



**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS
CANALIZACIONES Y PRESAS PARA CONTROL DE SEDIMENTOS EN EL
ESTADO VARGAS CON MOTIVO DE LAS LLUVIAS DE FEBRERO DEL
2005**

Informe Final

Febrero 28, 2005

CONTENIDO

- 1. Antecedentes y Objetivos**
- 2. Quebrada Curucutí**
- 3. Quebrada Piedra Azul**
- 4. Quebrada Osorio**
- 5. Quebrada Guanape**
- 6. Quebrada Alcantarilla (Galipán)**
- 7. Quebrada Macuto**
- 8. Quebrada El Cojo**
- 9. Río Camurí Chico**
- 10. Río San Julián**
- 11. Quebrada Seca**
- 12. Río Cerro Grande**
- 13. Tramo Tanaguarena-Naiguatá**
- 14. Río Uria**
- 15. Río Naiquatá**
- 16. Río Camurí Grande**
- 17. Quebrada Dos Comadres**
- 18. Resumen de Resultados**
- 19. Conclusiones en relación al evento hidrológico**
- 20. Conclusiones en relación a la evaluación de las obras**
- 21. Recomendaciones**

Anexo 1: Mapas de Ubicación de las Obras de Control

Anexo 2: Mapa de la Inspección Ocular a las Obras de Control de Sedimentos del Estado Vargas

1. Antecedentes y Objetivos

El Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT) ante los efectos causados por las lluvias ocurridas entre el 7 y el 10 de Febrero pasado, solicitó al Instituto de Mecánica de Fluidos (IMF) de la Facultad de Ingeniería de la UCV, y a la Fundación Venezolana de Investigaciones Sísmicas (FUNVISIS), la realización de una evaluación técnica del estado actual en que se encuentran las obras de control de sedimentos y canalizaciones construidas en el Estado Vargas a raíz de los deslaves de 1999.

Se realizaron tres (3) visitas terrestres y un recorrido aéreo, durante los días 15, 17, 18, y 22/02/05, en las cuales se inspeccionaron las quebradas y las obras de Corpovargas que se encuentran comprendidas entre las poblaciones de Maiquetía y Camurí. En algunas cuencas, a pesar de no haber sido intervenidos por Corpovargas, se hacen comentarios sobre la problemática existente a fin de recomendar medidas y acciones a tomar. Los sitios visitados fueron las quebradas de Curucutí, Piedra Azul, Dos Comadres, Osorio, Guanape, Alcantarilla (Galipán), Macuto, El Cojo, Camurí Chico, San Julián, Quebrada Seca, Cerro Grande, Uria, Naiguatá y Camurí Grande. No se pudo acceder por vía terrestre a las quebradas de Anare y Los Caracas (solo se hizo un reconocimiento aéreo) por lo que no están incluidas en este informe. Adicionalmente se hacen comentarios y recomendaciones sobre el tramo vial entre Tanaguarena y Naiguatá, el cual ha sido afectado fuertemente por los derrumbes y deslizamientos.

Las Figuras de los Anexos 1 y 2, muestran la localización de las quebradas y la ubicación de las obras de control de sedimentos y canalizaciones, de acuerdo a los mapas suministrados por Corpovargas.

Las lluvias de Febrero del 2005, aún cuando no fueron comparables a las de 1999, produjeron crecientes importantes, desbordes, deslizamientos, daños en las obras de infraestructura y en algunas poblaciones de la costa, lo cual ameritó la declaración de un estado de emergencia en el Estado Vargas. Las estaciones Macuto, San José de Galipán, y Caraballeda, registraron las mayores precipitaciones: 432, 427 y 382 mm, respectivamente, durante los días mencionados. Estos valores representan magnitudes notables al compararlos con la precipitación media anual, estimada en 523 mm, pero inferiores a los valores máximos registrados en la estación Maiquetía en Diciembre de 1999 (1200 mm en 17 días).

A continuación se hacen comentarios específicos sobre cada uno de los sitios visitados y evaluados. Al final de informe se presentan conclusiones relacionadas con el evento hidrológico y con la evaluación de las obras, además de las recomendaciones pertinentes.

2. Quebrada Curucutí

En la quebrada Curucutí se han construido cuatro (4) presas para el control de sedimentos. La Presa N° 1, comenzando desde aguas abajo, se terminó de construir en el año 2003 y es una presa de gaviones con una altura de 5 m. Se encuentra colmatada casi totalmente, quedándole tan sólo 0,75 m para que los sedimentos alcancen el nivel de cresta del vertedero (Fotos 1 y 2). La Presa N° 2, también de engavionado, era una de las pocas presas construidas antes de la tragedia de 1999. El evento torrencial de ese año removió dos filas de gaviones del borde superior de la presa, por lo cual tuvo que ser reconstruida el año 2002. Su altura es de 7 m y se encuentra totalmente sedimentada (Fotos 3 y 4). La presa N° 3 es una presa abierta de concreto

ciclópeo, de 4 m de altura, y fue construida el año 2002. El ancho de las aberturas es de 1 m. La presa se encuentra parcialmente sedimentada y ha cumplido su función de atrapar los clastos más grandes y dejar pasar los sedimentos menos gruesos (Fotos 5 y 6). Se observa un deslizamiento sobre el estribo izquierdo, el cual sin embargo no constituye una amenaza a la estabilidad de la misma. La Presa N° 4 es una presa cerrada de gaviones de 5 m de altura y se encuentra totalmente sedimentada (Fotos 7 y 8).

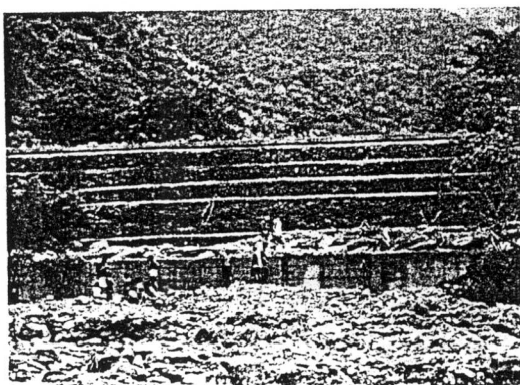
Se observó una fuerte erosión del cauce entre las presas N° 3 y 4, con inestabilidad de márgenes. En general, no se observaron problemas de erosión o daños en las presas que comprometan la estabilidad de las estructuras, diques o contradiques.

El acceso a la Presa N° 1 es por el mismo cauce, el cual es muy irregular conformado por grandes clastos y sedimentos gruesos, por lo que resulta prácticamente imposible introducir maquinarias para hacerle mantenimiento y dragar el sedimento acumulado.

Aguas debajo de las presas en la vía de acceso a los sitios visitados, se encuentra un puente antiguo de baja altura, con dos pilas centrales que constituyen un obstáculo para el paso de los flujos de las crecientes (Foto 8a).



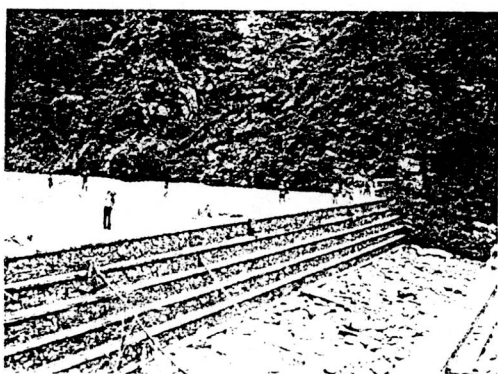
Fotos 1 y 2. Vista desde aguas abajo (foto izquierda) de la Presa N° 1 en la Qda. Curucutí. La foto de la derecha indica el grado de sedimentación del vaso de almacenamiento.



Fotos 3 y 4. Vista frontal de la Presa N° 2 (izquierda) y vaso totalmente sedimentado (derecha) en la Quebrada Curucutí.



Fotos 5 y 6. Presa N° 3 del tipo abierta de concreto ciclópeo en la Qda. Curucutí. Vista desde aguas abajo (izq.) y desde aguas arriba (derecha).



Fotos 7 y 8. Presa N° 4 en la Quebrada Curucutí. Vista desde aguas abajo (izq.) y del vaso de sedimentación (derecha).



Foto 8a. Vista del Puente de la Quebrada Curucutí. Nótese la reducción de la sección hidráulica por efecto de las pilas del puente.

