

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES

#### 7.1 Caracterización del Deslizamiento

En cada uno de los capítulos anteriores se han presentado los diversos resultados obtenidos durante el estudio del deslizamiento. En este apartado, se pretende reunir los detalles más importantes, con el fin de caracterizarlo de la manera más concisa.

En una vista en planta, el deslizamiento presenta una forma cercana a la elíptica, con su eje mayor orientado más o menos en dirección E - W, que alcanza una longitud de 889 m y un ancho de 452 m. Muestra una morfología que acusa el avance por sectores, dando un aspecto escalonado.

Las elevaciones varían desde 1760 msnm en la corona superior y 1500 msnm en su base, (figs. 3.1 y 7.1) que se encuentra aflorando a unos 350 m sobre el nivel del río Uruca. Por esto, se le denomina como un deslizamiento "colgante" y cuyo plano de ruptura se encuentra a favor del buzamiento de los materiales sedimentarios subyacentes.

- Por medio de la información que proporcionó el estudio de las fotografías aéreas, se conoce que: desde 1945 la cobertura vegetal del deslizamiento es escasa, lo que provoca una mayor susceptibilidad a las reptaciones y erosiones fuertes. Del mismo modo, presenta un incremento de su área en forma casi lineal a través del tiempo. Además, por el clima imperante en la región, en los periodos

de mayo a junio y de setiembre a octubre, aumenta la velocidad de movimiento y la frecuencia de desprendimientos parciales en el lugar.

El retroceso de la corona superior ha sido en dirección contraria a la de movimiento del material, al desestabilizarse el terreno y ampliarse la superficie de ruptura.

- De la geología local se deduce que el área ha sido afectada por fluidos hidrotermales y meteorización por intemperismo, lo que ha producido una alteración diferencial y al mismo tiempo contribuyen a generar materiales de propiedades físicas y mecánicas diferentes. Esto resulta en la diferenciación de capas semiparalelas al perfil topográfico, las que por sus contrastes originan diferentes planos de debilidad. Dicha alteración decrece hacia el NW y por tal motivo en el perfil PR1 el material sano tiende a mostrarse más somero. Igualmente, los núcleos recuperados en la perforación #1 presentan una mejor calidad y el perfil PR11 muestra valores más altos de resistividad.

- En los perfiles geofísicos se distinguen diversas capas geoelectricas y se deduce, que la más incompetente desde este punto de vista, es la que presenta valores entre 30 y 50 ohm-m. En esta capa (perfil PR1), se diferencia un posible plano de falla, de forma irregular, que resulta al unir los valores más bajos de resistividad, alcanzando profundidades de 40 m. Además, se confirma la existencia de una anomalía bajo la corona norte y en el perfil (PR11), se ha observado que la inclinación de las capas es a favor de la pendiente.

- También, por medio del control topográfico del deslizamiento se han medido desplazamientos que exhiben movimientos diferenciales dentro del deslizamiento. Asimismo, los mayores desplazamientos suceden después de ciertos eventos, como por ejemplo el enjambre de sismos similar al del 25 de marzo de 1990, que generó una intensidad máxima de VII-VIII en la escala de Mercalli Modificada para el área de Santa Ana, o una estación lluviosa intensa, como fue la de 1988.

El deslizamiento se puede dividir en sectores, la actividad en ellos se manifiesta de formas diferentes: deslizamientos rotacionales, en otros casos traslacional, flujos de lodo, erosión intensa y socavamiento por erosión en las quebradas.

- Por otra parte, desde el punto de vista geotécnico se ha comprobado que la inestabilidad de los materiales es sensible a:

La posición del nivel freático.

Condiciones topográficas.

El factor sísmico.

- Dicha sensibilidad es de menor efecto con:

Cambios en la cohesión de los materiales.

Geometría de la superficie de deslizamiento.

- Además, se afirma un mecanismo de fallamiento compuesto, rotacional en la parte superior del deslizamiento y traslacional en el pie y que, al analizarlo por separado, sin tomar en cuenta el efecto del área contigua superior, presenta un buen factor de seguridad. Esto hace pensar,

que el deslizamiento se origina en las partes altas y produce un efecto de empuje desestabilizador sobre las partes bajas.

