estacionamiento Ocotal (1990-2004)*

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1990-2004													
Media (mm)	2,6	5,7	10,6	30,5	120,4	113,1	66,9	101,5	148,7	164	39	5,9	808,1
Maxima	6,4	38,6	44.2	161.3	256.7	262.4	169.4	288.9	310.3	776.2	156.7	30,1	1717.1
Minima	0.0	0.0	0.0	0.0	23,5	12,1	26,4	30.0	33.8	40.5	2,1	0.0	439,5

La temperatura del aire que mayormente influye la cantidad de las precipitaciones que se infiltran al ambiente rocoso, representa siguientes valores. Temperaturas promedias anuales del aire oscilan alrededor de 24 °C, en las zonas más altas hay temperaturas más bajas. La temperatura promedio más alta representa el mes abril (26,3 °C ) y clima más frío se nota en diciembre y enero (22,7 °C). En la tabla 7.2 están apuntados las temperaturas promedias mensuales del aire de la estación Ocotál (612 m s.n.m.), según los datos de INETER.

Tabla 7.2

*Valores mensuales de temperatura del aire (°C) en le setacionamiento Ocotál (1990-2004)*

Años 1990-2004	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	1990-2004
Media (mm)	22,7	23,6	24,9	26,3	26	24,8	24,4	24,6	24,3	23,9	23,2	22,7	24,3
Maxima	24	24,9	26,1	27,3	27	25,3	24,9	25,2	25,3	25,1	23,7	23,8	-
Minima	21,4	22,5	23,9	25,8	25	24,1	23,7	23,7	23,2	23,1	22,3	21,6	-

Para evaluación de las relaciones hidrológicas e hidrogeológicas necesitamos tener los datos de evapotranspiración. En la tabla 7.3 se ven promedios valores mensuales de evapotranspiración de la estación Ocotál (612 m s.n.m.), según los datos de INETER de los años 1992 – 2004. Se trata de los valores relativamente altos con la comparación con las temperaturas caídas de las precipitaciones anuales. Del diágrama 7.1 es obvio el aumento regular de promedios valores anuales de las precipitaciones de evapotranspiración en los años 1992 – 2004 (La tendencia ascendente de valores ), que es la consecuencia de la deforestación de la área. La aumentación de los valores de evapotranspiración están acompañados por la disminución de las aguas superficial y subterráneas.

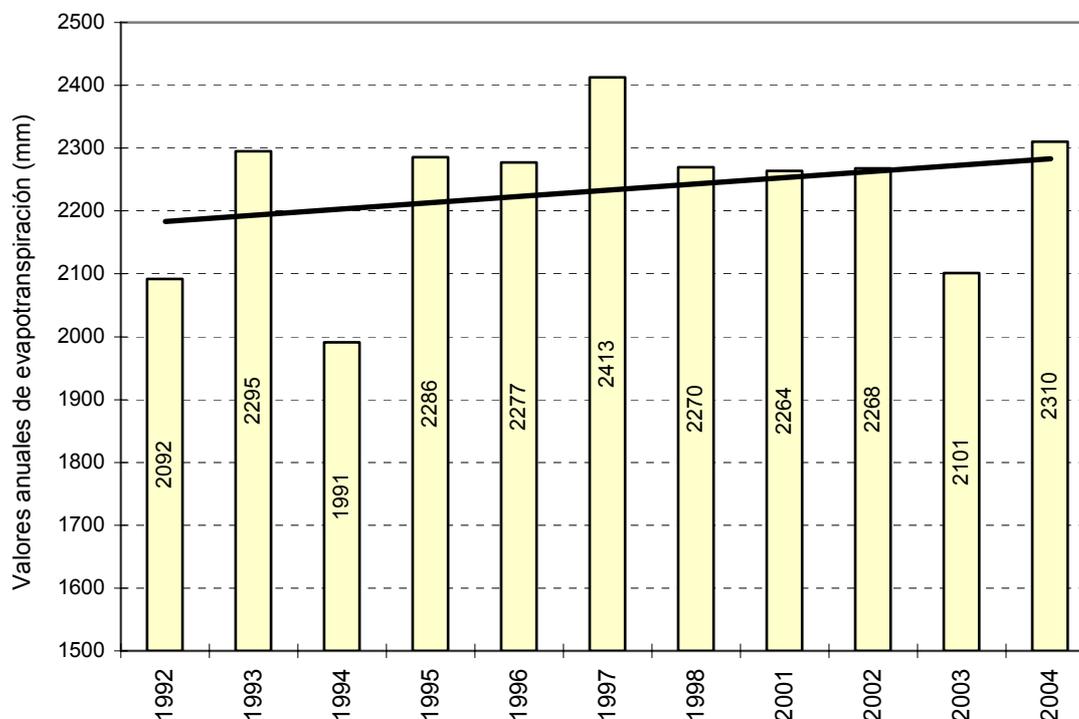
Tabla 7.3

*Valores mensuales de evapotranspiración (mm) en el estacionamiento Ocotál (1992-2004)*

Años 1992-2004	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	1992-2004
Media (mm)	189.2	212.9	234.0	251.6	225.2	173.1	174.8	193.2	154.6	147.1	140.2	162.2	171,5

*Diagr ma 7.1*

*La manivela linear de tendencia de valores anuales de evapotranspiración en los años 1992 – 2004, según los datos de la estación Ocotal.*



La cantidad del derrame del agua subterránea de esta zona no es conocida pero según el ambiente anol gico con los valores conocidos corresponde en las zonas del colector de brecha de rocas cristalinas a los valores de 5 a 7 l.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> y en las zonas con las rocas volcánicas y sedimentas a los valores de 1 a 2 l.s<sup>-1</sup>. km<sup>-2</sup>.

## 7.2 Investigación hidrogeológica

Las relaciones hidrogeológicas de la zona están elaboradas de forma gráfica en la escala de 1:250000 como la parte dela hoja del mapa hidrogeológico de Estelí (ND 16 – 11) editado por INETER en primera edición del año 2004 (Mapa hidrogeológico). En la misma escala están elaborados el Mapa de los quemismos de aguas subterráneas (Mapa hidrogeoquímico) y Mapa del quemismo de las esorrent as (Mapa de aguas para riego).

Solamente la parte muy pequeña de manantiales nacidos de aguas subterráneos (fuentes) que indican la calidad y cantidad de aguas subterráneas está localizada y descrita por el motivo de la elaboración de los mapas arriba mencionados.

Otro trabajo de la temática hidrogeológica es la lista de los pozos para necesidades del abastecimiento de agua potable de la ciudad Ocotál que sirve como manantiales de reserva de aguas subterráneas (Maupas et al. 2003). Esta lista contiene solamente básicas informaciones hidrogeológicas registradas en los pozos sin análisis químicas del agua o datos parametros hidráulicos. Las informaciones hidrogeológicas e informe importante de los aguas termales cerca de Aguas Calientes representa el elaborado Parsons corporations (1972). La busca de los colectores de aguas subterráneas con la ayuda de los métodos geofísicos es el trabajo teórico de Sequieira y Mendoza (2003). Otros trabajos informan sobre los temas de hidrogeología o aprovechamiento de aguas terrestres y subterráneas solo de forma secundaria sin datos concretos. Solamente en la cuenca de Dipilto se hizo la evaluación del avance hidrológico lo que es fundamental para abastecimiento de agua potable para Ocotál, cuya reserva del agua está localizada a unos 5 km encima de Ocotál en la vega del río Dipilto (Valoración del recurso hídrico del río Dipilto para el establecimiento de un servicio ambiental).

En transcurso de la estancia de los investigadores de SGC fueron en la zona investigada localizados y de nuevo hidrogeológicamente registrados 29 fuentes de aguas subterráneas y 14 pozos. En la mayoría de los objetos hidrogeológicos fue determinada la cantidad, temperatura y pH de agua subterráneo. Datos nuevos junto con las informaciones ya conocidas de los mapas hidrogeológicos y de la lista de los pozos de Maupas et al. (2003) sirvieron a los autores de material fundamental para la descripción de las relaciones hidrogeológicas de la zona del mapeo.

### **7.3 Relaciones hidrogeológicas**

La zona de la hoja de Ocotál podemos dividir a cuatro diferentes unidades hidrogeológicas:

- **unidad hidrogeológica que incluye rocas cristalínicas (granitoides y metamórficos)**
- **rocas de la formación Totogalpa**
- **rocas terciarias (riólitos, íngimbritos y neovulcanitas)**
- **fosiles y fluviales sedimentos de cuarteo**

Unidades hidrogeológicas incluyen formaciones rocosas que son conocidos por comunes atributos hidrogeológicos, por ejemplo por la forma de permeabilidad o valores de los parametros hidraulicos. Todas las unidades mencionadas y los tipos de rocas están incorporados al mapa geológico y descritos detalladamente en el capítulo sobre la geología de la zona.

En el mapa no existe ni en rocas cristalínicas ni en en otra unidad geológica una perforación o pozo que podría dar informaciones hidrogeológicas. Todas las informaciones mencionadas representan el resultado de los trabajos del terreno que fueron realizados por los investigadores del SGC durante su estancia en Nicaragua como también por el resumen de los materiales del archivo. Una parte de los datos que fueron utilizados por los autores de este informe tiene el carácter comparativo a causa de limitada investigación hidrogeológica de la zona investigada cuando a las unidades hidrogeológicas fueron añadidas de forma analógica a las cualidades hidrogeológicas o informaciones de una zona parecida.

**Rocas cristalínicas** forman la primera unidad hidrogeológica en la zona del área. Se trata de las rocas graníticas y metamorfeadas (filitas y esquistos), incluso las rocas del grupo variado de la formación Nueva Segovia (metavulcanitas ácidas, esquistos verdes, erlános a filitas).

Todos los tipos de las rocas cristalinas mencionadas arriba tienen las mismas cualidades hidrogeológicas. Éstas son ante todo la compatibilidad, condicionada por largo desarrollo geológico, permeabilidad de brechas que está disminuyéndose con la profundidad y que se nota más solo en la zona cerca de la superficie de descomposición de rocas, directa infiltración de las precipitaciones en toda la zona de su ensancho (a veces tras la acumulación fluvial) y el movimiento relativamente independiente de aguas subterráneos, a menudo con libre nivel de aguas subterráneos siguiendo la morfología del terreno en varia profundidad debajo de la superficie. La profundidad y medida de meteorización de estas rocas es diferente según los lugares de sus localidades.

La circulación animada de los aguas subterráneos se efectua en las rocas cristalínicas en la zona de la superficie de las rocas descompuestas por la permeabilidad de brecha que se transforma en las rocas desagregadas y eluvios en la permeabilidad de porosidad y de fisuras. El espesor de este acuífero subsuperficial es variado, no más de unas decenas de metros. Una parte de aguas subterráneos se encuentra fuera de la zona subsuperficial y acuíferos más notables con la circulación animada están unidos con las fallas y formaciones de fallas, normalmente en la dirección del noroeste al sureste, menos del noroeste al suroeste y del norte

al sur. Con la profundidad y aumento abundante de las rocas intactas se disminuye la cantidad de aguas subterráneos. En los bloques rígidos de las rocas cristalínicas el acuífero de las rocas es casi ninguno.

El nivel de agua subterráneo en la zona subsuperficial se encuentra en inestable profundidad debajo de la superficie, inclina al eje del drenaje de aguas subterráneos y está desaguada en diferentes niveles de altura por las fuentes de menor o mayor abundancia (como máximo a  $0,5 \text{ l.s}^{-1}$ ) que son de tipo detrito, brecha o compacto (foto 7.1) o se trata de flujos escondidos a los sedimentos de Cuaternario.

Por ejemplo en meteorizadas granitas caolínicas no podemos hablar sobre drenaje o infiltración de aguas en las zonas de fallas, porque las fallas y brechas están llenas de lodo. En arenas granitas meteorizadas en la zona de descomposición subsuperficial de las rocas se produce primero la infiltración de aguas de precipitaciones y su descenso por las fallas y brechas a los lugares más profundos como también manantial hidráulico en la forma de fuentes con el derrame relativamente estable en la temporada seca (por ejemplo las aguas termales cerca de Aguas Calientes).

En promedio alcanza el agua subterráneo durante el movimiento animado en las rocas cristalínicas la mineralización baja de 1,1 a  $0,5 \text{ l.s}^{-1}$ . En total bajo contenido de la mineralización y bajo pH que oscila entre 6 y 7 tiene el agua de las fuentes. En los acuíferos de las rocas cristalínicas podemos encontrar varios tipos de aguas bicarbonaras ( $\text{HCO}_3$ ) y las subordinadas de carácter de sulfatos ( $\text{SO}_4$ ) con inestable cantidad de Ca y Mg (según analogía con el tipo parecido del ambiente rocoso).

El material fundamental para expresar las cualidades acuíferos de las rocas, según Krásný (1993) son los parametros hidraulicos  $q$  (caudal específico), indexo de transmisividad  $Y = \log(10^6 \cdot q)$  y coeficiente de transmisividad  $T$ . El ambiente rocoso de las rocas cristalínicas enseña regionalmente los valores de abundancia específica  $q$  entre  $0,01$  a  $0,1 \text{ l.s.m}^{-1}$ , indexos de transmisividad  $Y$  entre 4 y 5 y coeficientes de transmisividad  $T$  entre  $n \cdot 10^{-5}$  -  $n \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  (tabla 7.4). En vista de los datos hidráulicos no existentes de la zona del mapeo, éstos no pueden ser declarados.

Tabla 7.4

La sinopsis de regionales paramentros hidraulicos de las unidades hidrogeológicas elaboradas en la base de analogía con parecidos tipos del ambiente rocoso

unidad hidrogeológica	caudal específico $q$ ( $l.s^{-1}.m^{-1}$ )	indexo de transmisividad $Y$	coeficiente de transmisividad $T$ ( $m^2.s^{-1}$ )
rocas cristalínicas	0,01 - 0,1	4 – 5	$n.10^{-5}$ - $n.10^{-4}$
rocas de la formación Totogalpa	0,001 - 0,01	3 – 4	$n.10^{-6}$ - $n.10^{-5}$
rocas terciarias	-	-	-
sedimentos aluviales (cuartearios)	0,001 - 0,01	3 – 4	$n.10^{-6}$ - $n.10^{-5}$
sedimentos fluviales (cuartearios)	0,1 – 1	5 – 6	$n.10^{-4}$ - $n.10^{-3}$

Otra unidad hidrogeológica está formada por **la formación Totogalpa** representada por el conglomerado de color rojizo con alto grado de compatibilidad. En estos rígidos bloques rocosos no aparece casi ninguna lixiviación de las rocas. La zona subsuperficial de la descomposición de las rocas con la circulación animada del agua subterránea alcanza solo a la profundidad de unos pocos metros, la parte mayor de la presencia muy limitada de aguas subterráneas está ligada con las fallas y sistemas de fallas, aunque la mayoría de las fallas queda, gracias a presencia de lodo, impermeable. Lo ilustra mínimo número de las fuentes registradas en esta unidad rocosa y el nivel profundo del agua subterránea en los pozos (foto 7.2 - El Amarillo). A la existencia limitada del agua subterránea contribuye el hecho que la base de los sedimentos de la formación Totogalpa se encuentra encima de los niveles de locales bases erosivas. El ambiente rocoso de los sedimentos de la formación Totogalpa enseña regionalmente los valores de la abundancia específica  $q$  entre 0,001 a 0,01  $l.s.m^{-1}$ , índices de transmisividad entre 3 a 4 y coeficientes de la transmisividad  $T$  en los límites entre  $n.10^{-6}$  –  $n.10^{-5} m^2.s^{-1}$  (tabla 7.4).

**Las rocas terciarias** de aspectos hidrogeológicos incluyen riolitas, ingimbritas y neovulcanitas. En todos casos se trata de los objetos con el espesor limitado y con la extensión sin importancia hidrogeológica. La base de estos complejos

rocosos se encuentra en gran altura encima de los niveles de locales bases erosivas. A causa de las condiciones desfavorables para la acumulación de aguas subterráneas forma ningún acuífero en la zona de la hoja.

Última unidad hidrogeológica en la zona de la hoja está formada por *los sedimentos cuaternarios y fluviales*. Se trata de dos diferentes localidades hidrogeológicas. Sedimentos antiguos (acumulación) del carácter arena-grava con espesor hasta 30 m están secos. Estos sedimentos verticalmente están muy permeables con dotación de las aguas de precipitaciones (base de estos sedimentos se encuentra encima de locales bases erosivas). Todo el agua subterránea de sedimentos fósiles infiltra de forma muy rápida a las estructuras de capa. A pesar de su relativamente amplia extensión y espesor tienen estas acumulaciones fósiles mínima importancia de los recursos hídricos y no forman, excepto la estación lluviosa, acuífero del agua subterránea (foto 7.3)

Sedimentos fluviales holocénicos (terrazas de ríos) forman ante todo los sedimentos grava-arena con permeabilidad de porosidad. Están licuadas independientemente de la estación del año, espesor y carácter del contenido de las terrazas de ríos superficiales. En el contexto con el huracán Mitch en septiembre de 1998 se produjo la denudación de los sedimentos de gravas de las zonas más altas con alto derrame hidrogeológico (foto 7.4) y su acumulación en los caudales inferiores de los ríos (foto 7.5). Por este motivo en la zona del mapeo en las partes superiores de los ríos no se encuentra prácticamente ningún acuífero de la importancia hidrogeológica o hídrica de los sedimentos de las terrazas. Las en las partes inferiores de los ríos superficiales están licuadas e hidráulicamente conectadas con los aguas superficiales. Durante la estación seca el nivel del agua está bajo del terreno de la vega (foto 7.6). Los valores presupuestos de los parámetros hidráulicos están apuntados en la tabla 7.4. Real espesor de licuación de los sedimentos de las vegas, que oscila durante la estación del año o la profundidad del nivel del agua subterránea no podemos establecer en vista del desconocimiento del fondo de los sedimentos de las vegas o gracias a la capa impermeable (informaciones sobre las profundidades del nivel del agua subterránea).

El carácter químico de los aguas subterráneas de acuíferos de cuaternario está unido con el de los aguas superficiales. Presuponemos que en fluviales sedimentos de los aguas superficiales prevalezca tipo bicarbonato – hidroquímico del agua subterránea ( $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ) y los valores de total mineralización oscilan entre 0,1 y 1  $\text{g.l}^{-1}$ .

Las demás formaciones rocosas o rocas presentes en las zona de la hoja (por ejemplo calizas cristalinas) no tienen casi ninguna importancia hidrogeológica en cuanto a su pequeño espesor o extensión limitada.

#### **7.4 Fuentes de aguas simples**

Los trabajos del terreno hechos en el marco de los trabajos hidrogeológicos en la zona del mapeo incluyeron también la búsqueda y descripción hidrogeológica de las fuentes que son los indicadores de la cantidad y calidad de aguas subterráneos. Durante la estancia en los meses del marzo y abril 2005 fue localizado y nuevamente descrito 29 de fuentes de aguas subterráneos con las investigaciones de caudal específico y las medidas de temperaturas y pH. Localización de las fuentes está apuntada en el mapa geológico. Caudales de todas fuentes registradas se movían hasta  $0,5 \text{ l.s}^{-1}$ . Este dato hay que dar en la conclusión con la temporada de las investigaciones. En la estación seca ( febrero, marzo, abril) las fuentes de todos los sistemas rocosos disminuyen o desaparecen a causa de más pequeño o ningún curso del agua (por ejemplo fuentes termales cerca de Aguas Calientes). Bajos valores de pH (menos que 7) son característicos para aguas de fuentes en las zonas más altas y sobre todo en las rocas granitoidas. Por ejemplo la mayoría de los valores pH de aguas medidas en los pozos perforados en fosiles sedimetos fluviales oscilan entre 7 y 8 (Maupas et al. 2003). Aguas de las manantiales tienen en general más baja mineralización que los aguas subterráneos en las rocas sedimentales en cuanto a más rápida circulación de agua.