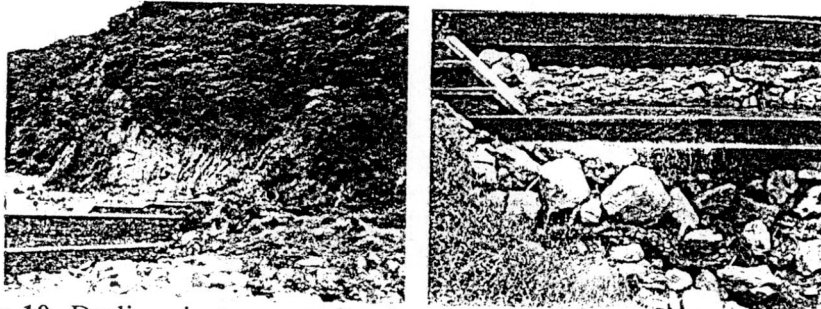
3. Quebrada Piedra Azul

Sobre esta quebrada se han construido tres presas de gaviones para control de sedimentos, dos de ellas son del tipo cerradas y la tercera es abierta. En la primera presa de altura igual a 5 m (Presa N°1), se observó un deslizamiento menor en su estribo

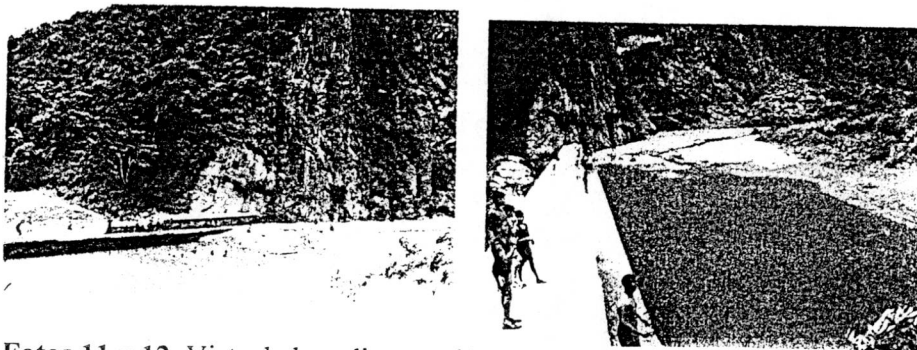
izquierdo, el cual se produjo durante las lluvias del 7 al 10 de febrero de 2005. Este deslizamiento fue causado por el debilitamiento de los suelos meteorizados al saturarse el pie del talud durante la creciente. Nótese en la Foto 9 el delgado espesor del suelo superficial en contacto con la roca, lo cual determina baja capacidad de soporte de la vegetación. En la Foto 10 del contradique, se observa colapso local en la cesta de gavión, lo cual se atribuye a la remoción del material fino por acción de la turbulencia y la caída de los bloques de mayor tamaño desde el tramo superior.

Las Fotos 11 y 12 ilustran la sedimentación de gravas y arenas en la presa, donde el nivel del lecho se encuentra a sólo 1,50 m de la cresta del vertedero. El suministro sólido del canal se produce lateralmente, esto determina que frente a la presa en altos caudales, se generen corrientes de circulación que favorecen la remoción del material fino y que han conformado un socavón.

La Presa N° 2, aguas arriba, del tipo cerrada y altura igual a 5 m, se encuentra totalmente sedimentada (Fotos 13 y 14). Las fundaciones no presentan evidencias de erosión. La Presa N° 3 aguas arriba (Fotos 15 y 16) es del tipo abierta con ranuras de 1 m de ancho, y no presenta daños estructurales que comprometan la estabilidad de la misma. La presa presenta una ligera acumulación de sedimentos aguas arriba en el orden de 0,50 m. A 150 m aguas arriba de esta presa, en la margen derecha de la quebrada, se produjo un deslizamiento de considerable dimensión, lo que representa una fuente de sedimentos que pueden transportarse aguas abajo. Desplome y avalancha de rocas en las inmediaciones del estribo izquierdo se aprecian en la Foto 15.



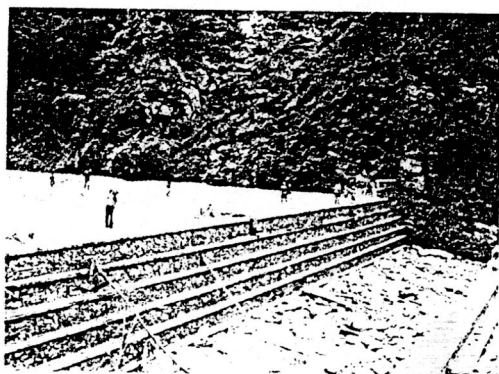
Fotos 9 y 10. Deslizamiento en estribo izquierdo de Presa N°1 en Piedra Azul (foto izquierda), y falla de gaviones al pié de la presa en el contradique (foto derecha).



Fotos 11 y 12. Vista de la sedimentación de la presa N°1 en Quebrada Piedra Azul.



Fotos 5 y 6. Presa N° 3 del tipo abierta de concreto ciclópeo en la Qda. Curucutí. Vista desde aguas abajo (izq.) y desde aguas arriba (derecha).



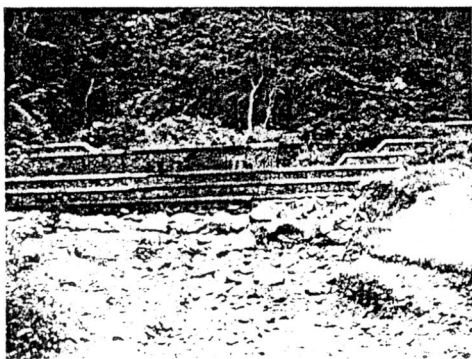
Fotos 7 y 8. Presa N° 4 en la Quebrada Curucutí. Vista desde aguas abajo (izq.) y del vaso de sedimentación (derecha).



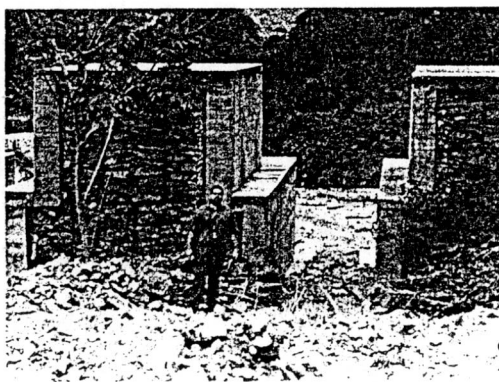
Foto 8a. Vista del Puente de la Quebrada Curucutí. Nótese la reducción de la sección hidráulica por efecto de las pilas del puente.

3. Quebrada Piedra Azul

Sobre esta quebrada se han construido tres presas de gaviones para control de sedimentos, dos de ellas son del tipo cerradas y la tercera es abierta. En la primera presa de altura igual a 5 m (Presa N°1), se observó un deslizamiento menor en su estribo



Fotos 13 y 14. Vista hacia aguas arriba de la presa N° 2 (izquierda), de gaviones del tipo cerrada, y de la sedimentación del vaso (derecha), en Piedra Azul.



Fotos 15 y 16. Vista desde aguas abajo de la Presa N° 3, de gaviones del tipo abierta, y detalle más cercano de las aberturas y del nivel de sedimentación aguas arriba en Qda. Piedra Azul.

4. Quebrada Osorio

Se han construido dos presas de gaviones para la retención de sedimentos, acompañadas de una serie de contra-diques situados aguas abajo. La Presa N° 1 tiene una altura de 4 m y está protegida por un conjunto de diques escalonados (Foto 17) en un tramo de alta pendiente. La presa N° 2 (Foto 18) presenta un altura de 3 m y un vaso colmatado por los sedimentos. Las obras se encuentran en buenas condiciones y no se observan signos de inestabilidad en los estribos, pero ambas presas están sedimentadas. No existen vías de acceso vehicular para alcanzar los sitios de presa y dragar el sedimento acumulado.

El hecho de que los sedimentos hayan alcanzado el nivel de cresta de los vertederos, no significa que el vaso haya perdido completamente su capacidad de almacenamiento, ya que una parte de los sedimentos transportados por las crecientes, van a almacenarse en el cauce aguas arriba debido a la reducción en la pendiente del mismo, causada por la presencia de la presa.

Aguas abajo de las presas, se observaron procesos de degradación del lecho, atribuibles posiblemente a la retención de sedimentos en los vasos de las mismas y a la consecuente

evacuación de flujos de aguas claras, con bajas concentraciones de sedimentos. Estos procesos no se produjeron con las crecientes del año 1999. Las fotos N° 19 y 20 muestran la erosión del estribo derecho del puente Jesús y la erosión lateral y colapso parcial de la vía de acceso, en la margen izquierda de la quebrada Osorio, causadas por las lluvias de Febrero pasado.



