

Capacidad estratégica de almacenamiento de agua en Honduras: infraestructura hidráulica para la seguridad hídrica, alimentaria, energética y la resiliencia climática.

Por: Edmundo Flores Zúñiga
Ph.D. En Ciencias Técnicas

Resumen

Honduras posee una disponibilidad hídrica condicionada por una marcada variabilidad espacial y temporal de la precipitación. Durante la estación lluviosa y bajo la influencia de tormentas tropicales y huracanes, numerosas cuencas pueden experimentar crecidas de gran magnitud, mientras que durante la estación seca diferentes regiones del país enfrentan déficits de abastecimiento para consumo humano, agricultura y generación de energía. Esta aparente contradicción revela que la seguridad hídrica de una nación no depende únicamente del volumen anual de precipitación o de sus recursos hídricos renovables, sino también de su capacidad para regular, almacenar, transportar y administrar el agua entre períodos de abundancia y períodos de escasez.

El presente artículo analiza, desde una perspectiva de ingeniería hidráulica y gestión integrada de recursos hídricos, la importancia estratégica de incrementar la capacidad de almacenamiento de agua de Honduras mediante sistemas de embalses multipropósito y otras infraestructuras de regulación. Se examinan sus funciones en el abastecimiento de agua potable, riego y seguridad alimentaria, generación hidroeléctrica, regulación de caudales, laminación de avenidas y adaptación frente a sequías y variabilidad climática. Asimismo, se analizan las limitaciones inherentes a estas obras, incluyendo sedimentación, evaporación, impactos ambientales y sociales, seguridad estructural y necesidad de una operación técnicamente planificada.

Se propone que Honduras evolucione desde un enfoque predominantemente reactivo ante inundaciones y sequías hacia una política nacional de seguridad hídrica basada en la regulación estratégica del recurso hídrico. Esta política debería sustentarse en un Plan Maestro Nacional de Almacenamiento y Regulación Hídrica con horizonte mínimo de 50–100 años, estudios de balance hídrico por cuenca, proyecciones de demanda, análisis de cambio climático, evaluación de sedimentos y selección multicriterio de emplazamientos. La literatura técnica utiliza habitualmente horizontes de diseño de aproximadamente 50–100 años para embalses; sin embargo, su vida útil efectiva depende de la sedimentación, relación almacenamiento/aporte, características de la cuenca y estrategias de manejo de sedimentos, por lo que el objetivo contemporáneo debe ser conservar la capacidad de almacenamiento durante períodos incluso superiores cuando técnica, ambiental y económicamente sea posible. ([MDPI](#))

Palabras clave: Honduras; almacenamiento hídrico; embalses; represas multipropósito; seguridad hídrica; laminación de avenidas; sequía; riego; hidroelectricidad; sedimentación; cambio climático; gestión integrada de recursos hídricos.

Abstract

Strategic Water Storage Capacity in Honduras: Hydraulic Infrastructure for Water, Food and Energy Security and Climate Resilience

Honduras has substantial water resources whose availability is strongly conditioned by the spatial and temporal variability of precipitation. During the rainy season and under the influence of tropical storms and hurricanes, many river basins may experience extreme floods, whereas during the dry season several regions face water deficits affecting drinking-water supply, agriculture, and energy generation. This apparent contradiction demonstrates that national water security depends not only on annual precipitation or renewable water resources, but also on the country's capacity to regulate, store, convey, and manage water between periods of abundance and scarcity.

This article analyzes, from a hydraulic engineering and integrated water-resources-management perspective, the strategic importance of increasing Honduras's water-storage capacity through multipurpose reservoirs and other regulation infrastructure. Their roles in drinking-water supply, irrigation and food security, hydropower generation, flow regulation, flood attenuation, drought management, and adaptation to climate variability are examined. The analysis also considers reservoir sedimentation, evaporation, environmental and social impacts, dam safety, and the need for technically planned reservoir operation.

It is proposed that Honduras transition from a predominantly reactive response to floods and droughts toward a national water-security policy based on strategic regulation and storage. Such a policy should be supported by a National Water Storage and Regulation Master Plan with a minimum 30–50-year planning horizon, basin-scale water balances, demand projections, climate-change scenarios, sediment assessments, and multicriteria site selection. Technical literature commonly employs reservoir design horizons of approximately 50–100 years; nevertheless, actual useful life depends on sediment yield, storage-to-inflow ratio, watershed characteristics, and sediment-management practices. Consequently, contemporary reservoir planning should seek to preserve storage capacity beyond conventional design horizons whenever technically, environmentally, and economically feasible. ([MDPI](#))

*Introducción

El agua constituye uno de los recursos estratégicos fundamentales para el desarrollo económico, social y territorial de Honduras. Su disponibilidad condiciona directamente el abastecimiento de la población, la producción agrícola y pecuaria, la generación de energía, el funcionamiento de industrias, la conservación de ecosistemas y la capacidad del país para responder ante sequías e inundaciones.

