



A 19 AÑOS DE LA TRAGEDIA DE VARGAS: ¿ESTÁN PROTEGIDOS SUS HABITANTES DE UN NUEVO DESLAVE?

19 YEARS AFTER THE TRAGEDY OF VARGAS:
ARE ITS INHABITANTS PROTECTED
OF A NEW LANDSLIDE?

JOSÉ LUIS LÓPEZ

Instituto de Mecánica de
Fluidos-Facultad de Ingeniería
Universidad Central de Venezuela
lopezjoseluis7@gmail.com
Ingeniero Civil, Universidad Central
de Venezuela, 1971. Master of
Science (M.Sc.) en Ingeniería
Hidráulica, Colorado State University,
1976. Doctor of Philosophy (Ph.D.)
en Hidráulica Fluvial, Colorado State
University, 1978.

RESUMEN

Las lluvias torrenciales de 1999 en el estado Vargas causaron el peor desastre de origen hidrometeorológico que haya ocurrido en Venezuela. Entre los años 2000 y 2008 las autoridades gubernamentales construyeron 62 presas de retención de sedimentos y canalizaron la mayoría de las quebradas en un extraordinario esfuerzo para proteger a sus habitantes de futuros deslaves. En este trabajo se intenta responder a la interrogante de si estas obras garantizan hoy en día una protección adecuada a sus habitantes. Para ello se hace una revisión crítica del estado en que se encuentran las obras y se examinan otras medidas implementadas de tipo no-estructural. Se concluye que la reocupación de zonas afectadas por los eventos de 1999 y 2005, los efectos potenciales del cambio climático que van a aumentar la intensidad y frecuencia de eventos extremos, y el deterioro y grado de sedimentación que presentan algunas de las obras sugieren que un nuevo desastre puede producirse en esa región.

Descriptores

Vargas; aludes torrenciales; desastre hidrometeorológico; obras de mitigación.

ABSTRACT

The torrential rainfalls of 1999 in the state of Vargas caused the worst natural disaster in Venezuelan history. Between years 2000 and 2008 government authorities built 62 sediment control dams and channelized most of the streams, in an extraordinary effort to protect its inhabitants from future debris flows. In this paper an attempt is made to investigate if the control works guarantee at present an adequate protection to the population. Thus a critical review is made about the present stage of the control works and other non-structural measures that were implemented. It is concluded that the reoccupation of sectors affected by the 1999 and 2005 floods, the potential effects of global warming and climate change that predict an increase of the frequency and intensity of the extreme events, and the deterioration and degree of sedimentation of the control works, suggest that a new disaster could be triggered in the region.

Descriptors:

Vargas, debris flows, disaster, mitigation works.

el macizo Ávila. La figura 2 muestra los deslizamientos producidos en las laderas de una de estas cuencas, la cuenca del río Naiguatá, los días 15 y 16 de diciembre de 1999, los cuales se transformaron en aludes torrenciales que colmataron de sedimentos los cauces aguas abajo. La

zona de afectación se extendió a lo largo de 50 km entre Los Caracas y Catia La Mar (figura 3). Barrios y urbanizaciones enteras fueron barridos por las avalanchas de los flujos de barros, rocas y escombros que descendieron de la montaña (figura 4).

Figura 2. Vistas aéreas de las cicatrices en la montaña que evidencian los deslizamientos y deslaves producidos en las laderas de la cuenca del río Naiguatá en diciembre de 1999, los cuales dieron origen a los aludes torrenciales que se desplazaron en los cauces aguas abajo causando enorme destrucción en los asentamientos urbanos.



Figura 3. Mapa de ubicación de las cuencas en el estado Vargas. Los símbolos rojos indican las presas construidas para el control de sedimentos



Fuente: López, 2010.

Figura 4. Daños producidos por erosión del flujo en Carmen de Uria (izquierda) y por impacto de peñones en Los Corales (derecha).

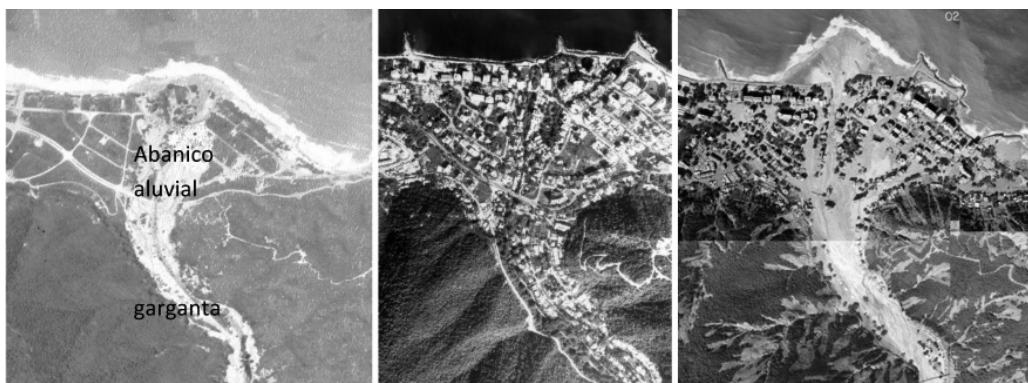


En la estación pluviométrica de Maiquetía, a 43 msnm, los registros mostraron una lluvia cercana a 300 mm entre el 1° y el 13 de diciembre, continuando con 911 mm durante los días 14, 15 y 16, hasta totalizar 1207 mm para el 18 de diciembre. El periodo de retorno para las lluvias de 1 y 3 días (410 y 911 mm) en Maiquetía, fue estimado entre 500 y 1.000 años (González y Córdova, 2003). Los volúmenes de sedimentos depositados en los abanicos aluviales fueron calculados en el orden de 20 millones de metros cúbicos y la extensión superficial de las tierras ganadas al mar se estimó en 150 hectáreas (López y Pérez, 2010). Unas 260.000 personas, aproximadamente 85% de los habitantes de Vargas, fueron afectadas por los deslaves. Los daños materiales superaron los cuatro mil millones de dólares (Genatios y La Fuente, 2006). Sin embargo, el número de personas muertas nunca fue cuantificado con precisión. El estudio de CAF-PNUD (2000) reporta entre 15.000 y 50.000 víctimas, y un trabajo reciente de investigación estima en un número no mayor a 800 personas el total de víctimas (entre fallecidos y desaparecidos) de los deslaves de 1999 en Vargas (Altez, 2010). Detalles sobre el evento de 1999 se encuentran descritos exhaustivamente en las referencias CAF-PNUD (2000), López y García (2006), y López (2010). Observaciones geológicas demuestran que los deslaves y los aludes torrenciales se han producido en esta región desde hace decenas de miles de años (Urbani, 2010; Singer, 2010).

POR QUÉ OCURRE EL DESASTRE

A pesar de los antecedentes previos que indicaban que el estado Vargas era una zona de alto riesgo, sujeta a frecuentes inundaciones –tales como las de 1798, 1912, 1938, 1944, 1948, 1951 y 1954– la población no estaba preparada para afrontar esa nueva escalada de la naturaleza, y menos aún de la magnitud del evento de 1999. Por una parte, se permitió la construcción anárquica de viviendas en las cercanías de los cauces, en los cañones o gargantas de los torrentes y en las laderas de cerros inestables; por la otra, no se tomaron las medidas más elementales de mitigación del riesgo, tales como la construcción de obras hidráulicas para el control de los aludes torrenciales, o la instalación de sistemas de alerta temprana complementados con planes de contingencia. La situación existente se ilustra claramente en la figura 5, donde se presenta una comparación de fotografías aéreas de diferentes años en la Urbanización Tanaguarena, indicando como se desarrolló el proceso de construcción del riesgo. Puede observarse que los deslaves que se produjeron en 1951 inundaron de sedimentos casi las mismas zonas que los de 1999. Sin embargo, estas áreas (garganta y abanico aluvial) fueron ocupadas y urbanizadas sin tomar ninguna medida de prevención. El evento de 1951 era desconocido por quienes poblaron a riesgo de sus propias vidas la garganta del río Cerro Grande y su abanico aluvial (figura 5).

Figura 5. Fotografías aéreas del Río Cerro Grande y la Urbanización Tanaguarena antes y después del desastre de Vargas: 1951 (izquierda), 1998 (centro) y 1999 (derecha).