Fotos 17 y 18. Vista desde aguas debajo de la Presa N° 1 en la Quebrada Osorio, y del vaso sedimentado de la Presa N° 2.

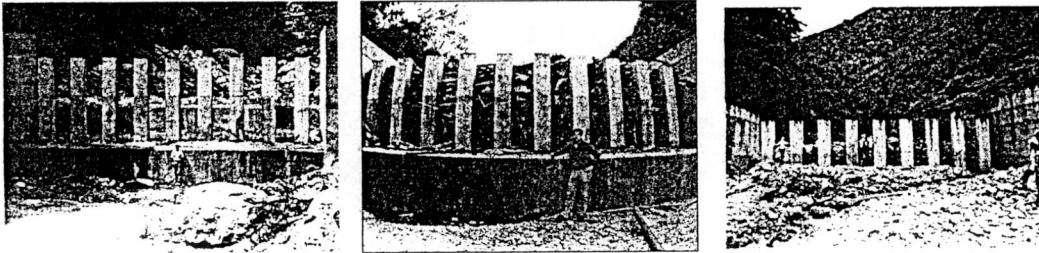


Fotos 19 y 20. Vista del Puente Jesús y de carretera erosionada en la margen izquierda de la Quebrada Osorio, en La Guaira.

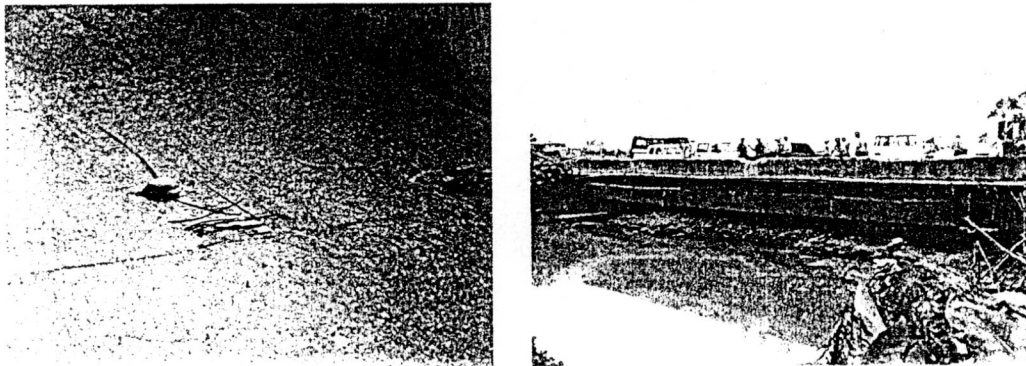
5. Quebrada Guanape

Las primeras obras de control de sedimentos en el Estado Vargas después de los eventos de 1999, se construyeron en el cauce de la Quebrada Guanape. Las obras consisten de una presa abierta en concreto armado, un contradique y un canal rectangular revestido en concreto. La presa se terminó de construir en Mayo del 2001 y para Noviembre del mismo año, estaba casi totalmente obstruida y sedimentada por la ocurrencia de una creciente importante del río (Fotos 21 y 22). Las crecientes de Febrero removieron una buena parte de los sedimentos y restos vegetales atrapados en la presa, los cuales pasaron a través de las ventanas y se acumularon entre el dique y el contradique, a una altura promedio de unos 3 m aproximadamente (Foto 23). El dique de retención de sedimentos se encuentra en buen estado. El canal de concreto presenta en varios puntos evidencias de erosión por abrasión en el fondo (Foto 24), lo cual requiere de reparación para evitar un daño mayor a la estructura. Otro problema observado, es la sedimentación en el tramo final del canal, donde se intercepta con el puente de la avenida Soubllette, debido a la reducción brusca en la pendiente y ensanchamiento de la canalización (Foto

25). Esto genera una disminución en la capacidad hidráulica y del transporte de sedimentos, causando la deposición de los mismos. En la zona urbana se observó que algunos de los pequeños afluentes de la quebrada, no poseen obras de canalización, lo que genera daños en las viviendas cercanas a los cauces.



Fotos 21, 22 y 23. Vistas desde aguas abajo de la Presa Guanape en tres diferentes épocas: Mayo 2001, Diciembre 2001, y Febrero 2005 (de izquierda a derecha).

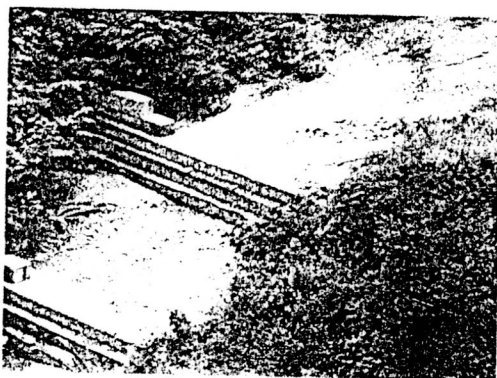


Fotos 24 y 25. Vista de la abrasión del concreto en el canal de Guanape (izq.), y de la sedimentación de la canalización en la sección del Puente de la Avenida Soublette (der).

6. Quebrada Alcantarilla

En esta quebrada se construyeron dos presas cerradas de gaviones de 3 y 4 m de altura, las cuales se encuentran totalmente sedimentadas, disminuyendo su capacidad para retener sedimentos durante las crecientes (Fotos 26 y 27). Durante el evento del 7 al 10 de Febrero de 2005, la quebrada relleno las presas y transportó gran cantidad de sedimentos aguas abajo, los cuales causaron la interrupción del tráfico por la avenida La Playa (Foto 28). En la parte alta de la cuenca operaba una cantera (Foto 27), la cual suministra gran cantidad de materiales sólidos hacia aguas abajo.

La canalización en concreto, existente desde antes de los deslaves de 1999, presenta una sección reducida que parece insuficiente para evacuar las crecientes. El canal ha sido sedimentado frecuentemente en el pasado, lo mismo que el puente angosto en el cruce con la vía costanera (ver marca de inundación en Foto 38b).



Fotos 26 y 27. Vista de las presas en Quebrada Alcantarilla (Galipán), observándose fuentes de sedimentos y acumulación en los vasos de las presas.

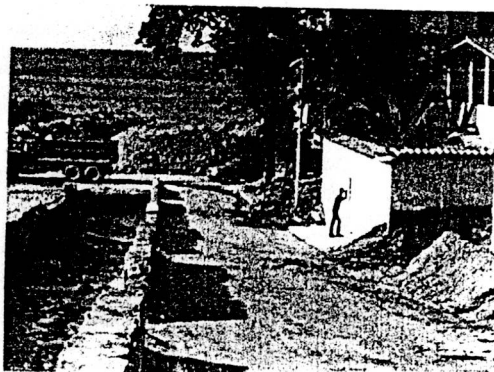
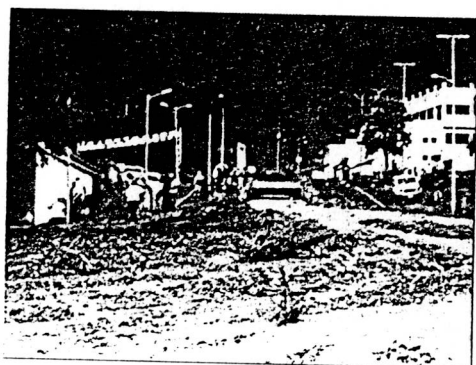


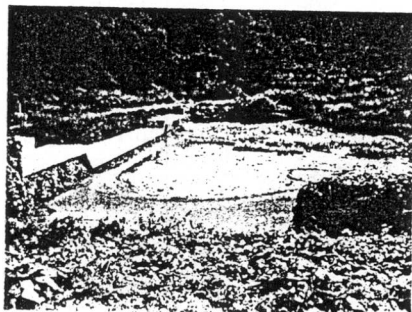
Foto 28^a y 28b. Deposición de sedimentos en la Av. La Playa (izquierda) y canalización en concreto de la Quebrada Alcantarilla en su recorrido hasta la descarga en el mar (derecha).

7. Quebrada Macuto

En esta quebrada se encuentra la presa cerrada de gaviones más grande construida hasta el presente en el Estado Vargas (altura = 7 m), la cual está totalmente sedimentada (Foto 29 y 31). Levantamientos topográficos realizados por el IMF, indicaban que en Enero del 2005 la presa presentaba una alta acumulación de sedimentos, estando a solo 0,50 m de alcanzar la cresta del vertedero (Foto 30). Aguas abajo de la presa, en el canal revestido de gaviones, se observó el colapso parcial de una sección del mismo, producto de la erosión del material fino en la base y colapso gravitacional durante la última crecida (Foto 32)



Foto 29. Panorámica de la presa de control de sedimentos y canalización de gaviones en el Río Macuto (San José de Galipán).



