

# ALERTA POR INUNDACIONES PARA LA CUENCA DEL RIO LEMPA

Lic. Guillermo Renderos

Dirección General del Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, San Salvador, El Salvador.

grenderos@ambiente.gob.sv

**Resumen** - El comportamiento que un río puede experimentar frente a las condiciones atmosféricas pronosticadas, puede resultar de gran interés para diferentes sectores y usuarios, ubicados tanto dentro o fuera a la cuenca hidrográfica. Las condiciones de desbordamiento en comunidades vulnerables asentadas en la ribera, el comportamiento respecto a un nivel base para identificar una posible disponibilidad del recurso, la identificación de crecidas que puedan afectar la operatividad en plantas hidroeléctricas, son algunas de los usos que puede tener los pronósticos de caudales. Se ha desarrollado un modelo hidrológico conceptual (HBV) que permite generar un pronóstico de caudales de corto plazo en diferentes puntos ubicados en el cauce principal del Río Lempa, para un periodo de tiempo menor o igual a 24 horas. Este, se ha implementado a través de procesos automáticos, que permiten informar las condiciones previstas de forma oportuna, utilizando el sistema Delft-FEWS. Se describe la metodología de estimación utilizada y la aplicación de los resultados de salida de dicho proceso.

**Palabras clave:** modelo hidrológico, inundación, Río Lempa, pronóstico corto plazo.

**Abstract** – The forecast of water flows allows technicians estimate the overflow conditions in vulnerable communities located on the riverbank, the behavior with respect to a base level to identify possible availability of the resource, also are used to identify floods that may affect the operation of hydroelectric plants, among other uses. A conceptual hydrological model (HBV) has been developed by the Observatory allowing to generate a short-term flow forecast at different points located in the main channel of the Lempa River, for a period of time less than or equal to 24 hours. This has been implemented through automatic processes. The estimation methodology used and the application of the output results of said process are described.

**Key words:** hydrological model, flood, Lempa River, short-term forecast.

## I. INTRODUCCIÓN

El comportamiento que un río puede experimentar frente a las condiciones atmosféricas a ocurrir (distribución temporal y espacial de lluvias, temperaturas, etc.), puede resultar de gran interés para diferentes sectores y usuarios, ubicados tanto dentro o fuera de la cuenca hidrográfica. Población expuesta y vulnerable frente a inundaciones, centrales hidroeléctricas, plantas potabilizadoras, distritos de riego, entre otros, son algunos de los usuarios directos de dicha información. Dentro del proyecto, se ha desarrollado un modelo hidrológico

conceptual que permite generar pronósticos de caudales de corto plazo, para un periodo de tiempo menor o igual a 24 horas, en un mínimo de dos puntos ubicados el cauce principal de la cuenca alta del río Lempa, se destacan los puntos que se encuentra la estación hidrométrica “El Zapotillo” en el municipio de Masahuat y la estación Hidrométrica “Tamarindo” entre los municipios de El Paisnal y Nueva Concepción.

El modelo hidrológico ha sido construido en una plataforma moderna e innovadora llamada “Delft FEWS”, la cual posibilita: el ingreso de datos de múltiples fuentes, su procesamiento, transformación, obtención de información en formatos visuales y

numéricos, así como, la integración con interfaces de comunicación inmediata, como correos, mensajes de texto, Chat0, con el fin de transmitir información relevante que alerte sobre posibles inundaciones que pueden generar impactos negativos en las cercanías del cauce del río Lempa. Entre las ventajas más valiosas del sistema, se encuentran la facilidad que ofrece para integrar otros modelos hidrológicos, ya construidos en otros programas o que puedan construirse en el futuro.

## II. ALERTA POR INUNDACIONES PARA LA CUENCA DEL RIO LEMPA

### a. Importancia de la mejora continua de modelos para la cuenca del Río Lempa

La región hidrográfica más importante de El Salvador es el Río Lempa, tanto por la extensión territorial que representa, como la población y sectores que utilizan el recurso hídrico de la misma. Debido a la complejidad (actores, usuarios, población general, etc.) se requieren esfuerzos para poder generar modelos de pronóstico de caudales operativos, que consideren suficientes datos de entrada permitiendo representar la complejidad de la cuenca, y generando pronósticos con una incertidumbre baja; haciendo de los resultados información de utilidad directa para los usuarios interesados.