De la información anterior, se deduce que el conjunto de características que reúne el deslizamiento del Alto de Tapezco son las de un deslizamiento compuesto o múltiple, con una relación de movimiento lenta (escala de clasificación derivada por Yemel'ianava), al presentar velocidades aproximadas en sus partes más críticas de 3.2 metros por año.

En la última medida hecha en el campo, al elaborar un levantamiento con plancheta, alidada y mira (por H. y M. Taylor; 1989), la extensión del deslizamiento fue de 25.8 ha.

Al tomar un plano de falla irregular y semicircular, generado a una profundidad máxima entre los estratos 3 y 4 (tramo anómalo que existe, comprobado por la perforación #2, en el perfil PR1 y simulado por la computadora) de unos 65 m y en el frente de 28 m, el volumen total de terreno desestabilizado sería de 12.9 millones de metros cúbicos. Sin embargo, es poco probable que todo este volumen de material presente un movimiento súbito y simultáneo. La posibilidad de movimiento aumentaría si se considera un plano de forma idéntica al anterior, pero con una profundidad máxima en la parte media del deslizamiento de 45 m (PR1) y en el frente entre 20 y 35 m. Se puede estimar así un volumen aproximado de 9.05 millones de m<sup>3</sup>. A partir de ello cuanto menor sea el volumen considerado, mayor será su posibilidad de desprendimiento.

Para dar una idea de la actividad del deslizamiento, se describe brevemente el comportamiento de su sector frontal, por ser uno de los más críticos:

Mora (1988), estima que el frente del deslizamiento tiene una extensión de 400 m. En la perforación #4 el plano de falla se distinguió a 26 m de profundidad, lo que es muy similar al dato obtenido en el perfil PR 6. Si se estima un movimiento de 3.2 m por año (como lo indica el control topográfico), normalmente se desprende en promedio, un volumen de 33280 m<sup>3</sup> por año, el cual es arrastrado por las quebradas y el río Uruca en forma progresiva.

En la figura (4.1), se han delimitado las esquinas y posiciones frontales de bloques de materiales que caerán pronto y talvez súbitamente. Los volúmenes correspondientes se muestran en el cuadro 7.1.

CUADRO 7.1

Sector #	Profundidad del plano de falla (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	10	7256.1	72561
2	28	7012.2	196342
3	28	8487.8	237658
4	28	6463.4	180975
5	33	8902.4	293779
6	33	20975.6	692195
7	33	9512.2	313903

## 7.2 Comportamiento del Deslizamiento

Con respecto a su comportamiento general a la fecha, este es poco predecible, por depender en buena manera de los factores sísmicos y meteorológicos extremos. Sin embargo, se sabe que existen períodos en los cuales el deslizamiento se encuentra en equilibrio temporal, que pueden ser interrumpidos por un sismo que genere la aceleración necesaria al suelo, o fenómenos que produzcan precipitaciones de lluvias intensas, pues al infiltrarse el agua aumenta el peso de la masa deslizante y la presión de poros, al mismo tiempo que disminuye la cohesión y la resistencia al corte. Se estimulan así los movimientos súbitos.

De suceder esto, el deslizamiento puede responder de dos maneras:

- Al ser los materiales superficiales impermeables, en ocasiones con un contenido de humedad cercano al límite líquido, se comportan como una masa homogénea y "sellante" y que al romper su equilibrio a causa de las subpresiones se deslizan violentamente. Este tipo de eventos son denominados "flujos de lodo o de escombros" y se han generado varias veces durante la evolución del deslizamiento. En parte, a ellos se debe el retroceso de la corona superior y la morfología escalonada que se observa en el campo.

El flujo de lodo provocado por las lluvias del huracán Gilbert es descrito por Mora (1988), como un deslizamiento de corona semicircular (en planta) y con un perfil curvo (semi parabólico), cóncavo hacia arriba. En su parte superior posa una pendiente muy fuerte, cerca de la verti-

calidad. Su extensión fue de alrededor de una hectárea y una profundidad de 11 m.

- Las partes altas del deslizamiento van a producir un efecto de empuje desestabilizador sobre las partes bajas, por lo que el movimiento del material progresará indefinidamente siempre y cuando su correspondiente plano de falla sea suficientemente inclinado para que el esfuerzo originado por la componente de su peso, ayudado por la presión de poros, la disminución de la cohesión y por ende la resistencia al corte, sean superiores a los esfuerzos resistivos.