#### **7.5 Aguas termales**

La única localidad hidrogeológica en la zona de la hoja está formada por los manantiales de las fuentes termales en la localidad Aguas Calientes (unos 5 km al oeste de Ocotál,  $13^{\circ}38'24,4''$  y  $86^{\circ}33'53,4''$ ). El agua termal nace en unas fuentes en el valle erosivo y el agua fluente forma flujo superficial con el caudal cca  $20 \text{ l.s}^{-1}$  (foto 7.7) desembocando al río Macuelizo. La temperatura máxima del agua en las manatales alcanza hasta  $73,4^{\circ}\text{C}$ , que fue medida por los especialistas de SGC el día 30 de marzo de 2005 junto con la temperaturatura del aire  $33,8^{\circ}\text{C}$  y pH del agua medido 6,6. Caudal de cada manantial oscila hasta  $0,5 \text{ l.s}^{-1}$ , pero una parte de las fuentes ocultamente infiltra al flujo superficial, que forma el drenaje de la localidad del caudal. El caudal de aguas termales acompañan las caudales de  $\text{CO}_2$  y hedor de azufre. El agua de las fuentes y aguas superficiales no poseen de crusta visible

ni tampoco otros sedimentos grava-arena (foto 7.8). La medida detallada de la temperatura y pH de aguas termales elaboradas por los investigadores de SGC (foto 7.9) en los caudales de termas en los perfiles cca cada 20 metros y a lo largo del río al que caudan fuentes termales hasta su desemboque al río Macuelizo demostraron que las fuentes termales cerca de Agua Calientes caudaban en el cruce de las fallas de las direcciones del noroeste al sureste y del norte al sur. En cuanto a la localización de los caudales termales solamente en la zona limitada cca 150 m a lo largo del curso del agua y a relativamente rápida disminución de la temperatura del agua en el flujo superficial y al aumento de los valores pH al que caudan fuentes termales (tabla 7.5, diagrama 7.2), no podemos encontrar desemboque ni caudal de aguas termales a lo largo de la falla tectónica o fallas, sino solamente en la zona limitada en la extensión en la cruce de las fallas.

*Tabla 7.5*

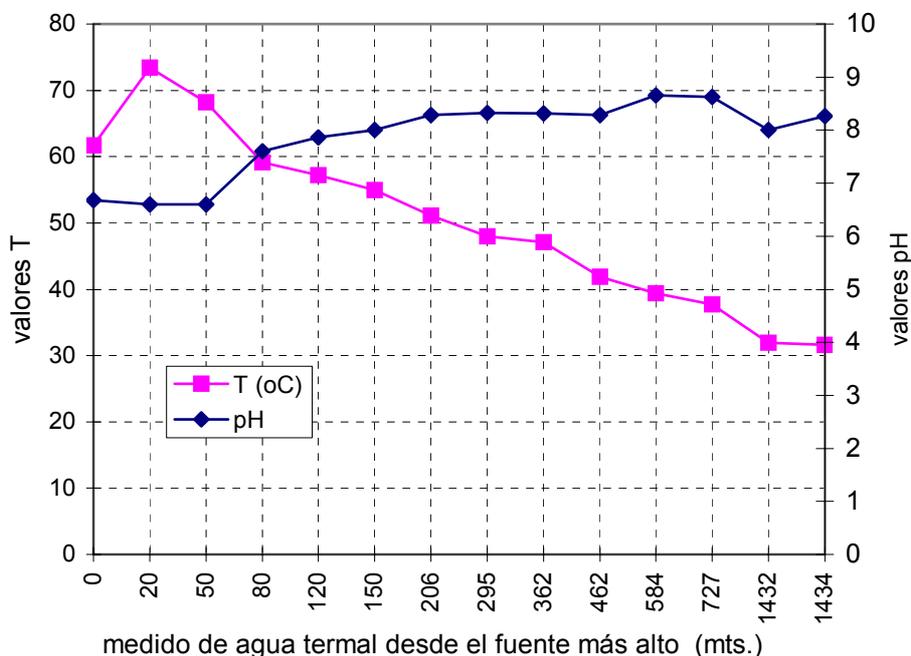
*Sinopsis de los valores medidos de las temperaturas y pH aguas de las fuentes termales y flujo superficial cerca de Aguas Calientes*

No	Perfil medido (m)	T °C	pH	Carácter de agua
1	0*	61,7	6,68	manatial termal
2	20	73,4	6,6	manatial termal
3	50	68,2	6,6	manatial termal
4	80	59,1	7,6	agua superficial
5	120	57,2	7,86	agua superficial
6	150	55	8	agua superficial
7	206	51,1	8,28	agua superficial
8	295	48	8,32	agua superficial
9	362	47,1	8,31	agua superficial
10	462	41,9	8,28	agua superficial
11	584	39,4	8,66	agua superficial
12	727	37,7	8,63	agua superficial
13	1432	31,9	8	agua superficial
14	1434	31,6	8,26	agua en río Macuelizo

\*medido desde el fuente más alto a lo largo del curso del agua hasta el desemboque al río Macuelizo.

*Diagr ma 7.2*

*demostración gráfica de las temperaturas del agua y valores pH en el flujo superficial del área con aguas termales cerca de Aguas Calientes*

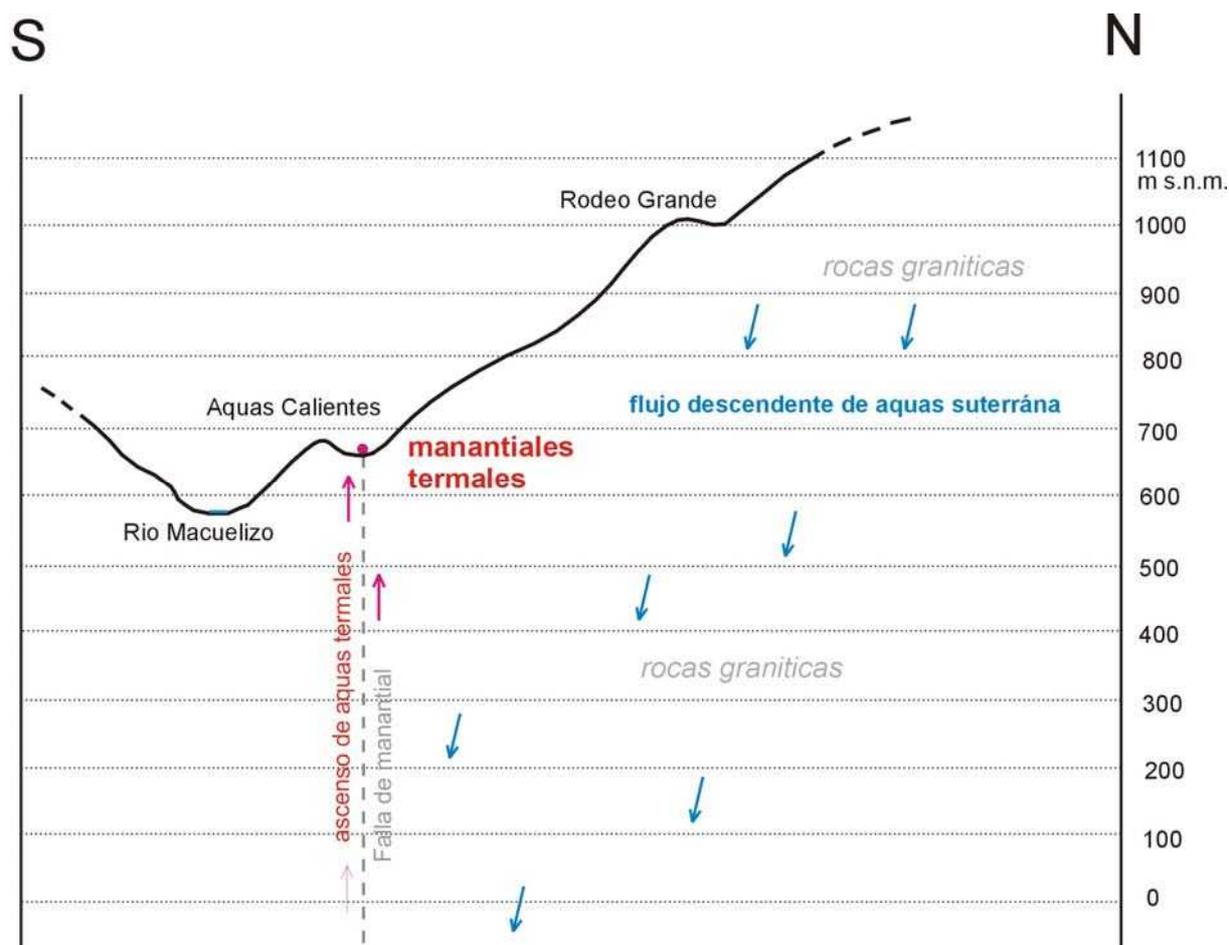


La zona infiltrada por representa las pendientes de los picos granitoides al sur hasta Rodeo Grande. El agua subterránea desciende por fallas a la profundidad de unos 600 m donde se calienta a la temperatura de 80 hasta 90  C si presupuesto gradiente geotermal es 10  C a 100 m de la profundidad. Posteriormente gracias a la presión hidráulica y ayuda de CO<sub>2</sub> el postvolcanico sube a lo largo de las cruces de fallas. Durante el ascenso pierde una parte de su temperatura y mana en el valle erosivo cerca de Aguas Calientes (dibuchos 7.1). Durante las investigaciones de los trabajadores checos fue elaborado en la localidad detallado ensayo tectónico de la zona manantial de las fuentes termales y efectuados dos tomas de muestras de aguas termales según norma ISO 5667-11:1993 para análisis hidroquímica (tabla 7.6 y 7.7). Según los resultados de análisis hidroquímicas efectuados en el laboratorio acreditado de SGC (tabla 7.6 y 7.7, número de la muestra 1 y 2) se trata de agua termal, de mineralización mediana (0,717 g/l) del tipo hidrogeno-carbonato-natrio (mval% Na-HCO<sub>3</sub>SO<sub>4</sub>), de contenido elevado de flúor (9,8 mg/l) y berilio (1,7  g/l). Este cáracter químico del agua, incluso contenido elevado de F y Be, es típico para aguas termales que se conocen, entre otros, también en República Checa (Karlovy vary,  st ). El agua analizada no conviene a los

exigencias para agua potable, sin embargo el agua es probablemente conveniente para uso balneario.

### Dibucho 7.1

Modelo esquemático de aguas subterráneas y de la subida de aguas termales cerca de Aguas Calientes



## 7.6 Recursos hídricos

La mayor organización que se dedica a abastecimiento de agua potable en la zona de la hoja es la compañía Empresa Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL), bajo su administrativa pertenece la mayoría de los recursos técnicos dirigidos a abastecimiento de agua potable de los habitantes. La ciudad Ocotol está abastecida de agua de alcantarilla, cuyas fuentes forman aguas superficiales del río Dipilto (foto 7.10). Captación del agua se localiza a unos 3 km al norte encima de Ocotol (cca  $96 \text{ l.s}^{-1}$ ), donde está ubicada

simple estación de filtración (foto 7.11) y desembocadura al aductor que desemboca a la estación (estación de mecánica y química filtración del agua) y a la instalación distribuidora del agua para Ocotál (foto 7.12). Desde aquí el agua está distribuyéndose a los consumidores en Ocotál. Los pozos en los alrededores de Ocotál de los que informa el trabajo de Maupase et al. (2003) no funcionan como fuentes de agua potable sino que solo para el aprovechamiento personal como agua técnica. El mismo sistema de abastecimiento de agua tienen ciudades Mosonte y Dipilto con sus ríos Mosonte (Dipilto). Solamente la ciudad Macuelizo resuelve el abastecimiento de agua de sus habitantes de manera de ubicación de los pozos a la vega del río Macuelizo. Fue efectuada toma de muestras; del agua del sistema acuático de la ciudad Ocotál para evaluación hidroquímica. Según los resultados de análisis hidroquímica hecha en el laboratorio acreditado de SGC (suplemento 7.1 y 7.2, número de la muestra 3) se trata del agua de tipo químico CaNa(Mg)-HCO<sub>3</sub> (según mval%) de mineralización general baja (0,106 g/l). Por su composición el agua conviene como agua potable aunque el contenido de As es un poco elevada. (14,6 µg/l).

Una parte de habitantes excepto las aglomeraciones ya mencionadas depende del abastecimiento de agua potable de sus propias fuentes locales (pozos o fuentes – foto 7.13 y 7.14).

Según las conclusiones anticipadas el tipo más conveniente del ambiente hidrogeológico en cuanto a cantidad y calidad de aguas subterráneas es el tipo de rocas granitoides. Se demuestra por ej. por el número más abundante de las fuentes en las rocas granitoides y por la constancia de cursos durante período de bajas precipitaciones. (tabla 7.1). Otros conjuntos rocosos (sedimentos, filitas etc.) no tienen por varias razones buenas condiciones hidrogeológicas para la creación de los abastecimientos de aguas subterráneas para el uso anual.

## **7.7 Riesgos hidrogeológicos vinculados con la actividad antropogena**

En la zona mencionada no existe prácticamente protección de fuentes acuáticas determinadas para el abastecimiento del agua potable. Esta realidad es más clara cuando hablamos de la contaminación de las fuentes subterráneas y superficiales por los nitratos que provienen de fecales del ganado. Aguas residuales de las ciudades y pueblos no se depuran y también la medida de contaminación de los cursos superficiales es muy alta.

El problema más grave que amenaza la cantidad y calidad de aguas superficiales y subterráneas es la deforestación continua. En el contexto con la deforestación disminuyen en

últimos años las precipitaciones y poco a poco aumentan valores de evapotranspiración (diagrama 7.1), erosión de la tierra o deslizamientos. La consecuencia es el descendimiento ante todo de los aguas superficiales y subterráneos lo que amenaza los recursos hídricos, causa los cambios de vegetación y puede influir el clima también.

Casi todas las ciudades grandes de la zona investigada aprovechan para el abastecimiento el agua de las fuentes superficiales en cuáles aparecen períodos de grandes descendimientos de agua. Si en el futuro no se eliminan las causas que provocan descendimientos de aguas superficiales será necesario empezar a aprovechar aguas subterráneas o edificar en la valle una embalse de retención lo que representa altos costos financieros.

## **7.8 Conclusión**

Trabajos hidrogeológicos del terreno se efectuaron en el marco del proyecto en la zona de la hoja Ocotál en Nicaragua en los meses de marzo y abril 2005, trabajos de evaluación (junto con investigaciones en laboratorio) se efectuaron desde mayo hasta septiembre 2005. En la zona fueron localizados y nuevamente apuntados 29 fuentes de aguas subterráneas y 14 pozos. En la mayoría de los objetos fueron determinados caudal, temperatura y pH del agua subterráneo. Detalladamente fueron documentados todos los datos conocidos y descubiertos nuevas realidades de las fuentes termales cerca de Aguas Calientes, incluso la documentación fotográfica. Nuevos datos junto con las informaciones sacadas de los archivos posibilitaron la elaboración de primer y complejo documento hidrogeológico de la zona del mapeo en las intenciones en escala de 1:50.000.

Sobre todo actividad antropogena y consecuencias del huracán Mitch representan la causa del gran descendimiento de los aguas superficiales y subterráneas de la zona del mapa. Esta realidad está representada por los valores de evapotranspiración que poco a poco aumenta, lo que demuestra la manivela linear de tendencia de valores de evapotranspiración en los años 1992 hasta 2004 elaborada según los datos de la estación Ocotál (diagrama 7.1)

Detalladas medidad de temperaturas y pH de aguas termales en manantiales de terma en los perfiles a lo largo del curso de desagüe de los fuentes termales hasta su embocadura al Rio Macuelizo demostraron que fuentes termales cerca de Aguas Calientes manantian en la cruce de fallas de las direcciones noroeste – sureste y norte – sur. Esta excepcional localidad recomendamos ,en vista de su gran potencial geotermal de aguas termales ,para aprovechamiento

económico y científico (por ejemplo como la estación que monitorea la situación de la actividad volcánica).

Probablemente la investigación más grave que hicieron los hidrogeólogos representa el estado no conveniente de los recursos hídricos por causa de bajo nivel de aguas superficiales de la zona investigada. Según los resultados del estudio y de experiencias extranjeras será necesario durante próximos años cambiar el sistema de abastecimiento de aguas superficiales por aguas subterráneas con ayuda de perforaciones hidrogeológicas. Otra variante de la solución de la situación crítica representa la construcción de embalse retencional de valle ubicada en las zonas montañosas. Actualmente es más importante limitar la tala, aprovechar aguas de forma más económica y apoyar la repoblación.

### Tabla 7.6 Análisis de água

**Úkol:** 6802  
**Referent:** Hrazdára  
**Protokol:** 0505-131 / 240  
**Kód:** 321

**Servicio Cheologico Checo**  
 Laboratorio central  
 Geologická 6, 152 00 Praha 5

	NH4+	Na+	Mg2+	Al	K+	Ca2+	Mn2+	Fe	Zn2+	(HCO3)-	(NO3)-	F-	(SO4)2-	Cl-	pH	Kondukt.
	PMT	FAAS	FAAS	FAAS	FAAS	FAAS	FAAS	FAAS	FAAS	TITR	HPLC	ISE	HPLC	HPLC	ISE	CDM
No.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ug/l	mg/l	ug/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		uS/cm
1	0,50	193,00	1,33	< 0.20	8,59	10,45	63,0	0,08	19,0	305,1	< 0.30	9,833	127,25	58,11	8,08	925,00
2	0,50	190,00	1,32	< 0.20	8,56	18,78	59,0	0,10	23,0	305,1	< 0.30	9,833	125,46	60,45	7,87	950,00
3	< 0.02	9,99	3,26	< 0.20	1,56	12,95	< 5.0	0,31	20,0	70,2	< 0.30	0,467	1,28	5,64	7,90	162,00

2. de diciembre 2005

**Jefa del laboratorio:** Ing. Věra Zoulková (zoulkova@cgu.cz)

**Analizó:** Górecká, Mikšovský

### Tabla 7.7 Prefinición de vestigales en aguas (ETAAS)

**Úkol:** 6802  
**Referent:** Hrazdára  
**Protokol:** 0505-131 / 240  
**Kód:** 325

**Servicio Cheologico Checo**  
 Laboratorio central  
 Geologická 6, 152 00 Praha 5

	Be	Al	V	Cr	Co	Ni	Cu	As	Mo	Cd	Pb				
	ETAAS	ETAAS	ETAAS	ETAAS	ETAAS	ETAAS	ETAAS	ETAAS	ETAAS	ETAAS	ETAAS				
No.	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l				
1	0,69	< 10.0	< 10.0	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.2	3,9	0,7	< 0.04	< 0.4				
2	0,78	136,0	< 10.0	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.2	2,6	1,0	< 0.04	< 0.4				
3	< 0.02	51,0	< 10.0	< 0.5	< 0.5	< 0.5	0,9	14,6	< 0.5	< 0.04	< 0.4				

2. de diciembre 2005

*nota: Al-no det., determinado FAAS.*

**Jefa del laboratorio:** Ing. Věra Zoulková (zoulkova@cgu.cz)

**Analizó** Mgr.Lenka Bačovská

## 8. Ingeniería geológica

El mapa ingeniero-geológico, a escal 1:50 000, acentúa las calidades técnicamente importantes de rocas y suelos de diversos sectores del área de estudio y en la que se proyecta la ejecución de construcciones. Su preparación se apoya en la información del mapa-base geológico, con énfasis en las propiedades de las rocas y su relación con los parámetros vinculados con la ingeniería de fundación, entre estos: resistencia, permeabilidad, grado de meteorización, soporte de carga, cimentación. El mapa muestra, además la existencia de algunos procesos geomorfológicos, como deslizamientos, procesos de erosión, áreas susceptibles a inundaciones y otros, que puedan influir en las construcciones.

En el marco del trabajo de mapeo ingeniero-geológico también se ha preparado un mapa de regiones ingeniero-geológicas en el cual, el territorio estudiado es dividido en regiones rocosas de diferentes condiciones ingeniero-geológicas aproximadamente equivalentes para varios tipos de construcciones. En caso de mapas a escala de detalle, de situaciones o condiciones geológicas muy complejas, estas regiones se subdividen en áreas menores o subregiones.

El resultado de las investigaciones ingeniero-geológicas resultan del volumen de conocimiento que se tiene del territorio. Con excepción de las observaciones geológicas en el campo, las investigaciones son complementadas con trabajos de sondeos de evaluación y pruebas técnicas en el laboratorio. En este caso, el grado de investigación es de carácter orientativo con datos del levantamiento de campo. Vale señalar que no hubo disponibilidad de trabajos más técnicos, ni de análisis geotécnicos de las rocas. El mapa ingeniero-geológico se deberá utilizar en conjunto con el mapa de riesgos geológicos, que también forma parte de este informe.

Este mapa ingeniero-geológico es una base necesaria e indispensable para trabajos de planificación regional y la proyección de construcciones en todos los niveles del régimen fiscal. En la Tabla 8.1 se señalan algunas propiedades geotécnicas de las rocas encontradas en del territorio estudiado.