Se ha desarrollado el modelo hidrológico de escorrentía en la cuenca Lempa Alta con base a:

- Disponibilidad de información y datos de entrada (modelos meteorológicos, datos de nivel/caudal observados, descargas realizadas y pronosticadas en las centrales hidroeléctricas, entre otros).
- Actividades o sectores que utilizan el recurso de forma directa del cauce (sitios de riego, plantas potabilizadoras, etc).
- La factibilidad de desarrollar modelos hidrológicos en las regiones hidrográficas próximas, al convertirse en información de entrada a dichos sistemas, reduciendo la complejidad.

El producto final del modelo, pretende beneficiar a los habitantes y agricultores de las riberas de los municipios de Masahuat, San Pablo Tacachico, El Paisnal y Nueva Concepción, operadores de la planta potabilizadora "Torogoz", y operadores de la Central Hidroeléctrica Cerrón Grande, de la Comisión

Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa (CEL). Específicamente al brindar información útil acerca del comportamiento esperado en el cauce principal.

### b. Sistema Delft FEWS

Delft FEWS, Sistema de Pronóstico Temprano de Crecidas, por sus siglas en inglés, es un software especializado en el manejo y procesamiento de información hidrológica. Permitiendo construir sistemas flexibles y modulares, e integrando tanto nuevas herramientas, como otros modelos para la misma u otras cuencas, el sistema ya implementado no interrumpe su funcionamiento, adaptándose así a diferentes necesidades (Deltares, 2022). Entre estas necesidades se encuentran cálculo de índices de sequía, integración de datos y fuentes de entrada, generación de visualizaciones y comunicación de los resultados, entre otros.

Las herramientas que se desarrollan en Delft FEWS dependen de los formatos de datos de entrada, funciones de procesamiento y las necesidades de las visualizaciones de los resultados, u otros que defina el usuario. Entre los principales usos de este sistema se encuentra la operatividad de modelos de pronóstico de caudales para alerta temprana por inundaciones, así como modelos de pronósticos de sequía y cálculos de disponibilidad del recurso hídrico.

### c. Modelo conceptual HBV

Como base de la herramienta de pronóstico de caudales subdiario y de corto plazo, se ha utilizado el modelo hidrológico conceptual HBV, Balance Hídrico de Cuencas por sus siglas en sueco. Este modelo calcula la distribución, almacenamiento y flujo del agua, a través de diferentes componentes del ciclo hidrológico superficial y subsuperficial, dentro de una cuenca hidrográfica definida.

El modelo trabajado para la base de conocimiento que consultará Chat0, ha definido como área de estudio, la cuenca alta del río Lempa, la cual tiene un área aproximada de 6,140 km<sup>2</sup> desde sus límites en Guatemala y honduras, hasta el punto de control estación hidrométrica Tamarindo. Dentro del modelo se han definido dos puntos de pronóstico, siendo estas la estación "El Zapotillo" y la estación "Tamarindo".