Fotos 30 y 31. Vista del vaso de la presa Macuto antes (Enero del 2005) y después del evento de Febrero del 2005.

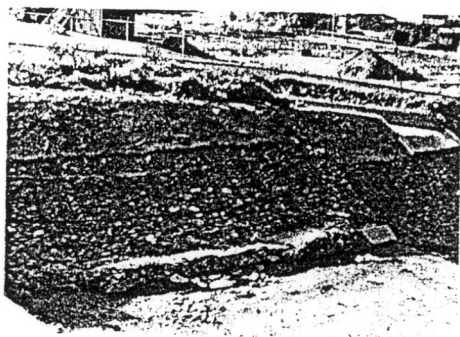


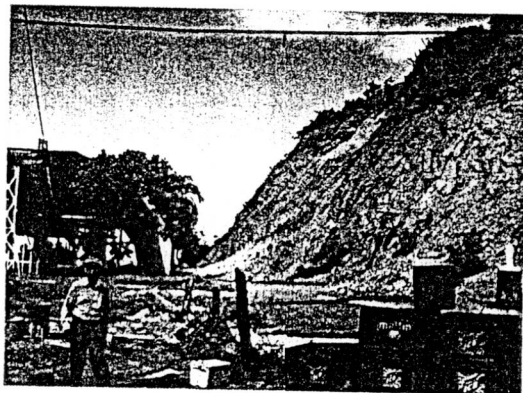
Foto 32. Erosión al pie del engavionado en la canalización del Río Macuto.

8. Quebrada El Cojo

En esta quebrada se han construido dos presas de gaviones, la primera de ellas es cerrada, con altura de 7 m, y la segunda es abierta de 3 m. La cuenca presenta difícil acceso al lugar donde esta ubicada la presa cerrada. En la estación del Teleférico, aguas abajo, se produjo un deslizamiento de suelos finos del talud en alto declive en fecha posterior a la ocurrencia de las lluvias (Foto 33).

La presa cerrada (N° 1) se encuentra totalmente sedimentada, con lo cual se ha reducido apreciablemente su capacidad para almacenar el material que eventualmente suministre la cuenca (Foto 36). La presa abierta (Presa N° 2) muestra un grado parcial de sedimentación, y abrasión del recubrimiento del concreto en algunas de las ventanas, en donde se produce concentración del flujo (Foto 36d). Algunas de las ventanas están parcialmente obstruidas por restos de vegetación, lo cual debería removerse para evitar la acumulación excesiva de gravas y arenas aguas arriba (Foto 36b). En su estribo derecho (Foto 36a) se observa un deslizamiento atribuible a la saturación de los suelos, lo cual se ha observado también en otros sitios de presa.

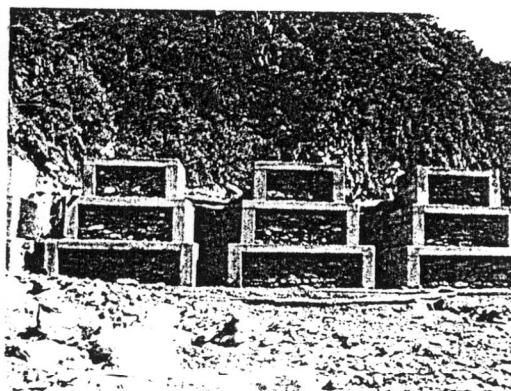
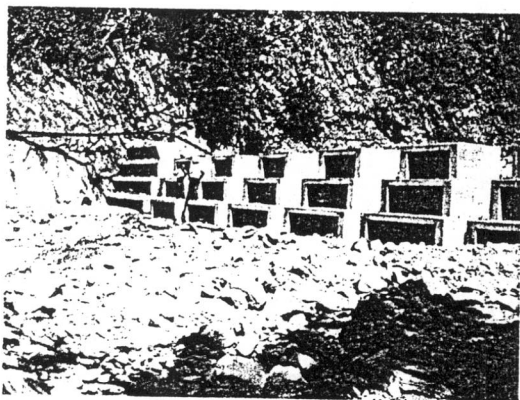
Aguas abajo de las presas se observan grandes bloques y abundancia de sedimentos gruesos (gravas, cantos y peñones). Este tramo de la quebrada se observa sometido a una fuerte erosión lateral y profundización del cauce natural, que amenaza destruir la vía de acceso a las obras (Foto 36e). Un poco mas aguas abajo se inicia la canalización con gaviones, donde se observan acumulaciones de sedimentos gruesos dejados por la creciente, y daños en las traviesas por erosión del recubrimiento de concreto (Foto 36f). La canalización continúa hasta el cruce de la quebrada con la Avenida Intercomunal de Macuto, donde aguas abajo del puente, al final de la canalización, se produce deposición de sedimentos debido a la interrupción del canal, el cual continúa como cauce natural hasta su desembocadura en el mar (Foto 34).



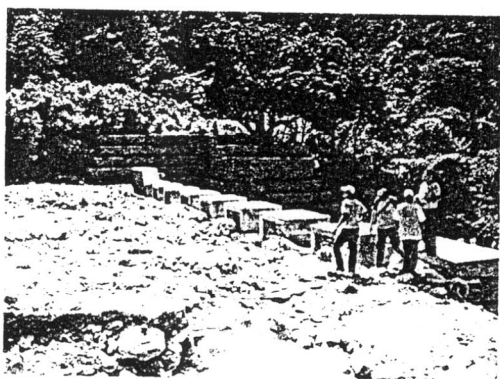
Fotos 33 y 34. Vista del deslizamiento en la Estación del Teleférico (izq.) y de la sedimentación aguas abajo del puente de la Quebrada El Cojo (derecha).



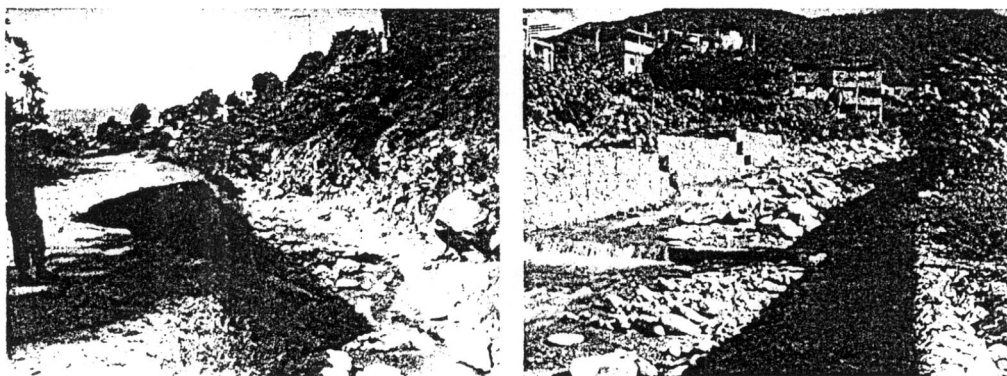
Fotos 35 y 36. Vista de la presa N° 1 (cerrada) desde aguas abajo (izquierda) y desde aguas arriba del vaso sedimentado (derecha) de la Quebrada El Cojo.



Fotos 36a y 36b. Vista desde aguas abajo de la Presa N° 2 (abierta) en la Quebrada El Cojo. Nótese atrape de restos vegetales y material grueso en las ventanas (foto derecha).



Fotos 36c y 36d. Vista de la acumulación de sedimentos aguas arriba de la Presa N° 2 (izquierda) en la Quebrada El Cojo, y de la abrasión del recubrimiento de concreto por la acción del flujo (derecha).