Tabla 8.1. Propiedades geotécnicas de rocas

<p><b>permeabilidad (m.s<sup>-1</sup>)</b></p> <p>muy permeables</p> <p>moderadamente permeables</p> <p>ligeramente permeables a im permeables</p>
<p><b>disgregación de la roca (en rocas compactos)</b></p> <p>facilmente disgregables (por cargador)</p> <p>bién disgregadas (por excavadora)</p> <p>difícilmente disgregadas, con mucho esfuerzo (por excavadora pesada o explosivos)</p>
<p><b>compactibilidad</b></p> <p>muy compresible, no consistente</p> <p>de compresibilidad media</p> <p>practicamente no compresibles, compactas</p>
<p><b>grado de la compactación de rocas (compacidad en la compresión simple)</b></p> <p>alta (más de 50 Milipascal (MPa))</p> <p>media (15-50 Milipascal (MPa))</p> <p>baja (menos que 15 Milipascal (MPa))</p>
<p><b>grado de la meteorización y alteración</b></p> <p>no meteorizada (3%)</p> <p>poco meteorizada (3-35%)</p> <p>muy meteorizada hasta descompuesta (&gt; 35%)</p>
<p><b>grado de posibilidad del suelo de la región para urbanización (para cimentación)</b></p> <p>no adecuado</p> <p>adecuada bajo ciertas condiciones</p> <p>adecuado</p>

## 8.1 Caracterización ingeniero-geológica de las rocas de la región

En el territorio mapeado fueron diferenciadas las siguientes regiones ingeniero-geológicas:

- **Región de rocas con bajo grado de metamorfismo (RM)**
- **Región de rocas intrusivas (RI)**
- **región de rocas conglomeráticas de la Formación Totogalpa (RA)**
- **Región de rocas volcánicas efusivas (FL)**
- **Región de rocas de ignimbritas e intrusiones ignimbriticas (IB)**
- **Región de rocas marmolizadas y calizas (CM)**
- **Región de depósitos fluviales aluviales, gravillas policíclicas, (VF)**

### 8.1.1 Región de las rocas con bajo grado de metamorfismo (RM)

#### **Filitas cuarcíticas (1), pizarras de grafito y sericita (2)**

Se trata de pizarras y/o filitas. Son rocas con bajo grado metamórfico que afloran en el contorno exterior del cuerpo intrusivo granítico central. Se observan como relictos erosionados o tectónicamente elevados sobre los suprayacentes conglomerados de la Formación Totogalpa y la cubierta de depósitos cuaternarios. El tipo de roca metamorfica mas representativo, son las filitas, que se localizan en la franja occidental y en los vértices sureste y noreste del mapa geológico.

En cuanto a la geomorfología, estas rocas forman colinas poco llamativas, pero en la parte norte del territorio pasan a un relieve de montañas con laderas inclinadas entre los 20 a 30°. Son rocas poco hasta ligeramente permeables.

Las filitas presentan evidencias de meteorización hasta una profundidad de 10 m, pero en caso de morfología adecuada ó lo largo de las líneas tectónicas, esta profundidad es a veces mayor. Los depósitos de eluvios son formados por barro arcillosos con fragmentos rocosos aglutinados. Se debe tomar en cuenta la profundidad de meteorización variable, y por lo tanto la no homogeneidad del suelo de cimentación

En las zonas tectónicamente debilitadas, en pendientes escarpados y buzamiento de la foliación, sobre todo en el NE del territorio mapeado existe un alto grado de susceptibilidad a la generación de movimientos de laderas extensos, hasta una longitud de 700 m. Estos movimientos se pueden caracterizar como deslizamientos planares, a lo largo de una superficie llana y resbaladiza o flujos de lodo. También la cubierta de rocas desintegradas es susceptible a muchos movimientos de laderas.

Existen numerosos y pequeños deslizamientos, en esta región, con longitudes aproximadas 50 m y espesores hasta de 5 m. Por su características, se trata ante todo, de varios tipos de flujos o coladas de suelo y en menor grado, de deslizamientos.

Las filitas representan un suelo de cimentación seco y resistente. La rigidez en la prueba de compresión simple de rocas no meteorizadas, corresponde aproximadamente a 50-150 Milipascales (Mpa) que en este estado son poco explotables y son prácticamente no compresibles. Se debe tener cuidado en las filitas meteorizadas, que contrario a las rocas no meteorizadas, son muy compresibles, volumétricamente variables y con baja compacidad. Las rocas de ésta región se distinguen por su permeabilidad débil a poco importante.

**En la subregión 2** separamos pizarras verdes, queratófidos y pizarras de gráfico. Son también rocas con bajo a medio grado de meteorización que difieren de las filitas por sus características de rigidez. Son más consistentes, incompresibles, por su volumen variable y no ceden fácilmente a la meteorización. Su rigidez en la prueba de compresión simple, supera los 100 Milipascal (Mpa). Su explotación es difícil.

En caso del buzamiento fuerte de la foliación que sigue la dirección de la pendiente en laderas muy inclinadas, áreas tectónicamente debilitadas ó el caso de socavación de la base o pie de la ladera pueden originarse derrumbes, desprendimientos o caídas de rocas a lo largo de una superficie de deslizamiento plano!

El suelo de esta región representa condiciones adecuadas para la construcción.

### **8.1.2 Región de las rocas intrusivas (RI)**

#### **Granitos, tonalitas, riolitas (3) y dacitas (4)**

Su mayor distribución es en la parte central y noreste. Se trata de un cuerpo de composición granítica, que en algunas sectores varia a tonalita y en otros, horizontes de filitas y rocas de la serie metamórfica variada.

El relieve formado por el granito es a la vez tanto relieve paulatino como él muy dinámico, modelado por la erosión.

En general las rocas de granito no se incluyen dentro de las rocas susceptibles a la generación de procesos de movimientos de ladera. Por su alta permabilidad alta y ángulo de fricción interna, los eluvios derivados del granito no están predispuestos a deslizamiento y son por lo común estables. Solamente en las laderas escarpadas (generalmente mayores de 25°) y en valles de erosión es donde se producen pequeños flujos torrenciales, erosión hidrica de la cubierta arenosa derivada de la meteorización del granito. En las laderas muy escarpadas o en cortes verticales, suceden caídas de rocas y derrumbes de bloques rocosos.

El granito representa un suelo de cimentación seco y resistente. En el estado no meteorizado su desintegración es difícil, pero la desintegración debida al tectonismo y el grado alto de meteorización son frecuentes. En el estado meteorizado, la rigidez en la prueba de compresión simple es más alta que 100 milipascales (MPa). El espesor de la cubierta de meteorización es variable, en algunos lugares sobrepasa 5m. El eluvio producido por la meteorización de granitos tiene una textura arenosa y suelta.

El separar en el mapa en regiones o subregiones sin una investigación detallada es muy difícil ya que el grado de la meteorización y la extensión de la meteorización en las rocas son muy variables. Los cuerpos intrusivos de composición de tonalita, se señalan igual al granito, a causa de su semejanza en las características ingeniero-geológicas.

La región en conjunto, representa un suelo de cimentación adecuado. Vale señalar que las laderas escarpadas son consideradas como peligrosas, debido a que se pueden crear flujos torrenciales, escorrentía superficial y derrumbe de bloques rocosos.

### **8.1.3 Región de rocas conglomeráticas (RA)**

#### **Conglomerados, brechas(5)**

Se localizan en el poblado de Tototalpa y sus alrededores, distribuidos en forma triangular y sus límites alcanzan el Río Macuelizo. Al norte de éste, ya no existen más. La región está formada por depósitos sedimentarios gruesos, sobre todo conglomerados cuarzosos color rojo, pertenecientes a la Formación Tototalpa, suprayaciendo rocas de bajo grado metamórfico de la región de rocas metamórficas (RM). Entre estas dos regiones, son frecuentes pequeños límites o contactos tectónicos.

Hasta la profundidad de 2-4m. los conglomerados suelen estar muy meteorizados hasta totalmente disgregados. En la parte superficial de los conglomerados muy meteorizados, se forman muchas veces, procesos de movimientos de laderas del tipo deslizamiento y de flujo, con pocas excepciones sus longitudes alcanzan hasta los 100m. Su espesor, hasta los 4m. está claramente delimitado por la meteorización. En algunos casos, estos deslizamientos pueden representar algún grado de amenaza para casas aisladas, ubicadas en la ladera o el pie de éstas. La estratificación gruesa, en bancos sólidos de conglomerados de la Formación Tototalpa pueden desarrollar deslizamientos plegados y derrumbe de bloques rocosos.

La rigidez de las rocas no meteorizadas es muy alta, más de 150 Kilopascal, (Kpa) y por eso estas rocas se distinguen por sus cualidades geotécnicas (alta resistencia y baja compresibilidad) muy favorables con una desintegración muy difícil. Los fragmentos de conglomerados meteorizados, ante todo, si se encuentran en la profundidad y por debajo de

las filitas, muestran al contrario de las rocas no meteorizadas, cualidades geotécnicas muy desfavorables. Su compresibilidad es desproporcionada, resistencia baja y ceden fácilmente a la erosión, lo que facilita su explotación. Se recomienda que al colocar los cimientos de construcciones estas alcancen el basamento rocoso no meteorizado.

Por estas características, la región presenta condiciones adecuadas para la construcción. Las rocas no meteorizadas, que afloran en llanuras o pendientes suaves representan un suelo de fundación de buena calidad. El peligro principal que limita su desarrollo lo representan las variables condiciones de construcción, que resulta en frecuentes movimientos de laderas, ante todo, de transporte de rocas meteorizadas y sueltas, no-homogéneas y de espesores variables.

#### **8.1.4 Región de las rocas efusivas (FL)**

##### **Basaltos (6)**

Es la región de los flujos o coladas lávicas superficiales de basalto, con rompimiento en bloques que se extienden solamente en un afloramiento único que forma la parte superior del Cerro Las Guayabas, con dimensiones de 1,000 x 400 metros (40 Km<sup>2</sup>). Los bordes de la capa basáltica se desprenden y debido a eso se producen en algunos lugares derrumbes de bloques rocosos.

En cuanto a su permeabilidad, se trata de rocas poco a ligeramente permeables, estables y de gran resistencia. Su importancia hidrogeológica no tiene significación ninguna. La rigidez en compresión simple del basalto no meteorizado es muy alta, siendo muy resistentes a la acción del intemperismo y la meteorización. Las rocas no meteorizadas son incompresibles y casi no disgregables.

Los basaltos proporcionan un material muy adecuado para necesidades de construcción, pero debido a su localización son inexplotables.

#### **8.1.5 Región de ignimbritas e intrusiones ignimbríticas (IB)**

##### **Ignimbritas (7)**

Esta región se extiende solamente en la parte meridional del territorio mapeado. Por su origen deposicional forma una morfología bien conservadas de mesetas alargadas con alturas hasta de 1,300m.s.n.m. un ejemplo es la Messa de Alcayán. En los alrededores de la ciudad de Ocotál el desnivel sobre las llanuras cuaternarias de éstas mesetas es de 600m.

Las ignimbritas son rocas de litología muy variable, que pueden diferir también en el grado de aglutinación de sus componentes, desde muy resistentes hasta eflorescentes. En la base de la capa u horizonte, su textura suelen ser más gruesa que la parte superior o tope, más

fino, siendo posible observar una variación en el porcentaje de líticos. Su composición litológica y facial define a rocas muy variables, muchas veces afectadas tectónicamente lo que origina un estilo estructural de bloques tectónicos.

Si se desea apreciar esta región es necesario tomar en cuenta su notable variabilidad de ignimbritas, por ello, la región no se puede entender como por un territorio homogéneo en sus cualidades geotécnicas.

La permeabilidad primaria de las ignimbritas es muy pobre siendo mas notoria una permeabilidad secundaria debida a grietas y fracturas. El nivel del agua subterranea es muy honda.

El espesor de estas rocas puede alcanzar hasta unas decenas metros en donde las mismas son ya bastante consolidadas. Un problema puede ser solamente el grado de reforzamiento y la meteorización. En los cortes más profundos y laderas escarpadas se pueden producir movimientos de bloques de pequeñas dimensiones o derrumbes de bloques rocosos. Por ello, los bordes de esta región pueden representar el peligro más grande en el territorio. La región representa el territorio con un basamento adecuado para fundamento de construcciones, un suelo de construcción, estable y seco.

#### **8.1.6 Región de rocas marmolizadas y calizas (CM)**

##### **Mármol (8)**

Su distribución superficial en la región, representa una mínima parte del territorio, aflorando con muy poco espesor, en sectores al oeste y noroeste de la ciudad de Ocotál y en un lugar al norte de la localidad de Mosonte. Se trata de rocas metamórficas gran resistencia y de difícil rompimiento.

Este tipo de materiales geológicos ofrecen materia prima para la producción de cal, pero su explotación no es económica. La inclinación de sus capas es generalmente cara a pendiente, por eso, atendiendo a espesor, se puede explotar a cielo abierto sólo una pequeña cantidad de caliza.

#### **8.1.7 Región de depósitos fluviales, gravillas policíclicas (VF)**

##### **Gravas, gravillas, arenas arcillosas, arenas limosas con líticos (9-11)**

Se encuentra ampliamente distribuidas en los alrededores del Este y Oeste de la ciudad de Ocotál en una región de llanura moderadamente inclinada con algunos pequeñas elevaciones, remanentes erosionados de filitas. Este tipo de depósitos aflora también cerca de Ococona y a lo largo de la carretera principal que conduce de Ocotál a la localidad de Dipilto.

Su espesor varía de un lugar a otro y en algunos huecos subterráneos puede alcanzar hasta 40 metros, lo cual contrasta en la cercanía de elevaciones de filitas, en donde es de solamente unos metros.

Desde el punto de vista hidrogeológico estos depósitos se distinguen por una buena permeabilidad y porosidad. La superficie del agua subterránea varía en dependencia de la altura del lugar sobre el nivel de los ríos Coco, Dipilto y Macuelizo, y también en dependencia de la morfología de las rocas subyacentes. Se puede esperar una profundidad del agua subterránea entre los 5 y 30m.

El fenómeno geodinámico superficial principal es la erosión – lateral y profunda. En la zona de Rodeo Grande, alcanza hasta una profundidad de 26 metros. Los cortes son escarpados a una altura aproximada de 35m. no parecen tener una predisposición a resbalamiento en caso de que no sean dotados extremadamente por agua (vea capítulo 8.2.1).

**La Subregión 9** de arenas gruesas de terrazas conforma un suelo de cimentación adecuado con buena potencia y compresibilidad media. Su desintegración es generalmente buena, pero en algunos lugares pueden estar endurecidas por una matriz arcillosa, en este caso su desintegración es más difícil. El peligro de erosión progresiva y derrumbes complejos de sus paredes amenazan solamente las áreas de bordes de cortes erosivos.

**La Subregión 10** de arenas no seleccionadas con fragmentos de filitas, proporciona buenos suelos de cimentación. Pero su potencia es, hasta cierto punto de mucha menor calidad que la de las gravas, debido a su no homogeneidad y compresibilidad. Se pueden caracterizar también, como depósitos de abanicos aluviales. Su espesor es irregular, generalmente disminuye en dirección del pie de monte.

**La Subregión 11** de gravas jóvenes y arenas fluviales redepositadas e intercaladas en algunos lugares con sedimentos más finos. En las áreas de llanura de inundación de los ríos, esta subregión, es absolutamente no adecuada para las construcciones. El suelo de cimentación es no homogéneo, no resistente y en ciertos sitios, muy compresible.

Debido a que el suelo de cimentación es bueno, caracterizado por su alta resistencia y una superficie de agua subterránea profunda, representa la región de relleno de guijos, generalmente un ambiente adecuado para las construcciones de todos tipos. La Subregión de abanicos aluviales es condicionalmente adecuada para las construcciones. Finalmente, la Subregión de arenas fluviales no se considera adecuada para actividades constructivas.

### **8.1.2 Fenómenos geodinámicos (capítulo 9. Peligros geológicos)**

Los fenómenos geodinámicos se pueden dividir con base a su origen, en dos grupos básicos: Exógenos y endógenos.

Los más frecuentes son los movimientos de laderas (deslizamientos, flujos torrenciales, derrumbes de bloques y desprendimiento), la erosión y agradación de depósitos fluviales. Entre los procesos endógenos se reconoce el peligro sísmico, sobre todo en aquella parte del territorio localizado a lo largo de fallas geológicas activas.

### **8.1.3 Manifestaciones de la actividad antropogénea**

Las evidencias de este tipo de actividad en el territorio estudiado, se relacionan a algunos pequeños basureros de importancia local, p.e. los vertederos al este y sureste de las localidades de Macuelizo y Mosonte, respectivamente. La carga ecológica más grande está representada por basurero de la ciudad de Ocotál, localizado al sur, detrás del límite del territorio de nuestra investigación. Éste depósito de basura, representa un riesgo alto para ambiente por su efecto contaminante sobre las aguas subterráneas y las aguas del Río Coco.

En cuanto a las canteras de explotación de materiales graníticos, (queratófidos) la más grande y actualmente abandonada es la ubicada a 1.5 Km. al norte de Ocotál. Además de ésta cantera, se encuentran en el territorio mapeado, otras canteras más pequeñas y de importancia local y esporádicamente aprovechadas.

En el transcurso de nuestra investigación comprobamos algunas manifestaciones de explotación de calizas, sobre todo al noroeste de Ocotál y en el lugar llamado La Calera. Además de la explotación de rocas calizas en los lugares citados, y el proceso de calcinación de caliza para obtención de cal.

En el vertice suroccidental del mapa, al sur de Macuelizo, se conoce de socavones y galerías inclinadas ahora abandonadas. Estas excavaciones superficiales y subterráneas, muestran una historia de la pasada explotación minera de oro y plata en el Departamento de Nueva Segovia. En el capítulo 10: Materias Primas, se aborda la problemática de estos yacimientos metálicos de manera minuciosa.

## 8.2 Pruebas geotécnicas

### 8.2.1 Cálculo de estabilidad

Para el cálculo de estabilidad se tomaron 4 muestras de roca fresca. Dos muestras de arenas con grava se tomaron ladera bajo de la escuela nueva en Dipilto, una muestra en la ribera del Río Dipilto, en Ocotál en cercaías de la Escuela (nombre de la escuela) y dos muestras mas en un corte de la Carretera Panamericana en el centro de la ciudad de Ocotál sobre la vía a Dipilto. Se hicieron pruebas triaxiales en muestras para verificar características de estabilidad de arenas con grava. Estas características se usan subsecuente para el cálculo de la estabilidad. Dos muestras se analizaron con presión ventricular de 100 y 300 KiloPascal (Kpa) y una muestra en trujal (presión lateral = 0 kPa). En el proceso una muestra fue destruida y resultó inutilizable.

Tabla 8.2

*Peso volumetrico hubo comprobada en tres muestras*

Numero de muestra	Peso [kg]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Peso volumetrico [kg/m <sup>3</sup> ]
VZ 1	0,361	0,235.10 <sup>-3</sup>	1537
VZ 2	0,333	0,202.10 <sup>-3</sup>	1647
VZ 3	0,155	0,996.10 <sup>-4</sup>	1558

Tabla 8.3

*Resultados de pruebas en presión en triaxial*

Numero de prueba	Presión ventricular [KPa]	Presión axial [KPa]
VZ 1	0	668,41
VZ 2	300	2471,00
VZ 3	100	1470,00

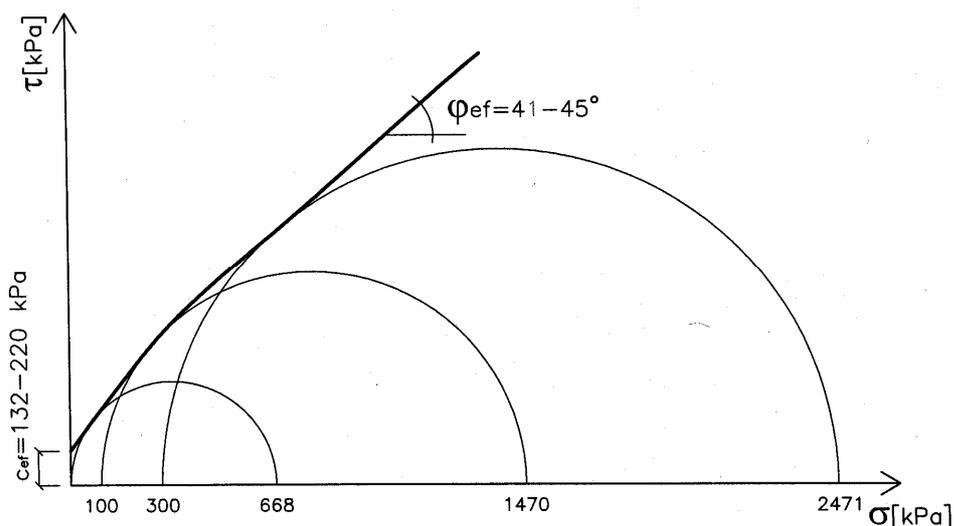


Gráfico 9.1

Características de estabilidad de arenas con gravas, poco abarrotados

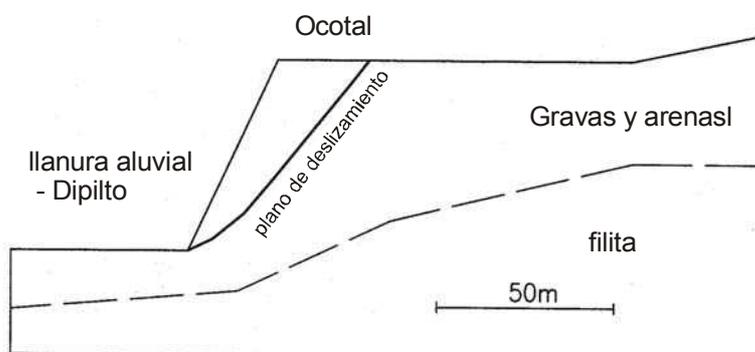
$$\Phi_{ef} = 41-45^\circ$$

$$c_{ef} = 132-220 \text{ kPa}$$

Citada muda sale de inflexión en grafo 9.1.