Con la finalidad de generar un pronóstico

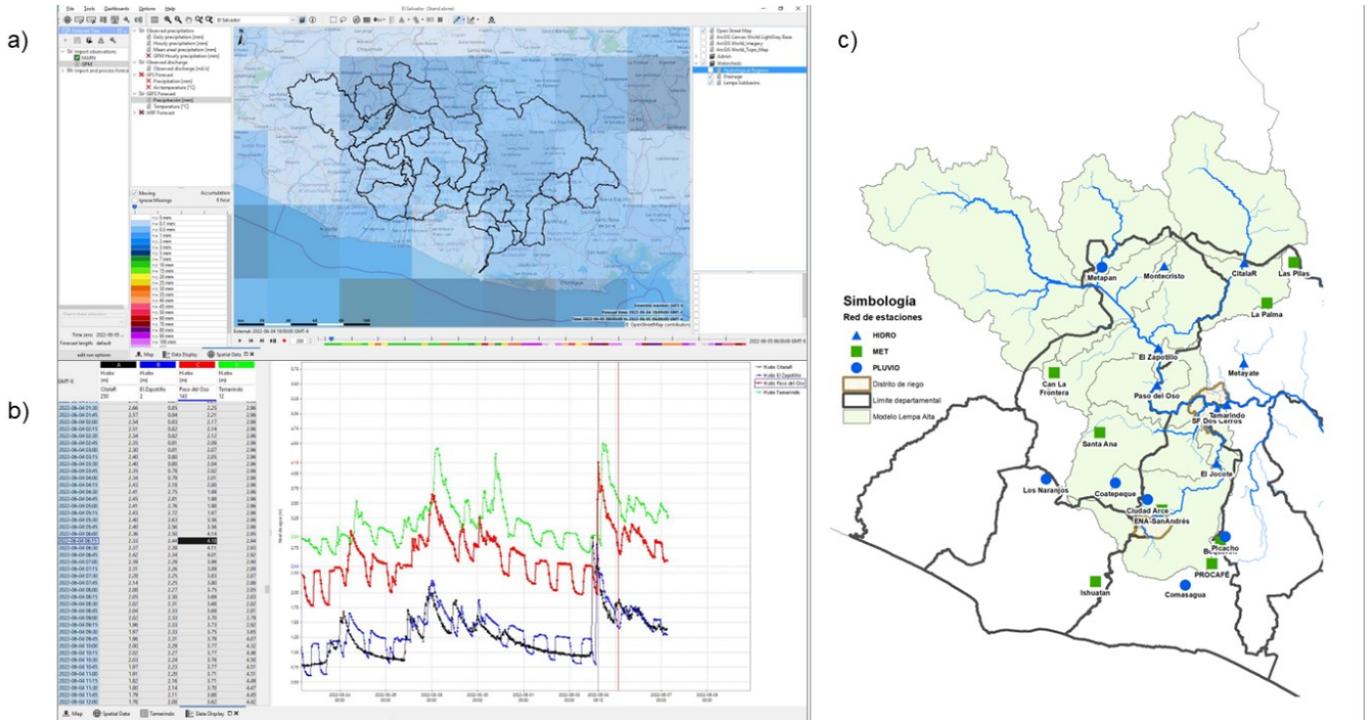


Fig. 1. (a) Sistema Delft FEWS configurado para las cuencas del río Lempa, El Salvador. (b) Visualización de valores de nivel en estaciones hidrométricas ubicadas en la cuenca alta del río Lempa. (c) Modelo de pronóstico hidrológico para la cuenca Lempa Alta construido en el proyecto.

probabilístico de caudales, para una ventana de 24 horas, Delft FEWS ingresa y procesa modelos meteorológicos de precipitación y temperatura globales como el Sistema Global de predicción GFS, el Sistema de Predicción Global Ensamblado GEFS; modelos regionalizados como el Modelo WRF para El Salvador; valores de lluvia obtenidas por hidroestimadores (GPM), datos observados de la red convencional y telemétrica de la DOA e información sobre descargas de las centrales hidroeléctricas.

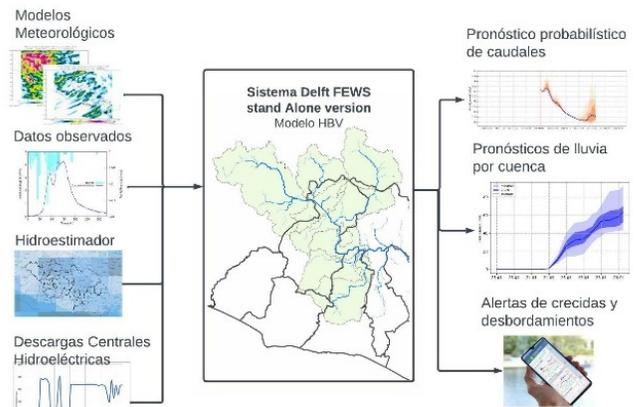


Fig. 3. Esquema de operatividad del modelo de pronóstico hidrológico de la cuenca alta del río Lempa.

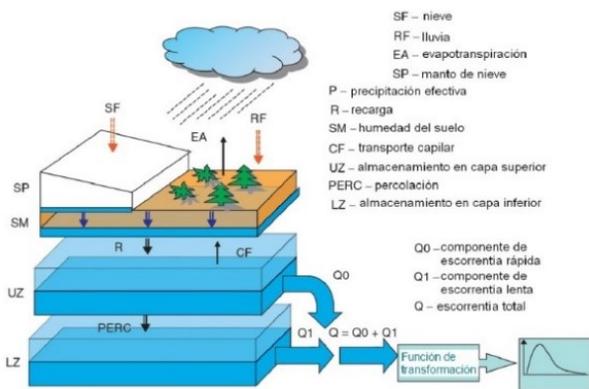


Fig. 2. Esquema simplificado de la estructura del modelo HBV para una cuenca hidrográfica. Solomatine y Wagener (2011).

d. Zona de inundación y alerta temprana.