MEDIDAS DE MITIGACIÓN ADOPTADAS: EL ENFOQUE HOLÍSTICO

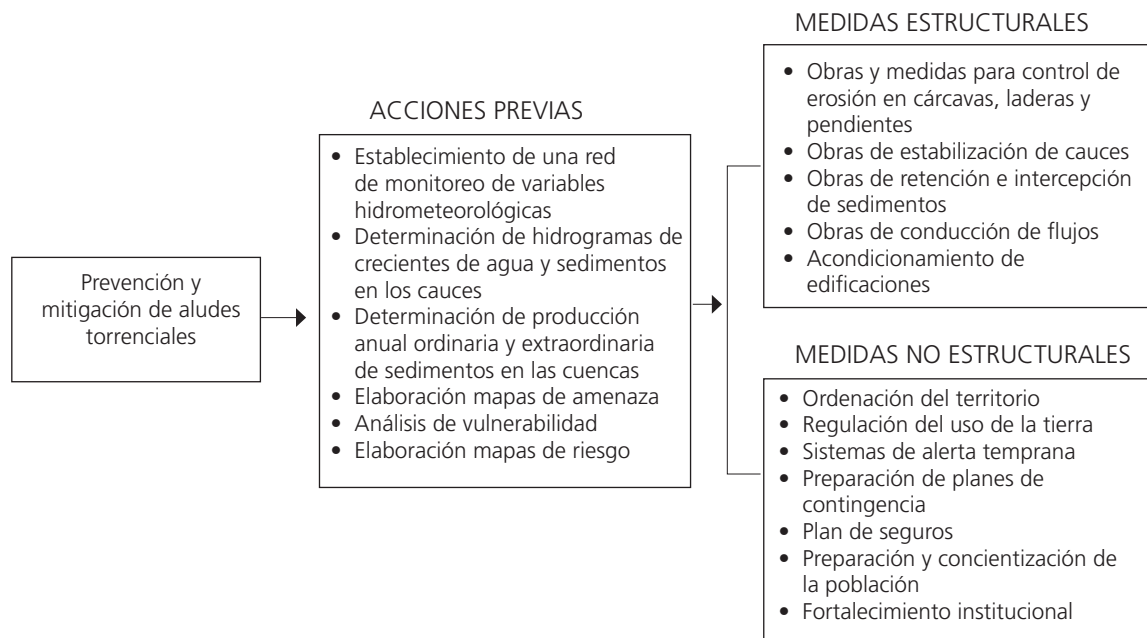
Después del desastre, las autoridades gubernamentales solicitaron el apoyo de la academia, en particular de investigadores del Instituto de Mecánica de Fluidos de la UCV, a los fines de recomendar medidas para la prevención y mitigación de futuros eventos torrenciales. Se planteó un enfoque integral para la mitigación del riesgo de aludes torrenciales en donde se incorporan medidas estructurales y no-estructurales, las cuales apuntan a reducir la amenaza y la vulnerabilidad (López y Courtel, 2010). Las medidas estructurales fueron aplicadas mayormente en las partes medias y bajas de las cuencas afectadas, dado que las partes altas pertenecen al Parque Nacional El Ávila (Waraira Repano) donde, en términos generales, hay muy poca intervención. Estas consistieron en presas de control de sedimentos construidas en las gargantas de las quebradas y canalizaciones en los abanicos aluviales, tendiendo a suprimir las consecuencias de los aludes. Las medidas no-estructurales apuntan a reducir la vulnerabilidad mediante

el establecimiento de regulaciones para el uso de la tierra, redes de monitoreo hidrometeorológico, sistemas de alerta temprana, planes de contingencia, fortalecimiento de las capacidades institucionales y la recomendación de mejorar la educación y preparación de la población. Mapas de amenaza fueron elaborados utilizando modelos de simulación (FLO-2D) para demarcar las áreas y extensión de los flujos torrenciales a los fines de elaborar planes de regulación. La figura 6 muestra el enfoque holístico propuesto el cual utiliza estrategias combinadas para la mitigación de los aludes torrenciales.

LAS OBRAS DE CONTROL DE SEDIMENTOS EN EL ESTADO VARGAS

En el año 2000 se inicia un programa masivo de diseño y proyecto –a nivel de ingeniería de detalle– de presas de retención de sedimentos y canalizaciones en la mayoría de las quebradas afectadas por los deslaves. Los proyectos y planes fueron coordinados por la Autoridad Única de Área para el Estado Vargas (AUAEV)

Figura 6. Estrategias combinadas (enfoque holístico) para la mitigación de inundaciones por aludes torrenciales
Fuente: López y Courtel, 2010.



y la construcción de las obras estuvo a cargo de la Corporación para la Recuperación y Desarrollo del Estado Vargas (CORPOVARGAS). La construcción de las obras se inició el año 2001 y para el año 2008 ya se habían construido 62 presas distribuidas entre 25 cuencas y se habían canalizado 18 quebradas. Básicamente 36 de las presas son del tipo cerradas y 26 son presas abiertas. Las presas cerradas son estructuras que no presentan aberturas en el cuerpo de la misma por lo que interceptan y retienen todo el material arrastrado por el flujo, excepto los sedimentos más finos en suspensión (limos y arenas) que pasan por la cresta del vertedero. Las presas abiertas son estructuras que disponen de aberturas en el cuerpo del dique, ya sea en la forma de ventanas o de ranuras, para

interceptar solamente los sedimentos más gruesos (peñones y cantos rodados) y restos vegetales, permitiendo el paso de los sedimentos más finos (gravas y arenas). De acuerdo al tipo de material, 14 de las presas son de concreto, tres son de elementos tubulares de acero, dos son barreras flexibles construidas con redes de anillos de acero, y el resto (43) han sido construidas con gaviones. La altura de las presas varía entre un mínimo de 2 m y un máximo de 11 m (López, 2011). La figura 3, en páginas precedentes, muestra la ubicación aproximada de las presas en el estado Vargas y el cuadro 1 presenta sus principales características. Las fotografías de la figura 7 ilustran algunos ejemplos de las presas construidas en el estado Vargas para control de los aludes torrenciales.

Cuadro 1. Características principales de las presas construidas para control de aludes torrenciales en las quebradas del estado Vargas

Cauce	Números de Presas	Cerradas	Abiertas	Tipo de material
Tacagua	3	1	2	Acero (2), Gavión (1)
El Piache	1	1	0	Gavión (1)
Mamo	2	2	0	Gavión (2)
La Zorra	1	1	0	Gavión (1)
Las Pailas	4	1	3	Gavión (1), Concreto ciclópeo (2), Tubular Acero (1)
Curucutí	4	3	1	Gavión (3), Concreto ciclópeo (1)
Piedra Azul	3	2	1	Gavión (3)
Dos Comadres	2	0	2	Gavión (2)
Osorio	4	2	2	Gavión (2), Malla (2)
Cariaco	2	0	2	Concreto armado (2)
Germán	2	0	2	Concreto armado (2)
Guanape	1	0	1	Concreto armado (1)
Alcantarilla	7	7	0	Gavión (7)
San José de Galipán	2	1	1	Gavión (1), Concreto armado (1)
El Cojo	2	1	1	Gavión (2)
Camurí Chico	1	0	1	Gavión (1)
San Julián	3	0	3	Concreto armado (3)
Quebrada Seca	4	4	0	Gavión (4)
Cerro Grande	2	2	0	Gavión (2)
El Tigrillo	2	2	0	Gavión (2)
Naiquatá	1	0	1	Concreto ciclópeo (1)
Camurí Grande	3	2	1	Gavión (3)
Migueleno	3	2	1	Gavión (3)
Anare	2	2	0	Gavión (2)
Care	1	0	1	Concreto ciclópeo (1)
Total	62	36	26	Gavión (43), Concreto (14), Acero (3), Malla (2)

Fuente: López et al., 2010.

Figura 7. Fotografías de diferentes tipos de presas abiertas construidas en Vargas: a) presa ranurada, tipo rastrillo, de gaviones en quebrada Piedra Azul; b) presa de gaviones con ventanas en río Camurí Chico; c) presa tipo rastrillo de concreto armado en quebrada Guanape; d) presa tipo rastrillo de concreto armado en río San Julián; e) presa tipo enrejado de concreto armado en la quebrada San José de Galipán; y f) presa ranurada de concreto ciclópeo en la quebrada Curucutí. g) presa cerrada de gaviones (dique y contradique) en la quebrada Alcantarilla; h) presa cerrada de gaviones, provista de barbacanas, en quebrada Seca; i) presa cerrada de gaviones, provista de barbacanas, en quebrada Camurí Grande; j) presa abierta del tipo rastrillo, con elementos tubulares de acero en la quebrada Tacagua; y l) presa tipo barrera flexible (Geobrugg) en quebrada Osorio.



Fuente: López y Courtel, 2012.