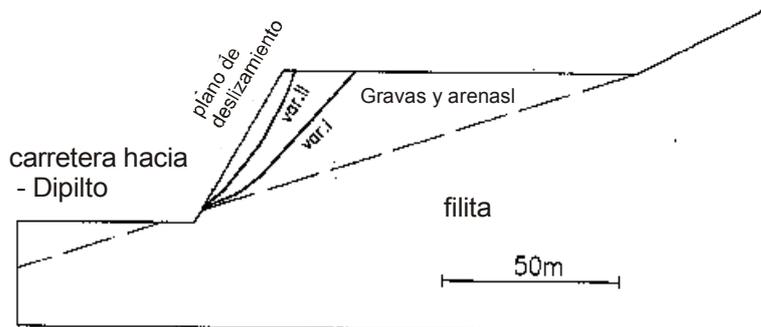
	$\Phi_{ef} [^\circ]$	$c_{ef} [\text{kPa}]$
Modalidad I	45	132
Modalidad II	41	6

Ladera del río Dipilto en Ocotál, cerca de escuela:



	mod. I	mod. II
Grado de estabilidad	2,91	0,84

Corte de carretera en centro de la ciudad de Ocotál:



	mod. I	mod. II
Grado de estabilidad	3,88	0,88

De los cálculos ante mencionados, resulta un alto grado de seguridad

### 8.2.2 Composición granulométrica, pruebas de fracción arcillosa

Un fuente extraordinario de materia prima, son las arenas proluviales de la Cuenca de Ocotál. Como resultado de la meteorización del macizo granítico, ocurrió una sedimentación de estas arenas en una amplia área y espesores con potencia de decenas metros. En dicha área, se han tomado dos muestras orientativas para la evaluación tecnológica de esta materia prima.

La muestra DI-1 (coordenadas N 12° 42,042', W 86° 29,492') fue tomada de afloramiento del material proluvial con potencia total 8-10m.

La muestra DI-2 (coordenadas N 12° 37,776', W 86° 53,577') representa a sedimentos fluviales transportados al río, probablemente durante del Huracan Mitch. Estos sedimentos se explotan y tamizan para arena y gravas.

Las muestras fueron analizados en el Laboratorio del Servicio Geotécnico, en Praha, de acuerdo a las normas checas ČSN 721013, 721014, 721017, 721172, 721173 y 721177. Los resultados fueron evaluados según las normas CSN 721512 – Agregado para objetos de construcción, y CSN 721002. La clasificación de suelo y terrenos utilizables para construcciones de carreteras, muestran los resultados siguientes:

La muestra DI-1, clasificada según su granulometría, como arena con poca grava. Contenido de granos tamaño sobre 4mm, son solamente 4,7% en peso.

El trazo de la curva granulometrica es muy continuo. En la fracción arena predominan los granos de tamaño de 0,5 – 2mm, que representan más que 40% de peso de la materia prima.

El contenido de arcilla es bastante alto – 13,5% de peso en total, 1,0% de grava y 14,1% de arena. El contenido del humus es de grado A – bien utilizable.

El uso de esta materia prima es limitada – prácticamente sirve como arena de mortero. Un buen uso es también para la construcción de terraplenes.

La muestra DI-2, clasificada según su granulometría como arena con grava. El contenido de grava es 18,8% en peso. El trazo de la curva granulométrica es bien continuo con predominio de granos tamaño 0,5 - 2mm.

El contenido de arcilla es 7,3% de peso en total, 0,7% para grava y 8,8% para arena. El contenido en hus fue caracterizado es de grado B – utilizable.

La grava sirve como hormigón y la arena solamente para mortero. Usando él método de lavada existe la posibilidad de disminuir el contenido de arcilla a 3% o menos y se puede usar el material como hormigón. En su estado natural se puede emplear muy bien en la construcción de terraplenes.

Los datos son documentados en las tablas siguientes:

Resultados de pruebas de fracción arcillosa

Determinación de granulometría

Resultados de las pruebas tecnológicas de la materia prima

Certificado de la muestra DI-1

Certificado de la muestra DI-2

Curvas granulométricas

*Tabla 8.4 Resultados de pruebas de la fracción arcillosa*

Muestra	DI-1	DI-2
Límite de liquidez (%)	27	no plástico
Límite de plasticidad	18	no plástico
Índice de plasticidad	9	no plástico
Índice de coexistencia	no se puede determinar	
Índice de la actividad coloidal	1,29	no se puede determinar

Tabla 8.5 Resultados de pruebas tecnológicas de la materia prima

Mu- estra	% de arcilla			Hu- mus	Parte en %		Composición granulométrico en % - los tamizes en mm											Estandarto checo 72 1512		
	arena	grava	total		arena	grava	32	16	8	4	2	1	0,5	0,2	0,125	0,063	<,063	Aren a	Grav a	Total
DI-1	1,0	14,1	13,5	A	4,7	81,8			0,3	4,4	11,8	20,4	22,0	15,0	7,7	2,9	14,1	B	D	C
DI-2	0,7	8,8	7,3	B	18,8	73,9	2,7	4,1	2,8	9,2	13,7	22,8	17,0	10,0	5,5	3,0	8,0	A	D	B

Tabla 8.6 Determinación de la granulometría

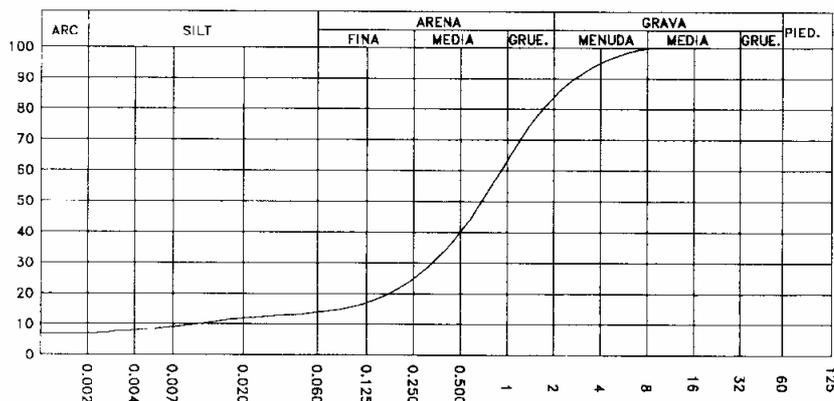
Mu- estra	0,001	0,002	0,004	0,007	0,02	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	32	63	125
684	7	7	8	9	12	14	17	25	40	63	84	95	100	100	100	100	100
685	3	3	3	3	5	8	11	17	27	45	68	81	90	93	97	100	100

Ivo Ouřada – SERVICIO GEOTÉCNICO  
 Zikova 21, 160 00, Praha 6, tel.: 311 24 38  
 laboratorio: Komunardu 6, 170 04, Praha 7, tel./fax : 80 92 63

**CERTIFICADO DE LA MUESTRA**

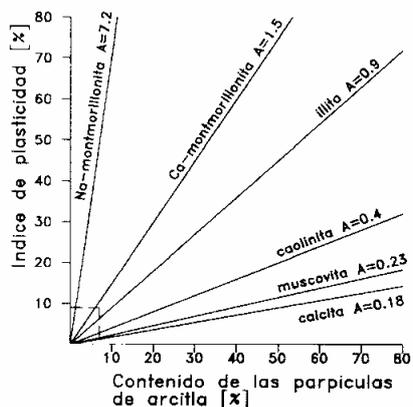
Mustra: DI-1

**CURVA GRANULOMÉTRICA**

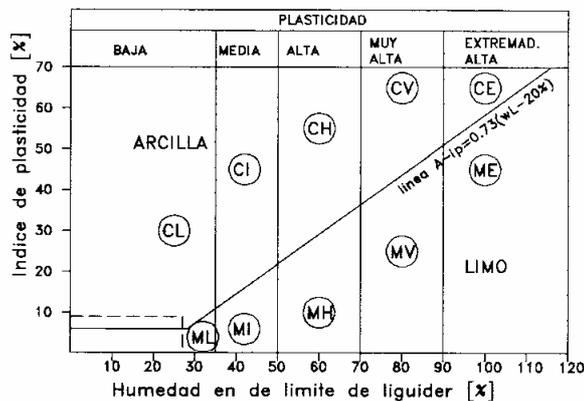


Contenido de fracción	
ARCILLA	7
SILT	7
ARENA	70
GRAVA	16
C <sub>u</sub>	82.481
C <sub>c</sub>	10.488

**ACTIVIDAD COLOIDAL**



**DIAGRAMA DE PLASTICIDAD**



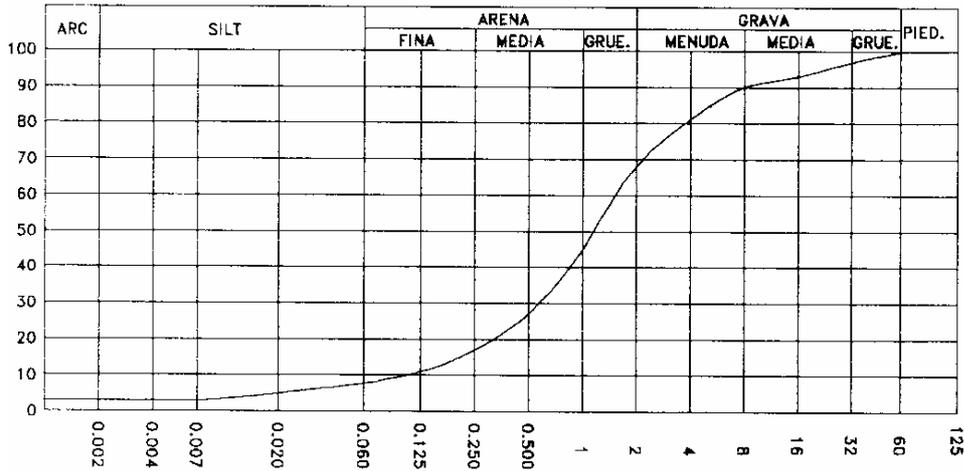
<b>Clasificación según</b>	<b>Mombare de la materia prima :</b>
norma CSN 721001                      S3 S-F	ARENA CON POCA GRAVA
Usable para construccion de : TERRAPLENOS	Grado :                      MUY BIEN

Ivo Ouřada – SERVICIO GEOTÉCNIO  
 Zikova 21, 160 00, Praha 6, tel.: 311 24 38  
 laboratorio: Komunardu 6, 170 04, Praha 7, tel./fax : 80 92 63

**CERTIFICADO DE LA MUESTRA**

Muestra: DI-2

**CURVA GRANULOMÉTRICA**

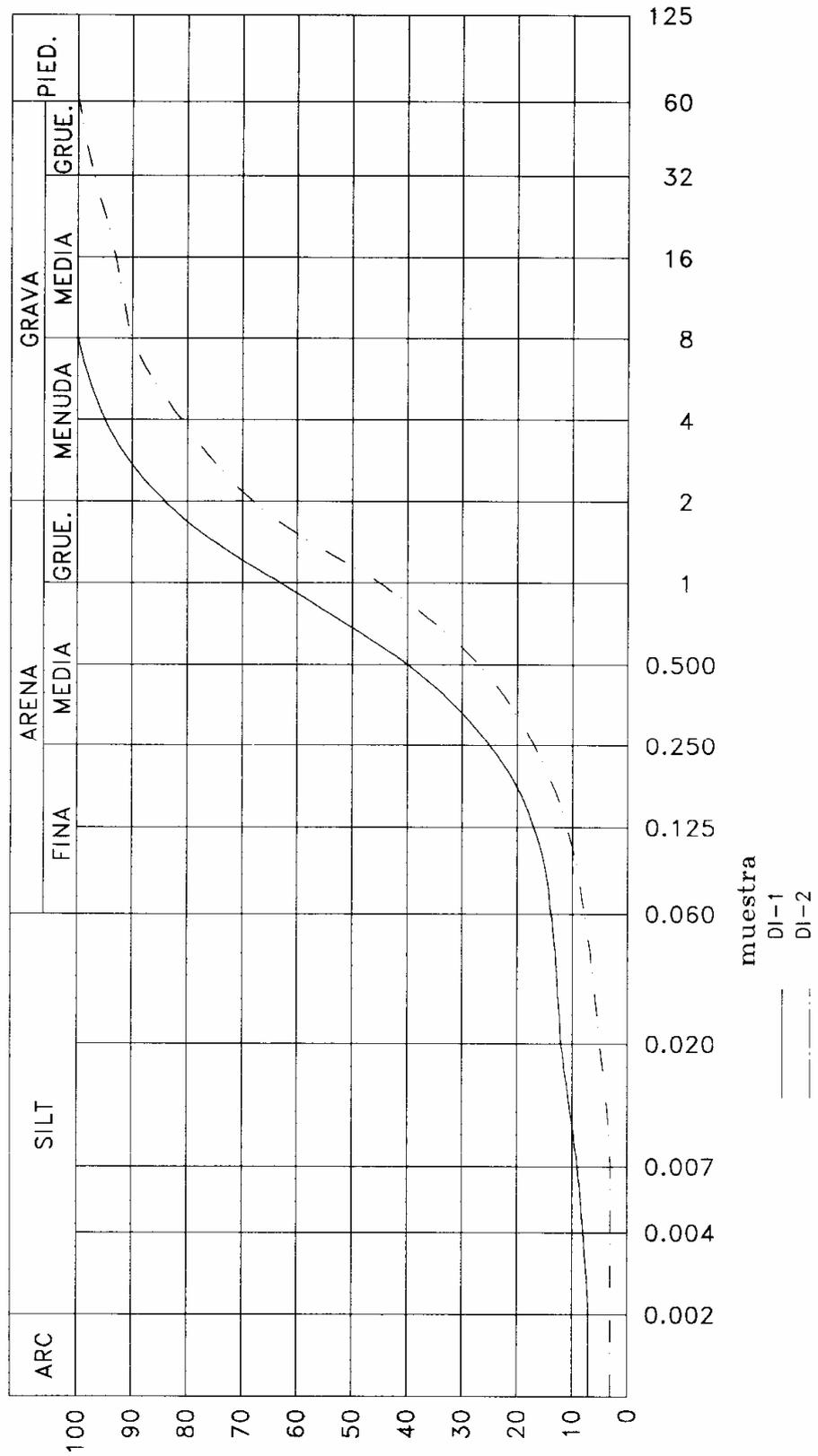


Contenido de fracción	
ARCILLA	3
SILT	5
ARENA	60
GRAVA	32
C <sub>u</sub>	15.836
C <sub>c</sub>	1.974

Clasificación según norma CSN 721001      S3 S-F	Mombare de la materia prima : ARENA CON GRAVA
Usable para construccion de : TERRAPLENOS	Grado :      MUY BIEN

GTS – servicio geotécnico

# LAS CURVAS GRANULOMETRICAS



## 9. Peligros Geológicos

### **Evaluación de trabajos antecedentes, confrontación con resultados generales:**

*AECI (2004): Usos de la tierra y amenazas naturales por inundaciones e inestabilidad de laderas. Municipio Ocotál, Dipilto.*

Datos geológicos en este Informe son incorrectos. Unas afirmaciones no tienen pruebas, informaciones de importancia (en relación a peligros) no se averiguaron en el campo. Autores afirman, que única roca que aflora en la superficie en Dipilto, es granito, y que varios deslizamientos se ocurren sobre de estas rocas. En realidad, los granitos son litológicamente las rocas bien estables, que manifiestan sólo flujos de déritos en valles, provocados por lluvias fuertes, y presentan pequeños deslizamientos superficiales del material meteorizado. En paredes rocosas y en cortes de carreteras o caminos pueden originarse derrumbes de bloques perturbados. Tampoco los eluvios arenosos son propensos a deslizamientos.

Por el contrario, no se acentúan las filitas, rocas de meteorización arcillosa, como el ambiente rocoso más peligroso para originarse los deslizamientos de laderas. Estas rocas ocupan mayor parte de las laderas del cerro El Volcán (contacto tectónico con granitos en cataracto al N de Portillo Las Nubes) etc. Hace falta tomar en serio estas rocas que representan gran riesgo cuando construyen las laderas escarpadas, aunque cubiertas por bosque. Estos hechos el informe criticado no tomó en consideración.

### 9.1 Amenazas alrededor de ciudades mayores

**Ocotál**

**Macuelizo**

**Dipilto**

**Mosonte**

Grado de peligro geológico está presentado por tres colores para estabilidad de ladera (**VERDE** – **AMARILLO** – **ROJO**) y un color para inundaciones (**AZUL**). Esta señalización usualmente se aplica en varios países del mundo, sin embargo en este informe la definición es realivamente más libre:

- Color rojo simboliza en el mapa la área de ciudades con peligro geológico más alto y inadecuada por edificación (urbanización).

- Color amarillo simboliza peligro medio con posible edificación. Hay que observar condiciones limitantes para edificación.
- De color verde son señaladas áreas con mínimo peligro geológico, áreas indicadas para las construcciones.
- Dos tonalidades de color azul significan áreas amenazadas por actividad de agua (permanente o ocasional). Aquí es edificación (planificación) inadecuada.

### 9.1.1 Áreas de peligros naturales más grandes

En mapas se estas áreas ilustran de color rojo, con rayado de tipo rocas. Estos lugares son absolutamente inadecuados para cualquiera construcción. La línea articulada de color rojo señala valles, con trayectorias de transporte rápido de detritos durante de lluvias fuertes.

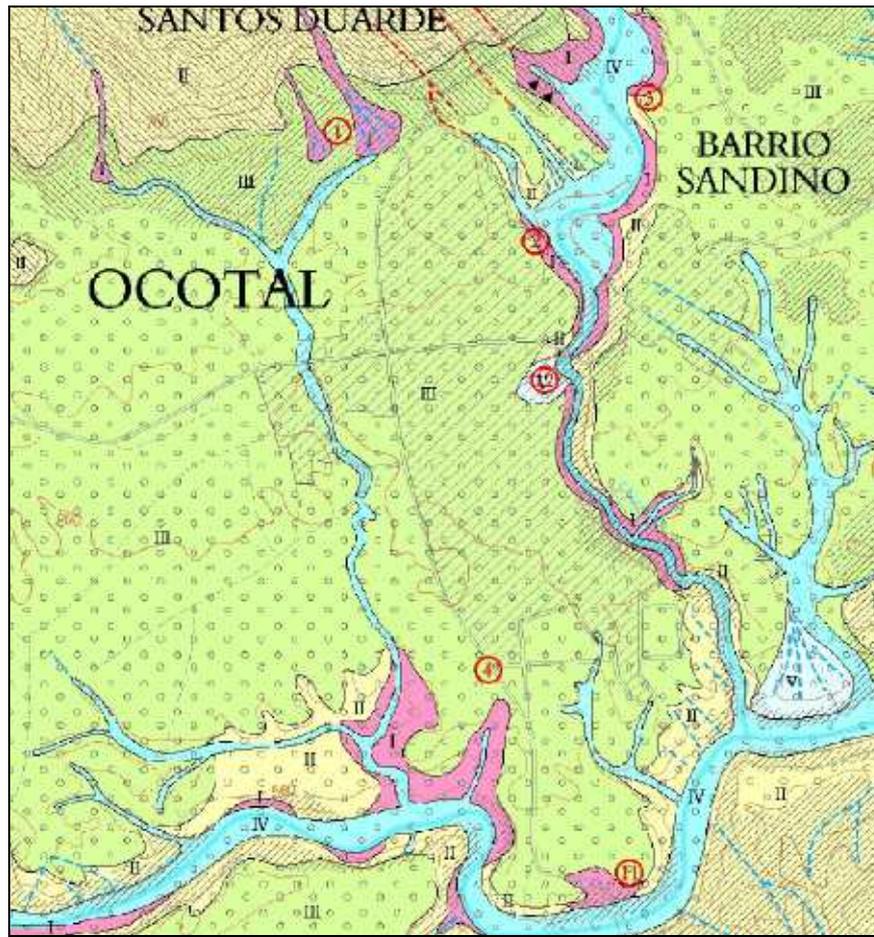
Áreas amenazadas por inundaciones tienen color azul oscuro. Esta área está en tiempo de lluvias periódicamente inundada y no conviene para ninguna, ni provisional actividad.

#### **Ocotál**

Mayores peligros son representados por las partes de conos aluviales en el N de la ciudad, en pies del Cerro Guanzapo. En estos lugares ya en pasado se formaban acumulaciones de los déritos provenientes de los materiales de laderas deslizadas. Estos movimientos muy probablemente van a proseguir.

