

**XXVI CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA  
SANTIAGO, CHILE, AGOSTO DE 2014**

**¿POR QUÉ COLAPSAN PREMATURAMENTE LAS GRANDES  
PRESAS EN PERÚ?: CASO EMBLEMÁTICO DE LA PRESA GALLITO  
CIEGO SOBRE EL RÍO JEQUETEPEQUE-CAJAMARCA, PERÚ.**

*Oswaldo Ortiz Vera  
Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú  
ingoov@gmail.com*

**RESUMEN:** En este trabajo se explican las razones que condujeron al colapso prematuro de la presa Gallito Ciego, considerada referente de las cuencas reguladas de la vertiente del Pacífico norte de Perú. Para ello, se usó un registro de caudales máximos (1920-21, 1978-88) de la Estación Ventanillas (07°17'S, 79°17'W), las características técnicas de la presa y resultados globales de batimetría (Abril, 1999). Se usaron los modelos unidimensionales de Gumbel y de Meyer-Peter para predecir caudales líquidos y la tasa de sedimentación, respectivamente. Los resultados muestran bastante concordancia entre la tasa pronóstico de este estudio y la obtenida de los estudios batimétricos, pero ambas altamente discrepantes con la tasa de diseño del proyecto, lo que evidencia debilidad en el estudio sedimentológico, agravado por ausencia de programas de manejo de cuenca y de control de sedimentos; con todas las consecuencias que trae consigo una "muerte económica" temprana.

**ABSTRACT:** In this paper the reasons that led to the premature collapse of the dam Gallito Ciego, considered reference watershed regulated Shed North Pacific Peru explains. To do this, a record of peak flows (1920-1921, 1978-1988) of Windows (07 ° 17'S, 79 ° 17'W), the technical characteristics of the dam and global bathymetry results (April, 1999) was used station. Gumbel-dimensional models of Meyer-Peter and were used to predict fluid flow and sedimentation rate, respectively. The results show fairly consistent between the forecast rate of this study and obtained from the bathymetric surveys, but both rate highly discrepant with the project design, which shows weakness in the sedimentological study, compounded by lack of watershed management programs and sediment control; with all the consequences that entails an early "economic death".

**PALABRAS CLAVE:** Presa, sedimentación, colapso.

## INTRODUCCIÓN

La sedimentación es inevitablemente un fenómeno común que alcanza todas las grandes presas del mundo y está directamente relacionada con la vida útil; entendiéndose ésta como el tiempo que tarda el volumen sedimentado en el embalse en equiparar a su capacidad muerta; ya que, en adelante, la sedimentación invade el volumen útil y los costes operativos son superiores a las utilidades. Las cuencas altamente degradables, sin programas de manejo y de control de sedimentos, ocasionan mayores impactos sobre vida útil, colapsando prematuramente. Es el caso de las grandes presas asentadas en los ríos de las cuencas de la vertiente del Pacífico norte de Perú. Los fenómenos periódicos de El Niño aceleran este proceso.