Como parte de las medidas estructurales de mitigación, se han construido también canalizaciones, en concreto y en gaviones, para conducir los flujos a través de los abanicos aluviales hasta su descarga en el Mar Caribe. La figura 8 muestra el sistema combinado de presas y canalización que se construyó en el río San Julián, típico de los sistemas implementados en las cuencas de Vargas. Usualmente la canalización se inicia con una obra de transición desde la primera presa aguas arriba hasta empatar con el canal,

el cual se continúa aguas abajo hasta finalizar en el sitio de descarga al mar (ver obra de transición en foto inferior de figura 8).

El estado Vargas ha sido un laboratorio de campo donde, debido a la construcción de diferentes tipos de presas cerradas y abiertas, de variados tamaños y materiales, se ha podido monitorear, evaluar y comparar el comportamiento de las obras en el tiempo, y su respuesta ante eventos torrenciales ocurridos con posterioridad (López et al., 2010).

Figura 8. Vista aérea de las obras de control en el río San Julián, mostrando: a) el canal de fondo móvil protegido con traviesas para control de erosión y con recubrimiento de concreto en las márgenes; y b) tres presas abiertas para retención de sedimentos. Fotos izquierda e inferior miran hacia aguas abajo. Foto derecha mira hacia aguas arriba (López y Courtel, 2012).



CÓMO SE HAN COMPORTADO LAS OBRAS

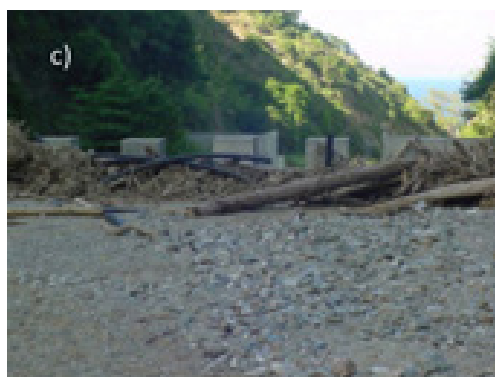
Sedimentación acelerada de las presas

La primera presa que se construyó en el estado Vargas después de la tragedia de 1999 fue la de Guanape, una presa ranurada de concreto armado de 4,5 m de altura, la cual se terminó de construir en mayo de 2001 (figura 9). A pesar de ser una presa abierta, una tormenta de menor cuantía ocurrida el 3 de diciembre de 2001 (47 mm de lluvia en 2 horas con un periodo de retorno estimado de 2,5 años) la llenó completamente de sedimentos debido a la obstrucción producida por los arrastres vegetales y troncos de árboles (figura 9). Sin embargo los flujos extraordinarios que ocurrieron del 7 al 10 de febrero de 2005, generados por una lluvia acumulada de 432 mm en 4 días (medida en la estación cercana de Macuto), erosionaron y

removieron una buena parte de los sedimentos y restos vegetales atrapados en la presa. Estos pasaron a través de las ranuras y se acumularon entre el dique y el contradique, elevando el lecho del cauce del tramo aguas abajo en unos 3 m aproximadamente (figura 10). Este episodio mostró la capacidad de auto-limpieza de la presa, capaz de remover los sedimentos atrapados.

La sedimentación acelerada que han sufrido las presas de Vargas se manifiesta claramente en la presa cerrada de Macuto, de 7 m de altura, en la quebrada San José de Galipán. La figura 10 muestra diferentes perfiles longitudinales del lecho durante el proceso de sedimentación de la presa. La construcción de la presa fue culminada en marzo de 2003 y para noviembre de 2004 estaba casi totalmente llena de sedimentos a pesar de no haber ocurrido crecientes extraordinarias en ese periodo. El rápido proceso de sedimentación, que se ilustra con fotografías en la figura 11, se asocia a

Figura 9. Presa abierta ranurada en la quebrada Guanape: a) vista frontal desde aguas abajo después de finalizada la construcción en mayo 2001; b) después de la creciente de Diciembre 2001; c) vista desde aguas arriba del vaso sedimentado en diciembre 2001; y d) vista desde aguas abajo después de la creciente de febrero 2005, mostrando la capacidad de auto-limpieza de la presa capaz de remover los sedimentos atrapados.



la ausencia de ventanas o aberturas en el cuerpo de la presa que permitieran el paso de los materiales más finos con los flujos normales de agua y sedimentos y las crecientes anuales.

De las 62 presas construidas se ha determinado que, al presente, aproximadamente 60% están totalmente sedimentadas. Todas las pre-

sas cerradas (14 en total) construidas entre los años 2002 y 2004 se sedimentaron, la mayoría de ellas debido a la creciente extraordinaria de febrero de 2005. Pero otras se sedimentaron antes de esa fecha, sin que hubiesen ocurrido crecientes significativas, tal como es el caso de las presas de Guanape y Macuto.

Figura 10. Cambios en el tiempo en los perfiles longitudinales del lecho de la quebrada San José de Galipán en el tramo inmediato aguas arriba de la presa Macuto, mostrando la rápida sedimentación de las presas de Vargas.

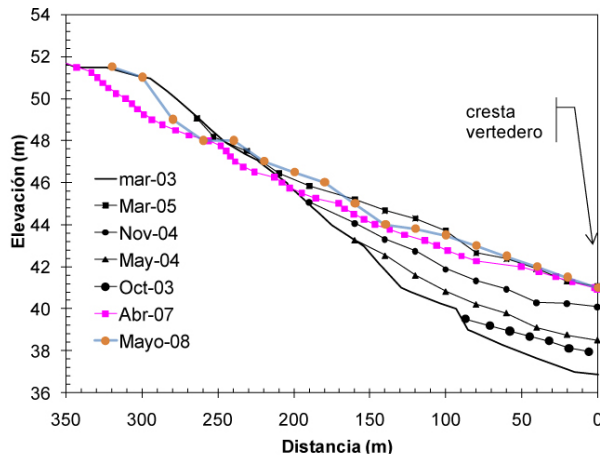


Figura 11. Acumulación progresiva de sedimentos aguas arriba de la presa de Macuto en la quebrada San José de Galipán: a) recién construida en marzo 2003; b) enero 2004; c) enero 2005; y d) febrero 2005.



Impacto de las lluvias de febrero de 2005

Las lluvias torrenciales extraordinarias que ocurrieron nuevamente en Vargas entre el 7 y el 10 de febrero de 2005 ofrecieron la oportunidad de someter a prueba a las 21 presas que habían sido construidas para ese momento en las quebradas de Vargas (López et al., 2010). Las lluvias acumularon en promedio un total cercano a 420 mm en 4 días de precipitaciones, estimándose en 100 años su periodo de retorno. Dos presas cerradas de gaviones construidas en la quebrada Anare fueron destruidas por las crecientes, debido a un mal empotramiento en su margen izquierda. Otras presas, por erosión o abrasión del flujo, sufrieron daños menores que no pusieron en peligro la estabilidad de las obras. En general, el funcionamiento hidráulico de las presas abiertas –ya sea de gaviones o de concreto– fue satisfactorio, cumpliendo la función de dosificar el transporte de sedimentos y retener las fracciones más gruesas. De las 21 presas existentes para ese momento, 11 de ellas presentaban un grado total de colmatación después del evento del año 2005.

El caso particular de Maiquetía muestra la importancia y la efectividad de las obras de retención. La figura 12 presenta una vista sate-

lital del área de Maiquetía y de las quebradas Piedra Azul y Curucutí, donde se construyeron en los años 2002 y 2003 siete presas de retención: cuatro en Curucutí y tres en Piedra Azul. Las fotografías de la figura 13 muestran la sedimentación casi total de algunas de las presas en estas quebradas después de los aludes de 2005. Con base a observaciones de campo y levantamientos topográficos, se pudo inferir que aproximadamente 100.000 m³ de sedimentos fueron retenidos en las siete presas durante la creciente de 2005, impedidos de alcanzar la zona urbana de Maiquetía, contribuyendo así a proteger los bienes y la población aledaña asentada en dicha población.

Impacto de las lluvias de noviembre de 2010

Entre el 21 de noviembre y el 10 de diciembre del año 2010, fuertes y persistentes lluvias azotaron una gran parte del territorio nacional produciendo derrumbes, deslizamientos, crecidas y desbordes de numerosos ríos, incluyendo las quebradas de Vargas donde se reportaron crecientes torrenciales con grandes arrastres de material sedimentario. El caso de Camurí Grande es digno de mención. Esta población fue azo-

Figura 12. Vista satelital (Google Earth) mostrando la población de Maiquetía y las quebradas Piedra Azul y Curucutí después de la tormenta de febrero de 2005. Las 7 presas construidas entre los años 2002 y 2003 retuvieron la mayor parte de la carga sólida de los deslaves de febrero del 2005 y ayudaron a proteger a la población aguas abajo.



tada por los aludes torrenciales de 1999 y 2005 que destruyeron numerosas viviendas. En ambos eventos, los flujos se desbordaron debido a la sedimentación del cauce del río Camurí Grande, lo cual fue ayudado por la obstrucción del puente, inundando de agua y sedimentos las viviendas aledañas (figura 14). Durante los años 2006 y 2007 fueron construidas tres presas sobre el río Camurí Grande y tres sobre el río Migueleno, su principal afluente (figura 15). Observaciones

de campo hechas en mayo de 2011 determinaron que 5 de las presas estaban totalmente colmatadas y la otra presentaba un 60% de sedimentación (figura 15). Los levantamientos topográficos efectuados permitieron establecer que las 6 presas retuvieron un volumen de 160.000 m³ de sedimentos transportados por la creciente del 2010, impidiendo que llegaran a las zonas urbanas de Camurí Grande, con lo cual salvaron a la población de otra inundación.