Sin embargo, existe una diferencia fundamental entre **disponer físicamente de agua y disponer de ella cuando la sociedad la necesita**.

Una cuenca puede recibir volúmenes considerables de precipitación durante varios meses y, aun así, experimentar escasez durante la estación seca. Cuando no existe suficiente capacidad de regulación, una proporción importante de la esorrentía generada durante

los períodos húmedos atraviesa rápidamente los sistemas fluviales y finalmente alcanza el mar. Parte de ese volumen puede además producir inundaciones, erosión, pérdida de suelos agrícolas y daños a infraestructura. Meses después, esa misma cuenca puede presentar caudales insuficientes para satisfacer las demandas humanas y productivas.

La FAO destaca precisamente que los embalses permiten almacenar agua para utilizarla posteriormente, incrementar la disponibilidad efectiva durante períodos secos, producir energía y proporcionar protección frente a eventos extremos, aunque reconoce igualmente impactos como evaporación, alteraciones ambientales y efectos sociales que deben ser evaluados.

El problema puede resumirse mediante una expresión sencilla:

Abundancia hídrica sin regulación no equivale necesariamente a seguridad hídrica.

Para Honduras, por tanto, el desafío estratégico no consiste únicamente en determinar cuánta agua posee el país, sino en establecer **qué proporción puede regularse de manera sostenible, dónde debe almacenarse, durante cuánto tiempo y para satisfacer cuáles demandas.**

El Banco Mundial ha identificado la gestión del agua como un componente central de la resiliencia climática hondureña, particularmente en el Corredor Seco, donde la variabilidad de las precipitaciones afecta el consumo humano, la agricultura y la energía. ([Banco Mundial](#))

De esta premisa surge la tesis central de este artículo:

Honduras necesita desarrollar una capacidad estratégica de almacenamiento y regulación hídrica que permita transformar parte de los excedentes de la estación lluviosa en reservas disponibles durante los períodos deficitarios, simultáneamente reduciendo el riesgo de inundaciones y fortaleciendo la seguridad hídrica, alimentaria y energética nacional.

Esta visión coincide con el planteamiento inicial del documento técnico analizado, que propone pasar de una gestión reactiva de los desastres a una estrategia proactiva basada en almacenamiento multipropósito, manejo ambiental de cuencas y monitoreo.

***La paradoja hídrica hondureña: exceso temporal y déficit estacional**

Honduras presenta una elevada exposición a fenómenos hidrometeorológicos extremos. La concentración estacional de las precipitaciones, la influencia de ciclones tropicales, la topografía montañosa, la rápida respuesta de determinadas cuencas y la ocupación de zonas inundables generan condiciones propicias para avenidas severas.

El documento base describe esta situación como una alternancia entre abundancia destructiva durante la temporada lluviosa y escasez durante la estación seca.

La solución técnica no consiste en intentar impedir que ocurran fenómenos extremos — algo imposible— sino en aumentar la capacidad del territorio para **regular sus consecuencias y redistribuir temporalmente parte del recurso**.

Desde el punto de vista hidrológico, el almacenamiento constituye un mecanismo de transferencia temporal:

agua disponible hoy → reserva estratégica → agua disponible mañana.

Esta función adquiere especial importancia ante el cambio climático. El Banco Mundial señala que Honduras es altamente susceptible a eventos meteorológicos extremos y que las sequías han aumentado su frecuencia y severidad en áreas vulnerables, destacando la necesidad de mejorar la planificación, construcción y monitoreo de infraestructura hidráulica relevante. ([Banco Mundial](#))

Por consiguiente, el análisis nacional debe evolucionar desde el indicador tradicional de “recursos hídricos disponibles por año” hacia indicadores que representen la **capacidad efectiva de regulación**.

***Fundamento hidráulico del almacenamiento.**

El funcionamiento de un embalse puede expresarse mediante la ecuación general de continuidad:

$$\frac{dS}{dt} = Q_{in} - Q_{out} + PA - EA - Q_c - Q_f \pm Q_{gw}$$

donde:

S = almacenamiento del embalse;

Q_{in} = caudal de entrada;

Q_{out} = descarga controlada;

P = precipitación directa sobre el embalse;

E = evaporación;

A = superficie del embalse;

Q_c = extracciones consuntivas;

Q_f = otras pérdidas o filtraciones netas;

Q_{gw} = intercambio neto con aguas subterráneas.