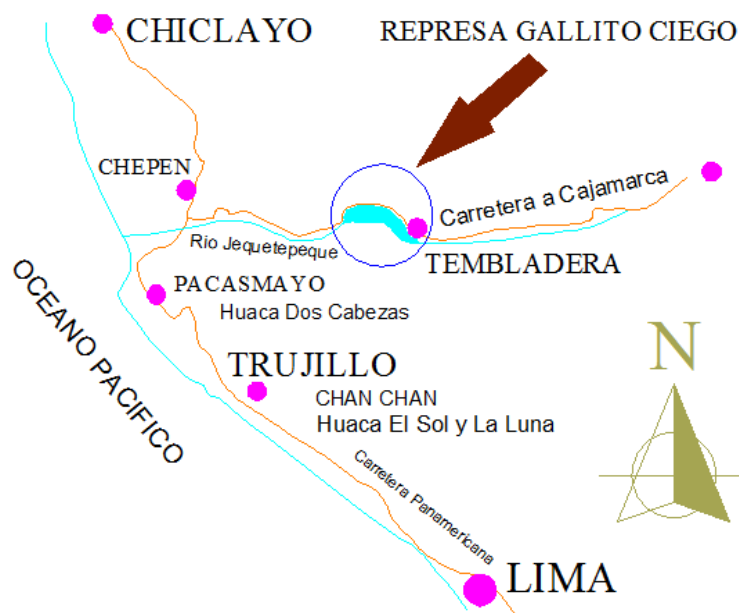


Fig.1.- Ubicación de la presa Gallito Ciego

La vida útil de una presa está íntimamente ligada fuertemente al retorno de la gran inversión- aproximadamente, de 2 a 3.5 millones de Dólares Americanos por cada millón de metros cúbicos de volumen útil- por lo que un colapso prematuro ocasiona grandes pérdidas económicas; siendo los países pobres los más afectados. Es de resaltar que los países en vías de desarrollo están más expuestos a sufrir tales daños, por cuanto el no contar con información sedimentológica, predispone a que la calidad de los estudios no responda a las exigencias de la envergadura de tamaño inversión.

## ÁMBITO DE ESTUDIO

La presa Gallito Ciego, del Proyecto Especial Jequetepeque – Zaña (PEJEZA), se ubica en el norte de Perú, en el distrito de Yonán, provincia Contumazá, en el departamento de Cajamarca (Fig.1), a 320 m sobre el nivel del mar. Esta presa entró en operación en Abril de 1988, permitiendo regular las aguas del río Jequetepeque, destinándolas primero a la generación de energía hidroeléctrica (36 MV) y luego al riego de más de 30 000 ha de tierras agrícolas en los departamentos de la Libertad y Lambayeque, donde el cultivo predominante es el arroz (algo más del 90% del área cultivada). El área colectora de la cuenca se desarrolla entre las cotas 400 y 4 200 m.s.n.m, haciendo una superficie total aproximada de 3 443 Km<sup>2</sup>. El relieve es muy escarpado e irregular, con escasa cobertura vegetal y extensos afloramientos rocosos del tipo caliza, cuyos yacimientos de la cuenca baja son aprovechados por la Compañía de Cementos Pacasmayo. El clima es variado,

desde un templado subhúmedo en la cuenca baja (temperatura anual promedio, 23°C) hasta en seco y frío en la cabecera de cuenca (temperatura anual promedio, 10°C).

La variación de la precipitación también es extrema, desde un promedio anual de 200 mm en la cuenca baja, en las proximidades de la presa, hasta 1 200 mm en las cotas más altas de cabecera. En cuanto a la distribución temporal, también es extrema, notándose un periodo de transición entre septiembre y diciembre (10%); seguido de un periodo de intensas y recurrentes precipitaciones, entre enero y febrero (85%) y; un periodo de estiaje entre abril y agosto (5%).

El río Jequetepeque, de lecho compuesto de gravas y piedras, se desarrolla en una especie de cañón profundo, entre dos vertientes rocosas y escarpadas, con pendiente promedio que varía entre 4.8%, hacia aguas arriba, hasta 1.3% en el tramo de entrega al embalse en la localidad de Tembladera, con un recorrido total de aproximadamente 75 Km. El régimen de escurrimiento es muy irregular e intermitente, con caudales extremos observados desde 0.010 m<sup>3</sup>/s hasta de 1 600 m/s. La abundancia de escorrentía directa en el periodo húmedo (enero a marzo) y las condiciones que contribuyen a ello, se deja traslucir en la densa red de drenaje superficial mostrada en la Fig.2.



Fig.2.- Cuenca del Río Jequetepeque

## PRONÓSTICO DE CAUDALES LÍQUIDOS

El modelo de mejor ajuste encontrado, probado según criterio de Smirnov-Kolmogorov, para la simulación de máximas descargas anuales, fue el modelo probabilístico de Gumbel [1], el mismo que fue calibrado a partir de una muestra de 67 años (1920-21, 1987-88) de observación de descargas máximas de la estación hidrométrica de Ventanillas (07°17' S, 79° 17' W.- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. SENAMHI, Perú).

$$F(x < X) = \exp[-\exp(-\alpha(x - \beta))] \quad [1]$$

$$\alpha = 1.28255 S^{-1} ; \quad \beta = \bar{X} - 0.45005 S \quad [2]$$

$$T_r = [F(x \leq X)]^{-1} = [1 - (1 - j)^{1/N}]^{-1} \quad [2]$$

$$x = \beta - \alpha^{-1} \text{Ln}[-\text{Ln}(1 - T_r^{-1})] \quad [4]$$

Donde:  $F(x < X)$ , es la probabilidad acumulada;  $x$ , magnitud de la variable aleatoria;  $\alpha$ ,  $\beta$ , parámetros de escala y de posición del modelo, respectivamente.  $\bar{X}$ , es el promedio de la muestra; S, desviación estándar;  $T_r$ , tiempo de retorno;  $j$ , incertidumbre; N, número de años consecutivos. Los parámetros del modelo se determinaron, a partir de la muestra, por el método de momentos ( $\alpha = 0.00458$ ,  $\beta = 174.81042$ ).