Figura 13. Arriba: vista de los vasos sedimentados de las presas N° 1 (izq.) y N° 2 (der.) por los aludes de 2005 en quebrada Piedra Azul. Abajo: vista frontal de Presa N° 2 (izq.) y de su vaso totalmente sedimentado (der.) en la quebrada Curucutí.



Figura 14. Efecto de las lluvias de febrero 2005 en la zona de Camurí Grande cuando no se habían construido las obras de protección. Observe la obstrucción y colmatación del puente por arrastres vegetales y sedimentos (izquierda) y daños en viviendas aledañas (derecha).



Figura 15. Presas de retención de sedimentos y canalización construida en los ríos Camurí Grande y Migueleno, entre los años 2006 y 2007, para proteger a la población de Camurí. Observe el grado de sedimentación total de las presas después de la creciente de finales de 2010 (fotos tomadas en 2011).



Procesos de erosión aguas abajo de las presas

La retención total de los sedimentos en las presas cerradas ha originado en algunos casos procesos erosivos en los tramos aguas abajo debido al efecto de flujos de aguas claras pasando sobre el vertedero, hambrientos de sedimentos al ser retenida su carga sólida aguas arriba. Un ejemplo de estos procesos de degradación del lecho se presenta en la figura 16 aguas abajo de la Presa # 2 construida el año 2004 en la quebrada Piedra Azul. Los levantamientos topográficos del lecho efectuados antes y después (año 2007) de la construcción de la presa muestran un descenso del lecho cercano a 3 m al pie de la estructura, lo cual se corrobora con las fotografías anexas. Otro ejemplo de descenso del lecho aguas abajo de una presa, causado por efectos de las aguas claras que escurren durante procesos de sedimentación, se muestra en la figura 17 para el caso de la presa abierta del tipo de ventana, construida en la quebrada Camurí Chico. La degradación general del lecho fue medida al pie de la presa en 3 m, poniendo en peligro la estabilidad de la estructura de retención.

Procesos de sedimentación en las canalizaciones

Algunas de las canalizaciones han sido colonizadas por la vegetación, la cual actúa aumentando la resistencia y por ende las profundidades del flujo, induciendo a la deposición del material sedimentario arrastrado por las crecientes anuales (figura 18). La sedimentación contribuye a la reducción de la sección de flujo y su consecuente disminución de la capacidad de conducción del canal. Un problema adicional es que la vegetación dificulta inspeccionar el estado en que se encuentra el fondo y taludes de la canalización. En un informe elaborado por Protección Civil de la Alcaldía del Municipio Vargas el año 2014, donde se presentan los resultados de una inspección y evaluación de las obras de control de mitigación de riesgo en las cuencas, se establece que la sedimentación e invasión de vegetación en las obras es una constante en buena parte de las canalizaciones (Protección Civil Vargas, 2014). Sin embargo, algunos esfuerzos recientes se han hecho para mitigar esta problemática, tal como el desmalezamiento y remoción de sedimentos que se efectuó el año 2016 en un tramo de unos 300 m de la canalización del río San Julián, entre la desembocadura y los puentes de las avenidas La Costanera y La Playa (figuras 18a y 18b) (Gómez, 2016).

Figura 16. Fotografía del vaso totalmente sedimentado de la Presa N° 2 (izquierda) y erosión general del lecho al pie de la presa aguas abajo (derecha), estimada en 3 m, debido al flujo de aguas claras durante la creciente de febrero del 2005 (Fotos 2011).



Figura 17. Vista frontal de la presa abierta de ventanas construida en gaviones en Camurí Chico. Foto (izq.) recién construida. Foto (der) tomada en 2011 muestra erosión de 3 m. por degradación general del lecho causada por los flujos de aguas claras en la creciente de diciembre de 2010.



Figura 18a. Vista (izq.) de la canalización del río San Julián en Los Corales mostrando el grado de colonización por la vegetación, induciendo a la sedimentación (foto 2014) y vista (der.) después de la remoción del material en un tramo cercano a 300 m de longitud, 15 m de ancho y 2 m de profundidad (foto 2016 de Mariela Gómez).



Figura 18b. Izq.: la luz del puente era de tan solo 2 m debido a la sedimentación, cuando la profundidad del canal es de 4 m. Der.: trabajo de maquinarias removiendo la terraza sedimentaria de 2 m de espesor debajo del puente (Fotos de Mariela Gómez, 2016).



Deterioro de la infraestructura hidráulica

A continuación se mencionan algunos casos donde se han observado daños y deterioro de la infraestructura de presas y canalizaciones producidos por deslizamientos de laderas inestables, abrasión del flujo y procesos de erosión regresiva.

Daños por deslizamientos en presa del río Camurí Grande

La presa N° 3 en el río Camurí Grande es una presa cerrada de gaviones de 4 m de altura y 50 m de ancho. Movimientos en masa que se produjeron con las lluvias de diciembre 2010 causaron el desprendimiento de grandes bloques de roca de la ladera derecha que dañaron una porción significativa del cuerpo principal de la presa (dique y contradique), removiendo completamente 4 filas superiores de gaviones (ver foto izquierda en figura 19). Observacio-

nes hechas en octubre de 2017 indican que la brecha se amplió y se extendió hasta llegar al fondo del cauce, habiendo sido removidos por los flujos las dos filas restantes de la base de gaviones que permanecían en pie. Sin embargo, esto tuvo un efecto positivo: limpiar de sedimentos el tramo aguas arriba de la presa. La presa se encontraba totalmente sedimentada para mayo de 2011. Los flujos posteriores a la apertura de la brecha produjeron la erosión del material sedimentario acumulado en el vaso, mediante un efecto de erosión regresiva. Se estima que el 50% de los sedimentos han sido removidos del vaso de la presa y esta ha recuperado una parte importante de su capacidad de retención. Pero la brecha, con la venida de otras crecientes, puede expandirse también lateralmente y terminar de destruir el dique principal, por lo que es necesario acometer las labores de mantenimiento y reparación a la mayor brevedad.

Figura 19. Daños por impacto de bloques producto de derrumbes en el talud derecho de la presa N° 3 del río Camurí Grande. Foto izquierda mirando la brecha desde aguas abajo hacia aguas arriba (11/05/2011). Foto derecha, recién construida la presa en mayo 2008.



Destrucción de la presa de Quebrada Seca

Quebrada Seca atraviesa una zona de alta concentración urbana en Caraballeda, la cual ha sido inundada por los deslaves de 1999 y 2005. El año 2007 se construyó la canalización de la quebrada, tres diques o presas pequeñas de aproximadamente 3 m de altura y una presa cerrada de gaviones de 8 m de altura (figura 20). Según información suministrada por habitantes de la zona, la presa fue dañada por las lluvias de noviembre de 2010 y se derrumba por completo en el año 2013 (ver fotos en figura 21). Uno de los diques fue destruido (Protección Civil, 2014) y los otros dos están totalmente sedimentados (Bello, 2014).

Fallas en contradiques

En algunas presas se han observado fallas en los contradiques causadas por socavación al pie de las estructuras, tal es el caso de las dos presas de gaviones construidas en el río Cerro

Grande y una presa en el río Migueleno. Se recomienda colocar los peñones más grandes que se encuentren en el tramo, mayores de 1 m, justo aguas abajo del contradique para controlar la socavación. La función del contradique es servir de protección al dique principal de la presa, por lo que se hace necesario reparar los tramos de gaviones que han sido dañados y colocarles su enrocado de protección aguas abajo (figura 22) (fotos tomadas en septiembre 2011).

Daños en la canalización de los ríos Camurí Grande y Migueleno

La canalización de ambos cauces consiste en un canal de fondo móvil con taludes recubiertos de roca cementada que se extiende aguas abajo de la confluencia hasta alcanzar el puente de la carretera costanera (ver más arriba figura 15). La canalización está provista de un conjunto de traviesas para control de erosión del lecho, separadas aproximadamente cada 40 m y construidas también en roca cementada.