Otros sectores vulnerables son laderas empinadas de los ríos Dipilto y Coco así como las cortes artificiales de las carreteras. Estas laderas, por lo general, se forman por gravas y arenas consolidadas y estables (calculación en Capítulo 8.2.1), cuando se quedan en estado seco. Los corrientes de agua, sea de lluvia sea de alcantarillado o aquaducto roto, modificarán totalmente la estabilidad granular del material (granos de cuarzo se lava fuera) y de esta manera se produzca deslizamiento. Por esto, no parece conveniente de construir en cualquiera parte de ladera (ciudad de Ocotál se sitúa en pies de una ladera de grava y arena).

En caso de cortes abruptos en filitas, ceratofiras y esquistos verdes las rocas se descomponen en fdragmenos a lo lado de fisuras finas. Inundaciones son posibles en valles de ríos mayores y sus tributarios.



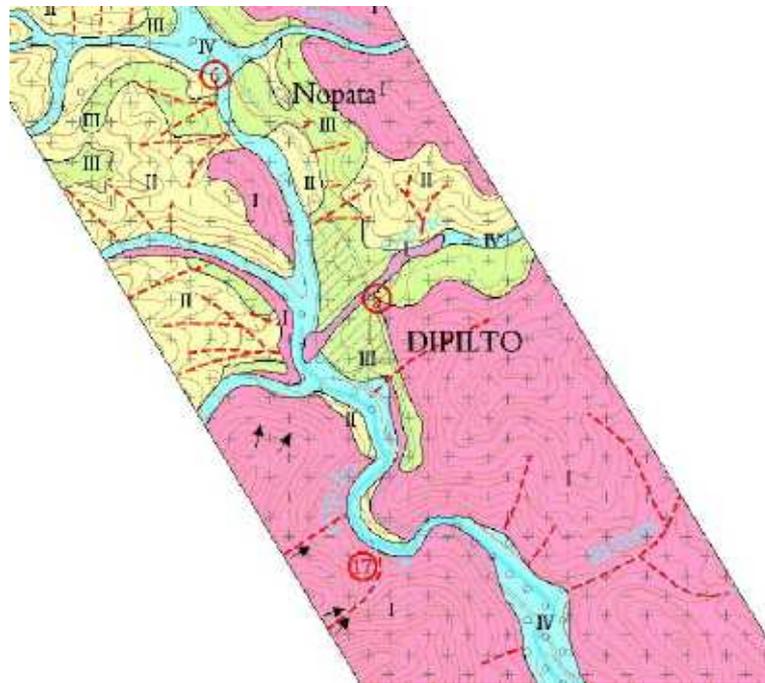
Lugares más amenazados:

- **1. Cerro Guansapo – valle erosional bastante profundo con orientación al sur. Erosión de sedimentos de ladera y su agradación en cono aluvial. Faldas de valle afectadas por deslizamientos pequeños. Peligro alto, el área eliminarse de edificación!**
- **2. Reventón en orilla del Río Dipilto (foto 9.1) – dos calles septentrional del escuela, erosión lateral, altitud de reventón 24 m. Amenazadas serían los edificios en el borde de ladera, existe la posibilidad del colapso de arenas debajo de varios casas en el borde! Recomendación: transmudar algunas familias.**
- **3. Zona inundada del Río Dipilto – peligro de inundaciones, al Sur del Barrio Sandino. El área ancha inundada con agradación aprovechable solo para agricultura (cuidado! después del huracán Mitchse registró la destrucción de cosecha), pasante en cañon, donde nivel del agua crece muy rapido**
- **4. Al sur de Mercado – profunda zanja en arenas, erosión retrograda progresiva hasta la carretera principal en Ocotál. Hay que represar erosión, por lo menos proteger la carretera por gabiotas y ajustar badén sobre la carretera.**

## Dipilto

El peligro mayor presentan las cimas y laderas abruptas de macizo montañoso. Éstas se forman, en particular, de granito, meteorizados en su parte superior. Laderas muy espinosas condicionan los derrumbes de bloques saeparados a lo lado de fallas y fisuras. En el mapa presentado se marcan los sectores de movimientos actuales de laderas del tipo de deslizamiento somero del material meteorizado de granito.

Otro área muy vulnerable es el cono aluvial del Río Dipilto en el centro de la ciudad, donde se movían y acumulaban los bloques de rocas durante de lluvias torrenciales. Otros riesgos de inundaciones pueden esperarse en aluviales de los ríos Dipilto, Nopata y otros.



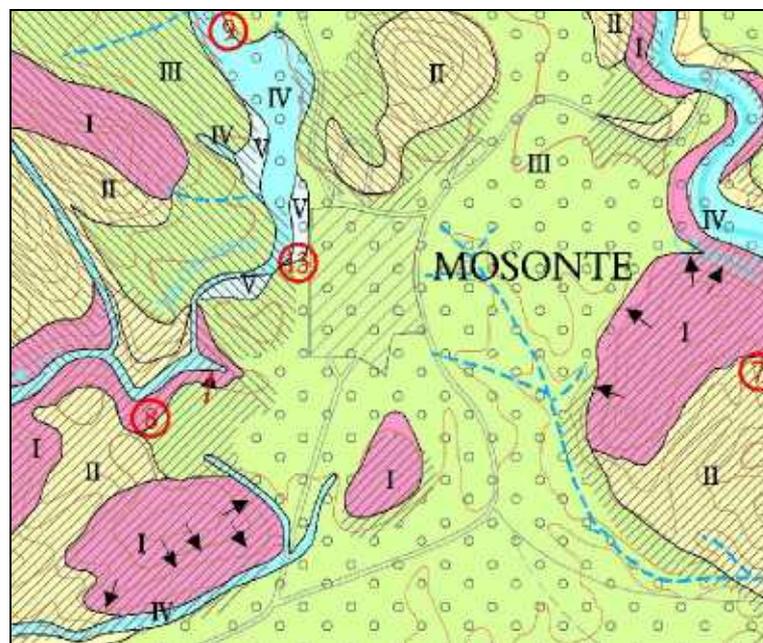
### Lugares más amenazados:

- **5. Río Dipilto (foto 9.2 a 9.3) – cono aluvial frente la confluencia con río Las Manos, agradación de bloques, grandes acá y allá hasta 1,5 mts. En ciudad son muros de navegación, que protejen una parte alrededor del río, no obstante todavía existe peligro para carretera i algunas casas. Hay que construir presas pequeñas en río Dipilto, que retardarán la energía del río.**
- **6. Nopata (foto 9.4) - inundaciones, una parte de edificación es situada en zona inundada del río Las Manos. Durante de Mitch algunas casas fueron destruidas, y durante reincidentes lluvias persiste la amenaza de inundación para varias casas.**

## Mosonte

Sectores de peligros mayores se encuentran en laderas cerca de la ciudad. Geologicamente las laderas son formadas por filitas y esquistos verdes que son cubiertos por espesos productos de meteorización. Abundantes son los deslizamientos planos de detrito que podrían ser activados durante de trabajos de construcción. Deslizamientos fueron documentados también en laderas espinosas en valle de Río Mosonte.

Peligros iguales como descritos en Ocotal, pueden esperarse también en riberas de Río Quisulí al E de Mosonte que se componen de gravas y arenas compactadas. Inundaciones son restringidos a los valles de ríos Mosonte y Quisulí.



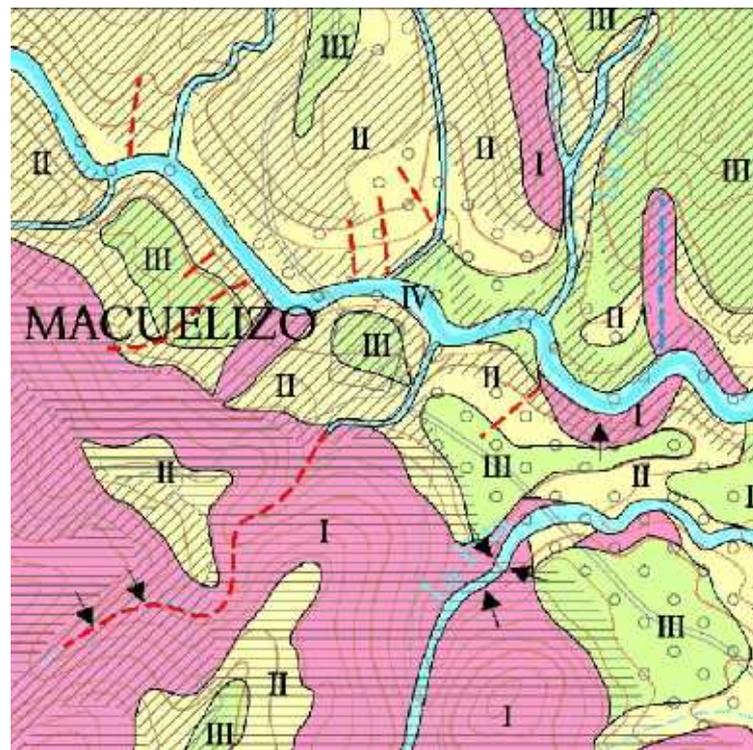
### Lugares mas amenazados:

- **7., 8. Sobre todo SO y SE de Mosonte encontramos muchos deslizamientos pequeños, en zona de filitas e filitas meteorizadas. Se trata sobre todo de Loma El Zapotillo (7) y loma - cota 728 m. n m (8.). En su mayor parte se trata de flujos de suelo con longitud hasta 100 mts y espesor hasta 3 m. Amenazante son las construcciones en faldas de lomas. En total registramos 13 movimientos de ladera.**
- **9. Río Mosonte (foto 9.5) – zona inundada NE de ciudad, ancha llanura aluvial es amenazada por inundaciones y agradación de arenas. Hay que eliminar edificación.**

## Macuelizo

Formación sedimentaria Totogalpa es más peligroso ambiente litológico en este sector. Debajo de Totogalpa yacen las filitas meteorizadas. Esta litología forma las laderas espinadas en Sur y SOE de la ciudad. Conglomerados de Formación Totogalpa pueden derrumbarse en laderas hasta producir los movimientos de bloques. En filitas subyacentes originan los deslizamientos planares o caen los fragmentos de rocas descompuestas.

Otro sector amenazado comprende las riberas espinosas del Río Macuelizo y sus tributarios. Profundo valle erosional del tributario del Río Macuelizo limita la zona conveniente de construcciones hacia al Oeste. Al Este de la ciudad, en gravillas porosas se ubica el depósito de desecho comunal. Durante de explotación de largo tiempo, las aguas subterráneas podría ser contaminadas fácilmente. En cuanto a las inundaciones, siempre las aluviones del Río Macuelizo y sus tributarios son las más vulnerables.



### Lugares mas amenazados:

- *actualmente no amenaza la ciudad ningún de fenómenos geodinámicos conocidos. Lo más se impone la erosión de suelo*

### 9.1.2 Áreas de peligro natural medio

En mapas se marcan estas áreas de color amarillo, con rayado señalado de tipo de rocas. Estos lugares son provisionalmente adecuados para edificación, es decir sólo con subidos gastos para seguro de construcción.

De color azul claro se señala el nivel de terraza del río. Estas superficies de inundarán sólo episódicamente y son adecuadas para agricultura, sin edificación. La línea articulada de color azul significa vías preferentes de agua, principalmente en tiempo de lluvias torrenciales.

#### **Ocotal**

Laderas del Cerro Guansapo en la parte del Norte de la ciudad se componen del complejo Paleozoico de rocas metavolcánicas, metasedimentarias, cobertura de detrito meteorizado es mínima. Las rocas son resistentes a meteorización y duras, sin embargo poseen los planos de fisuras en orientación desfavorable, en caso del corte artificial podrían deslizarse.

Otro sector de peligros medianos son las riberas suaves de los ríos Dipilto y Coco. A menudo se trata sea de riberas de meandros sea las de áreas más lejanas donde los movimientos menores pueden originarse.

El nivel de acumulación de terrazas y posible amenaza por inundaciones es actual en meandro abandonado del río. Abundantes vías preferenciales del agua pueden esperarse en sector Barrio Sandino.

#### Lugares de media amenaza:

- **10. Cerro La Cruz (foto 9.6) – deslizamiento de fondo bajo (0,5 mts) cerca de tanque de agua. Quebró el vallado alrededor del tanque. Similares deslizamientos podría llegar en toda ladera en Santos Duarte y hay que contar y tratar con ellos. Peligro para cada una de casas.**
- **11. Río Coco – Laderas al sur de ciudad están bajo la influencia de erosión y tienen metimiento en edificación. Hay que inhibir edificación progresiva. A lo largo de río en su laderas elevadas no existe peligro de inundaciones. Solo durante de condiciones climatológicas extremas se amenaza el puente Coco.**
- **12. Ocotal, detrás del puente hacia a Barrio Sandino – meandro viejo del río Dipilto. En meandro hay situadas varias casas. Bueno es aprovechamiento**

**contemporáneo – campo de juego. No obstante varias casas amenazadas en tiempo de lluvias extremas.**

### **Dipilto**

Las laderas suaves con base de rocas graníticas significan el peligro mediano. Sobre de rocas yace sólo la cobertura delgada del material meteorizado, es decir en caso de cortes de construcción las rocas se encuentren en forma sólida y dura. Cuerpos artificiales de taludes deben unirse bien con el basamiento rocoso para que se impedan los deslizamientos eventuales.

### **Mosonte**

Se trata de las laderas suaves con filitas basales, al sur de la ciudad. Durante de trabajos de construcciones, movimientos de deslizamientos del material meteorizado pueden originarse, acaso los planos de esquistos podrían deslizarse fácilmente.

Otro lugar vulnerable comprende las laderas de Loma de Lupe al N de Mosonte formada por esquistos verdes, que son más duras y resistentes pues la inundación puede alcanzar los niveles más altas del valle.

#### Lugar medio amenazado:

- **13. Terrazas del río Mosonte – zona inundada en tiempo de lluvias extremas, área adecuada para agricultura, no adecuada para edificación.**

### **Macuelizo**

Los peligros medianos están representados por áreas formadas de filitas que condicionan las laderas suaves al Sur de la ciudad. La cobertura de material meteorizado es relativamente espesa y por esto, durante de trabajos de construcción hace falta cuidarse bien ante el deslizamiento de capas subyacentes.

### **9.1.3 Áreas con mínimo peligro natural – área estable**

En mapas son estas áreas de color verde, con rayado señalado de tipo de rocas. Generalmente se trata de llanuras o laderas poco inclinadas, donde no existe amenaza de movimientos de ladera. También se trata de áreas sobre el nivel de inundaciones.

## 9.2 Peligros naturales amenazados a las carreteras (vialidad)

En el área de hoja mapeada se han dividido, según importancia, III. clases de categorías de carreteras.

### 9.2.1 Carreteras de I. clase (mas importantes)

*Las Manos – Dipilto – Ocotal – frontera meridional del hoja de mapa*

Nota: kilometro 0 de carretera está el cruce Shell (empalme Ocotal – Macuelizo – Mosonte - Las Manos)

Se trata de una de las carreteras muy importantes entre de Nicaragua y Honduras, que fue totalmente destruida después de huracán Mitch en el año 1998. Reconstrucción completo se realizó en calidad muy bien. No obstante prosigue la erosión de gabiotas, deslizamientos y atarquinamiento de compuertas bajo de carretera. Hay que practicar mantenimiento regular de carretera y su alrededores. Véase tabla 9.1

Lugares mas amenazados:

- **14., 15. Río Dipilto 3. y 8,5. km de carretera (foto 9.7) – la niveleta de carretera va en zona inundada. Gabiotas contra erosion están en algunos sitios qubredas. Hay que colmar sectores erosivos. Durante de inundaciones podría ser amenazado tráfico en carretera.**
- **16. Ladera Cerro Las Moscas, 10. km de caretera (foto 9.8) – deslizamiento (flujo) superficial y debajo está el eluvio de granitas. Ladera muy inclinada. Varios bloques inestables, que hay que a juro quitar. Peligro grande para el tráfico!**
- **17. La curva de carretera delante de Dipilto, 12. km de carretera (foto 9.9) – derumbe en corte de carretera. Bloques de granito cayen a lo largo de superficies tectonicas y amenazadas el tráfico. Para afirmación del corte hay que usar redes protectorios y ancoras.**
- **18. m/m 2 – 3 km frente de frontera – varios valles erosionales cruzan la carretera, existe peligro de flujos torrenciales y transporte de derrubios y su agradación, corte de carretera y obturación de compuertas.**

### 9.2.2 Carreteras de II. clase (de media importancia):

*Ocotál – Macuelizo, Ocotál – Mosonte – St.Clara*

Carreteras municipales, que unen los pueblos con Ocotál y carreteras de I. Clase. Se hacen los adoquines.. En toda la longitud podemos ver muchas veces erosión retrograda o lateral. En cruces de carretera y valles se crea erosión y derrubio de camino. Algunos cortes están muy inclinados y tienen metimiento con derrumbe y caída de bloques por rodamiento. En algunas partes faltan compuertas y varias compuertas no tienen bastante capacidad. Véase tabla 9.2.

Lugar mas amenazado:

- **19. El Zapote – meandro del río Macuelizo, erosión lateral junto con deslizamientos progresa hacia carretera Ocotál – Macuelizo. Altitud de ladera 35 mts. Mientras continuará la erosión, la carretera se derrumbará en perspectiva de varios años.**

### 9.2.3 Caminos de III. clase (lo menos importante)

*Macuelizo – Ococona – Mata De Plátano – La Celera, Ococona – Rodeo Grande - El Manteado (Dipilto), Mosonte – Las Trancas, Macuelizo – La Pita*

Caminos de mínima importancia, que conectan pueblos pequeños, por ejemplo cerca de frontera o pueblos y casas individuales con carreteras de I. a II. clase. En montañas tienen subida generalmente muy inclinada y en tiempo de lluvias tienen difícil vialidad. No para mientes en su mantenimiento y planificación. De ahí que a grado máximo de daños y lugares peligrosos. Tiene metimiento con reblandecimiento del superficie, corte por erosión en lugares de valles laterales. Peligros que amenazan estos caminos encuentra en tabla 9.3!

Lugares mas amenazados:

- **20. camino Las Playas – Rodeo Grande (foto 9.10) lleva en cerca de Las Peraltas en sedimentos cuaternarios. El camino está en parte quebrada y bastante amenazado por erosión retrograda, es decir en tres lugares. Recomendación: medida de prevención contra erosión, gabiotas bajo la camino, drenaje.**

- **21. Rodeo Grande (foto 9.11) – erosión profunda muy importante en sedimentos arenosos se eleva hasta 30 m y forma un admirable cañon con „piramidas de arena“. Está amenazado el camino por Rodeo Grande corriendo en loma. Bajo del camino hay reventón con altitud 24 mts, que esta a corto plazo y por este momento estable. Pero por razón de sacudidas del tráfico durante de lluvias fuertes se camino probablemente desplomará. Reccomendación: transferir el camino al norte, hacer presas contra la erosión en le cañon.**
- **22. El Encino – hacia Ococona lleva camino montañoso, que esta sobre todo en el cierre del valle del río Los Papelillos quebrada y continuamente amenazada por erosión y flujos torrenciales de fondo bajo. Reccomendación: prevención contra la erosión en zanjas (por lo menos presas de madera).**

### **9.3 Peligros naturales en otras partes del área estudiada**

Se trata sobre lugares del área de trabajo, poco poblados. Por ejemplo, los cafetales al norte de hoja junto a frontera con Hoduras o territorios montañosos junto a meridional margen de hoja. Amenazadas podrían ser individualmente cafetales, vías de accesos, casas. Fenómenos geodinámicos amenazan solo pequeño grupo de pobladores, aun así están muy peligrosos.

#### **Territorio al NE de hoja – Cerro El Mogote, La Naranja, El Volcán**

En este territorio (zona septentrional de filitas – formación Nueva Segovia) fue mapeada detalladamente el área de extensión m/m 9 km<sup>2</sup>. En total hemos documentado 24 mayores movimientos de ladera. Desgradaciamente, una parte queda todavía minada y por eso no fue posible documentar esta área en forma más detallada. Según informaciones de lugareños se registran unos decenas de moviminetos también en el valle San Onofre – Mosonte, otros al oeste de ladera Cerro Chachagua (Volcancito), y también en el valle del río Soledad. Cordillera de Dipilto en esquina NE del hoja (Portillo Hondo, Cuchillas – Los Cabros, El Barro, Las Cañas), está por deslizamientos afectada en extension enorme.

Daños en propiedades no fueron tan eminentes. En el área hay mínimo de población, por causa de campos minados. Sólo dos casas fueron destruidas (según informaciones de lugareños) asímismo fueron desruídos caminos vecinales, caminos en cafetales, campos, lo que tiene en este pobre region principalmente incidencia en desarrollo social y la vida de lugareños. Destruído fue también el pequeño resto de bosque, que he conservado en esta área.

Hay que dejar sentado, que sin vegetación habrían daños más grandes y deslizamientos damnificó laderas en mayor cantidad.