**Cuadro N°1. Simulación del modelo Gumbel para descargas máximas anuales de Río Jequetepeque (estación hidrométrica Ventanillas)**

Número de años consecutivos "N"	J (%)	Tr	CUADALES MÁXIMOS (m³/seg)
2	5	40	977.48
	15	13	726.16
	30	6	546.42
	50	3	371.91
	75	2	254.84
	90	1.5	154.28
5	5	98	1174.78
	15	31	921.02
	30	15	758.60
	50	8	614.42
	75	4	446.48
	90	3	371.91
10	5	196	1326.68
	15	62	1074.16
	30	29	906.21
	50	15	758.60
	75	8	614.42
	90	5	502.31
25	5	488	1526.18
	15	154	1273.87
	30	71	1103.98
	50	37	960.24
	75	19	811.83
	90	11	688.05
50	5	975	1677.41
	15	308	1425.57
	30	140	1252.99
	50	72	1107.06
	75	37	960.24
	90	22	844.65
100	5	1950	1828.81
	15	616	1577.09
	30	281	1405.50
	50	145	1260.68
	75	73	1110.09
	90	44	998.55

N= Número de años consecutivos

J= Incertidumbre o probabilidad de falla

Tr= Tiempo de retorno

El modelo calibrado permitió simular descargas máximas anuales del río Jequetepeque, algunos datos de los cuales se presentan en el Cuadro N°1. De cuyo cuadro, para efectos de pronosticar la tasa anual de sedimentos, se selecciona el caudal máximo de recurrencia promedio ( $N=2$ ,  $J=50\%$ ,  $T_r = 3$  años), procurando que sea lo más representativo posible del periodo húmedo, incluyendo los fenómenos periódicos de El Niño, obteniéndose un caudal probable de 372 m/s (ver Cuadro N°1).

## **EROSIÓN Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN**

Frente a la ausencia de información de material sedimentológico en suspensión, optamos por seleccionar metodologías indirectas para la estimación de la tasa de producción de sedimentos en la cuenca ( $q_{ss}$ : t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), cuyo destino final es el embalse, mediante el modelo empírico dado por la ecuación [5], la cual involucra a las variables de pluviosidad y relieve de la cuenca, cuyos datos son disponibles.

$$q_{ss} = 2.65 \log(P/P_*) + 0.46 \log(C_o - 1.56) \quad [5]$$

Donde: P, es el módulo pluviométrico anual; P\*, precipitación del mes de máxima lámina; C<sub>o</sub>, coeficiente orográfico.

Para condiciones críticas promedio de la cuenca receptora-colectora, en cuanto a: módulo pluviométrico (1 000 mm/año), precipitación del mes (marzo) de máximas láminas (136 mm), coeficiente orográfico (35%), peso específico de sólidos (1 650 Kg m<sup>-3</sup>), área de la cuenca receptora-colectora (3 443 Km<sup>2</sup>), coeficiente de compactación en el embalse (1.2); la ecuación [5] permite estimar una tasa de sedimentación de material fino, sedimentado en el embalse, de 0.52 millones de metros cúbicos por año (0.52 MMC/año).

## **TRANSPORTE DE CARGA DE FONDO**

Asimismo, ante la ausencia de información de transporte de carga de sedimentos de fondo, se seleccionó el modelo empírico unidimensional de Meyer-Peter [6] para estimar la capacidad específica de transporte de material sólido de fondo ( $q_{sf}$ : kg s<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>), no sólo por su simplicidad e incluir a los parámetros hidráulicos más representativos de la sección del tramo de entrega, sino también por las características hidráulicas del lecho (piedras y gravas) y de la granulometría promedio de sedimentos (diámetro medio, 2 mm).

$$q_{sf} = (250 q^{2/3} S - 42.5 d_{sm})^{3/2} \quad [6]$$

Donde: q, es el caudal específico máximo promedio de avenidas durante el periodo húmedo (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>); S, gradiente hidráulico o pendiente del cauce en régimen uniforme (adimensional); d<sub>sm</sub>, diámetro medio de sedimentos de fondo (m).