Figura 20. Presa de gaviones de 8 m de altura construida en Quebrada Seca el año 2007.



Figura 21. Restos de la presa de gaviones en Quebrada Seca destruida por las lluvias del 2010 y 2013 (foto tomada en marzo, 2016).



Figura 22. Fallas en contradiques de Presa N° 2 en Río Migueleno (foto izquierda, mirando desde aguas arriba) y en Presa N° 1 en río Cerro Grande (derecha, mirando desde aguas abajo) (2011).



Las fotos de la figura 23 muestran la fractura de algunas de las losas de los muros laterales al inicio de la canalización de río Migueleno, donde la estructura de transición presenta indicios de estar siendo socavada al pie del canal, lo cual ha sido posiblemente la causa de la fractura de los taludes recubiertos de roca cementada. La infiltración del agua por las grietas durante las crecientes pudo haber contribuido también a lavar el material de relleno y al levantamiento de las losas por sub-presiones. De ocurrir el colapso total del recubrimiento en este sector los tramos de losas pudieran ser arrastrados por las crecientes y obstruir el cauce aguas abajo, incrementando los riesgos de desbordamiento del flujo. El peligro más grande es que al fallar las losas de protección se puede erosionar el material granular subyacente y provocar la falla del talud, lo cual permitiría a los flujos de crecientes desbordarse por la margen derecha hacia los bloques del INAVI.

Se observaron también problemas de erosión al pie de algunas de las traviesas, que en realidad son diques de muy pequeña altura, ubicadas en el río Camurí en el tramo aguas abajo de la confluencia, cuya socavación pudiera poner en peligro la estabilidad de los muros laterales de la canalización (figura 24). Se infiere la necesidad de construir pequeños contra-diques, aguas abajo de los diques para darles protección a estos.

Daños en la canalización del río Naiguatá

Desde el puente de la avenida Costanera, a la entrada de la población de Naiguatá, se observan daños en las losas de concreto del fondo de la canalización. La comparación de las fotos de la figura 25, tomadas en 2011 y 2017, respectivamente, muestran el progreso del deterioro y la ampliación de un camino de acceso que ha sido construido sobre el fondo del canal para darle paso a los camiones y maquinarias de una arenera que opera en la zona.

Figura 23. Vista de la falla en los taludes de la estructura de transición al inicio de la canalización del río Migueleno. Se observan losas fracturadas en peligro de desplomarse al río con el paso de las crecientes y socavación en el pie del muro de la canalización (2011).



Figura 24. Daños en traviesas de la canalización del río Camuri Grande por socavación aguas abajo.



Figura 25. Daños en las losas de la canalización del río Naiguatá. Foto izquierda de mayo del 2011 y foto derecha de diciembre 2017.



Impacto de las areneras

Las presas de Vargas fueron diseñadas para retener sedimentos y esa función la han cumplido a cabalidad ya que la mayoría de dichas presas están colmatadas de sedimentos. Pero eso también significa que han perdido una parte importante de su capacidad para interceptar y controlar futuros deslaves que puedan producirse en la región. Por ello es necesario instrumentar planes y acciones para remover los sedimentos acumulados aguas arriba de las presas y de esta forma restituir su capacidad de retención.

Durante los últimos años se han otorgado permisos y se han creado empresas para la explotación con fines comerciales del material granular (grava y arena) en algunas de las quebradas de Vargas. Ese material está siendo utilizado para la construcción de la Misión Vivienda, ampliación del Puerto de La Guaira y para reparaciones de vialidad. Esta medida luce apropiada para extraer los sedimentos acumulados en las presas, siempre y cuando se tomen las medidas adecuadas para no acrecentar los problemas de fragilidad ambiental de las cuencas. En este capítulo hacemos una breve revisión sobre las actividades de extracción que se han llevado a cabo en algunas de estas cuencas.

El caso del río Naiguatá

En el año 2007 se construyeron las obras para proteger de los aludes torrenciales a la población de Naiguatá. Las obras consisten en una presa, ubicada a unos 1.000 m aguas arriba de la población de Naiguatá y una canalización de 1.600 m hasta la desembocadura al mar. La obra de retención es una presa abierta de concreto ciclópeo de 5 m de altura y 155 m de ancho, provista de nueve aberturas o ranuras de 1,20 m de ancho (figura 26). A corta distancia aguas arriba de la presa se encuentra el dique-toma de Hidrocapital, construido en el año 2000 para suministro de agua potable a la población.

El año 2014 comienza a operar el Consorcio Minero Luso Vargas C.A. (Conluvar), empresa de capital mixto entre el Estado venezolano (Gobernación del estado Vargas) y la compañía Teixeira Duarte Engenharia e Construcoes, S.A. para el manejo de la extracción, aprovechamiento y comercialización de materiales no metálicos en el río Naiguatá. La comunidad de Naiguatá se queja de que se le está dañando uno de sus grandes patrimonios naturales, una de sus zonas de expansión, ya que el río era uno de los principales sitios para bañarse en sus pozos a la sombra de frondosos árboles, pero hoy en día es apenas un hilo de agua que baja por el canal aún en tiempos de lluvia.

Figura 26. Vista aérea de la presa abierta de concreto ciclópeo de 5 m de altura construida en el río Naiguatá. Foto tomada en 2008 recién construida la obra. Obsérvense las ranuras en el cuerpo de la presa y el contradique a unos 20 m del dique principal. El ancho del cauce es de 155 m.



En visita efectuada el 07/06/16 se pudo constatar que las instalaciones del mencionado consorcio –oficinas, maquinarias y montículos donde se acumula el material granular extraído– habían sido ubicadas sobre el vaso de la presa (figura 27). A pesar de que es positivo el hecho de que se esté extrayendo el material sedimentario acumulado en el vaso, se considera inapropiado colocar las instalaciones de la arenera en el mismo sitio, ya que este es un espacio reservado para retener y almacenar sedimentos en caso de ocurrir una creciente extraordinaria. El caudal del río, aguas abajo de la presa, se observa muy pequeño y con aguas turbias cargadas de sedimentos (figura 28). Este sedimento proviene del proceso de lavado del material granular extraído de las riberas del río. A pesar de que la empresa tiene tres lagunas de sedimentación para reducir la carga sedimentaria, parecen ser insuficientes para impedir las altas concentraciones de sedimentos finos que se observan en el río aguas abajo y que causan las protestas de la comunidad.

El caso del río Camuri Grande

Las actividades de extracción en la cuenca del río Camuri Grande las adelanta desde el año 2013 la empresa Minería Industrial y Agregados de Vargas (Minavargas), una empresa arenera y cantera socialista operada conjuntamente por la gobernación del estado Vargas y PDVSA. Las actividades se han centrado en el río Migueleno, principal afluente del río Camuri Grande, donde durante el periodo 2006-2007 se construyeron tres presas cerradas de gaviones para retención de sedimentos, con alturas entre 4 m y 5 m (ver más arriba figura 15), las cuales para el año 2011 ya estaban totalmente sedimentadas.

Observaciones de campo indican que las actividades de extracción tienen lugar en los tramos ubicados entre las tres presas de gaviones. Aunque esta actividad es recomendable en los vasos de las presas para remover el material sedimentario y restituir su capacidad de almacenamiento, ella debe hacerse a una distancia

Figura 27. Foto tomada el año 2016 desde aguas abajo de presa Naiguatá, mostrando el vaso invadido por maquinarias, instalaciones y montículos de material granular clasificado del consorcio Conluvar.



Figura 28. Vista de labores de operación en la cantera (izquierda) y flujo con altas concentraciones de sedimentos en el cauce del río Naiguatá, justo aguas abajo de las instalaciones del consorcio Conluvar (derecha) (foto tomada en 2016).



prudencial del dique y contradique que conforman el cuerpo de la presa. Sin embargo, se han observado actividades de extracción de material granular al pie de las presas (figuras 29 y 30). No deben extraerse ni removerse los peñones que se encuentran inmediatamente aguas abajo del contradique y entre este y el dique principal, ya que ellos conforman una camada de protección contra la erosión que garantizan la estabilidad de la estructura. Igualmente es conveniente dejar una franja sin explotar de al menos 3 m en la zona adyacente al talud aguas arriba de la presa.

Deslizamientos en Caraballeda

Un deslizamiento de grandes proporciones se generó o intensificó con las lluvias del año 2011 en el cerro San Julián en la parroquia de Caraballeda. El movimiento de masas se ubica en las laderas de la quebrada La Chara, a una elevación cercana a 800 m, y amenaza a

numerosas familias ubicadas aguas abajo en las comunidades de Santa Bárbara, Las Trillas, La Charita y La Miel (figuras 31 y 32). La quebrada La Chara es un afluente del río San Julián, donde fueron construidas tres grandes presas abiertas con aberturas de 3 m de ancho (ver más arriba figuras 7d y 8). La quebrada confluye con el río San Julián por su margen derecha en un sitio ubicado entre las presas 1 y 2.