Lugares mas amenazados:

Por analogía, peligro de origen de movimientos de laderas es en toda esta área igual. Movimientos de laderas se pueden crear en cualquier lugar de todas estas laderas filíticas. Por eso, toda la área describimos de sólo un número.

- **23. La lista de localidades afectadas por movimientos de ladera (foto 9.12 – 9.16):  
Cerro La Naranja (Buena Vista) 7x, Cerro El Mogote 2x, Cerro Chachagua 3x,  
Cerro El Volcán + ladera El Volcán 3x, Cerro Pinabete 4x, Cota 1710 m (z. C.  
Pinabete) 3x a Cuchilla Los Cabros 1x**

*Tab 9.4: sumario de movimientos de laderas en parte NO.*

número	localidad	proporciones *) evaluación	amenazadas/ afectados objetos, propiedades	Tipo de movimiento de ladera	dirrección
V1	La Naranja	430x30	camino quebrado	flujo torrencial	NE
V2	La Naranja	550x110	camino, casas	deslizamiento planar	NE
V3	La Naranja	200x80	camino, cafetal	deslizamineto planar	N
V4	La Naranja	350x100	cafetal	complejo	NE
V5	La Naranja	200x40	cafetal, camino	flujo torrencial	S
V6	La Naranja	500x100	cafetal, camino	complejo	S
V7	La Naranja	500x50	cafetal, camino	complejo	S
V8	El Mogote	650x100	bosque	complejo	OE
V9	El Mogote	450x100	bosque	complejo	E
V10	Chachagua	350x20	bosque	flujo torrencial	OE
V11	Chachagua	500x30	bosque	flujo torrencial	OE
V12	Chachagua	700x30	bosque	flujo torrencial	OE
V13	El Volcán	150x80	bosque	complejo	E
V14	El Volcán	-	cafetal	complejo	SOE
V15	El Volcán	-	cafetal	complejo	OE
V16	El Volcán	-	cafetal	complejo	OE
V17	Pinabete	20x10	cafetal	deslizamiento	OE
V18	Pinabete	30x10	cafetal	flujo de suelo	OE

V19	Pinabete	80x60	camino	planar	S
V20	Pinabete	200x80	cafetal, bosque	complejo	S
V21	Cota 1710	50x10	cafetal	flujo de suelo	E
V22	Cota 1710	100x10	bosque	flujo torrencial	E
V23	Cota 1710	100x50	bosque	deslizamiento	SE
V24	Los Cabros	250x100	bosque	complejo	OE

### **Cerro Guazarra y su laderas**

Cerro Guazarra (1061 m n m.) está formado por dacitas que penetran los filitas circunvecinos. Dacitas son rígidas, a menudo rajados, acá y allá se forman acantilados. En estos acantilados son alistados los derrumbes y caídas de bloques por rodamiento. (bloques hasta decenas m<sup>3</sup>). Amenazado está el camino hacia El Cacao.

En filitas hay mucho deslizamientos. Pero laderas septentrionales no son pobladas y por eso no existe en este momento peligro. Por la mayor se trata sobre deslizamientos pequeños, poco profundos o flujos de suelo con el espesor hasta 2 mts y longitud max. 100 mts.

En SOE laderas de Cerro El Trachillo, no pobladas, se originó flujo torrencial.

### **Cerro El Horno – Mesas Alcayán**

Cerro El Horno está formado como la mesa (1280 m.n m) de ignimbritas, que se hallan sobre filitas. En el borde de la mesa tiene metimiento con caída de bloques. También en filitas hay muchos deslizamientos pequeños. En amenaza está el pueblo Mesas Alcayán incluyendo la vía de acceso, actualmente imperforada para vehículos. Otros deslizamientos están en laderas septentrionales alrededor de pueblos Ocoté Seco, Las Pilas, Santa Posa. Todo la área es muy peligrosa.

- **24. Area „Las Pilas“ (foto 9.17) - flujo de derrubios profundo 10 mts, que destruyó una parte de casa y camino. Continualmente esta amenazada restante parte de casa, ubicada en el borde de trayectoria de flujo. También por camino no existe todavía el pasaje.**

### Otras localidades puntiformes

- **25. 2 km frente a coriente del río Macuelizo, desde de pueblo Las Peraltas hay llanura aluvial extensa (foto 9.18). Gravas y arenas de granito fueron transportadas de cuenca Rodeo Grande. Esta llanura tiene quizá 150 m de ancho.**

**Hondo estimado de llanura es bien primeras decenas de metros. Hay que evitar cualquiera actividad en esta zona, una casa se encuentra en la zona.**

- **26. Los Papellilos – coriente del río con actividad erosional muy alta transmitido en cono aluvial (zóna de agradacion). Lluvias torrenciales amenazan parte arriba de pueblo Ococona.**

## **9.4 Tectonica, sismica**

### **9.4.1. Historia**

Entre los los peligros geológicos amenazantes el area estudiada partenece sin embargo también los movimientos sísmicos. Aunque no podrían ser comparable por su intesidad con las de region Pacífico, se hace falta con ellos calcular en la construcción de los edificios. Cómo se conoce de las noticias historicas, la actividad sísmica está frecuente en los alrededores de Dipilto, sobre de la Falla Dipilto con dirección NO-SE. Los registros sobre los temblores afectados el region Somoto – Ocotal en años cicuenta son citadas en la prensa (La Prensa, La Noticia 1953). Enjambre sísmico en ano 1953 han sobrepasado por intensidad la importancia local. Se trata entonces de fallas de rumbo NE-SOE, es decir las más peligrosas en sentido de amenaza sísmica

### **9.4.2. Conocimiento actual**

Gran cantidad de fallas fue distinguida en el region mapeado. La divición de ellos según el dirección y importancia geológico regional es siguiente:

**Predominantes – fallas y zonas tectónicas NO-SE**

**Otros – fallas NE-SO**

**fallas N-S**

**fallas E-O**

Los temblores más intensos (entre anos 1992 – 2002; INETER, Geofisica) fueron localizadas en alrededores de Dipilto. La intensidad ML 4,6 fue anotada en el día 21.5.1997, cuándo fueron destruidos o afectados por las rupturas algunos edificios. Es probable, que estos movimientos sísmicos se asociaban con la falla Dipilto. Su dirección y extensión fue mejor documentada y aclarada en detalle durante del nuestro levantamiento. Según la interpretación de fotos aéreas se parece cómo jóven y reciente activo y además corta y afecta todas las unidades geologicas. Está siguiendo de Honduras por Las Manos al lado de

carretera y del río y continúa al Este de Dipilto con dirección a Mosonte. Dirección es correspondiente con el sistema predominante NE-SO. .

#### **9.4.3. Evaluación**

Con respecto a falta de datos no es muy claro, si los movimientos sísmicos en año 1953 fueron relacionadas con uno o más epicentros de área más amplia. Tampoco se puede excluir reactivación de algunas fallas por los impulsos sísmicos de los epicentros lejanos.

De las medidas en últimas décadas es claro que algunas fallas de aquí reflejan la actividad sísmica.

La actividad sísmica es además relacionada con la revitalización de movimientos en laderas, principalmente con derrumbes

La extensión de los daños en edificios relacionadas con los terremotos depende siempre de mayor parte de material y de tecnología usadas para las construcciones

## **9.5 Peligros de origen antropogéno**

### **9.5.1 Deforestación, incendios de los bosques**

Deforestación intensa sin cualquier regulación es problema grave no solamente para Nicaragua septentrional. La explotación de la madera y incendios de los bosques tiene carácter masivo también en región de Dipilto y predomina sobre las iniciativas de repoblación forestal. Esto puede llevar graves problemas especialmente en las regiones montañosas con las distribución específica de las precipitaciones. La capacidad de las regiones deforestadas para detener las precipitaciones es menor y el agua corre más rápido de la región. Consecuencia de deforestación, al lado de falta de agua catastrófica, es además la erosión planar y vertical más intensa y activización de los deslizamientos y flujos de derrubios.

Existen unos aserraderos en región de Ocotal y Mosonte con capacidad que sobrepasa capacidad de los bosques. A veces se pueden ver los avisos para vender los bosques a explotación de madera. Este problema podría ser resuelto sólo por medidas legislativas. Los restos de los bosques primarios no destruidos fueron preservados en la zona todavía minada de guerra al norte de la región. Es paradójico que sólo estas zonas quedan en forma natural, por inaccesibilidad.

La falta de agua actual está relacionada tanto con disminución de las precipitaciones o con los procesos relacionadas con el fenómeno El Niño, como con deforestación de paisaje y siguiente evapotranspiración y desagüe acelerado del agua en ríos (Capítulo 7. Hidrogeología)

### 9.5.2 Depósitos de basura

Depósitos de basura sin cualquiera regulación podrían presentar para futuro alto grado de riesgo. Sin exageración les podemos determinar cómo las bombas de efecto retardado. Cada basurero contamina y desvaloriza las aguas cercanas y subterráneas y la extensión de los daños no depende solo de tamaño de cada uno como de la situación hidrogeológica, la cuál escasamente está conocida.. Basureros sin regulación se encuentran por ejemplo al Este de Macuelizo, SE de Mosonte etc. El basurero más peligroso de punto de vista ecológico presenta depósito sin cualquiera regulación al sur de Ocotál, situada cerca de límite de hoja del área estudiada. La contaminación del medio ambiente es alta, incluido en primer lugar de la contaminación de las aguas del Río Coco

### 9.5.3 Otros peligros antropogénos

La situación extraña se puede observar en el Río Dipilto al norte de Ocotál. El lugar donde se saca la agua para la preparación y distribución en acueducto está sin cualquiera zona protegida y está contaminado por el ganado. Este tipo de conflictos debería ser fácilmente eliminado.

## 10. Materias primas

Las posibilidades de encontrar algunas tipos de materias primas en esta parte del Municipio de Nueva Segovia, que corresponde a la hoja topográfica Ocotál, en comparación con otras áreas en donde predominan el ambiente volcánico, es un poco mejor, aunque no necesariamente muy favorable.

El otro problema, es que la mayoría de los yacimientos contiene pocas reservas, entonces su uso es solamente local. Todas las materias primas son evaluadas con base del estudio tecnológico de una muestra representativa y de las observaciones de campo. Para explotación de cada uno de los yacimientos es indispensable llevar a cabo trabajos de búsqueda necesarios para el cálculo de reservas.

En el pasado ya se realizaron en algunos lugares del área mapeada actividades de explotación de **oro y plata**. Una cantidad de pequeñas minas son conocidas y predominan, en

el área de Macuelizo. Con base en datos anteriores e informaciones de campesinos del lugar, existen más o menos, unas 15 minas abandonadas (Foto N° 10.1) y las últimas finalizaron su explotación en los años 60`s. Prácticamente no existen o no se encuentran datos que expliquen las razones de porque se terminaron estos trabajos, el tipo de mineralización, cantidad de reservas, contenido de oro, cantidad de metal extraído y otros datos importantes.

Durante el trabajo de levantamiento, visitamos algunos de estos yacimientos y generalmente no se encontraron restos de la mena extraída que dé una idea del tipo de yacimiento y otros datos importantes. Tampoco se tuvo la fortuna de descubrir otras minas señalizadas en la hoja topográfica a escala 1:50,000 en sectores de vegetación densa. Con el objetivo de obtener datos orientativos, del contenido de oro, se tomaron dos muestras de mena en los puntos de referencia identificados con los números 9 y 121.

En la cercanía del punto de referencia No.9, aflora una brecha tectónica rellena de cuarzo, con mineralización de sulfuros diseminados (Foto N° 10.2). En dicha brecha no observamos ningún tipo de trabajos anterior. Según el resultado del análisis de laboratorio hecho en la Compañía Gematest s.r.o. en Praha, la muestra contiene menos de 0,2 g de oro por tonelada. De acuerdo a este resultado, la mena no representa un valor económico.

La segunda muestra fue tomada de una mena hematítica que se encontró en las minas antiguas. (Fotos N°s 10.3 y 10.4) Aquí se explotó una zona tectónica mineralizada con sulfuros en la parte superior modificada a mena limonítica. Según la evaluación, hecha en el mismo laboratorio, la mena minada en el pasado. contiene 5,36 g de oro por tonelada, lo cual dice de una mena de calidad y valor económico bueno. Claro, esto es un resultado preliminar, porque la mineralización aurífera es generalmente muy irregular.

Entonces hasta hoy no se puede afirmar, si este contenido de oro es normal o anómalo. También, según las observaciones en el campo, la excavación fue muy intensiva y puede suceder, que la mayoría de la mena rica ya ha sido extraída. En cualquier caso, es necesario realizar observaciones más detalladas junto con la toma de otras pruebas. Para una evaluación detallada, con cálculo de reservas se debe realizar trabajos de búsqueda sobre todo en los pozos.

Con excepción de los yacimientos históricos, se descubrió una mineralización diseminada y débil de **calcopirita** en granito tectonizado. (punto de referencia N° 242 - Foto No 10.5).

También es interesante un afloramiento de **filitas gráficas** (punto de referencia N° 33) en la cercanía de Pueblo Amarillo. Según el análisis realizado en laboratorio, esta vez de la

Compañía Grafit s.r.o. en Netolice, la roca solamente contiene 1,5% de grafito amorfo. Claro, que su valor es no económico.

**De los minerales no-metálicos**, son interesantes sobre todo los lentejones de **mármol** que se encuentran dentro de las filitas, en las cercanías de la ciudad de Ocotál. Por su origen sedimentario, las filitas presentan una foliación heredada de la estratificación pero a la vez se encuentran fracturadas, no es posible extraer bloques con las dimensiones establecidas y suficientes para su producción económica como piedra ornamental.

El problema principal es la foliación. Las capas (estratos) tienen una potencia de algunos decímetros, mientras que en las dos dimensiones esta puede ser de alrededor de 2m. Además, el mármol de Ocotál se pule mal o de manera no perfecta. Por ejemplo, el llamado mármol “negro” en el punto de referencia N° 204, no se pule en absoluto, porque es una roca no-homogénea, compuesta por laminas o capitas que contienen grafito o arcilla alternada con capitas de mármol. Claro, que cada lamina tiene cierto grado de brillantez. Mucho mejor se pule el mármol de color gris (punto de referencia N° 21), aunque su brillo es perfecto. También el color de la roca pulida, (Foto N° 10.6) no es muy atractivo. Por ésta razón esta roca no se puede emplear para artesanía. Según el análisis químico realizada en el Laboratorio de la Compañía Gematest s.r.o. su composición es la siguiente:

Tabla 10.1

Tipo de determinación:

<i>Pérdida por secado</i>	<i>Pérdida por calcinación</i>	<i>SiO<sub>2</sub></i>	<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> celk.</i>	<i>TiO<sub>2</sub></i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>Na<sub>2</sub>O</i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>	<i>MnO</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>SO<sub>3</sub> celk.</i>
<i>% en peso</i>	<i>% en peso seco</i>											
0,11	43,21	1,09	0,14	0,20	0,01	54,54	0,25	0,01	0,03	0,075	0,13	<0,01

<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Cu</i>	<i>Hg</i>	<i>Pb</i>
<i>mg / 1 kg de material seco</i>				
			0,07	

Según el análisis, se trata de mármol muy puro con un contenido de alrededor del 96% de CaCO<sub>3</sub> que puede ser usado en algunas aplicaciones especiales, lastimosamente el volumen de reservas, debido que los lentejones o cuerpos de mármol son generalmente pequeños. El único aprovechamiento posible para estos mármoles, es la producción local de cal viva. La cal viva, en este momento se produce en las cercanías de la localidad de Mosonte y también en el poblado de Caliguata.

En Mosonte se reconstruyeron y modernizaron los hornos, pero lastimosamente sin un dictamen geológico. En este momento, los lentejones y las capas de mármol de poca potencia tienen un buzamiento abrupto dentro de los horizontes de roca adyacentes y en corto tiempo, por esta razón solamente se podrá extraer bajo cielo abierto.

Las condiciones geológicas más favorables la presenta un lentejón de mármol carstificado que se halla cerca del pueblo de Caliguata, (Fotos N<sup>os</sup> 10.7 y 10.8) y que forma la cumbre de una loma. El cuerpo de mármol es bien accesible y todos los trabajos necesarios, se realizan manualmente en condiciones muy simples.

Además del mármol se probaron otros materiales como piedra de ornamentación, tales como, nuestras de brecha de la Formación Totogalpa, granito en las cercanías de Dipilto y finalmente los esquitos verdes descubiertos en el Valle del Río Macuelizo.

**La brecha “Totogalpa negra”** está compuesta sobre todo de cuarzo blanco lechoso y pocos fragmentos de otras rocas. La forma de los fragmentos es angular, con una matriz de color gris a gris-pardo. La cualidad excepcional de este material es, que la matriz junto con los fragmentos forman una roca monolítica, que se puede cortar sin facturación de los granos de cuarzo frágil. A pesar de que el brillo de la roca no es totalmente perfecto – es poco interrumpido por huecos pequeños. La Totogalpa negra, sin embargo es una piedra ornamental extraordinaria. (Foto N<sup>o</sup> 10.9) Se recomienda hacer trabajos más detallados con la finalidad de determinar en el campo su extensión y las reservas del yacimiento y posibilidades para su extracción.

Una situación muy similar es con los **esquitos verdes** descubiertos en el Valle del Río Macuelizo. En el río, se observan bloques de esta roca con volumen hasta de 1 m<sup>3</sup>, perfectamente pulidos por el agua y sedimentos del río. (Foto N<sup>o</sup> 10.10) Dichos bloques en su estado natural ya son muy decorativos y podrían ser usados por ejemplo como adorno en los jardines.

Este material se pule perfectamente y tiene un color blanco (Foto N<sup>o</sup> 10.11). Es una roca ornamental de alta calidad y se recomienda realizar un levantamiento más detallado de esta zona, tomando otras muestras para pruebas tecnológicas, hacer un estimado de sus reservas y determinar las condiciones para la apertura de la cantera de explotación.

La muestra de **granito** tomada en cercanías de Dipilto presenta buen pulimento, brillo casi perfecto, pero debido a su color grisáceo no es expresiva y por ello poco decorativa. El

otro problema del macizo granítico es su profunda meteorización y grado de fracturas de la roca. Por estas razones no se recomienda su uso como roca ornamental.

Desde el punto de vista de materiales utilizables para producción de **piedra triturada**, la situación presentada es muy desfavorable. Un producto de calidad en la zona mapeada, es solo posible obtener de los mármoles o de algunas rocas paleo-volcánicas. La razón es que todas forman solamente cuerpos de pequeño tamaño. La roca triturada de calidad producida en el pasado por la Compañía sueca fue para la construcción del tramo de carretera nueva entre Ocotál y Dipilto.

En este momento la cantera está abandonada, y en varios lugares se explota solamente roca semi – o totalmente meteorizada para mantenimiento o construcción de carreteras locales. No se usaron explosivos y las partes frescas de la roca no se explotan. Para la construcción de carreteras con pavimento asfáltico existe roca triturada que debe ser transportada desde otros lugares del país.

Por el contrario, son bastante grandes las reservas de **arenas con grava** que forman conos de deyección en la Cuenca de Ocotál y que son de gran potencia. De análisis realizados en años anteriores, predominan aquí arenas con bajos contenidos de grava, y sobre todo con un elevado contenido de fracción arcillosa. Otro aspecto desfavorable es también la variabilidad tecnológica del material en las direcciones vertical y horizontal. Durante el trabajo de levantamiento se tomaron tres muestras de arena, siguientes:

Una muestra de arena que se explota directamente del cauce del Río Macuelizo.

Una muestra de pozo excavado en el tiempo de este trabajo (punto de referencia N° 5)

La tercera muestra de una cantera, (punto de referencia N° 80) en donde se explota cantidades de arena, pero los trabajos se realizan manualmente.

Según los análisis realizados en el Laboratorio Geotechnický servis, en Praha las muestras se pueden evaluar así:

**La muestra de arena tomada en el cauce del Río Macuelízo** presenta un bajo contenido de grava (granos mayores que 4mm) el 6.4% solamente. También tiene un bajo contenido de partículas < 0,05mm, entonces es utilizable en forma natural para hormigones y morteros.

**La muestra del pozo**, (punto de referencia N° 5) tiene un contenido de grava más alto – 28,1 % y también un contenido de partículas < 0,05mm poco elevado – 6,3 %. Entonces no es útil en su forma natural y tampoco para preparación de hormigón y mortero. Para este último,

sería necesario eliminar las partículas más grandes, como 4mm en el tamiz. Para uso como hormigón se debe lavar para eliminar su bajo contenido de arcilla, de 3 %.

**La muestra de la cantera** (punto de referencia N° 80) - Fotos N° 10.13, 10.14. La arena contiene 6,6 % de partículas < 0,05mm y también bajo contenido de grava, —solamente el 11,3 %. Para usarla como hormigón y mortero, se debe beneficiar con los mismos métodos que se aplicaron para la muestra b). Esta evaluación está documentada por la Tabla N° 1.