Para las condiciones de caudal líquido seleccionado (372 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>), periodo húmedo del año hidrológico promedio (enero a marzo: 90 días), pendiente del cauce del tramo de entrega al embalse (0.013), ancho del tramo de entrega (40 m), diámetro promedio de sedimentos de fondo (0.002 m), peso específico de sedimentos (1 650 Kg m<sup>-3</sup>), coeficiente de compactación en el embalse (1.2); el resultado de la aplicación de la ecuación [6], convertido a tasa anual de sedimentación en el embalse, es 8.48×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>año<sup>-1</sup> (8.48 MMC/año); con lo cual se totaliza

una tasa anual de sedimentación en el embalse (carga en suspensión + carga de fondo) equivalente a 9 MMC/año.

## SEDIMENTACIÓN ESTIMADA EN EL PROYECTO

Si bien es cierto no se ha encontrado el estudio sedimentológico del proyecto, pero se tiene como información las características técnicas de la presa (Tabla 1), donde entre otros, se consigna 85 MMC de capacidad muerta, ligada a una vida útil o vida económica de 50 años. Información, de lo cual se deduce que la tasa de diseño sedimentológica es a razón de 1.7 MMC/año. Este valor es altamente discrepante con la cifra de pronóstico encontrada en el presente estudio (9 MMC/año).

**Tabla 1.- Características técnicas de la presa Gallito Ciego\***

Descripción	Características
• <b>Dique:</b>	
○ Naturaleza	Tierra zonificada, simétrica, con núcleo central y pantalla de concreto.
○ Ancho de base (m)	700
○ Ancho de corona (m)	12
○ Altura (m)	105
1.5. Altitud (m.s.n.m.)	320
○ Tipo de regulación	Plurianual
• <b>Embalse:</b>	
○ Vida útil de proyecto (años)	50
○ Capacidad muerta (MMC)	85
○ Capacidad útil (MMC)	400
○ Capacidad de retención de crecidas (MMC)	86
○ Capacidad total (MMC)	571
○ Máximo espejo de aguas libres (Ha)	1 420
• <b>Indicadores económicos</b>	
○ Beneficio/costo	0.70
○ Costo de inversión (Millones de Dólares)	570
• <b>Batimetría</b>	
○ Abril, 1999 (MMC)	97
• <b>Operación</b>	
○ Puesta en funcionamiento	Abril, 1988

\*Fuente: Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña ( PEJEZA)  
MMC = Millones de metros cúbicos

## SEDIMENTACIÓN SEGÚN RESULTADOS DE BATIMETRÍA

Los resultados de la única batimetría realizada (Abril, 1999), luego de 11 años de operación de la presa Gallito Ciego, da testimonio que se tiene acumulado en el embalse un volumen total de sedimentos de  $97 \times 10^6 \text{ m}^3$  (97 MMC), lo que representa una tasa de sedimentación en el embalse de  $8.82 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$  (8.82 MMC/año), valor que concuerda bastante bien con la cifra de tasa pronóstico encontrada en este estudio (9 MMC/año), pero altamente discrepante con la tasa de diseño (1.7 MMC/año). El volumen total de sedimentos depositados en el embalse al momento de la batimetría (97 MMC), supera a la capacidad muerta de la presa (85 MMC), lo cual indica que la vida útil de este proyecto, prevista en 50 años, ha terminado antes de los 10 años de funcionamiento.