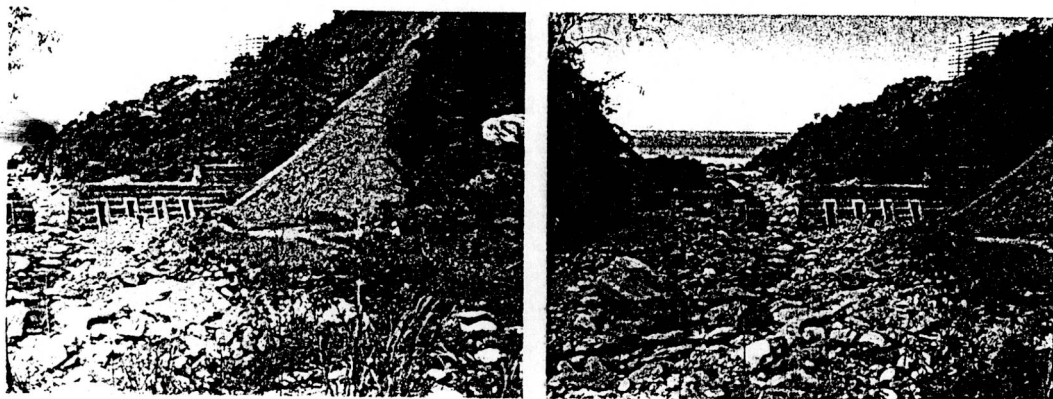
Fotos 36e y 36f. Erosión lateral y profundización del cauce aguas abajo de las presas (izquierda) y deposición de sedimentos gruesos en la canalización de la Quebrada El Cojo.

9. Río Camurí Chico

Este río cuenta con una única presa abierta de 6 m de altura, elaborada con gaviones, cuya construcción quedó inconclusa. El diseño contemplaba una estructura metálica en su parte central, para permitir el acceso de maquinaria con fines de mantenimiento. Por razones presupuestarias, la obra no pudo terminarse y se dejó la abertura central que se observa en la Foto 37. La presa presenta un ligero grado de sedimentación. Se observa una acumulación de sedimentos gruesos en las márgenes aguas arriba y aguas abajo de la presa, sin embargo en la parte central de la sección ocupada por la abertura mayor, el material fue activamente removido (Fotos 37 y 38). Este comportamiento sugiere la posibilidad de aplicar este criterio en el diseño de futuras presas abiertas. En este sitio la presa presenta daños por impactos de peñones producidos durante la crecida de Febrero del 2005 (Foto 38), lo cual debe reforzarse para impedir daños mayores a la estructura. Inmediatamente aguas arriba de la presa en la margen derecha, se generó un deslizamiento importante que puede dañar la estructura de colapsar completamente el talud.



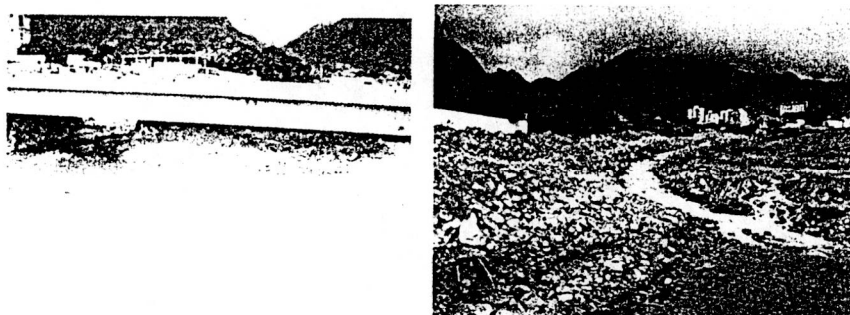
Fotos 37 y 38. Vista de la presa de Camurí Chico desde aguas abajo (izquierda) y de la abertura central de la presa desde aguas arriba (derecha).



Fotos 39 y 40. Deslizamiento en el estribo derecho de la presa Camurí Chico (foto izquierda) y vista desde aguas arriba (foto derecha).

10. Río San Julián

En este cauce no existen obras construidas por Corpovargas. La canalización existente, de sección trapezoidal en concreto armado, fue construida en la década del 60 y tiene un ancho tope estimado de 30 m. Esta fue sedimentada completamente por las crecidas de Febrero, al igual que los dos puentes de la Avenida Costanera. La sedimentación se estima en el orden de los 4 m (Fotos 41 y 42).



Fotos 41 y 42. Sedimentación del puente del Río San Julián y de la canalización (vista hacia aguas arriba).

11. Quebrada Seca

Corpovargas no ha construido obras de canalización ni de control de sedimentos en esta quebrada. La creciente del 2005 arrastró una gran cantidad de material sedimentario fino, el cual causó la obstrucción del cauce y el desborde correspondiente hacia la zona urbana (Foto 43).

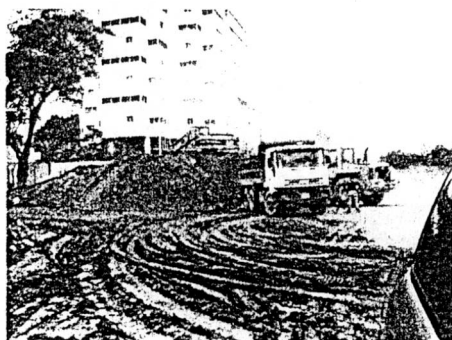


Foto 43. Remoción del material fino acumulado por la creciente de Quebrada Seca.

12. Río Cerro Grande

En este cauce tampoco se han construido las obras proyectadas por Corpovargas. El río no se desbordó y se observan evidencias de fuerte erosión de márgenes aguas arriba del puente, que causó el colapso de una vía de acceso por su margen izquierda (Foto 44).

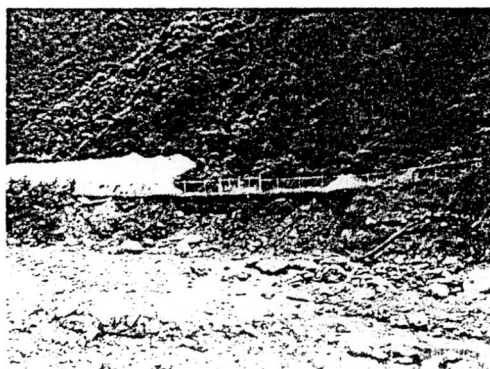
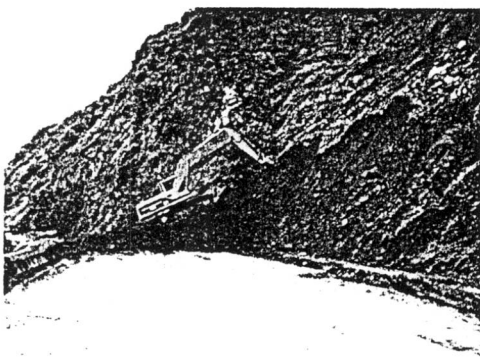


Foto 44. Erosión sobre la margen izquierda de una carretera interna de acceso a las instalaciones de una antigua arenera, en el cañón del Río Cerro Grande.

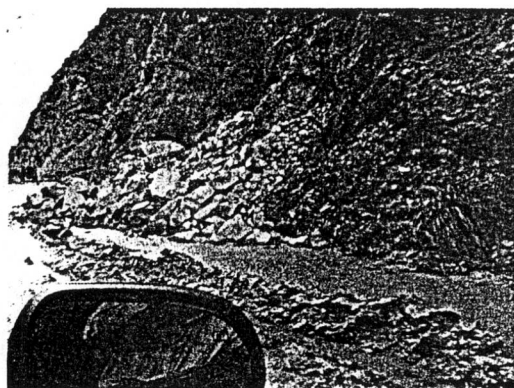
13. Tramo entre Tanaguarena y Naiguatá.

El problema relevante de este sector se relaciona con la conservación de la vía – carretera costera, la que es afectada por obstrucciones con materiales finos, derrumbes, depósitos de laderas y conos de detritos (fotos 46, 47 y 48), al producirse la acumulación de sólidos, debido al brusco cambio de pendiente desde la montaña hacia la costa. Esto dificulta el tráfico e interrumpe las comunicaciones terrestres. La situación se hace mas compleja, al producirse lluvias que actúan sobre laderas de la montaña en altas pendientes y la densa red de drenaje, que ofrecen un recubrimiento de materiales finos, siendo fácilmente erosionables por la acción del escurrimiento superficial, que ha desarrollado un denso patrón de canales y cárcavas.

La vía-carretera tiene un trazado irregular, relativamente angosta y al acumularse los sólidos al pie de la ladera o explayarse los materiales sobre la parte plana, se produce la obstrucción de la vía, siendo su limpieza costosa con maquinarias (Foto 45) y no existe aún una solución permanente. En la foto anterior se observa una remoción y excavación inadecuada del material al pié del talud, lo cual desestabiliza la base del mismo y acelera el suministro de material sólido desde los tramos superiores.