Grandes rocas y restos de vegetación han sido movilizados por el deslizamiento y se encuentran en situación inestable en el lecho de la quebrada. De producirse una lluvia extraordinaria pudiera generarse un alud torrencial que impactaría fuertemente a las comunidades aguas abajo. Dependiendo del volumen de sedimentos que movilice el alud, y del tipo y tamaño del material que arrastre (finos, gruesos, rocas, restos vegetales) este podría ser detenido parcialmente por la Presa N° 1, pero los sedimentos más finos pasarían por las amplias aberturas de la estructura.

Figura 29. Extracción inadecuada de material sedimentario entre el dique y el contradique de presa en el río Migueleno (Sanabria, 2016), con lo cual se elimina la capa protectora del dique.



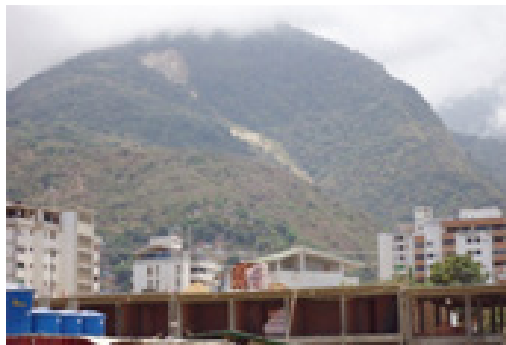
Figura 30. Río Migueleno. Situación ideal de rocas de protección en el lecho entre el dique y el contradique (foto izquierda: Sanabria, 2016) y saque inapropiado del material aguas arriba de la presa (foto derecha: Barreto, 2014).



Figura 31. Deslizamiento reciente, intensificado a consecuencia de las lluvias del 2011, en la cuenca del río San Julián, quebrada La Chara, sector Caraballeda. Imagen Google Earth.



Figura 32. Fotos más cercanas del deslizamiento en las laderas de la quebrada La Chara, sector Caraballeda (fotos tomadas en 2011).



Tomando en cuenta que la canalización del río San Julián se encuentra colonizada fuertemente por la vegetación, su capacidad de conducción se encuentra reducida por lo que es de esperar que se produzca la deposición de los sedimentos arrastrados por el alud, aumentando el riesgo de desbordamiento de los flujos hacia la zona de Los Corales y Palmar Este.

Reocupación de zonas afectadas por los deslaves

Durante los últimos años se ha observado una intensificación de la reocupación de áreas que fueron afectadas por los deslaves de 1999 y 2005. Al principio fueron los propios habitantes

de Vargas que sobrevivieron al desastre de 1999 y permanecieron en la zona, y otros foráneos que ocuparon ilegalmente edificios abandonados o construyeron nuevas viviendas. Posteriormente nuevas edificaciones han sido construidas por el gobierno –como parte del plan de Misión Vivienda– y por iniciativa privada. Estas ocupaciones han ocurrido muy cerca del cauce de los ríos, en los abanicos aluviales y en las gargantas de las quebradas, así como al pie de laderas de los cerros. No hay que olvidar que buena parte de la destrucción y los fallecidos como consecuencia de los eventos catastróficos de 1999 y 2005 se produjeron no solamente por las inundaciones de agua y sedimentos de los aludes torrenciales, sino también por los deslizamientos

de las laderas de los cerros aledaños. Para ilustrar esta problemática se presentan dos casos, relacionados con la construcción de viviendas al pie de laderas inestables y en las márgenes del curso de una quebrada.

Desarrollos habitacionales al pie de laderas inestables en Camurí Chico

Las imágenes de la figura 33 presentan el caso de unas edificaciones construidas sobre la margen izquierda del río Camurí Chico el año 2007, al pie de laderas inestables, donde se generaron deslizamientos y deslaves tanto el año 1999 como el año 2005. La foto izquierda muestra los deslaves en el momento de su ocurrencia en febrero de 2005 y la foto derecha muestra los desarrollos construidos el año 2007 al pie de dicha ladera. El desarrollo se localiza a unos 100 m de la canalización del río.

Desarrollos habitacionales en las márgenes de Quebrada Seca en Caraballeda

Nuevos desarrollos habitacionales han sido construidos en Caraballeda, sobre el abanico aluvial y las márgenes de Quebrada Seca, muy cerca del cauce fluvial. La figura 34 presenta el mapa de amenaza elaborado para esta quebrada el año 2002 (IMF-UCV, 2002), cuando todavía no se habían construido las obras de protección (presas y canalización). Igualmente se presenta el mapa de amenaza elaborado para la condición existente en 2007 cuando se construyeron 4 presas de retención de sedimentos y la canalización de la quebrada (Bello, 2014). Los polígonos negros de la figura identifican los desarrollos construidos entre los años 2012 y 2016, el más cercano a unos 20 m de la orilla de la canalización.

Figura 33. Deslizamiento y deslaves en laderas de Camurí Chico en 2005 (izquierda) y desarrollo habitacional construido en 2007 al pie de la ladera (derecha) (fotos de Rogelio Altez).



Figura 34. Mapa de amenaza de Quebrada Seca en Caraballeda, mostrando los nuevos desarrollos habitacionales (polígonos negros). La condición existente el año 2000 (sin obras de control) se muestra a la izquierda y la condición con obras de control para el año 2007 se muestra a la derecha.



El mapa de la derecha muestra que la amplia zona de amenaza alta (color rojo) y amenaza media (color naranja) del año 2000 se redujo considerablemente debido a la presencia de las obras de control, estando los nuevos desarrollos en zona segura. Sin embargo, actualmente las obras de control están prácticamente fuera de servicio. La presa principal de 8 m de altura fue destruida por las crecientes (ver más arriba figuras 20 y 21) y los tres pequeños diques están totalmente sedimentados. Adicionalmente, la canalización presenta también un alto grado de sedimentación que ha reducido apreciablemente su capacidad de conducción (figura 35). En consecuencia, la situación actual se parece a la condición del año 2000 (mostrada en el mapa de la izquierda de la figura 34) más que a la condición del año 2007 (mapa de la derecha).

Nuevas viviendas informales en márgenes de Quebrada Curucutí

La construcción de nuevas viviendas informales muy cerca de los taludes de las quebradas, y en particular en su franja de seguridad, se pone en evidencia en el informe de Protección Civil de la Alcaldía de Vargas (2014). La inspección a la quebrada Curucutí evidenció que el muro de la canalización en el tramo medio-bajo se encuentra muy intervenido por la vegetación y escombros, causando daños puntuales al mismo. La cercanía de las viviendas en el área de seguridad trae consigo daños colaterales, problemas de salubridad y ocupación de desechos en el cauce (figura 36).

Figura 35. Vista de la canalización de Quebrada Seca: recién construida en 2007 (izquierda); colonizada por la vegetación y acumulación de sedimentos (derecha) y poca luz en el puente debido a sedimentación (abajo).



Figura 36. Construcción de viviendas informales y bote de desechos sólidos en la franja protectora de la canalización de la quebrada Curucutí en Maiquetía (Protección Civil Vargas, 2014).



El Plan de Manejo y el Plan de Ordenamiento Territorial

El año 2000 el área de desastre fue declarada como Área bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) y se elaboró el Plan de Manejo para la Ordenación y Restauración Ambiental como instrumento para fijar los lineamientos, directrices y estrategias para la administración, uso y manejo de esta zona, lo que condujo finalmente en el año 2007 al Plan de Ordenamiento Territorial del Estado Vargas (POTEV) (Delgado y Gabaldón, 2010). En el plan de ordenamiento fueron establecidas dos zonas para el área de afectación. En la primera, se definió una franja de protección a ambos márgenes de los ríos y quebradas, con un ancho entre 15 y 30 m, a ser utilizadas para la construcción de corredores de servicios y mantenimiento de las obras de mitigación de riesgos. En la segunda franja, sectores de conos y valles retirados a más de 30 m de laderas, se permite la construcción de edificaciones, incluidas las residenciales, previa ejecución de las obras hidráulicas de control (presas y canal) proyectadas, acordes con los niveles de amenazas por inundaciones y flujos torrenciales que se hubiesen determinado.