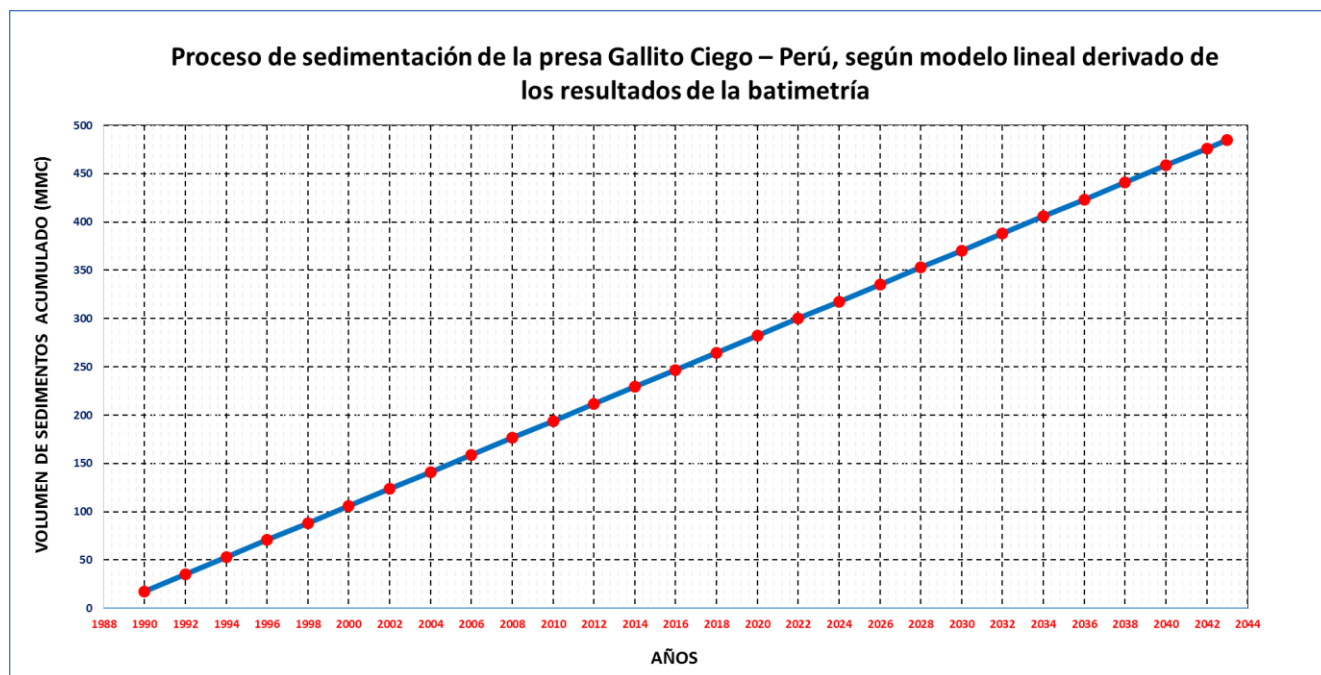
Asumiendo teóricamente un modelo lineal, con base en el pasado histórico de los once primeros años de operación de la presa Gallito Ciego, se estima que el progreso o evolución de la sedimentación, tomando como origen el primer año de funcionamiento (Abril, 1988), está dado por la ecuación [7].

$$V_s = 8.82 * 10^6 T \quad [7]$$

Donde:  $V_s$ , es el volumen sedimentado en el embalse ( $m^3 \text{ año}^{-1}$ ) y  $T$ , el tiempo (años).

El gráfico N°1, representa la evolución del proceso de sedimentación en el embalse, estimado mediante la ecuación [7], donde se aprecia que la colmatación total o “muerte física” de la presa ocurrirá alrededor del año 1943, al haberse completado los 485 MMC de capacidad total del embalse (capacidad muerta + capacidad útil).

**Gráfico N°1. Evolución del proceso de sedimentación de la presa Gallito Ciego**



## CONCLUSIONES

Deficiencia del estudio sedimentológico del proyecto, al subestimar la tasa de sedimentación anual ( $1.7 \text{ MMC/año}$ ), en algo más de 5 veces la tasa real encontrada ( $8.82 \text{ MMC/año}$ ) como resultado de los estudios de batimetría. Consecuencia de ello, la vida económica de la presa, prevista en 50 años, se redujo a menos de 10.

La intensidad de sedimentación en el embalse se vio agravada por la no existencia de prácticas de manejo de cuenca y de control de sedimentos, agravada por la presencia de hasta dos fenómenos severos de El Niño de los años 90 (1991-93, 1997-98), durante la primera década de funcionamiento de la presa.

Por las características adversas de las cuencas de la vertiente del pacífico norte de Perú, son altamente vulnerables a la degradación hídrica (pérdidas de suelos), aspecto que se agrava por falta de programas de manejo de cuenca y de control de sedimentos. Sin ello, no es recomendable la construcción de grandes presas en estos sistemas hidrológicos.