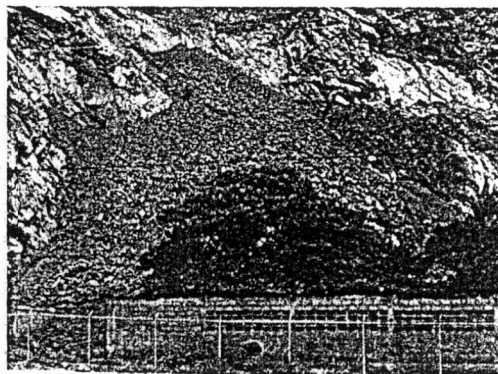
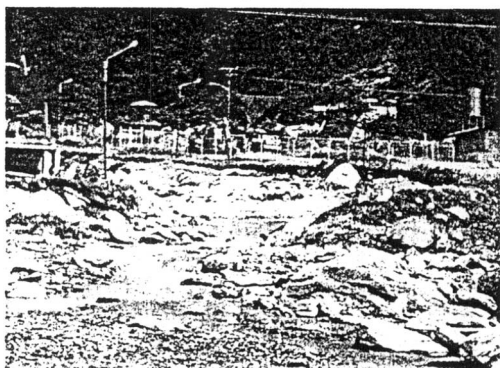
Fotos 45 y 46. Excavación de material de laderas y depósitos de materiales finos que obstruyen la vía carretera Tanaguarena-Naiguatá.



Fotos 47 y 48. Cono aluvial al pie del talud y desplome de bloques de rocas en la carretera Tanaguarena-Naiguatá.

14. Río Uria

La población de Carmen de Uria fue totalmente destruida por los deslaves de 1999 y en el año 2002 se decidió declararla como zona inhabitable para convertirla en un parque. La ausencia de un puente o drenaje transversal causa frecuentemente la interrupción del paso vial, aún con las crecientes normales del río. La creciente del 2005 originó un gran transporte de material sedimentario que se dispuso en el cono aluvial interrumpiendo la vía y áreas adyacentes. También se produjeron deslizamientos en los cerros aledaños. La zona esta cercada y protegida contra invasiones por la presencia de la Guardia Nacional (Fotos 49 y 50).



Fotos 49 y 50. Río Carmen de Uria. Vista del cauce y deslizamiento de material fino.

15. Río Naiguatá.

En este río tampoco se han construido las obras previstas en los proyectos de Corpovargas. La creciente de Febrero pasado, erosionó la margen derecha causando daños a las viviendas situadas en las cercanías del puente y los desbordes afectaron también a las instalaciones del Club Puerto Azul.



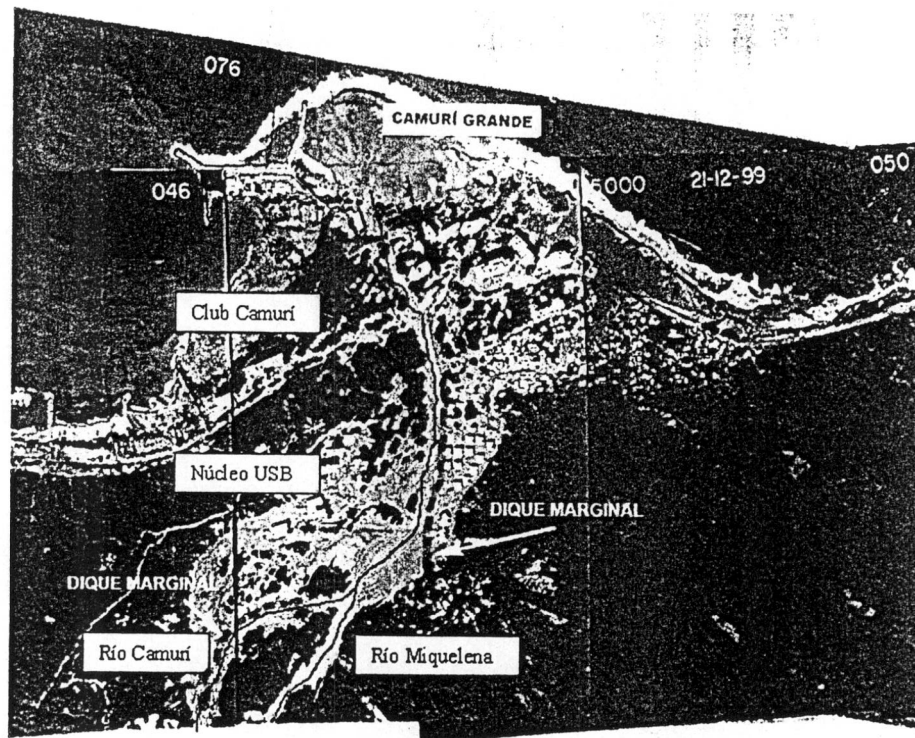
Fotos 51 y 52. Vista aérea del Río Naiguatá en el puente y sitio de descarga al mar.

16. Camurí Grande

En este sector no se han construido las obras proyectadas por Corpovargas. La creciente de Febrero pasado obstruyó el puente en arco de la Avenida Costanera, provocando el desborde y la inundación de los sectores localizados sobre la margen derecha del río (Fotos 53 y 54). La altura de la sedimentación en el sitio de puente se estima en 4 m. Los edificios sobre la margen derecha fueron inundados de sedimentos hasta una altura de 1 metro, aproximadamente. Hay que hacer notar que después de la creciente de 1999, se construyeron algunas obras provisionales para proteger las zonas urbanizadas (Foto 53). Estas obras fueron: a) Terraplén o dique de protección de la margen derecha frente a los bloques del INAVI; b) Terraplén de protección de margen izquierda frente al extremo sur del lindero de la USB; c) Dique transversal de enrocado para retención de sedimentos aguas arriba del extremo sur de los terrenos de la USB sobre el Río Camurí; d) Canal excavado en el material aluvial.

Las obras existentes eran obras de emergencia, realizadas con carácter temporal mientras se construían las obras definitivas. Estas obras no ofrecían ningún tipo de protección contra eventos extraordinarios, por tratarse de material arrimado desde el fondo del río, tal como se indicaba en un informe elaborado por el Instituto de Mecánica de Fluidos (IMF), en conjunto con el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la UCV, entregado a la Universidad Simón Bolívar (USB) de fecha Agosto del 2004.

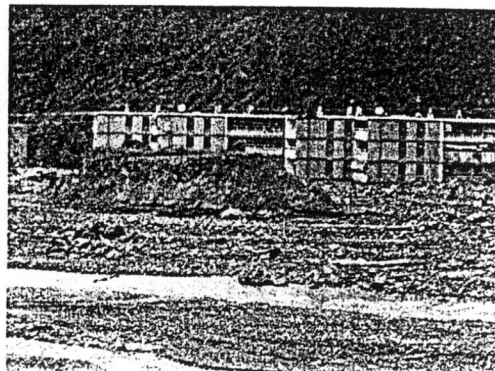
La creciente de Febrero pasado desbordó y destruyó el dique o terraplén de protección de los edificios del INAVI, tal como se aprecia en la Foto 57. Hay que enfatizar que tanto los galpones de la USB, como los edificios del INAVI están ubicados en el abanico aluvial formado por las confluencias de los ríos Camurí Grande y Miguelena, lo que contribuye a la inestabilidad natural de los conos de deyección. Además debe notarse que la rasante del lecho del cauce del río, está más elevada que el nivel del terreno de la urbanización (Fotos 56 y 57), lo que incrementa el riesgo de inundación.



Fotos 53. Fotografía aérea mostrando el abanico aluvial y el curso del Río Camurí Grande, así como la ubicación de los diques construidos por la Universidad Simón Bolívar y por la población de Camurí.



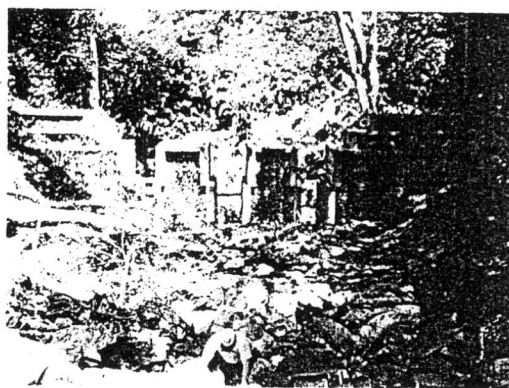
Fotos 54 y 55. Obstrucción del puente del Río Camurí Grande y daños en casas sobre la margen derecha.



Fotos 56 y 57. Vista del dique marginal de protección a los edificios del INAVI en Agosto del 2004 (izquierda) y restos del mismo después de la crecida de Febrero del 2005 (derecha).