SISTEMAS DE MONITOREO Y ALERTA TEMPRANA

La extraordinaria tormenta de 1999 solo pudo ser medida por dos estaciones pluviométricas que estaban operativas en Vargas para ese momento (Maiquetía y Mamo). A partir de ese año se hizo un gran esfuerzo para recuperar la red hidrometeorológica de la región, en un programa conjunto entre la academia –en particular el Instituto de Mecánica de Fluidos y el Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica de la UCV– y el Ministerio del Ambiente, con apoyo de recursos provenientes del Ministerio de Ciencia y Tecnología, la Embajada de Francia y la Unión Europea. Para el año 2007 se habían instalado y puesto en marcha 30 estaciones pluviométricas para medición de lluvia en tiempo real. Igualmente se diseñó e instaló un sistema de alerta temprana (SAT) para proteger a la población de Catia La Mar, cercana

a las 100.000 personas, contra la ocurrencia de aludes torrenciales e inundaciones. La sala técnica del SAT está funcionando desde el año 2008 en la Universidad Marítima del Caribe en Catia La Mar. El año 2008 se inauguró también el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) en el Parque Tecnológico Sartenejas y todas las estaciones pasaron a ser operadas y mantenidas por este organismo.

Posteriormente, las lluvias torrenciales de noviembre 2010 y diciembre 2011, pusieron en evidencia las fallas en el control y mantenimiento de las estaciones hidrometeorológicas instaladas después de los deslaves en las cuencas de Vargas. Aproximadamente el 50% de ellas no estaban operativas para el momento de las lluvias y no reportaron información valiosa sobre la tormenta y los niveles de las crecientes, información fundamental para activar sistemas de alerta y planes de contingencia. Los principales problemas de las estaciones se asocian a vandalismo y falta de baterías.

Actualmente, el INAMEH está haciendo un esfuerzo significativo para la recuperación de las estaciones en las cuencas de Vargas. Se han instalado nuevas estaciones que han sustituido a las anteriores y se estima que al presente hay 20 estaciones operativas. El inconveniente es que estas nuevas estaciones no transmiten en tiempo real, por lo que no están aptas para transmitir la información requerida por el sistema de alerta temprana instalado en Catia La Mar. El resultado es que el SAT no se encuentra operativo.

OTROS PROBLEMAS ASOCIADOS CON LA CALIDAD DEL AGUA Y LA CONTAMINACIÓN DE PLAYAS

La escasez de agua potable para el consumo humano se ha hecho frecuente en el estado Vargas. Igualmente se han presentado problemas relacionados con la calidad de las aguas del acueducto, así como de contaminación de las playas y costas de Vargas como consecuencia de la descarga de aguas servidas provenientes de las poblaciones aledañas. Estos últimos dos aspectos se discuten brevemente en este capítulo.

Descarga de aguas servidas en Playa Pantaleta

En muchos barrios las casas conectan sus efluentes de aguas servidas a los drenajes de agua de lluvia que descargan en los cauces y quebradas que desembocan en las playas. Con la construcción de más viviendas y sin inversión en sistemas de tratamiento esta situación tiende a empeorar. Este es el caso de Playa Pantaleta, muy conocida por los practicantes del surf en el estado Vargas. Una quebrada que es la receptora de las aguas servidas de una parte de la población de Camurí Grande descarga sus aguas altamente contaminadas en el mar (figura 37). Dada la dirección de la corriente litoral, que se desplaza en dirección hacia el oeste, los flujos y su carga poluyente son dispersados hacia la playa que es utilizada diariamente por numerosas personas (figura 38).

Contaminación de aguas del acueducto en Camurí Grande

El cuadro 2 presenta los resultados de un estudio reciente de calidad de aguas realizado por el Laboratorio de Microbiología Acuática de la Universidad Simón Bolívar en diferentes sitios de Camurí Grande (Barreto, 2014). Los resultados muestran presencia de coliformes totales y fecales en el agua potable de Hidrocapital (muestra 2) y en varias muestras de agua en sitios del núcleo de la USB (muestras 4 a 8). Este agua proviene de la planta de tratamiento de Hidrocapital, lo que indica que no se están cumpliendo adecuadamente los tratamientos requeridos (cloración). La presencia de coliformes fecales en el agua indica contaminación fecal reciente, ya que estas bacterias no sobreviven fuera del intestino de los mamíferos más de 24 horas en el agua y no más de 3 días en el suelo. Por lo

Figura 37. Descarga de aguas servidas en playa de Vargas (foto izquierda: Diario El Universal) y en canalización quebrada Germán, La Guaira (derecha) (Protección Civil Vargas, 2014).



Figura 38. Vista satelital de la descarga de la quebrada de aguas servidas en las inmediaciones de Playa Pantaleta en Camurí Grande.



tanto, debe existir una descarga constante de aguas residuales (con heces fecales) en el río, aguas arriba de la toma de Hidrocapital.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Previo al evento de 1999, a pesar de la historia de eventos torrenciales extraordinarios y frecuentes que habían ocurrido en la región, solamente se habían construido tres (3) presas de control de sedimentos localizadas en las quebradas Curucutí, Las Pailas y Carmen de Uria. Es indudable entonces que la construcción de 62 presas de retención de sedimentos y la canalización de la mayor parte de las quebradas de Vargas –así algunas obras estén incompletas o presenten fallas– constituyen una situación muy diferente a la situación de alta vulnerabilidad existente en 1999.

La importancia de estas obras se puso en evidencia al contener los flujos torrenciales que se produjeron en febrero 2005 y en noviembre

2010. Los casos específicos de las quebradas Curucutí y Piedra Azul, donde 6 presas retuvieron un estimado de 100.000 m³ de sedimentos el año 2005, y de las quebradas Camurí Grande y Migueleno donde 6 presas retuvieron 160.000 m³ el año 2010, demostraron la efectividad de estas obras, las cuales salvaron a las poblaciones de Maiquetía y Camurí de un nuevo desastre.

Uno de los problemas actuales se relaciona con la pérdida de la capacidad de retención de la mayoría de las presas al haberse colmatado de sedimentos. Se estima que 60% de las presas se encuentran totalmente sedimentadas. Eso significa que han perdido una parte importante de su capacidad para interceptar y controlar futuros deslaves que puedan producirse en la región. Adicionalmente, muchas de las canalizaciones se encuentran invadidas por la vegetación y sedimentadas parcialmente, por lo que se ha reducido de manera significativa su área de flujo y su capacidad de conducción, además de que se hace muy difícil inspeccionar adecuadamente las obras para conocer el estado estructural en que se encuentran. Estos

Cuadro 2. Resultados del análisis de muestras de agua tomadas en la cuenca de Camurí Grande por el Laboratorio de Microbiología Acuática de la Universidad Simón Bolívar

Muestra	Tipo de agua	Coliformes totales (NMP/100 ml. de muestra)	Límites de condifecnia reportados por el APHA	Coliformes fecales (NMP/100 ml. de muestra)	Límites de condifecnia reportados por el APHA	Valores establecidos en la norma correspondiente
Muestra 1. Contiguo a la sede de Camurí Grande, al pie de la carretera, al lado movimiento de la cantera	Cuerpo de agua regulado por Decreto 883	170	70 - 480	110	40 - 300	Promedio mensual de coliformes totales menor a 1000 y coliformes fecales menor a 100 NMP por cada 100 ml.
Muestra 2. Agua de Hidrocapital, Camurí Grande (Agua de la manguera dentro de la estación de bombeo)	Agua potable regulada por SENCAMER	240	100 - 940	130	50 - 390	Promedio mensual de coliformes totales y fecales menor a = NMP por cada 100 ml.
Muestra 3. Agua de la toma de Hidrocapital (Cascada antes del tubo)	Cuerpo de agua regulado por Decreto 883	1700	800 - 4100	1700	800 - 4100	Promedio mensual de coliformes totales menor a 1000 y coliformes fecales menor a 100 NMP por cada 100 ml

¡Fuente: Barreto, 2014.

dos hechos aunados hacen que muchas de las obras hayan perdido su capacidad para proteger de futuros eventos torrenciales a las poblaciones aguas abajo.

Esfuerzos aislados se han hecho para desmalezar y remover vegetación de unas pocas canalizaciones pero no se aprecia la existencia de un plan coordinado que represente un esfuerzo sistemático y periódico para remover la vegetación y los sedimentos acumulados en las obras. Se considera prioritario proceder a labores periódicas de desmalezamiento y despeje de sedimentos en las mismas a fin de restituir su capacidad original de retención (presas) y conducción de flujos (canales).

Adicionalmente, la retención de los sedimentos en las presas ha desencadenado procesos de erosión general del lecho en los tramos aguas abajo, observándose en algunos casos descensos del lecho del cauce de hasta 3 m de profundidad, poniendo en peligro la estabilidad de las estructuras de control. Estos procesos erosivos han contribuido a la falla de algunos diques, contradiques y estructuras de disipación, construidos en gaviones o en concreto, así como también a la fractura de algunas losas del fondo y muros laterales de las canalizaciones. El colapso total de algunas de estas obras pudiera producirse de no tomar medidas urgentes para reparar los daños en las mismas.