## **10.1 Los resultados de las pruebas tecnológicas de arena con grava**

Las reservas que existen también en el cauce del Río Coco, en cercanías de su confluencia con Río Quisulí (Foto N° 10.15) bastante grandes

En algunos lugares, donde se encuentran varios tipos de arcillas, sus espesores son, sobre todo de poca potencia. Algunas veces, estas capas de arcilla se alternan con capas de arena arcillosa. La capa de arcilla con potencia máxima de 1,6m se encuentra en el punto de referencia N° 76. En el pasado, se produjo aquí la cerámica roja, pero hasta hoy solamente se encuentran y conservan los restos del horno. En la actualidad, existe en Mosonte un taller de artesanías en donde se producen varias vasijas y otras cerámicas. Informaciones adicionales del tipo de barro usado y el lugar en donde se excava, no se recibió ningún dato concreto.

En conclusión, se puede recomendar la búsqueda de los yacimientos de la piedra del tipo Totogalpa negra y de esquisto verde y arenas en la Cuenca de Ocotál. Se aconseja inspeccionar también el estado y condiciones de la mina de oro (punto de referencia N° 121) De esto no es posible esperar reservas grandes.

## 11. Conclusión

Durante los meses marzo - mayo de año 2005 se estudió el territorio mas allá del área de la ciudad de Ocotál y sus alrededores, con una extensión superficial aproximada de 700 km<sup>2</sup>. Esta área incluye parte de las hojas topográficas 2856-I, 2857-II, 2957-III a 2956-IV. En el campo fueron documentados 307 afloramientos naturales, cortes de caminos, pozos y otros sitios de interés geológico.

Los trabajos geológicos realizados por el grupo de geólogos checos tuvieron como objetivo:

a) localizar, registrar y documentar los peligros geológicos con propuestas concretas para la protección de personas y sus bienes contra posibles efectos negativos. Formalizar los resultados de las investigaciones en el Mapa de los Peligros Geológicos, a escala 1:50,000.

b) confeccionar el Mapa geológico detallado, a escala 1:50,000 y describir la construcción geológica y tectónica del territorio estudiado. Con la preparación del mapa salimos de las investigaciones tanto en el campo como de los resultados de análisis realizados en laboratorios del Servicio Geológico Checo (ČGS), en Praga.

c) estudiar del desarrollo del relieve con la ayuda de fotos aéreas y observaciones propias en el campo. Confeccionar el Mapa del desarrollo del relieve, a escala 1:50,000.

d) estudiar las condiciones ingeniero-geológicas como base para la confección del Mapa ingeniero-geológico, a escala 1:50,000.

e) apreciar las condiciones hidrogeológicas, como requisito indispensable para el desarrollo futuro de la región.

f) evaluar materias primas con llamada de atención acerca de las posibilidades de su aprovechamiento.

En el territorio estudiado comprobamos 26 sitios o áreas con importantes evidencias de inestabilidad de laderas o erosión de ríos en aspectos con ciudades mayores (Ocotál, Dipilto, Macuelizo y Mosonte), carreteras importantes pero también otros lugares. Amenazas están juzgadas según de tipo (deslizamiento, erosión, derrumbe) y según grado de peligro (alto, medio, bajo). También registramos una buena cantidad de deslizamientos pequeños en las laderas sin población. Algunos de ellos, más o menos estabilizados, sin embargo, la reactivación de un buen número de deslizamientos fósiles, podría ocurrir; por ejemplo, debido

a la ocurrencia de temblores durante el períodos de lluvias intensas o continuas. Los deslizamientos mas importantes fueron descritos detalladamente en el informe, junto con su ubicación. Los deslizamientos de menor o poca importancia, fueron señalados como puntos, en el mapa.

En el capítulo Ingeniería geológica están juzgadas pruebas geotécnicas de rocas, concretamente están evaluadas pruebas de estabilidad de arenan y gravas en cortes en los alrededores de Ocotal y Dipilto. Según de mapa geologico hay aislado 7 áreas de las mismas condiciones ingeniero-geológicas.

La meta de nuestro trabajo fue la preparación de un Informe Final que fuera útil y bien aprovechado por las autoridades locales de la cabecera departamental Ocotal y de los municipios del departamento de Nueva Segovia (Macuelizo, Mosonte, Dipilto) con la composición de planos de urbanización y también cómo información de base para futuras investigaciones geológicas.

## 12. Literatura

- AECI (2004): Usos de la tierra y amenazas naturales por inundaciones e inestabilidad de laderas. Municipio Ocotal, Dipilto. AECI (Agencia Española de Cooperación Internacional).
- Del Giudice, D., (1960): Apuntes sobre la geología del Departamento de Nueva Segovia. – Bol. Del Serv. Nac. De Nic., No. 4, 17-38. Managua.
- Engels B. P. (19??): Tectonica Interna de Nueva Segovia. Boletin Geológico, No. 8
- Garayar J. (1971): Geologia y depositos de minerales de una parte de las mesas de Estelí, Cordillera Norte y montanas de Dipilto. Archivo Accesible Informe No.10, Catastro e Inventario de Resursos Naturales. Managua
- Incer, J. (2000): Geografía dinámica de Nicaragua. Hispamer. Managua
- INETER (2004): Atlas Climático de Nicaragua. - Dirección general de meteorología. Managua. Nicaragua.
- Krásný, J. (1993): Classification of transmisivity magnitude and variation. – Ground Water, Vol. 31, No. 2, pp. 230-236. Dublin. Ohio.
- Marenco, A. (2004): Más y mejor agua para Ocotal: un acuerdo entre usuarios y productores. - Servicio Ambiental Hídrico Ocotal - Dipilto (PSA). Ocotal. Nicaragua.
- Manton, W., I., (1987): Tectonic interpretacion of morfology of Honduras. – Tectonics, Vol. 6, 5, 633 – 651.

- Maupas, Ch. et al. (2003): Censo de Pozos y Ojos de agua en el Valle de Ocotal. – Proyecto Integrado Esteli Ocotal (Programa regional de reconstrucción América Central - N0 PRRAC/N/SE/01/039). Archivo de ENACAL R2/AP/OCOTAL/CM. Ocotal, Nicaragua.
- Pearson Corporation, (1972): The Geology of Western Nicaragua. – Final Technical Report, Vol. IV, 221 pgs., INETER. Managua
- Sequieira, L. - Mendoza, J.A. (2003): Geophysical methods for groundwater exploration in Ocotal, northern Nicaragua. – Charles university of Prague. Prague. The Czech Republic.
- Zoopis, B., L., (1961): Estudio preliminar de la geología de las mineralizaciones del tungsteno y molibdeno de Macuelizo, Departamento de Nueva Segovia. – Bol. Del Serv. Geol. Nac. De Nicaragua, No. 5, 33-52.

### **13. Lista de anexos**

#### ***Anexo fotofotográfico***

- Fotos 5.1. – 5.18      Fotos al capítulo 5. Resumen de la construcción geológica
- Fotos 7.1. – 7.14      Fotos al capítulo 7. Hidrogeología
- Fotos 9.1. – 9.28      Fotos al capítulo 9. Peligros geológicos
- Fotos 10.1. – 10.15      Fotos al capítulo 10. Materias primas

#### ***Mapas***

- Mapa de los peligros geológicos 1 : 50 000
- Mapa geológico del territorio Ocotal 1 : 50 000
- Mapa de condiciones ingeniero geológicos 1: 50 000
- Mapa del desarrollo del relieve 1 : 50 000
- Mapa de los puntos de referencia 1 : 50 000

Servicio Geológico Checo  
en cooperación con  
Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO GEOLÓGICO DE RIESGOS NATURALES  
EN LA PARTE NOE DE NICARAGUA, DEPARTAMENTO DE NUEVA  
SEGOVIA, EN LOS ALREDEDORES DE CIUDAD DE OCOTAL**

*ANEXO FOTOGRAFICO*



**Autores:**

P. Hrazdíra (*foto 7.1 – 7.14*), P. Kycl (*foto 9.1 - 9.24*),  
J. Ševčík (*foto 10.1 - 10.15*), V. Žáček (*foto 5.1 – 5.18*)

Garancía: Ministerio del Ambiente de La República Checa  
Financiado por Gobierno de La República Checa

*Praha – Managua 2005*

Servicio Geológico Checo  
en cooperación con Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO GEOLÓGICO DE RIESGOS NATURALES  
EN LA PARTE NOE DE NICARAGUA, PROVINCIA NUEVA  
SEGOVIA, EN LOS ALREDEDORES DE CIUDAD DE  
OCOTAL**

RP/2/2004

***FOTODOCUMENTACIÓN***

Autores:

**P. Hrazdíra (foto 7.1 – 7.14), P. Kycl (foto 9.1 - 9.24), J. Ševčík (foto 10.1 - 10.15) y V. Žáček (Foto 5.1 – 5.18)**

Garancía: Ministerio del Ambiente de La República Checa  
Financiado por Gobierno de La República Checa

*Praha - Managua*

2005



Foto 5.1 Estrato de metaconglomerado intercalado en filitas de Grupo Nueva Segovia en parte monótona. Lecho rocoso del Río Mosonte, 1 km al SO de la ciudad Mosonte.



Foto 5.2 Filitas gráficas hasta silicítas aflorados en lecho del Río Macuelizo. Lugar 2 km río arriba de Macuelizo.



Foto 5.3 Esquistos verdes de Grupo Nueva Segovia, parte variada aflorados en lecho rocoso de río Mosonte cerca la ciudad del mismo nombre. El cause está cruzado por unas fallas.



Foto 5.4 Los bloques pulidos de esquistos verdes hallados varios Kms. abajo de La Soledad en Río Macuelizo son muy decorativos.



Foto 5.5 La cantera abandonada al norte de Ocotál. Se encuentran las rocas metavolcánicas de Grupo Nueva Segovia, parte variada, sobre todo de composición ácida.



Foto 5.6 Esquisto originado por metamorfismo de contacto con el Batolito de Dipilto con vetilla de aplito. Afloramiento en Río Macuelizo debajo la loma Cerro El Prieto al norte de Macuelizo.



Foto 5.7 Afloramiento aislado de forma lenticular de caliza cristalica en pueblo La Calera. La caliza se explota en pequeñas canteras y las minitas subterráneas.



Foto 5.8 Mármol de La Calera es muy brechado, aunque cementado por calcita recién formada.



Foto 5.9 La vista al valle del Río Mosonte y Cordillera de Dipilto 4 Kms. al Norte del Mosonte. Toda esta parte de la montaña está formada por granito.



Foto 5.10 Una apófisis de granito adentro filíta aflorando en Río Macuelizo. Un lugar 2 Kms. del pueblo Macuelizo río arriba.



Foto 5.11 Contacto intrusivo de granito y filíta sólo débilmente afectado tectónicamente. Un lugar aproximadamente 4 Kms. al Norte de Macuelizo.



Foto 5.12 Granodiorita anfibólica y biotítica con enclaves máficos. Arroyo El Horno, aproximadamente 1.5 Kms. al Oeste del Rodeo Grande.



Foto 5.13 Lecho rocoso en granito. Río Mosonte debajo la Loma El Pastal en Cordillera de Dipilto.

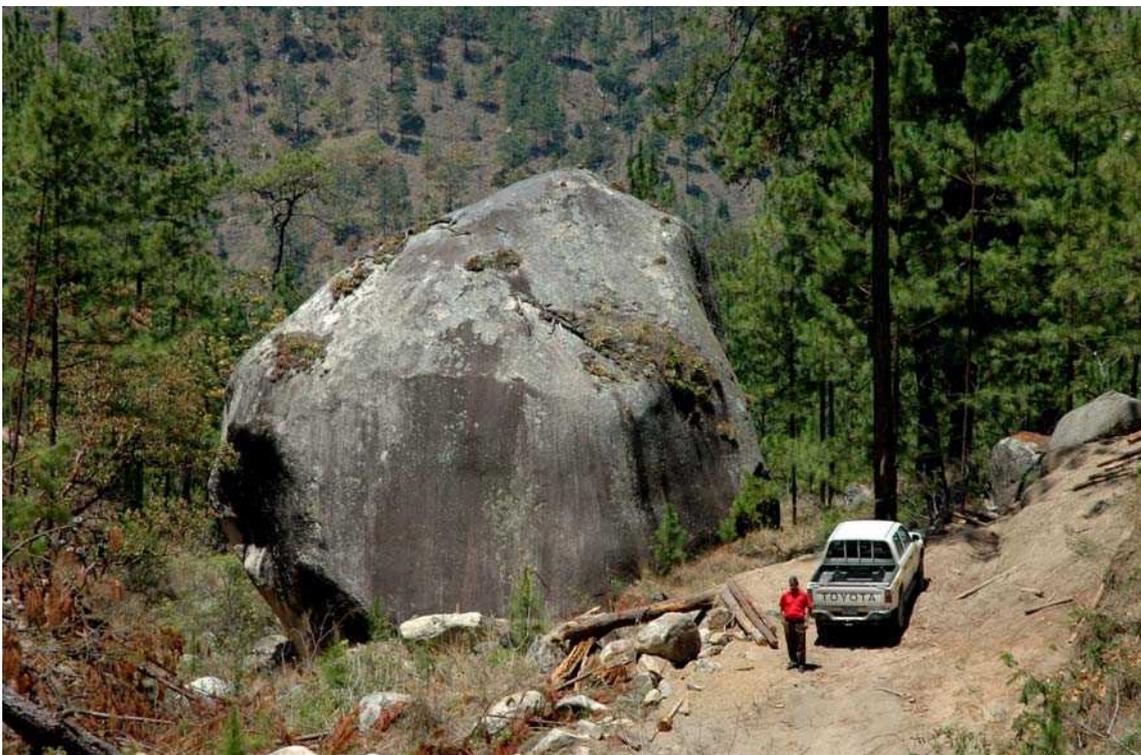


Foto 5.14 Un enorme bloque granítico en Cordillera de Dipilto. Cerro Apabarra, 7 Kms. al Norte de Mosonte.



Foto 5.15 Filones de aplito con turmalina negra cortado granito, que afloran en lugar Cerro La Mesa, 6 Kms. al norte de Mosonte. Las “manchas” de turmalina se presentan también en granito mismo.



Foto 5.16 La pegmatita de grano grueso con cristales largos de turmalina negra observados en San Fabián, en la Carretera Panamericana, al norte de Ocotul.



Foto 5.17 Las grietas sigmoidales en filita rellenadas por cuarzo blanco. Lecho rocoso del Río Mosonte, 1 km al SO de la ciudad Mosonte.



Foto 5.18 La zona tectonizada cortada por diques de andesita y aplita que se observa en San Fabián, en la Carretera Panamericana, cerca del contacto meridional con Batolito de Dipilto.

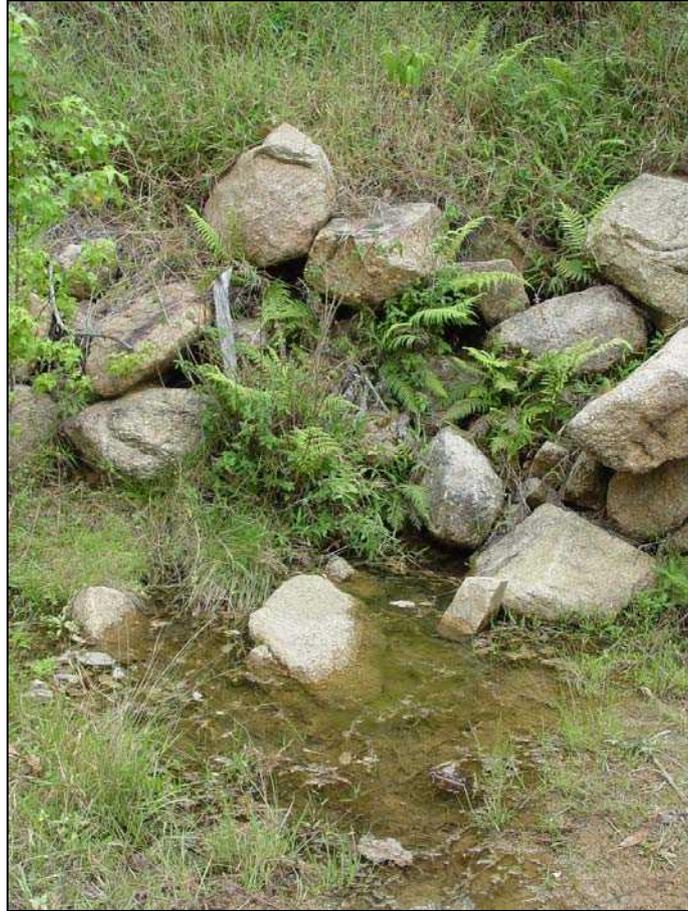


Foto 7.1 Un ejemplo de manantial en rocas cristalinas con caudal específico  $0,1 \text{ l.s}^{-1}$  (marzo 2005)

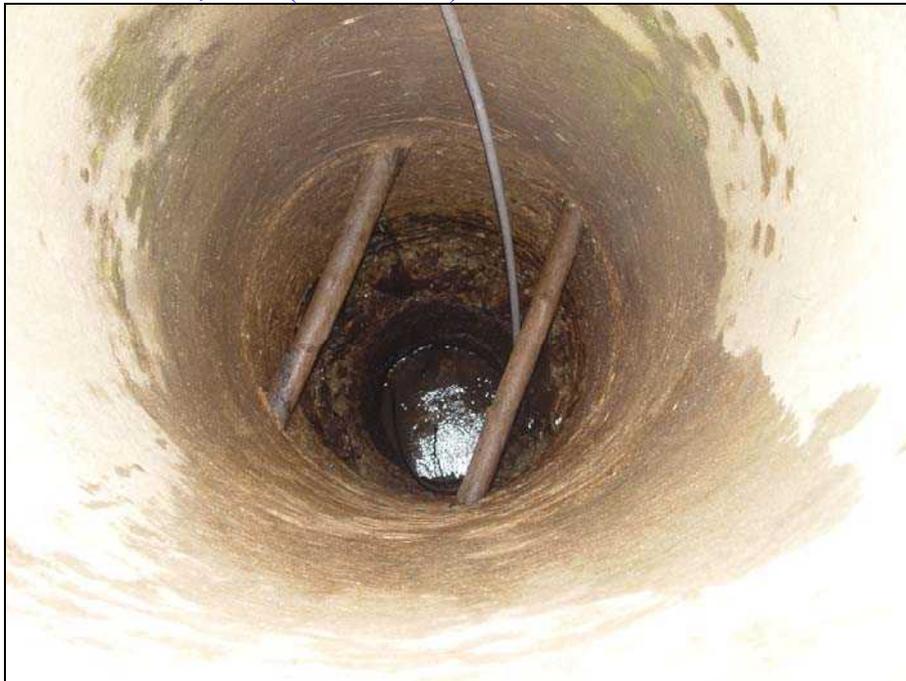


Foto 7.2 Para las rocas de F. Totogalpa es típico bajo nivel de agua subteránea. Pozo con nivel de agua 9 mts bajo de la superficie cerca de pueblo El Amarillo.



Foto 7.3 Arenas y gravillas tienen bajo valor para los recursos hídricos.



Foto 7.4 Un ejemplo de arrastro de sedimentos en llanuras aluviales después de huracán Mitch (1998). Tramo de arriba.



Foto 7.5 Acumulación de los sedimentos en el lecho del Río Mosonte. Trucho bajo.



Foto 7.6 La agua de los ríos se disminuye en el tiempo seco dentro de los sedimentos de llanura aluvial. Río Macuelizo cerca de confluencia con Río Coco.



Foto 7.7 Agua termal cerca de Aguas Calientes nace en varios manantiales. Esta tiene caudal  $20 \text{ l.s}^{-1}$  conjuntamente.



Foto 7.8 Agua termal no crea la crusta visible en alrededores de manantiales.



Foto 7.9 Los geólogos de CGS miden la temperatura y pH en los manantiales cerca de Aguas Calientes



Foto 7.10 La ciudad Ocotál tiene abastecimiento de agua potable de dique en el río Dipilto 3 km al norte de Ocotál.



Foto 7.11 Ajustamiento de agua cerca del dique.



Foto 7.12 Cuarto de filtración y instalación distribuidora en ciudad Ocotál



Foto 7.13 Abastecimiento de agua potable - manantial cerca de pueblo El Amarillo



Foto 7.14 Abastecimiento de agua potable - pozo cerca de pueblo El Amarillo



Foto 9.1 (P.de R. 2) - Escarpa vertical de altura 24 mts., intermitente estable, creída por erosión lateral del Río Dipilto. Erosión siguiente debe provocar colapso de escarpa y destrucción de casas en el borde.



Foto 9.2 (P.de R. 5) - La vista de bloques del flujo torrencial en frente Dipilto.



Foto 9.3 (P.de R. 5) - La parte baja de flujo torrencial en la forma de cono aluvial. Flujo pasó por centro de ciudad Dipilto y por carretera NI-3.



Foto 9.4 (P.de R. 6) – El máximo nivel de agua de la inundación en el año 1998 en el río Las Manos arriba de Dipilto. Varias casas están amenazadas en las riberas.