17. Quebrada Dos Comadres

Se visitaron las dos presas abiertas que fueron construidas de gaviones, de alturas igual a 3,5 m y 4,5 m respectivamente (Fotos 58, 59, 60 y 61). El ancho de la abertura en la base es de 2 m para la presa situada aguas abajo (Presa #1), y de 1 m para la situada aguas arriba (Presa # 2). Ambas presentan un grado de sedimentación parcial; en el vaso de la presa # 1 se encuentran acumulaciones de troncos de árboles, los cuales deben removerse para evitar la obstrucción de las aberturas, a fin de facilitar la erosión del material depositado (Foto 59). La altura de los depósitos se estima en el orden de 1,50 m, en su sitio de máxima acumulación. No se observan daños en el recubrimiento de concreto ni en las mallas de gaviones, y los estribos están en buenas condiciones. Esta última observación es válida también para la Presa 2. En esta presa la altura máxima de los depósitos está también en el orden de 1,50 m (Foto 61).

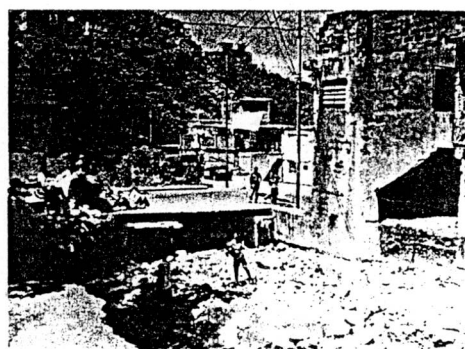


Fotos 58 y 59. Vista de la Presa # 1 desde aguas abajo (izquierda) y desde aguas arriba (derecha), en la Quebrada Dos Comadres.



Fotos 60 y 61. Vista de la Presa # 2, desde aguas abajo y aguas arriba, respectivamente.

La calle de acceso a los sitios de presa, fue dañada por las crecientes pasadas, debido a erosión lateral y degradación del lecho que pone en peligro la vía y la estabilidad del muro sobre la margen derecha (Foto 62). El puente, de poca altura, muestra una sección muy estrecha, lo cual causó represamiento del flujo y deposición de sedimentos.



Fotos 62 y 63. Erosión lateral y del lecho en vía de acceso hacia las presas (izquierda). Puente bajo con sección parcialmente colmatada de sedimentos (derecha).

18. Resumen de Resultados

Un resumen de los resultados se presenta en la Tabla anexa. Se visitaron 18 presas de las cuales 11 son presas cerradas y 7 son abiertas. Diez (10) de estas presas (56%) están totalmente sedimentadas y ocho (8) presas están parcialmente sedimentadas. Se ha definido "grado de sedimentación total" como aquellas presas cuyo nivel de acumulación de sedimentos esta a ras o a menos de 1 m del nivel de cresta del vertedero. Quedaron sin evaluar las dos presas de la Quebrada Anare, por la imposibilidad de acceder el sitio.

En total se han contabilizado 20 presas construidas en las quebradas de Vargas a consecuencia de los deslaves de 1999; 18 de estas presas han sido visitadas y evaluadas, quedando 2 de ellas pendientes por evaluar (Río Anare), debido a la imposibilidad de acceder al sitio.

En relación a las canalizaciones, se visitaron las tres (3) canalizaciones (gaviones) construidas por Corpovargas después de los deslaves de 1999: Quebrada Guanape, Quebrada El Cojo, y Río Macuto. Otras canalizaciones, construidas en concreto armado,

existían previas a 1999, tales como las de la Quebrada Alcantarilla, el Río San Julián, y algunos tramos de Quebrada Seca.

QUEBRADA	NUMERO DE PRESAS			GRADO DE SEDIMENTACIÓN	
	Total	Cerradas	Abiertas	Total	Parcial
Curucutí	4	3	1	3	1
Piedra Azul	3	2	1	1	2
Osorio	2	2	0	2	-
Guanape	1	0	1	-	1
Alcantarilla	2	2	0	2	0
Macuto	1	1	0	1	-
El Cojo	2	1	1	1	1
Camurí Chico	1	0	1	-	1
Dos Comadres	2	0	2	-	2
TOTAL:	18	11	7	10	8

2 de Cerradas (Guanape y Curucutí)
16 de Abiertas

19. Conclusiones en relación al evento hidrológico

1) El evento de Febrero del 2005 presenta características distintas a la de 1999, en cuanto al régimen de precipitación, respuesta hidrogeomorfológica y producción de sedimentos. Las lluvias registradas el 2005 se concentraron en un corto período de tiempo (del 7 al 10/02) alcanzando una precipitación acumulada promedio en la región de Macuto y Caraballeda de 407 mm, en esos cuatro días. Los datos medidos en las estaciones indican que las lluvias fueron más abundantes por debajo de los 1000 m. Estos valores alcanzaron la condición crítica de lluvia para producir falla de taludes y activar movimientos en masa, pero no en la forma masiva como ocurrieron en 1999. Estos valores representan magnitudes notables al compararlos con la precipitación media anual, estimada en 523 mm, pero inferiores a los valores máximos registrados en la estación Maiquetía en Diciembre de 1999 (1200 mm en 17 días).

2) En las laderas de la montaña, a diferencia de 1999, se muestran deslaves, flujos y arañazos en menor cantidad. Se observaron reactivaciones parciales de cicatrices de 1999, las que se habían revegetado naturalmente. Estas reactivaciones parecen ser más abundantes hacia los 1000 m de altura. Los deslizamientos y derrumbes se notan muy numerosos a lo largo de las vías, tanto en la vía principal a lo largo de la costa, como en las escasas vías de penetración al macizo (carretera a Galipán vía Macuto) Se observan avalanchas y flujos en las márgenes cóncavas de los torrentes donde la socavación al pie de las laderas se hace notable. Muchos de estos movimientos en masa han continuado ocurriendo en ausencia de lluvias, debido a la saturación de los suelos en las laderas y al efecto de la gravedad.

3) Las lluvias extraordinarias de 1999 transportaron mucho material hacia las zonas urbanas, localizadas en los abanicos aluviales, y hacia el mar, pero también dejó en los cauces una enorme cantidad de material movilizable. En 2005, parece que es este fenómeno el que ha sido preponderante; los caudales de las crecidas tuvieron la

capacidad de arrastrar o desplazar este material. El predominio entonces del último acontecimiento habría sido el desplazamiento hacia aguas abajo del material acumulado en 1999. Se observan formas nítidas de erosión en los cauces, con taludes que pasan del metro, por ejemplo el caso de Nanguata y Cerro Grande. Esto no impide la construcción de abanicos torrenciales pero con una dinámica más hidráulica y menos influenciada por los aportes de las avalanchas de las laderas.

20. Conclusiones en relación a la evaluación de las obras

- 1) En total se han contabilizado veinte (20) presas construidas en las quebradas de Vargas posterior a los deslaves de 1999; 18 de las cuales se han visitado y evaluado, quedando dos (2) de ellas sin evaluar en la cuenca de la Quebrada Anare, debido a la imposibilidad de acceder al sitio.
- 2) Este informe es el resultado de una evaluación técnica de las obras basada en inspecciones oculares hechas por los especialistas del IMF y de FUNVISIS, durante los días 15, 17, 18 y 22 de Febrero. La premura exigida para presentar los resultados, impidieron hacer un análisis más profundo basada en mediciones y levantamientos de campo y pruebas de laboratorio. Sin embargo, el conocimiento y la experiencia adquirida durante los últimos años por los especialistas que participaron en su elaboración, permiten afirmar que en términos generales, el comportamiento de las obras (presas y canalizaciones) para este particular evento, ha sido satisfactorio, con respuestas diferentes en cada caso dependiendo del tipo de obra y condiciones de cada sitio en particular.
- 3) En general las presas construidas presentan un alto grado de sedimentación. De 18 presas visitadas, 10 de ellas (el 56%) están totalmente sedimentadas, algunas con el depósito a nivel de la cresta del vertedero, lo cual indica la elevada producción de sedimentos que tienen las cuencas de Vargas. Sin embargo, a pesar de estar sedimentadas, todavía las presas tienen una capacidad adicional para almacenar sedimentos en el cauce aguas arriba, a medida que la pendiente de lecho se incrementa para alcanzar su nueva pendiente de equilibrio. Debe señalarse también, que la función básica de algunas de estas obras, no es solamente almacenar los sedimentos, sino mas bien contribuir a reducir y regular la pendiente del lecho, de manera de disipar la energía del flujo y reducir la velocidad y el transporte de sedimentos hacia los tramos aguas abajo.
- 4) De las 18 presas analizadas, solamente 2 de ellas (Macuto y Camurí Chico) presentan facilidades de acceso para permitir el dragado o extracción del material acumulado en los vasos. Se presenta un problema adicional en la disposición y el uso que se le pueda dar al material dragado. Estos sedimentos deberían ser utilizados con fines comerciales para recuperación de tierras, rellenos, protección de playas, y como material de construcción en general.
- 5) En términos generales los muros de gaviones y revestimientos con mallas han respondido satisfactoriamente; otros, en algunos sectores, han mostrado deficiencias factibles de ser corregidas. Del mismo modo, los revestimientos en el lecho de canales en altas pendientes, han mostrado ser propensos a experimentar abrasión por las altas velocidades del flujo, tal como se observó en los canales de Guanape y El Cojo.