Además, en el momento en que los sectores frontales lleguen a desprenderse, se acelerarán los desplazamientos de las masas superiores, al generarse un efecto de retroceso en cadena, el cual, dependiendo de las condiciones climáticas y sísmicas, podría finalizar en el deslizamiento de varios millones de metros cúbicos de material y causar una catástrofe.

La persistencia en la realización de una vigilancia y monitoreos frecuentes (geología, geotécnica, niveles freáticos, inclinómetros, topografía, fotos aéreas, etc.), contribuirá a estimar la proximidad de un momento semejante.

## CAPITULO VIII

### AREA BAJO AMENAZA

#### 8.1 Amenaza

Los valles de Santa Ana y Río Oro presentan un registro importante para el análisis de sus amenazas geológicas. Están constituidos por materiales coluvio-aluviales, depositados en forma de abanicos o conoides de deyección producto de las avenidas de los ríos Uruca y Oro. Además, en ellos se distinguen paleocauces de los ríos antes citados utilizados durante la evolución de los valles.

Los materiales que constituyen las laderas de ambas cuencas han sido afectados por la geodinámica interna y externa. El clima, la actividad sísmica y la acción irresponsable del hombre o su ignorancia en otros casos, han cooperado con los procesos de desestabilización y a través del tiempo, ha aumentado la posibilidad de que se repitan eventos como los registrados en los depósitos mencionados anteriormente.

Haciendo uso del análisis de fotografías aéreas y visitas al campo, conjuntamente con el Dr. Sergio Mora, se ha confeccionado un mapa (fig. 8.1) denominado "Zonificación, con criterios geomorfológicos, de la amenaza de avalanchas y deslizamientos en las cuencas de los ríos Oro y Uruca".

En él se diferencian: las laderas, donde se ha concentrado la erosión intensa. Con ellas al cabo del tiempo y de no prestarles la atención pertinente, pasarán a incrementar las áreas desestabilizadas.



Se denota la presencia de deslizamientos antiguos reactivables y de deslizamientos activos o recientemente activos. En ellos, las flechas indican la dirección de movimiento. Además, se muestran las áreas conformadas por depósitos coluviales de pie de ladera.

Estos lugares son los que representan la mayor amenaza, pues al deslizarase al menos una fracción importante de sus materiales, se podría producir un alud y posteriormente un represamiento en los ríos Uruca u Oro, acarreado como consecuencia directa la generación de un embalse temporal, con dimensiones directamente proporcionales a la cantidad de material que constituya la presa, al igual que el tiempo para que ésta se rompa, proceso que puede llevarse a cabo de dos maneras:

- El embalse se llena y el agua comienza a pasar por encima ("overtopping") del material suelto erosionando y produciendo luego la ruptura de la presa.

- Otra forma es cuando la cantidad de agua en el embalse sea suficiente para producir la presión hidráulica externa y/o interna necesaria en los materiales que obstruyen el cauce del río, provocando el rompimiento de la presa.

En la figura (8.1) se han diferenciado tres grados Probables de amenaza:

- El primer caso lo representan las riberas e inmediaciones de los ríos Uruca y Oro, es el menos desfavorable pues afecta un área pequeña, aunque su probabilidad de generación es mayor. Se desarrollaría, cuando una pequeña

porción de material haya formado el represamiento y al producirse su ruptura, el río tenga la capacidad para encauzar el flujo de lodo y agua, sin que ocurra ningún desbordamiento. Además, no se debe descartar la posibilidad de reactivación de algún cauce antiguo, afectando una mayor extensión.

- El segundo caso acarrea una amenaza de nivel intermedio y la probabilidad de generación es menor. Sería necesario un desprendimiento de considerables dimensiones, para que el embalse ocasionado por el represamiento sea mayor y así, cuando se dé el rompimiento, se origine una avalancha que formaría un nuevo abanico aluvial, al depositar los materiales en una área bastante extensa.