Las crecidas en el nivel del río Lempa representan amenazas de inundaciones para diferentes usuarios, que requieren conocer con anticipación si estas crecidas alcanzan condiciones de desbordamiento tales que tengan que tomar acciones anticipadas para reducir los impactos en bienes y servicios.

Con los resultados obtenidos, se ha identificado que aproximadamente 45 [km] ^2 ubicados dentro de los distritos de riego Aticoyo Norte y Aticoyo Sur se encuentran en zonas de amenaza por inundación alta. Así mismo, el modelo probabilístico de inundaciones para un evento de 5 días de duración y 25 años de periodo de recurrencia, se estiman columnas de agua que podrían alcanzar máximos entre los 6 a 8 metros en dichos sectores (Figuras 3 y 4). Los pronósticos de caudales en El Zapotillo y Tamarindo permitirán alertar por posibles ocurrencias de desbordamiento y crecidas entre 1 hora y 24 horas de antelación.

### III. CONCLUSIÓN

Los resultados del modelo de pronóstico son interpretados por técnicos de alertamiento temprano por inundaciones del Centro de Pronóstico Hidrológico, de forma que puedan mantener informados a los diferentes usuarios de interés. Además, el sistema cuenta con un proceso automático de envío de alertas a través de la aplicación de mensajería "Telegram". La información principal que se comparte con usuarios clave es:

- Alertas por crecidas. se comparten gráficos y mensajes indicando que se alcanzaran umbrales de amenaza predefinidos, entre estos, umbrales de crecidas y desbordamientos.
- Disponibilidad de caudal: se divulga el resumen semanal y pronóstico de 24 a horas del volumen o caudal disponible entre los valores registrados y el valor base estadístico. Esta información será de mayor utilidad a los tomadores de decisión, principalmente en estación seca o en condiciones de caudales por debajo del nivel base.

Amenaza de inundación Distrito de Riego Aticoyo

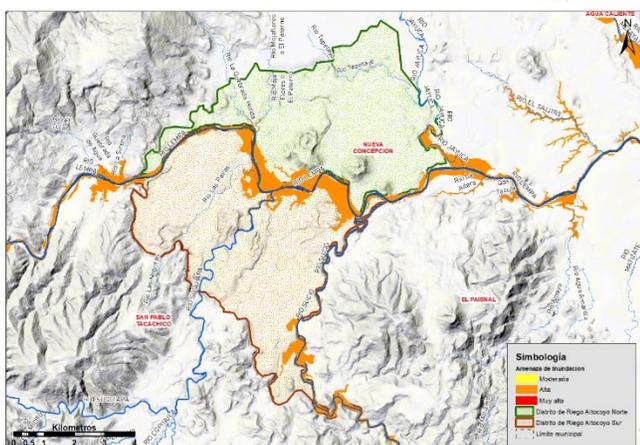


Figura 3. Mapa de amenaza de inundación en Distrito de Riego Aticoyo.

Zona de inundación Distrito de Riego Aticoyo

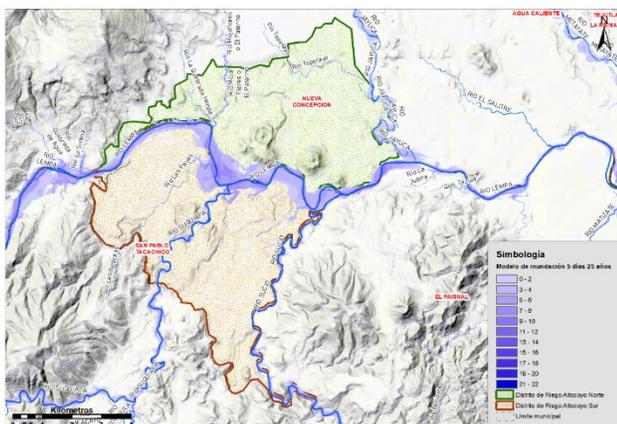


Figura 4. Modelo de altura de inundación por evento de lluvias de 5 días y 25 años de recurrencia.

### REFERENCIAS

Solomatine DP and Wagener T (2011) Hydrological Modeling. In: Peter Wilderer (ed.) Treatise on Water Science, vol. 2, pp. 435–457 Oxford: Academic Press.  
 Deltares, 2022. Delft-FEWS - oss.deltares.nl. [online] Oss.deltares.nl. Available at: <<https://oss.deltares.nl/web/delft-fews>> [Accessed 1 June 2022].