En periodos húmedos:

$$Q_{in} > Q_{demanda}$$

Y una fracción del excedente puede incrementar el inicio de S .

Durante periodos secos:

$$Q_{in} < Q_{demanda}$$

y el almacenamiento acumulado permite complementar el caudal natural.

Esta sencilla relación constituye el fundamento físico de la regulación de caudales.

El volumen de un embalse multipropósito no debe concebirse como una única masa de agua indistinta. El diseño puede establecer zonas funcionales para sedimentos, conservación o almacenamiento inactivo, volumen útil para abastecimiento, riego y energía, y un volumen de resguardo destinado a la laminación de avenidas.

Aquí aparece uno de los problemas fundamentales de la operación multipropósito: **los diferentes objetivos pueden competir entre sí.**

Para abastecimiento, riego y generación hidroeléctrica suele ser conveniente mantener elevados niveles de almacenamiento. Para control de inundaciones, en cambio, es necesario disponer de volumen libre antes de la llegada de una avenida.

Por ello, una presa multipropósito moderna requiere reglas de operación dinámicas fundamentadas en pronósticos meteorológicos, hidrología en tiempo real y modelos de optimización.

***Las represas como infraestructura multipropósito**

Una presa no debería justificarse exclusivamente por la energía que genera. Su valoración económica debe incorporar el conjunto de servicios que proporciona.

ICOLD México identifica entre las principales funciones de las presas el suministro de agua, generación energética, control de inundaciones, riego y actividades recreativas, al tiempo que advierte sobre impactos ambientales, desplazamiento de comunidades, costos y necesidades permanentes de mantenimiento y seguridad. ([ICOLD MÉXICO](#))

Para Honduras, una política moderna debería priorizar, donde las condiciones hidrológicas, geológicas, ambientales, sociales y económicas lo permitan, **embalses multipropósito.**

Esto permite distribuir el elevado costo inicial de una obra entre múltiples beneficios y reducir la vulnerabilidad de diferentes sectores mediante una misma infraestructura.

*Abastecimiento de agua potable y seguridad hídrica urbana.

El primer uso estratégico del almacenamiento debe ser la seguridad del abastecimiento humano.

Una ciudad cuya principal fuente sea un río sin regulación depende directamente del caudal instantáneo disponible. Durante una sequía prolongada, esa disponibilidad puede disminuir precisamente cuando la demanda permanece constante o aumenta.

Un embalse modifica esa relación.

En lugar de diseñar el abastecimiento exclusivamente alrededor del caudal mínimo natural, permite acumular agua durante períodos de excedencia y utilizarla posteriormente.

El dimensionamiento requiere estudiar curvas de duración de caudales, series hidrológicas suficientemente largas, sequías históricas y sintéticas, crecimiento demográfico, demanda industrial, pérdidas de los sistemas de distribución y escenarios climáticos.

Un indicador fundamental es la garantía de suministro:

$$G = \frac{N_{\text{periodos satisfechos}}}{N_{\text{periodos totales}}} \times 100$$

pero la planificación moderna no debería limitarse a la confiabilidad temporal. Debe estudiar también vulnerabilidad, resiliencia y magnitud del déficit cuando el sistema falla.

Por consiguiente, **construir almacenamiento sin reducir pérdidas urbanas sería técnicamente incompleto**. El aumento de oferta mediante infraestructura y la recuperación del agua perdida en redes deben concebirse como programas complementarios, pero económicamente diferenciados.

*Riego, producción agrícola y seguridad alimentaria

La agricultura de secano posee una dependencia directa de la distribución temporal de las lluvias. Una reducción de precipitación durante etapas críticas del cultivo puede producir pérdidas aun cuando la precipitación anual total no sea excepcionalmente baja.

El riego modifica radicalmente esta vulnerabilidad.

Los embalses permiten captar parte de la esorrentía húmeda y liberarla conforme a calendarios agronómicos, transformando agua estacionalmente irregular en una oferta controlable.

El documento preliminar identifica correctamente el riego como uno de los grandes beneficios del almacenamiento y plantea su importancia para áreas productivas hondureñas.

Para Honduras, esta capacidad podría significar una transición desde una agricultura altamente condicionada por la lluvia hacia sistemas productivos con mayor previsibilidad.

Sin embargo, no basta construir una presa. Un verdadero sistema de riego comprende:

embalse + obra de toma + conducción + regulación secundaria + distribución + drenaje + medición + eficiencia parcelaria.

La viabilidad debe evaluarse mediante el beneficio económico por metro cúbico utilizado, eficiencia global del sistema, productividad agrícola, recuperación de costos y sostenibilidad de los acuíferos asociados.