- El caso extremo lo representa una amenaza leve. La avalancha debería tener un alcance máximo similar a los abanicos aluviales más grandes, delimitados en el mapa por evidencias geológicas y fotogeológicas de antiguos eventos. Su probabilidad es más baja pues para que ocurra dada su magnitud, se requiere de la conjugación de múltiples fenómenos.

## 8.2 Vulnerabilidad

En el caso particular del Alto de Tapezco, al desprenderse al menos una parte importante de su masa, las pendientes de las laderas son favorables para que el material llegue hasta el lecho del río Uruca (fig. 7.1) y con base en la figura (8.1), los lugares potencialmente afectables son: Matinilla, Salitral, Santa Ana y Pozos, (según Morales 1886, con datos de 1984), la población total de esos lugares es de

11.807 personas. En su mayor parte, esta población sabe del problema pero no muestra preocupación por él. Esta actitud es muy lógica, ya que ellos han convivido por mucho tiempo con el fenómeno sin haber sufrido ningún percance trágico.

Con respecto al impacto y a la vulnerabilidad de la población, infraestructura y líneas vitales (según Mora 1986) "deben enfocarse y evaluarse según tres modalidades de desarrollo del fenómeno.

- Primero: El conjunto de procesos que involucra el movimiento súbito y violento del deslizamiento, luego el alud hacia el río, la formación de las presas de materiales sueltos y la generación de un embalse efímero. Para este caso debe evaluarse la destrucción que sufrirán las áreas involucradas en las laderas, aquellas que se verían sepultadas y las que se inundarían posteriormente. El poblado de Matinilla, el camino vecinal y un puente, serían los más rápidos y directamente afectados.

- Segundo: La generación y desarrollo de la avalancha a partir del proceso de ruptura de las presas y la liberación del embalse efímero que, dependiendo de sus dimensiones, será el área más afectada. Los poblados de Salitral, Santa Ana y Pozos serían dañados, aparte de por lo menos dos docenas de puentes, varios caminos vecinales, una carretera nacional y la autopista San José - Ciudad Colón. La línea de transmisión eléctrica y la sub-estación reductora local, se verían también afectados, igual que extensas áreas de cultivo, industrias artesanales, acueductos y varios sistemas Productivos y de generación de servicios públicos y privados

- Tercero: La influencia que podría tener la corriente de lodo en los cauces inferiores del río Uruca y luego del río Virilla. En particular, debe evaluarse el impacto sobre las plantas eléctricas de Belén, Brasil, Ventanas-Garita y en el futuro, de los proyectos hidroeléctricos "Virilla y Tárcoles".

Sumado a esto, hay que estimar el perjuicio que causaría a las poblaciones ubicadas aguas abajo, contaminación ambiental, cambio en el paisaje, sedimentación en el mar y una posible variación en el régimen de depositación del río Tárcoles.

Todo en conjunto representaría un impacto social y económico, que repercutiría indudablemente a nivel nacional, con consecuencias aún impredecibles sobre el desarrollo, la economía, el crecimiento del P.I.B., el futuro y bienestar general de su población.

## CAPITULO IX

### RECOMENDACIONES

El deslizamiento del Alto de Tapezco ha representado y continua siendo una amenaza inminente, para los pobladores de la región. A medida que transcurre el tiempo se han realizado estudios, recopilado nueva información y logrado un mejor conocimiento del fenómeno. En el momento que se hayan adquirido datos complementarios suficientes para caracterizarlo y entender mejor su patrón de comportamiento, se podrá:

- Determinar el riesgo.
- Escoger las medidas correctivas más óptimas a utilizar.
- Predecir de una manera acertada, bajo qué condiciones fallará súbitamente el deslizamiento o al menos una fracción importante de él. Asimismo estimarse el tamaño del embalse que podría formarse y sus efectos posteriores. Contando con el tiempo necesario, se podrá aplicar un efectivo plan preventivo y de emergencias.

Por lo tanto, se recomienda:

a- Continuar con las investigaciones que se han llevado a cabo hasta la fecha en el lugar y si es posible, ampliar y complementarlas con otras, por ejemplo:

- Control topográfico de precisión y en tiempo real.
- Instalar una estación pluviométrica de medición en tiempo real.