El colapso prematuro o “muerte económica prematura” de la presa Gallito Ciego ha significado ingentes pérdidas económicas para el país, por algo más de 300 millones de Dólares Americanos de inversión. Pérdidas económicas, que se ven acrecentadas por el

derroche que se hace en el uso del agua de riego, al tener como cultivo bandera al arroz (más del 90% del área cultivada), de excesivo consumo de agua (más de  $1.5 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ).

A la deficiencia del estudio sedimentológico se suma el agravante criterio de decisión política, al momento de declarar la viabilidad del proyecto, primando el punto de vista puramente social, dejando de lado la viabilidad económica (Beneficio/Costo=0.7); aspecto que también contribuye a incrementar las pérdidas económicas.

La “muerte económica” de las grandes presas siempre llega, temprano (como en este caso) o tarde; pero cuando no se la planifica, la larga “agonía” hasta la “muerte física” (colmatación total), hace cada vez más pesado y difícil el sostenimiento del proyecto, por cuanto los beneficios son cada vez menores, contrariamente a los crecientes costes operativos. Esta situación no sólo incrementa aún más las pérdidas, sino también trae consigo un alto potencial de riesgo ambiental, al no haber considerado en este proyecto, los costes de desmantelamiento y, mucho más grave, tratándose de diques de tierra, como en este caso. Por ello, es que la recuperación de la inversión está supeditada sólo a la vida útil de la presa.

Lo acontecido con presa Gallito Ciego, no hace más que corroborar lo ya aseverado por la Comisión Mundial de Represas, en su informe del año 2000, en el sentido que los proyectos de grandes presas no constituyen solución definitiva al problema del recurso hídrico, sobre todo en los países en vías de desarrollo, donde los gobiernos que usaron fondos públicos en la construcción de grandes presas quedan al final más pobres, al no poder recuperar las cuantiosas inversiones que ello representa- aproximadamente, de 1.5 a 2.5 millones de Dólares Americanos por cada millón de  $\text{m}^3$  de volumen útil, sin incluir costos en programas de manejo de cuenca y control de sedimentos y costos de desmantelamiento-. Debe, además, quedar comprendido que el mantenimiento de las grandes presas, en materia de sedimentación (dragados), es demasiado costoso, tanto así, que resulta mucho más económico construir otra presa nueva.

Los resultados de este estudio, en lo referente a pronóstico de la tasa anual de sedimentación (9 MMC), dan cuenta que es factible una estimación racional- aun cuando no se cuente con datos históricos de sedimentología- si se trabaja con criterios adecuados de hidrología. Esto también nos hace advertir cierta suspicacia en razón de que hayan existido de por medio intereses sesgados en forzar la factibilidad del proyecto.

Los estudios de grandes presas deben pasar por rigurosos estudios de factibilidad económica, basados en un programa de recuperación de la inversión durante la vida útil, la que a su vez debe estar respaldada por sólidos estudios de pronóstico en materia de sedimentología. A todo ello, debiera agregarse los costos de los estudios batimétricos periódicos (mínimo cada 5 años), que permita, no sólo ajustar los programas de manejo de cuenca y de control de sedimentos, indispensables en este tipo de proyectos; sino también para acelerar la recuperación de la inversión con cultivos alternativos de mayor rentabilidad (aunque no debiera hacerse esperar). Asimismo, los costos de desmantelamiento deben estar incluidos en este análisis.

Los estudios batimétricos, deben aprovecharse como verdaderos laboratorios de sedimentología, para la investigación de la erosión y transporte de sedimentos en las cuencas de captación y cuencas similares. Pues, los embalses de las presas, representan trampas efectivas de captura de sedimentos.



De todo esto se deduce que, los países en vías de desarrollo no deben usar fondos públicos en la construcción de grandes presas, debe ser iniciativa de la empresa privada, para lo cual el Estado debe incentivar y promover; siempre y cuando se cumpla responsablemente con las consideraciones ambientales.

La administración y gestión de la operación de estos proyectos, si de por medio está el Estado, debe ser netamente técnica, a cargo de un Directorio y nunca a través de juntas de usuarios (juez y parte), como en este caso. Pues, es injusto regalar a un puñado de “beneficiarios” tamaña inversión pública que cuesta a toda una nación. En todos los casos, debe demandarse un justiprecio por el uso del agua y establecer políticas de compensación ambiental, que contribuya efectivamente a la continuidad del recurso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alam, S. (2001). *A critical evaluation of sedimentation management design practice*. Hydropower & Dams. 1, 54-59.