***Almacenamiento y generación hidroeléctrica**

La hidroelectricidad constituye otro componente estratégico.

ENEE informa que la Central Hidroeléctrica Francisco Morazán —El Cajón— entró en operación en 1985 con una capacidad de generación de 300 MW y que la empresa continúa siendo un actor principal de la generación hidroeléctrica hondureña. ([Enel Honduras](#))

Una central asociada a un embalse de regulación ofrece un valor adicional frente a fuentes variables: el agua almacenada representa energía potencial que puede ser utilizada de manera programada.

La potencia hidráulica puede expresarse como:

$$P = \rho g Q H \eta$$

donde P es potencia, ρ la densidad del agua, g la aceleración de la gravedad, Q el caudal turbinado, H la carga hidráulica neta y η el rendimiento global.

Sin embargo, el valor de una central con embalse no se limita a los kilovatios-hora producidos. La capacidad de modular generación puede contribuir a complementar sistemas eléctricos con participación creciente de fuentes solares y eólicas variables.

El Banco Mundial reconoce tanto la longevidad y flexibilidad de la hidroelectricidad como sus potenciales impactos ambientales, sociales y económicos, razón por la cual cada proyecto debe someterse a evaluación rigurosa durante todo su ciclo de vida. ([Banco Mundial](#))

*Laminación de avenidas y protección contra inundaciones

Una de las funciones de mayor importancia para Honduras es la laminación de avenidas.

Durante una crecida, el hidrograma de entrada puede alcanzar un máximo $Q_{p,in}$. Si existe suficiente volumen de resguardo y capacidad adecuada de las obras de descarga, el embalse almacena temporalmente parte de ese volumen y libera un hidrograma modificado cuyo pico $Q_{p,out}$ es menor y generalmente ocurre posteriormente.

Una forma simplificada de representar la reducción relativa del pico es:

$$R_p = \left(1 - \frac{Q_{p,out}}{Q_{p,in}}\right) 100$$

La finalidad no consiste necesariamente en eliminar una inundación, sino en reducir el caudal máximo, retrasar su ocurrencia y disminuir las áreas y profundidades potencialmente afectadas.

Yepes explica la laminación precisamente como la retención temporal de agua y su posterior liberación controlada, diferenciando presas de regulación general, multipropósito y estructuras específicamente destinadas al control de avenidas. ([El blog de Víctor Yepes](#))

El documento original utiliza como ejemplo el comportamiento de El Cajón durante el huracán Mitch, indicando un caudal de entrada de 9,800 m³/s y una descarga de 1,200 m³/s. La fuente proporcionada de Yepes reproduce esos valores y atribuye una reducción del 88 % del caudal punta. ([El blog de Víctor Yepes](#))

No obstante, para una publicación científica definitiva recomiendo conservar esos valores **como cifras reportadas por la literatura secundaria**, no como registros primarios validados, hasta localizar los hidrogramas operacionales originales de El Cajón durante Mitch.

Esta distinción fortalece, y no debilita, la rigurosidad científica del artículo.

*Una presa reduce el riesgo, pero no elimina las inundaciones

Sería técnicamente incorrecto afirmar que una presa garantiza protección absoluta.

Su capacidad de laminación depende del volumen disponible antes de la avenida, nivel inicial, volumen y forma del hidrograma entrante, capacidad del vertedero, desagües y turbinas, reglas de operación y precisión de los pronósticos.

Una avenida superior a la de diseño o un embalse excesivamente lleno antes de un evento pueden reducir considerablemente la capacidad de laminación.

Yepes advierte expresamente sobre el riesgo residual y sobre la falsa sensación de seguridad que puede generarse aguas abajo. ([El blog de Víctor Yepes](#))

Por ello:

Presa ≠ eliminación del riesgo.

La estrategia correcta es:

Presa + ordenamiento territorial + protección de cuencas + modelación hidrológica e hidráulica + monitoreo + pronóstico + alerta temprana + planes de emergencia.

La ingeniería estructural y las soluciones basadas en la naturaleza deben complementarse. ACI distingue igualmente entre medidas de ingeniería dura —presas, diques y barreras— y medidas destinadas a estabilización y reducción de erosión. ([ACI Corporation English](#))

***Vida útil de los embalses: el problema estratégico de la sedimentación**

Este aspecto merece especial atención en Honduras.