Foto 9.5 (P.de R. 9)- Llanura aluvial ancha frente la ciudad Mosonte. Agradación de gravas e inundaciones.



Foto 9.6 (P.de R. 10) – Flujo de suelo superficial en Santos Duarte dañó vallado cerca de tanque de agua. Parecidos flujos pequeños e superficiales podrían crearse en cualquier parte de laderas Cerro La Cruz.



Foto 9.7 (P.de R. 15) – Erosión de bajo de gabiotas amparadores la carretera NI-3. Hay que colmar material levigado.



Foto 9.8 (P.de R. 16) – Flujo de suelo superficial en granitos meteorizados con varios bloques libres. Hace falta quitar bloques inestables, que amenazan tráfico en carretera NI-3, urgentemente y reguladamente.

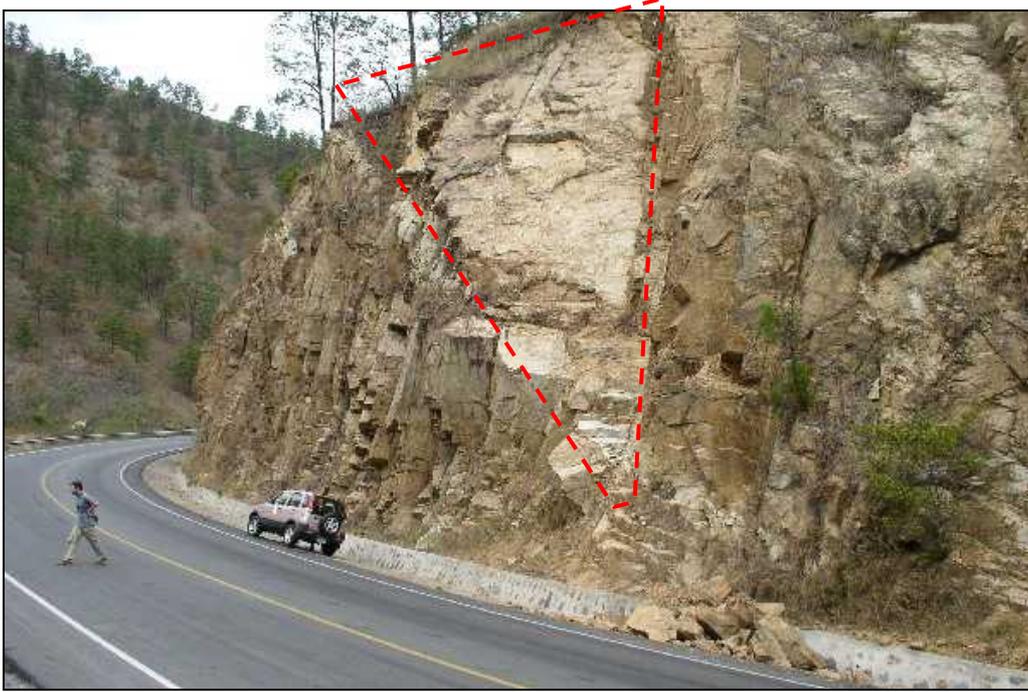


Foto 9.9 (P.de R. 17) – Derrumbe reciente en el corte de carretera frente Dipilto. Caída de bloques aprovecha sistemas de grietas en granito.



Foto 9.10 (P.de R. 20) - Erosión retrograda en sedimentos arenosos atacada camino cerca de Las Peraltas.



Foto 9.11 (P.de R. 21) – Erosión profunda (24 mts.) en sedimentos arenosos amenaza al camino en Rodeo Grande.

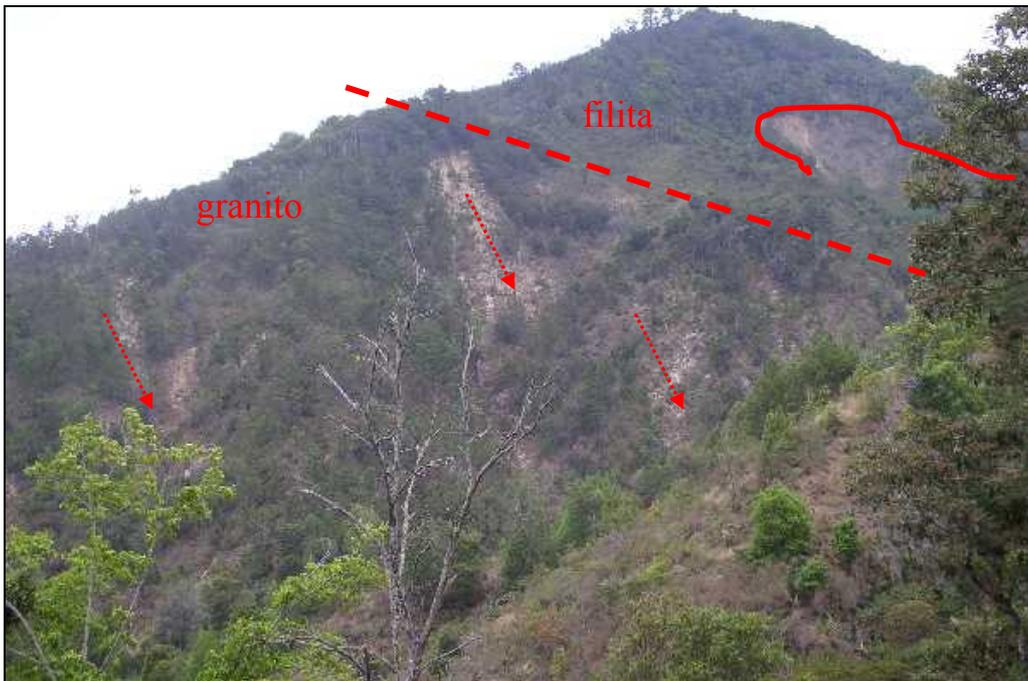


Foto 9.12 (P.de R. 23 - V13) - Cerro El Volcán con límite bien visible entre filitas y granitos muestra diferentes tipos de movimientos de laderas. Granitas – flujos superficiales, filitas – deslizamientos complejos, profundos.

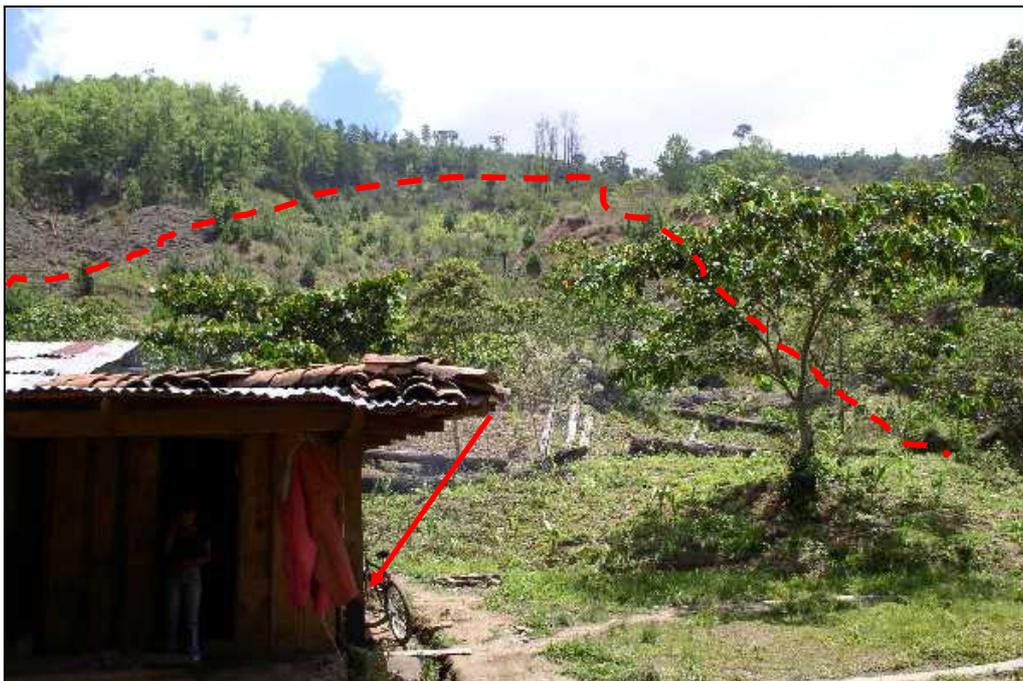


Foto 9.13 (P.de R. 23 – V 2) – Deslizamiento alargado en la parte septentrional de Cerro La Naranja destruyó la casa. Otra, nueva, está construida en la acumulación de deslizamiento, todavía inestable.



Foto 9.14 (P.de R. 23 – V 8) - Cerro El Mogote, deslizamiento complejo, profundo en filitas meteorizadas aprovecha la foliación. Cabecera de deslizamiento alcanza hasta cumbre del cerro. Espesor aproximadamente 20 mts.



Foto 9.15 (P.de R. 23 – V 2) – Cabecera de deslizamineto en la vista a foliación de filitas paralela con ladera. Deslizamiento creado en filitas poco meteorizadas.

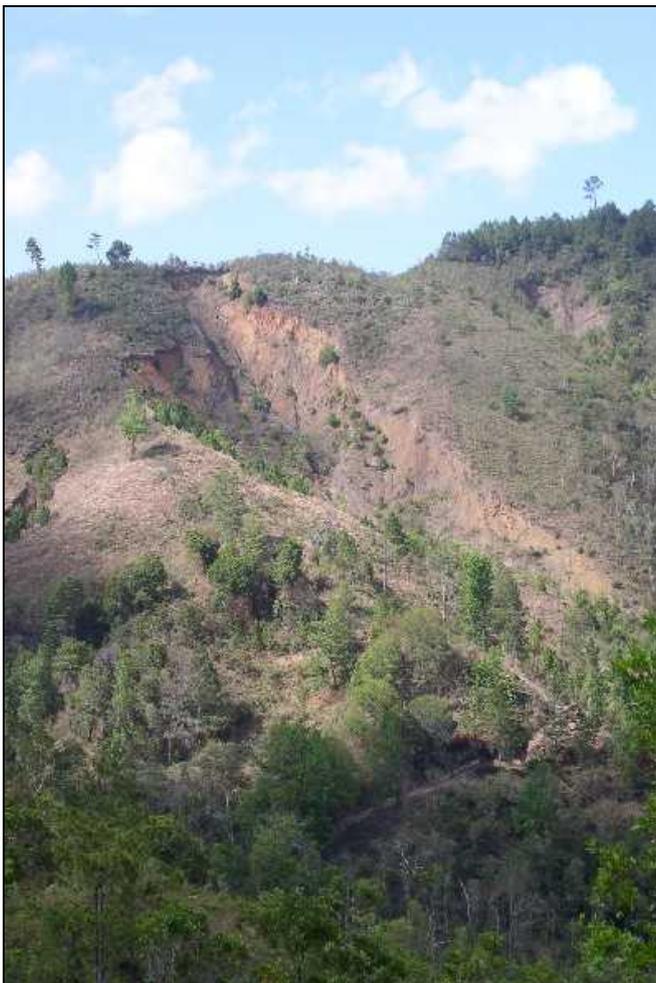


Foto 9.16 (P.de R. 23 – V 6) - Uno de la cantidad de deslizamientos complejos en Cerro La Naranja (laderas al S ). Deslizamientos pueden convertirse enseguida (por dotación de agua) a flujos torrenciales.



Foto 9.17 (P.de R. 24) – Flujo de derrubios muy peligroso originado en el lugar de los deslizamientos fósiles. Destruyó una parte de la casa (cuadro rojo) y cortó camino local. En foto una parte de arriba de la trayectoria.



Foto 9.18 (P.de R. 25) – Llanura de agradación en parte de arriba de Río Macuelizo, compuesta de arenas y gravillas (de granito). La casa se encuentra en lugar muy peligroso – amenazada por inundaciones y agradación.



Foto 9.19 – Compuertas bajo de carretera nueva estan bien situadas y fundadas, pero es necesario mantenimiento regular! De lo contrario las tuberías van a obturar.



Foto 9.20 – Valle del Río Coco tras de confluencia con Quisulí. Inundaciones se acumulan solo en cauce y no amenazan construcciones situadas arriba del lecho (como p.ej. Ocotál).



Foto 9.21 – Una muestra de fuerza de corriente inimaginable en valle del Río Mosonte. Agua puede transportar bloques de este tamaño a varios metros.



Foto 9.22 – Deslizamientos superficiales en rocas completamente meteorizadas (F. Totogalpa y filitas) en un valle lateral, arriba de Macuelizo



Foto 9.23 – Uno de los frecuentes basureros locales.



Foto 9.24 – Despale y quema de bosques (pinos) en el área Cerro Ocotál Espeso.



Foto 10.1 – La mina vieja aurífera en la cercanía del pueblo El Amarillo.



Foto 10.2 – Zona tectónica penetrada por la veta del cuarzo con la mineralización débil en cercanía de P. de R. N° 9.



Foto 10.3 – P. de R. N° 121 Las minas antiguas abandonadas siguen una zona tectónica con la mineralización aurífera.



Foto 10.4 – P. de R. N° 121 Una muestra de la mena oxidizada (tipo sombrero de hierro) con contenido de oro 5,36 g/t.

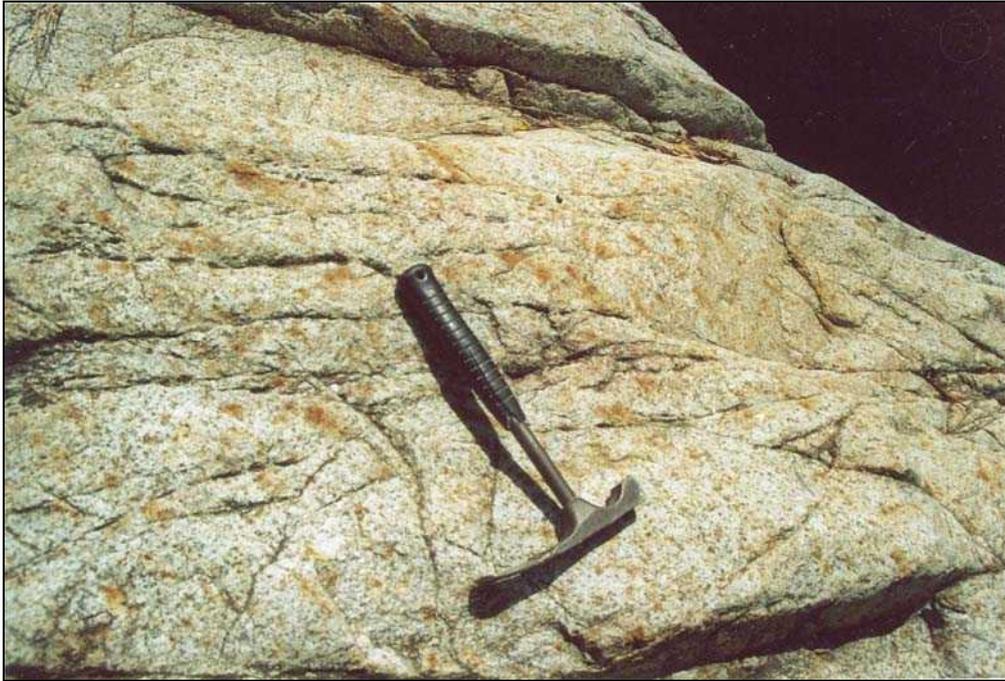


Foto 10.5 – P. de R. N° 242 Granito con la mineralización débil de calcopirita.



Foto 10.6 – P. de R. N° 21 Un marmol pulido de color gris. Se ve bien brillo inferrupido y huecos pequeños do color pardo.



Foto 10.7 – Lente de marmol carstificado explotado en el pueblo La Calera para elaboración del cal vivo.



Foto 10.8 – El horno simple en el pueblo La Calera usado para producción del cal vivo.

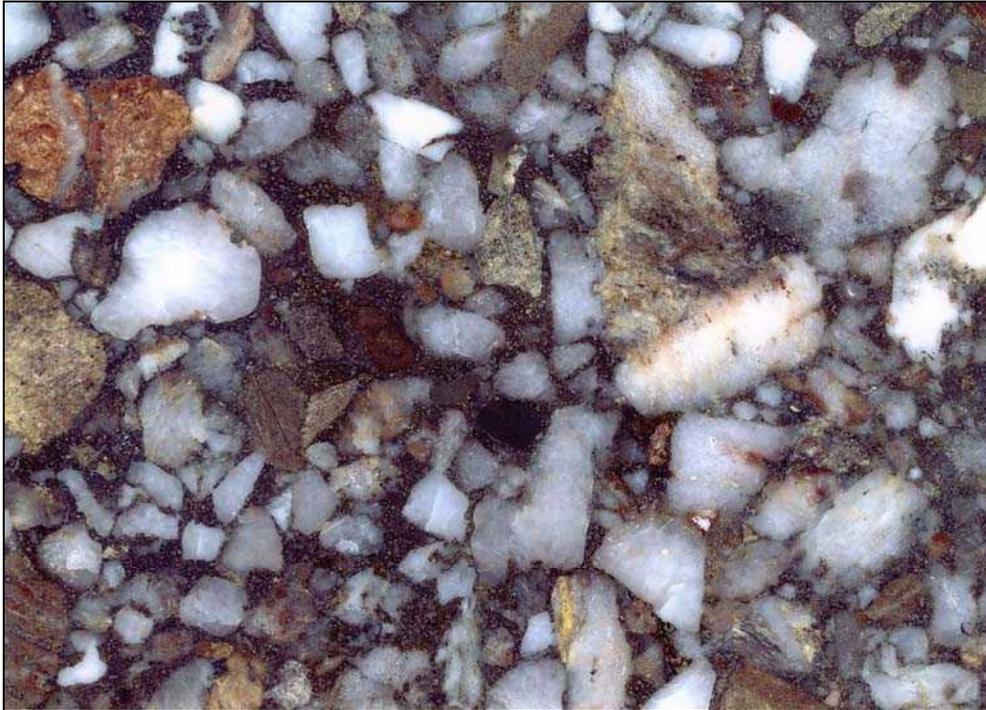


Foto10.9 – La muestra de brecha „Totogalpa negra“ pulida.



Foto 10.10 – Un bloque de esquistos verde pulido naturalmente con agua corriente y arena en el valle del Río Macuelizo.



Foto 10.11 – Una muestra de esquistos verde pulida.



Foto 10.12 – P. de R. N° 284 Cantera en la cual se explotan las rocas parcialmente meteorizadas.



Foto 10.13 – P. de R. N° 80 Cantera para explotación de las arenas.

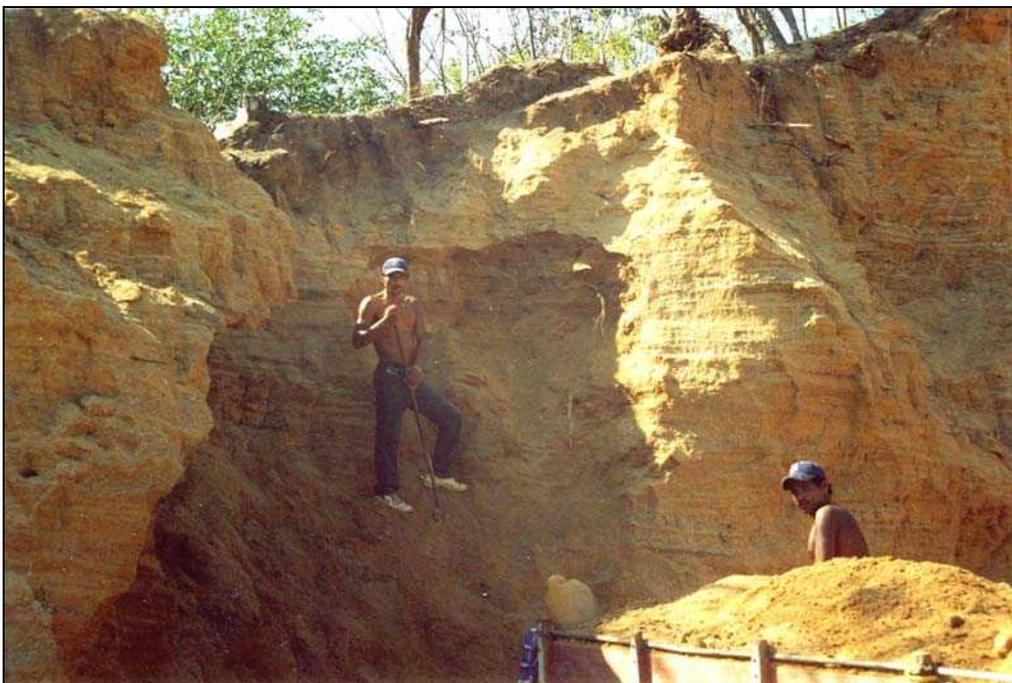


Foto 10.14 – P. de R. N° 80 La explotación se realiza manualmente.



Foto 10.15 – Las reservas grandes de la arena se encuentran en valle del Río Coco.