Aunque los permisos otorgados a empresas areneras para la extracción de material granular del cauce de los ríos y quebradas es una medida positiva, que contribuye a remover los sedimentos de los vasos de las presas, estas actividades han creado otros problemas relacionados con la reducción del caudal ecológico del río y con la contaminación de las aguas por sedimentos finos (barros) que no son eliminados adecuadamente por la empresa después del lavado del material de explotación. Adicionalmente, saques de material se están haciendo en tramos muy cercanos a los diques y contradiques de las presas, pudiendo comprometerse su estabilidad estructural.

Tomando en cuenta que la remoción mecánica de los sedimentos acumulados en los vasos de las presas es un proceso costoso y laborioso que implica grandes maquinarias y apertura de vías de acceso, pudiera pensarse en abrir brechas o aberturas en el cuerpo de las estructuras

de forma que el mismo flujo del río se encargue de erosionar y transportar los sedimentos acumulados. Por ejemplo, en las presas abiertas, bastaría con remover los arrastres vegetales y peñones que obstruyen algunas de las aberturas para que el río durante las crecientes menores, de orden anual, pueda concentrarse en dichas aberturas y generar, mediante un proceso de erosión regresiva, un sub-cauce que progresivamente lave parte del material acumulado aguas arriba en el vaso de la presa. En las presas cerradas habría que consultar con ingenieros estructurales para evaluar la posibilidad de abrir brechas o aberturas, ya sea del tipo de ventanas o ranuras en el cuerpo de las presas, para que actúen como descargas de fondo y permitan la salida del material sedimentario acumulado en los vasos mediante el mismo proceso de erosión regresiva.

Otras opciones que se pueden estudiar para restablecer la capacidad del sistema para retener los sedimentos generados por eventos extremos son las siguientes: a) ampliación del dique principal de algunas de las presas donde haya condiciones topográficas y geotécnicas favorables para aumentar su altura; y b) construcción de nuevas presas en los tramos aguas arriba. Cualquiera de estas soluciones amerita la ejecución de estudios y proyectos de ingeniería los cuales deben solicitarse a las autoridades competentes.

La presencia de las obras de control de sedimentos en las cuencas de Vargas ha creado una sensación falsa de seguridad que ha hecho que nuevas construcciones se hayan erigido muy cerca de las canalizaciones de las quebradas. El caso de Quebrada Seca en Caraballeda es elocuente, ya que las presas y la canalización no están prestando su función protectora corriéndose el riesgo de que futuros eventos torrenciales alcancen las zonas que han sido objeto de reocupación.

Otros problemas relacionados con la calidad de las aguas de abastecimiento así como de contaminación de las playas y costas de Vargas como consecuencia de la descarga de aguas servidas provenientes de las poblaciones aledañas, se han agravado en los últimos años. Los casos de Playa Pantaleta y de las aguas de consumo de la USB revelan algunas características de esta problemática.

Para responder a la interrogante sobre si los habitantes de Vargas están protegidos en caso de ocurrencia de un nuevo deslave o alud torrencial, tenemos que diferenciar los tipos e intensidades de los deslaves que han ocurrido en la región. Es indudable que nunca estaríamos lo suficientemente protegidos para un evento similar al de diciembre 1999 debido a su extraordinaria magnitud (500 o 1.000 años de periodo de retorno), ya que las obras de control se han diseñado para protegernos contra un evento de menor magnitud (100 años). En caso de producirse un evento como el de febrero 2005 o como el de febrero de 1951, cuyos periodos de retorno han sido estimados en el orden de 100 años, no estaríamos tampoco pro-

tegidos ya que una parte importante de las presas están sedimentadas y los canales vegetados y parcialmente sedimentados, por lo que se ha reducido grandemente la capacidad de retención y conducción de estas obras.

Tomando en cuenta la reocupación que está ocurriendo en zonas afectadas por los eventos de 1999 y 2005, los efectos potenciales del cambio climático que van a aumentar la intensidad y frecuencia de eventos extremos, y el deterioro y grado de sedimentación que presentan algunas de las obras, se sugiere que algunas de las comunidades siguen siendo vulnerables a la ocurrencia de aludes torrenciales y que un nuevo desastre puede producirse en esa región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altez, R., 2010, "Lo que puede aprenderse de un desastre de muertes masivas: la experiencia de Vargas", en el libro: Lecciones Aprendidas del Desastre de Vargas. José L. López (Ed.), Edición Fundación Polar-UCV.
- Barreto, E., 2014, "Cambio Climático y Calidad de las Aguas en el Estado Vargas", Presentación efectuada en la Conferencia "Desafíos climáticos de hoy para el planeta del mañana", 30 al 31/10/14, organizada por la Embajada de Francia y la CAF.
- Bello, M.E., 2014, "Evaluación de las Obras de Control de Sedimentos en Vargas", Trabajo de Ascenso, Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, UCV.
- CAF-PNUD, 2000, "Efecto de las lluvias caídas en Venezuela en Diciembre de 1999", José Grases (Ed.), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Corporación Andina de Fomento (CAF). Caracas, abril 2000.
- Delgado, C., y Gabaldón, A., 2010, "Plan de manejo para la Ordenación y restauración ambiental del eje Arrecife-Los Caracas en el Estado Vargas" en el libro Lecciones Aprendidas del Desastre de Vargas, J.L.López (Ed), Co-Edición UCV-Fundación Polar.
- Genatios, C., y La Fuente, M., 2006, "Prevención de desastres, prioridad para el desarrollo". En el libro: Aprendiendo en torno al Desarrollo Endógeno. Capítulo 10. SABER-ULA (Ed.), Fundacite-Mérida, pp.179-198.
- Gómez, M., 2016, "Actividades de limpieza, recolección y extracción de material granular (arenas, gravas y residuos de desechos sólidos de origen doméstico) a cielo abierto, en el cauce del río San Julián", conjunto de informes elaborados para la empresa Constructora Manhattan entre junio y octubre de 2016.
- González, M., y Córdova, J.R., 2003, "Estimación de los volúmenes y caudales máximos que produjeron los aludes torrenciales ocurridos en diciembre de 1999 en cuencas del Litoral Central del Estado Vargas, Venezuela". En: Acta Científica Venezolana, Vol. 54, N° 1, pp.63-87.
- IMF-UCV, 2002, "Mapas de Amenaza por Aludes Torrenciales en las zonas del Estado Vargas y el Valle de Caracas", elaborado en el marco del Proyecto Ávila, Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar.

- López, J.L. y R. García, 2006. "Los aludes torrenciales de diciembre de 1999 en Venezuela". Libro editado por el Instituto de Mecánica de Fluidos. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- López, J.L., 2010, "Lecciones Aprendidas del Desastre de Vargas", Libro Edición Fundación Polar-UCV.
- López, J.L. y Courtel, F., 2010, "Un enfoque integral para las medidas de prevención contra aludes torrenciales", en el libro: Lecciones Aprendidas del Desastre de Vargas. José L. López (Ed.), Edición Fundación Polar-UCV.
- López, J.L., Pérez, D.H. y Courtel, F., 2010, "Monitoreo y evaluación del comportamiento de las presas de control de sedimentos en el estado Vargas". En el libro: Lecciones Aprendidas del Desastre de Vargas. José L. López (Ed.), Edición Fundación Polar-UCV.
- López, J.L. y Courtel, F., 2012, "Structural Mitigation Measures against Debris Flows in the Mountain Region of Vargas, Venezuela", Memorias del International Workshop on Extreme Rainfall Induced Landslides, Río de Janeiro, Brasil, del 11 al 15/02/2012.
- López, J.L. y Courtel, F., 2011, "Situación actual de las obras de mitigación de riesgos hidrometeorológicos en la cuenca del río Camurí", Informe Técnico, Instituto de Mecánica de Fluidos, UCV.
- Protección Civil Vargas, 2014, "Evaluación obras de control de mitigación de riesgo en las cuencas hidrográficas del Municipio Vargas", Alcaldía del Municipio Vargas, Nov. 2014.
- Sanabria, J.I., 2016, "Visita de inspección a las obras de los ríos Camurí y Migueleno", Informe Técnico.
- Singer, A., 2010, "Los aludes torrenciales en Venezuela: Antecedentes". En: Lecciones Aprendidas del Desastre de Vargas. José L. López (Ed.), Edición Fundación Polar-UCV, pp. 65-80.
- Urbani, F., 2010, "Los flujos torrenciales en el norte de Venezuela: Su ocurrencia a lo largo del tiempo geológico". En: Lecciones Aprendidas del Desastre de Vargas. José L. López (Ed.), Edición Fundación Polar-UCV, pp. 133-156.