Tradicionalmente, muchos proyectos de embalse se han evaluado utilizando horizontes de diseño del orden de **50 a 100 años**. La literatura especializada confirma que estos períodos son habituales en la planificación convencional. ([MDPI](#))

Sin embargo, técnicamente es necesario realizar una precisión importante: **la vida útil no depende solamente del tamaño del embalse.**

Está determinada, entre otros factores, por:

- volumen inicial y volumen útil;
- aporte anual de sedimentos;
- erosión de la cuenca;
- geología y tipos de suelo;
- cobertura vegetal y deforestación;
- relación capacidad/aporte;
- eficiencia de retención;
- granulometría;
- operación del embalse;
- existencia de descargas de fondo;
- posibilidad de flushing, sluicing, bypass o extracción mecánica.

La sedimentación disminuye progresivamente el volumen disponible:

$$S_u(t) = S_{u0} - V_s(t)$$

Donde $S_u(t)$ representa el almacenamiento útil remanente y $V_s(t)$ el volumen acumulado de sedimentos.

Esto significa que **la presa puede permanecer estructuralmente en excelentes condiciones mientras el embalse pierde progresivamente la función para la cual fue construido.**

La literatura contemporánea propone abandonar la idea de aceptar pasivamente una vida finita del almacenamiento y adoptar estrategias de manejo sostenible de sedimentos. Monitoreo, reducción de producción de sedimentos en la cuenca, bypass y remoción pueden prolongar sustancialmente la capacidad funcional. ([ScienceDirect](#))

Para Honduras esto es particularmente relevante. Cada nuevo embalse debería diseñarse desde el comienzo con un **Plan de Gestión de Sedimentos para todo el ciclo de vida**, acompañado de levantamientos batimétricos periódicos y manejo integral de la cuenca.

La meta debería ser que una infraestructura concebida para 50–100 años pueda, mediante gestión adecuada, mantener beneficios durante un período mucho mayor cuando las condiciones lo permitan. ICOLD ha documentado que determinadas relaciones entre capacidad y aporte, combinadas con manejo de sedimentos, pueden producir vidas útiles superiores a cien años. ([ICOLD Chile](#))

***Conservación de cuencas: proteger el embalse comienza kilómetros aguas arriba**

Una presa no comienza en el eje de cierre.

Desde el punto de vista funcional, comienza en los límites de su cuenca hidrográfica.

La deforestación, erosión de laderas, caminos sin drenaje, agricultura inadecuada y degradación de suelos incrementan el aporte sólido hacia los cauces y finalmente hacia los embalses.

Por ello, la conservación de cuencas no debe tratarse como una compensación ambiental secundaria. Debe considerarse **parte de la infraestructura hidráulica del proyecto.**

CSR Consulting destaca conjuntamente el monitoreo, mantenimiento preventivo, planificación del almacenamiento, caudales ecológicos, reforestación de cuencas y gestión de sedimentos como componentes de una administración sostenible. ([CSR Consulting](#))

Para Honduras debería existir una relación institucional y financiera directa entre el operador del embalse y la conservación de su cuenca aportante.

Cada tonelada de suelo que se evita erosionar representa, en términos generales, sedimento potencial que no ocupa capacidad de almacenamiento.

***Cambio climático y necesidad de almacenamiento estratégico**

El cambio climático introduce una dificultad adicional: la hidrología futura puede no reproducir exactamente la estadística histórica.

La planificación deberá considerar posibles modificaciones en frecuencia y severidad de sequías, intensidad de precipitaciones extremas, evapotranspiración y distribución temporal de los caudales.

Esto no significa que todas las presas sean automáticamente proyectos de adaptación climática. Significa que **la regulación hídrica adecuadamente diseñada puede aumentar la capacidad de adaptación de un sistema sometido a mayor variabilidad.**

El Banco Mundial considera la mejora de la gestión del agua fundamental para la resiliencia hondureña y ha señalado que inversiones en hidroelectricidad con embalses pueden aportar simultáneamente almacenamiento, riego y protección frente a inundaciones, siempre bajo una planificación climáticamente resiliente. ([Banco Mundial](#))

Por ello, las nuevas obras no deberían dimensionarse exclusivamente utilizando un único escenario hidrológico estacionario.

Deben evaluarse múltiples escenarios.

***Impactos ambientales y sociales: condición indispensable de la planificación**

Defender científicamente la necesidad de almacenamiento no significa ignorar los impactos de las grandes obras.

Los embalses pueden modificar regímenes hidrológicos, continuidad fluvial, transporte de sedimentos, temperatura y calidad del agua, ecosistemas acuáticos y terrestres; también pueden requerir adquisición de terrenos o reasentamientos. ICOLD México y la FAO reconocen expresamente estos desafíos. ([ICOLD MÉXICO](#))

Todo proyecto deberá analizar como mínimo:

caudales ambientales; biodiversidad; conectividad de ecosistemas; transporte de sedimentos; calidad del agua; patrimonio cultural; reasentamiento cuando corresponda; compensaciones; seguridad aguas abajo; emisiones asociadas al embalse cuando sean relevantes; y participación de las comunidades desde las primeras etapas.