- Ubicar una estación sísmica portátil o telemétrica y un acelerógrafo.
- Realizar estudios de refracción sísmica
- Motivar un análisis fotogramétrico que permita a bajo costo mantener una vigilancia global sobre el área. Además de inspecciones hechas por profesionales periódicamente.
- Aprovechar de la mejor manera posible las perforaciones: ubicarles "poor boys" y continuar con las mediciones de los niveles freáticos.
- Realizar un balance hídrico a través del índice de antecedente de humedad.

Siguiendo esta línea de pensamiento, en un determinado número de años se tendrá la información necesaria para:

- Estimar el grado de sensibilidad del deslizamiento con respecto a la precipitación e intensidad de un sismo.
- Realizar un sistema de alarma tanto hidrológico como sísmico.

b- Se debe efectuar una reforestación con especies locales y de raíz profunda, además de brindar un uso adecuado a los terrenos que rodean el deslizamiento, con el fin de detener el incremento y así enfocar los trabajos correctivos hacia una área determinada. Pues es muy probable que, al deforestar el área y darle un uso diferente, se haya acelerado la inestabilidad de las laderas y desde entonces, el deslizamiento ha crecido.

c- Existen muchas formas de corregir un deslizamiento, o al menos, disminuir su actividad en un porcentaje importante, dependiendo de los procesos que originan la inestabilidad. En el caso del Alto de Tapezco, se ha determinado que el mayor problema lo genera el agua. Por consiguiente, las medidas correctivas deben ser de drenaje, tales como:

- Captación y encauzamiento ordenado de las aguas pluviales.
- Drenajes de manantiales y flujos subterráneos que se encuentran sobre el plano de falla para disminuir las presiones de poros.
- Impermeabilización de grietas y allanamientos de la superficie del terreno.
- Movimientos estratégicos de tierra para descargar y/o recargar la masa, con el fin de obtener una mejor distribución del estado de esfuerzos.
- Trabajos preventivos en el río Uruca: limpieza del cauce, refuerzo de las riberas.
- Plan de ordenamiento de uso de la tierra en la cuenca y de desarrollo urbano en el valle.

No obstante hay que estimar el costo y efectividad de las medidas correctivas, a la hora de decidir las más óptimas a utilizar.

d- Se debe respetar el mapa de zonificación que se incluye en este trabajo, disminuyendo el crecimiento urbano en las áreas de mayor amenaza, con el fin de minimizarla.

e- En caso de presentarse un desastre, hay que contar con un eficiente plan de emergencia, en especial, una evacuación efectiva, para lo cual, se debe contar con caminos que eviten atravesar el río Uruca, de forma que, a la menor distancia recorrida se consiga una mayor altura, brindando una mayor seguridad a las personas.



## CAPITULO X

### BIBLIOGRAFIA

- Arredondo, S., 1989: Deslizamiento del Alto de Tapezco, Medidas Preventivas y Mitigación. Seminario de Geotecnia e Hidrogeología. Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R. San José, Costa Rica. (Inédito).
- Badilla, R., 1989: Estudio Climático del Cerro Tapezco. Comisión Nacional de Emergencia. San José, Costa Rica. (Inédito).
- Castillo, R., 1969: Geología de los Mapas Básicos Abra y Parte de Río Grande, Costa Rica. Ministerio de Industria y Comercio, Dirección de Geología, Minas y Petróleo. Facultad de Agronomía, Escuela de Geología, U.C.R. San José, Costa Rica.
- Cerdas, A., 1989: Caracterización Geotécnica de los Materiales del Alto de Tapezco. Seminario de Geotecnia e Hidrogeología. Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R. San José, Costa Rica. (Inédito).
- Comisión Pro-Estudio del Deslizamiento del Cerro de Tapezco, 1986: Seminario Problemática del Deslizamiento. Municipalidad de Santa Ana, San José, Costa Rica.
- Delgado, J., 1990: Resultados de Ensayos de Laboratorio. Deslizamiento de Tapezco. Instituto Costarricense de Electricidad. Enero 1990. San José, Costa Rica. (Inédito).
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 1985: Informe Sobre el Impacto Ambiental que causó el Depósito de Materiales de Corte de la Carretera a la Cruz en la Subcuenca Superior del Río Agres. Escazú, San José. Departamento de Estudios Básicos y Sección Plantas de Tratamientos. San José, Costa Rica. (Inédito).
- García, A., 1966: Contribución para la Clasificación de los Movimientos de Terreno. Revista de Obras Públicas - (3020): 995-1003, diciembre 1966.
- Instituto Costarricense de Electricidad, 1988: Participación de los Departamentos de Geología e Ingeniería Geotécnica en el Estudio del Deslizamiento del Alto de Tapezco. San José, Costa Rica. (Inédito)