Aparicio M. (1992), *Fundamento de Hidrología de Superficie*. Edit. Limusa S.A.

Batuca, D., D.G. & Jordán, J. (2000). *Silting and Desilting of Reservoirs*. A.A. Balkema, Rotterdam.

Boix, F., Barberà, Lòpez F & Castillo V. (2007). *Effets of check dams, reforestation and land-use changes on river channel morphology: Case study of the Rogativa catchment (Murcia, Spain)*. Geomorphology, 91, 103-123.

Ekstrand, E. (2000). *Estimating economic consequences from dam failure in the safety dams program*. U.S. Department of the Interior. Bureau of Reclamation, EC-2001-01.

García R., White, S., Lasanta, T., Martí C., González C., Errea M., Valero B. y Ortigosa L. (1999). *Assessing the effect of land-use changes of sediment yield management and channel dynamics in the Central Spanish Pyrenees*. Human Impact on Erosion and Sedimentation. International Association Hydrological Sciences, 245, 151-158.

ICOLD (2008). *International Commission of Large Dams, ICOLD*, <http://www.icoldcigb.net/>  
[http:// www.dams.org](http://www.dams.org)

Jiménez, O. y Farías, H. (2005). *Problemática de la Sedimentación del Embalse Valdesia*, República Dominicana. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de la República Dominicana (INDRHI). Santo Domingo, República Dominicana.

Lai, J. (1999). *Hydraulic Flushing for Reservoir Desiltation*. A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, University of California at Berkeley.

Mattos, R. (1992). *Pequeñas Obras Hidráulicas, Aplicación a Cuencas Andinas*.

Morris, G., & Fan, J. (1999). *Reservoir Sedimentation Handbook. Design and Management of Dams, Reservoirs and Watersheds of Sustainable Use*. McGraw-Hill Book.

Neitsch S., Srnold J., & Willias, J. (2001). *SWAT. Soil and Water Assessment Tool. Model Calibration*. USDA Agricultural Research Service. Soil and Water Research Laboratory. Temple, Texas. USA.

Palau, A. (2001). *Aspectos Ambientales de la Sedimentación de Embalses*. Jornadas sobre sedimentación de embalses, CEH-SEPTEM, Madrid.

Palau, A. (2002). *La Sedimentación de Embalses, Medidas preventivas y Correctoras*. Dirección de Medio Ambiente y Calidad, Endesa servicios, Madrid. Primer Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente.

Palau, A. (2004). *La Sedimentación en Embalses*. La Nueva Revista de Ingeniería sobre Tecnología energética de Publicaciones Dyana. Consulte Dyana Energía y Sostenibilidad. Vol.79, pág. 26-30.

Rocha A. (2006). *La Problemática de la Sedimentación de Embalses en el Aprovechamiento de los ríos Peruanos, Aplicada al Embalse de Poechos*. I Congreso Internacional de Hidráulica, Hidrología, Saneamiento y Medio Ambiente. Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). Lima, Perú.  
[http:// www.imefen.uni.edu.pe](http://www.imefen.uni.edu.pe)

Serrano, L., Escuder, B., Membrillera, O. & Altarejos, L. (2010). *Methodology for the Calculation of Annualized Incremental Risks in Systems of Dams*. Risk Analysis Journald.

Silva, F., Lambe T., Marr, W. (2008). *Probability and risk of slope failure*. Journal Geotechnical & Geoenvironmental Engineering. Vol. 134, 1691-1838, November.

Siyam, A., Yeoh J., & Loveless, J. (2001). *Sustainable Reservoir Sedimentation Control*. Proc. IAHR Congress, Viena.

Spalletti, P. y Brea J. (1998). *Producción de Sedimentos en Cuencas de ríos de Montaña*. XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Oaxaca, México.

Spalletti, P y Brea, J. (1998). *Estudio Experimental en Lecho Vivo de la Estabilización del Perfil longitudinal de un Cauce de Gran Pendiente*, XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica de Hidráulico, Oaxaca, México.

White, R. (2001). *Evacuation of Sediments from Reservoirs*. Thomas Telford, London.