Por tanto, la política propuesta no consiste en:

“construir represas en todos los ríos”.

Consiste en:

identificar científicamente dónde el almacenamiento genera beneficios nacionales superiores a sus costos económicos, ambientales y sociales, y seleccionar para cada cuenca la solución técnicamente óptima.

En algunos lugares será una gran presa. En otros, una presa mediana, varios pequeños reservorios, almacenamiento fuera del cauce, recarga gestionada de acuíferos, recuperación de almacenamiento existente o una combinación de infraestructura gris y soluciones naturales.

***Seguridad de presas: una responsabilidad intergeneracional**

Una presa de gran capacidad es una infraestructura estratégica, pero también una estructura cuyo eventual fallo puede producir consecuencias extraordinarias aguas abajo.

La seguridad debe abarcar:

diseño sísmico; estabilidad estructural; capacidad de evacuación de avenidas extremas; filtraciones; subpresiones; comportamiento de cimentaciones; instrumentación; auscultación; inspecciones; mantenimiento electromecánico; planes de emergencia y sistemas de alerta.

La vida de una presa no termina cuando finaliza su construcción. Comienza allí una etapa que puede extenderse durante generaciones.

Por ello Honduras debería avanzar hacia un **Sistema Nacional de Seguridad de Presas**, con inventario georreferenciado, clasificación por riesgo potencial, protocolos de inspección, instrumentación obligatoria según categoría, auditorías independientes y planes de acción de emergencia.

Esta propuesta ya aparece conceptualmente en el documento inicial mediante la creación de una Autoridad Nacional de Seguridad de Presas.

***La verdadera pregunta: ¿cuánto almacenamiento necesita Honduras?**

Este constituye el problema central.

No debería establecerse una cifra arbitraria.

La capacidad objetivo debe surgir de balances hídricos realizados por cuenca y sistema de aprovechamiento:

$$\Delta S = P + Q_{in} - Q_{out} - ET - D - L$$

y, para planificación de largo plazo, de la relación entre oferta regulada y demanda:

$$D(t) = D_{urb}(t) + D_{agr}(t) + D_{ind}(t) + D_{energ}(t) + D_{amb}(t)$$

Debe determinarse la capacidad necesaria para satisfacer estas demandas con niveles preestablecidos de confiabilidad bajo secuencias hidrológicas históricas, sequías de diseño y escenarios climáticos.

Por tanto, no recomiendo afirmar todavía que Honduras necesita “X miles de millones de metros cúbicos” adicionales.

Primero debemos calcularlo.

Ese cálculo podría convertirse en una investigación nacional de enorme importancia.

***Propuesta de un Índice Nacional de Capacidad de Regulación Hídrica**

Como instrumento de planificación propongo desarrollar un **Índice de Capacidad de Regulación Hídrica (ICRH)**.

En su expresión más sencilla:

$$ICRH = \frac{V_{util}}{R_{anual}}$$

Donde V_{util} es el volumen útil de almacenamiento regulable y R_{anual} el recurso hídrico superficial anual de referencia de la unidad territorial estudiada.

Sin embargo, para planificación nacional convendría desarrollar una versión más avanzada que considere demanda y garantía:

$$ICRH^* = f\left(\frac{V_u}{D_a}, C, V_Q, G, S_d, E\right)$$

donde:

D_a = demanda anual;

CV_Q = variabilidad de los aportes;

G = garantía de suministro;

S_d = severidad de sequías;

E = pérdidas efectivas, incluyendo evaporación cuando corresponda.

No propongo todavía valores límite de clasificación porque deberían obtenerse mediante investigación y comparación internacional.

La utilidad del índice sería identificar qué cuencas hondureñas poseen una regulación suficiente y cuáles presentan los mayores déficits estructurales.

***Plan Maestro Nacional de Almacenamiento y Regulación Hídrica**

Honduras debería formular un **Plan Maestro Nacional de Almacenamiento y Regulación Hídrica con horizonte de 50–100 años**, revisable periódicamente.

Su primera fase debería realizar un inventario actualizado de embalses, presas, reservorios y sitios potenciales.

La segunda debería desarrollar balances hídricos por cuenca y subcuenca.

La tercera debería proyectar las demandas de agua potable, agricultura, industria, energía y requerimientos ambientales.

La cuarta debería determinar los déficits actuales y futuros bajo escenarios de 50 y 100 años.