Medidas correctivas tales como anclajes, reforzamiento en la base, etc, son sencillas de acometer y pueden ser puestas en práctica en futuras obras.

6) Las fallas detectadas en algunas obras, son factibles de corregirse mediante un mantenimiento adecuado. Debe entenderse que un programa de conservación y protección de cuencas como las de Vargas, no terminará con la ejecución de estas obras, siempre habrá necesidad de realizar mejoras y modificaciones atendiendo a la experiencias obtenidas hasta el presente, y de construir nuevas obras para reemplazar a las existentes que se hayan colmatado.

7) Numerosos puentes fueron totalmente sedimentados por los flujos de Febrero pasado, tales como el puente de Guanape, el puente de San Julián, el puente de Camurí Grande, y el Puente de Alcantarilla (Galipán). En todo ellos, por diferentes razones, existe una tendencia a la sedimentación del material arrastrado por las crecientes. Adicionalmente, se encontraron tres (3) puentes con problemas que requieren de atención por parte de las autoridades. El Puente Jesús en La Guaira, de la época colonial, ha sido socavado por las crecientes del Río Osorio. El Puente de la Quebrada Curucuti presenta una sección de flujo que restringe el paso de las crecientes de dicha quebrada. Igual situación se presenta en el puente de baja altura sobre la Quebrada Dos Comadres.

8) Se ha observado que existen numerosos drenes y quebradas que atraviesan zonas urbanizadas, los cuales al atravesar calles y vías afectan numerosas viviendas estando expuestas a sufrir serios daños, a causa de los arrastres de materiales sólidos.

20. Recomendaciones

- 1) Se recomienda que las futuras presas que se construyan en las cuencas de Vargas, sean presas con aberturas o ventanas que permitan el paso de los sedimentos finos que son arrastrados con las crecientes ordinarias de frecuencia anual. Estas estructuras pueden mantener intacta su capacidad de almacenamiento por periodos mas largos de tiempo, además de reducir el impacto erosivo sobre los tramos aguas abajo ya que el caudal sólido no es interrumpido bruscamente. Si las aberturas son lo suficientemente grandes, los eventos ordinarios (crecientes anuales) no deberían reducir su capacidad de almacenamiento, dejándola intacta para las grandes crecientes. Se sugiere analizar en detalle el caso de la presa de Camurí Chico, la cual tuvo un comportamiento adecuado para retener y movilizar materiales finos y gruesos. Igualmente el caso de la presa sobre el Río Guanape, que se auto-limpió removiendo los sedimentos predepositados que la habían obstruido.
- 2) Se sugiere analizar la posibilidad de elevar la altura de algunas de las presas existentes a fin de aumentar su capacidad para almacenar sedimentos.
- 3) Se recomienda extraer el material sedimentario acumulado en las presas que dispongan de facilidades de acceso, tal como la presa de Macuto, a los fines de recuperar su capacidad para atrapar los sedimentos aportados por las crecientes extraordinarias. La disposición de este material debe ser parte de un análisis de factibilidad económica para el aprovechamiento con fines comerciales del material granular que pueda extraerse de los vasos de las presas.

- 4) En relación a las presas que están sedimentadas y no disponen de vías de acceso, se recomienda realizar un estudio de comparación de costos de construcción de nuevas presas con los costos asociados con la recuperación de la capacidad de almacenamiento mediante la extracción del material depositado.
- 5) En relación a las quebradas que no han sido intervenidas, es conveniente, en la medida de lo posible, prever la construcción de una vía de acceso, por lo menos para la primera presa aguas abajo, a fin de hacerle el mantenimiento adecuado y permitir la extracción de los sedimentos acumulados.
- 6) Es necesario darle prioridad a la construcción de las canalizaciones de los cauces, las cuales deben ejecutarse para complementar las obras de retención de sedimentos construidas aguas arriba.
- 7) Es necesario proceder a reparar los daños observados en los fondos de canales revestidos (Macuto, Guanape y El Cojo) y en las presas de gaviones, que de no hacerse oportunamente, podrían alcanzar mayor magnitud y requerir de más altos costos de mantenimiento.
- 8) Es indispensable mantener los canales y los cauces en las cercanías de los puentes, limpios de sedimentos a fin de mantener intacta su capacidad para transportar el flujo de agua y sedimentos en época de crecientes.
- 9) Se recomienda a las autoridades competentes realizar planes preventivos de mantenimiento periódico, especialmente al inicio del periodo lluvioso, relacionados con: a) limpieza de vegetación y materiales gruesos en las presas con ventanas, que permitan una distribución mas homogénea de los caudales a través de las mismas; b) reparación de mallas de gaviones; c) reforzamiento de los recubrimientos de concreto en las ventanas de las presas abiertas.
- 10) Se recomienda controlar el acceso de personas, especialmente niños, a los sitios de presa durante la época de lluvias, dado el carácter torrencial y de inundaciones repentinas que pueden ocurrir en estos cauces.

Recomendaciones de estudios necesarios:

- 1) Debe realizarse un estudio y un análisis de prioridades para la ejecución de las obras de protección (presas y canalizaciones) en el Estado Vargas. Este análisis debe tomar en cuenta la población a proteger y el costo-beneficio de dichas obras. El análisis debe considerar el monto de la inversión a proteger (bienes de infraestructura y servicios, tales como vías, puentes, viviendas, acueductos, tomas de agua, etc.) y el monto de inversión en las obras a construir. Una primera prioridad debería dársele a completar las obras inconclusas, tales como la canalización de la Quebrada El Cojo, y la presa de Camurí Chico. Igualmente, debe considerarse la posibilidad de diseñar y construir una tercera presa en la Quebrada El Cojo, aguas abajo de la primera, dadas las condiciones sedimentarias y geomorfológicas observadas en esta cuenca.

- 2) Se sugiere realizar los estudios necesarios para evaluar el comportamiento hidráulico de las presas y los canales bajo las nuevas condiciones topográficas del lecho y de sedimentación de las presas. Este estudio permitirá definir con mayor precisión las áreas de afectación en las zonas urbanas y los grados de amenaza existentes a la población. Para ello es procedente aplicar técnicas de simulación con modelaje matemático bidimensional a fin de definir las manchas de inundación por flujos de barro en las áreas urbanas y en los abanicos aluviales, para diferentes escenarios de ocurrencia de crecientes con distintos periodos de retorno, y para distintos escenarios de construcción de obras.
- 3) Se sugiere la realización de un estudio geotécnico e hidráulico, orientado a evaluar la problemática de erosión, drenaje superficial y deposición de sedimentos que afectan la vialidad costera, principalmente en el tramo Tanaguarena-Naiguatá, así como los métodos actualmente en uso, -considerados inadecuados-, para la remoción del material con maquinaria pesada.
- 4) Para mejorar las evaluaciones futuras se recomienda la realización de un vuelo aerofotogramétrico en las áreas del Estado Vargas afectadas por las lluvias del 2005, que incluya las partes altas de las cuencas.
- 5) Se sugiere realizar un plan de reordenamiento urbano y la reubicación de la población localizada en zonas de alto riesgo, hacia sitios menos vulnerables y más seguros. Cerros y colinas bajas pudieran ser terraceadas y áreas depresivas rellenadas, para edificar viviendas cónsonas, seguras y con sus servicios básicos. Estas tierras se encuentran en Vargas y al mismo tiempo, las zonas adyacentes a canales, conos, y costas, pudieran disponerse para parques deportivos, zonas de recreación, piletas de almacenamiento de flujos en crecientes, etc.

ANEXO 1

**MAPAS DE UBICACIÓN DE LAS
OBRAS**