- Jiménez, S., 1989: Primer Informe Sobre el Resultado del Control de Estacas en el Cerro Tapezco. Municipalidad de Santa Ana, agosto 1989. San José, Costa Rica. (Inédito).
- Jiménez, S., 1989: Segundo Informe Sobre el Resultado del Control de Estacas en el Cerro Tapezco. Municipalidad de Santa Ana, noviembre 1989. San José, Costa Rica. (Inédito).
- Jiménez S., 1990: Tercer Informe Sobre el Resultado del Control de Estacas en el Cerro Tapezco. Municipalidad de Santa Ana, Abril 1990. San José, Costa Rica. (Inédito).
- Jiménez S., 1990: Cuarto Informe Sobre el Resultado del Control de Estacas en el Cerro Tapezco. Municipalidad de Santa Ana, junio 1990. San José, Costa Rica. (Inédito).
- Kussmaul, S., 1987: Petrología de las Rocas Intrusivas Neógenas de Costa Rica. En: Revista Geológica de América Central (7): 83-111, octubre 1987. Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R.; San José, Costa Rica.
- Leandro, G., 1977: Informe del Estudio Geofísico de los Deslizamientos en el Cerro Tapezco, Santa Ana, San José. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. San José, Costa Rica. (Inédito).
- Molina, F., 1989: Geofísica del Deslizamiento del Alto de Tapezco. Seminario de Geotecnia e Hidrogeología. Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R. San José, Costa Rica. (Inédito).
- Mora, S., 1986: Comentarios acerca de la Problemática Generada por las Amenazas Geológicas en la Cuenca del Río Reventado. Instituto Costarricense de Electricidad. Departamento de Geología. San José, Costa Rica. (Inédito).
- Mora, S., 1988: Análisis preliminar de la amenaza y vulnerabilidad potencial generadas por el deslizamiento del Alto Tapezco, Santa Ana, Costa Rica. IV Seminario Nacional de Geotecnia. Asociación Costarricense de Mecánica de Suelos. Ing. Fund., C.F.I.A., 13 - 14 de abril.
- Mora, S., 1988: Anteproyecto para el desarrollo de un estudio del riesgo asociado al deslizamiento del Alto de Tapezco y de sus posibles medidas de mitigación y preparación en caso de emergencia. San José, Costa Rica. Inédito.

- Mora, S., 1988: Informe del Evento de Desestabilización ocurrido en el Deslizamiento del Alto de Tapezco, Santa Ana, entre los días 13 y 14 de setiembre de 1988. San José, Costa Rica. (Inédito).
- Pérez, W., 1988: Estudio Climático. Seminario de Geotecnia e Hidrogeología. Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R.. San José, Costa Rica. (Inédito).
- Quesada, A., 1989: Estudio Geológico y Geofísico del Campo Geotérmico Las Pailas, Parque Nacional Rincón de la Vieja, Guanacaste, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica. (Inédito).
- Rivier, F., 1979: Geología del Area de los Cerros de Escazú, Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Instituto Geográfico Nacional. Informe Semestral, enero a junio, 1979 : 99 - 137. San José, Costa Rica.
- Schuster, R. & Krizek, R., 1978: Landslides, Analysis and Control, Special Report 176. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Salazar, M., 1989: Geología del Alto de Tapezco. Seminario de Geotecnia e Hidrogeología. Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R. San José, Costa Rica. (Inédito).
- Solórzano, R. & Van P., 1976: Resultados y Plan de Trabajo en la Zona Piloto dentro de la Cuenca del Río Uruca. Proyecto M.A.G.- F.A.O.. San José. Costa Rica.
- Ureña, R., 1983: Análisis de Estabilidad del Flanco Occidental del Alto de Tapezco, en Santa Ana. Tesis de Licenciatura en Ingeniería. U.C.R. San José, Costa Rica. (Inédito).