La quinta debería analizar la capacidad de almacenamiento existente, su pérdida histórica por sedimentación y su capacidad útil remanente.

La sexta debería identificar emplazamientos potenciales utilizando topografía de alta resolución, geología, geotecnia, hidrología, sedimentología, ambiente, población, infraestructura y análisis económico.

Finalmente, cada alternativa debería someterse a evaluación multicriterio.

El resultado no sería simplemente una lista de presas.

Sería un **mapa nacional de seguridad hídrica** que indicaría dónde almacenar, cuánto almacenar, para qué almacenar y cuándo desarrollar cada infraestructura.

***Recuperar capacidad existente antes de construir exclusivamente capacidad nueva**

Existe otro principio fundamental.

Un metro cúbico de almacenamiento recuperado en un embalse existente puede, dependiendo del caso, resultar más económico y ambientalmente favorable que crear un metro cúbico completamente nuevo.

Por ello el Plan Maestro debería distinguir:

$$V_{\text{estratégico}} = V_{\text{existente conservado}} + V_{\text{recuperado}} + V_{\text{nuevo}}$$

Esta formulación cambia sustancialmente la política pública.

El objetivo deja de ser simplemente construir presas y pasa a ser **crear, conservar y recuperar capacidad nacional de regulación**.

Eso implica evaluar sedimentación de embalses existentes, rehabilitación de estructuras, modernización de compuertas, optimización operacional y, cuando sea viable, recuperación de capacidad.

***Priorización territorial**

El documento inicial propone estudiar y priorizar intervenciones en cuencas como Ulúa, Chamelecón, Choluteca, Nacaome y Aguán, y menciona proyectos asociados con la protección del Valle de Sula.

Estas referencias constituyen puntos de partida, no una priorización definitiva.

La selección científica debe realizarse utilizando criterios homogéneos:

riesgo de inundación; déficit de abastecimiento; población beneficiada; superficie potencial de riego; energía firme potencial; vulnerabilidad ante sequía; volumen regulable; sedimentación esperada; costo por metro cúbico regulado; impacto ambiental; impacto social; geología; seguridad; accesibilidad y beneficios económicos.

Una matriz multicriterio permitiría evitar decisiones fundamentadas únicamente en intereses sectoriales o coyunturales.

***Operación inteligente de los futuros embalses**

La infraestructura del siglo XXI no debería gestionarse exclusivamente mediante curvas de operación estáticas.

Las redes automáticas de precipitación y caudal, radares meteorológicos donde estén disponibles, pronósticos numéricos, sensores de nivel, comunicaciones en tiempo real, modelos hidrológicos e hidráulicos y sistemas de apoyo a decisiones permiten anticipar condiciones críticas.

Antes de una tormenta prevista, el operador puede evaluar el volumen de resguardo requerido.

Durante una sequía, puede optimizar asignaciones entre diferentes demandas.

Durante una avenida, puede estimar hidrogramas entrantes y estrategias de descarga compatibles con la seguridad de la presa y de las poblaciones aguas abajo.

CSR Consulting señala precisamente la importancia del monitoreo en tiempo real y de modelos predictivos para anticipar picos y gestionar niveles de manera proactiva. ([CSR Consulting](#))

Para Honduras, esta digitalización debería incorporarse desde el diseño y no como adaptación posterior.

***Dimensión económica del almacenamiento**

El costo de una presa es visible y concentrado: estudios, adquisición de tierras, construcción, equipamiento, mitigación y operación.

El costo de **no disponer de regulación suficiente** suele estar disperso:

Pérdidas agrícolas durante sequías; racionamientos; daños recurrentes por inundaciones; interrupción de carreteras y puentes; pérdida de producción industrial; importaciones energéticas; asistencia de emergencia y reconstrucción.

Una evaluación económica rigurosa debe comparar ambos lados.

Para un embalse multipropósito:

$$B_T = B_{agua} + B_{riego} + B_{energía} + B_{inundación} + B_{otros}$$

y el análisis debe realizarse sobre el ciclo de vida, incorporando operación, mantenimiento, sedimentación, mitigación ambiental y riesgo.

Esto permite valorar el almacenamiento como **capital hidráulico nacional**, no únicamente como obra pública.

***Política nacional: almacenar agua como estrategia de Estado.**

La construcción de infraestructura hidráulica de gran escala supera los períodos ordinarios de gobierno.

Los estudios pueden requerir años; la construcción otros tantos; la operación puede extenderse durante medio siglo, un siglo o incluso más cuando existe una adecuada gestión del activo y de los sedimentos.

Por ello, Honduras necesita transformar el almacenamiento de agua en una **política de Estado de carácter intergeneracional**.

Cada generación recibe infraestructura hidráulica construida por generaciones anteriores y tiene la responsabilidad de conservarla, modernizarla y ampliar la capacidad necesaria para las siguientes.

Un embalse correctamente seleccionado no debe evaluarse únicamente por lo que cuesta construirlo hoy.

Debe evaluarse por el agua, los alimentos, la energía, la protección y la resiliencia que puede proporcionar durante décadas.

***Conclusiones**

Honduras enfrenta un problema hídrico que no puede interpretarse únicamente en términos de precipitación anual. El elemento crítico es la **distribución temporal y espacial del recurso y la limitada capacidad de regularlo para hacerlo disponible cuando y donde se necesita**.

La existencia simultánea de inundaciones durante períodos húmedos y escasez durante períodos secos demuestra la necesidad de transformar una fracción de los excedentes temporales en reservas estratégicas.

Las presas y embalses multipropósito pueden desempeñar un papel fundamental al proporcionar almacenamiento para agua potable, riego, generación hidroeléctrica y laminación de avenidas. La evidencia internacional y la literatura técnica respaldan estas funciones, pero también muestran que ninguna presa elimina completamente el riesgo y que estas infraestructuras deben integrarse con ordenamiento territorial, conservación de cuencas, sistemas de alerta y gestión ambiental. ([El blog de Víctor Yepes](#))

La sedimentación constituye uno de los principales desafíos de largo plazo. Aunque los estudios convencionales suelen emplear horizontes de diseño de aproximadamente 50–100 años, la vida funcional real del almacenamiento no está determinada exclusivamente por el tamaño de la obra, sino por la producción de sedimentos de la cuenca, la relación almacenamiento/aporte y medidas de gestión. La ingeniería contemporánea debe aspirar a preservar la capacidad útil durante períodos superiores cuando sea posible, abandonando progresivamente el concepto de embalse como infraestructura inevitablemente consumible. ([MDPI](#))

En consecuencia, **Honduras no necesita simplemente más represas: necesita mayor capacidad estratégica, sostenible y segura de regulación hídrica**.

La política nacional debería fundamentarse en cuatro acciones inseparables: conservar la capacidad existente, recuperar almacenamiento perdido donde resulte viable, construir

nueva capacidad donde los estudios demuestren su conveniencia y proteger las cuencas que alimentan esos sistemas.

La recomendación principal de este artículo es formular un **Plan Maestro Nacional de Almacenamiento y Regulación Hídrica**, con horizonte mínimo de 50–100 años, acompañado de un sistema nacional de seguridad de presas, monitoreo hidrometeorológico moderno y planificación por cuencas.

El interrogante que debe orientar la siguiente fase de investigación ya no debería ser:

¿Necesita Honduras construir más represas?

La pregunta científicamente correcta es:

¿Qué capacidad de almacenamiento y regulación necesita Honduras, en qué cuencas debe localizarse y mediante qué combinación de infraestructura puede garantizarse la seguridad hídrica, alimentaria y energética de su población durante los próximos 100 años?

Responder cuantitativamente esa pregunta permitiría pasar del diagnóstico a una verdadera política nacional de infraestructura hídrica.

Referencias principales consultadas

Berga, L. (2006). *El papel de las presas en la mitigación de las inundaciones*. Ingeniería Civil, 144, 7–13. Referenciado y sintetizado por Víctor Yepes. ([El blog de Víctor Yepes](#))

Comité Mexicano de Grandes Presas — ICOLD México. *El ABC de las Presas: Fundamentos, Importancia y Desafíos*. ([ICOLD MÉXICO](#))

FAO-AQUASTAT. *Geo-referenced Database on Dams y Perfil de país: Honduras*.

World Bank. *Leveraging Support to Improve Climate Resilience through Water Security: The Honduras Experience*. ([Banco Mundial](#))

World Bank. *Hydropower*. Consideraciones sobre generación, flexibilidad y sostenibilidad ambiental y social. ([Banco Mundial](#))

Kondolf, G. M. et al. (2014). *Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: Experiences from five continents*. Earth's Future. ([AGU Publications](#))

Randle, T. J. et al. (2021). *Sustaining United States reservoir storage capacity: Need for a new paradigm*. Journal of Hydrology, 602, 126686. ([ScienceDirect](#))

ACI Corporation. *La importancia del control de inundaciones y cómo se ejecuta*. ([ACI Corporation English](#))

CSR Consulting. *La importancia crucial del correcto uso de las represas de agua durante la temporada de lluvias*. ([CSR Consulting](#))

Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE). Información institucional sobre el desarrollo hidroeléctrico hondureño y la Central Francisco Morazán. ([Enel Honduras](#))