

Primeros resultados de la red actual de monitoreo hidrometeorológico de Cuenca, Ecuador

MSc. Carlos Javier Fernández de Córdova Webster e-mail: jfernand@etapa.net.ec
Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca. Universidad del Azuay. Cuenca. Ecuador.

Dra. Yakelín Rodríguez López e-mail: yake@cih.cujae.edu.cu
Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH)
Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (Cujae). La Habana. Cuba.

RESUMEN

El monitoreo hidrometeorológico es básico para lograr un adecuado manejo y conservación de los recursos hídricos, así como para conocer el funcionamiento de sistemas de drenaje o para establecer un sistema de alerta temprana. En la ciudad de Cuenca existen algunas redes de monitoreo hidrometeorológico, siendo la más importante la de la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA EP). En los últimos años se ejecutó un plan de modernización y mejoramiento de la red hidrometeorológica de ETAPA EP, que ha posibilitado que la mayoría de estaciones transmitan datos prácticamente en tiempo real con lo que se visualiza y analiza la información hidrometeorológica de forma instantánea permitiendo generar alertas para tomar precauciones ante posibles inundaciones.

Palabras clave: ETAPA EP, manejo y conservación de los recursos hídricos, monitoreo hidrometeorológico, sistema de alerta temprana, tiempo real.

First results of the current network of hydrometeorological monitoring in Cuenca, Ecuador

ABSTRACT

The hydrometeorological monitoring is essential for proper management and conservation of water resources and to understand the functioning of drainage systems or to establish an early warning system. In the city of Cuenca there are some hydrometeorological monitoring networks, the Municipal Public Company of Telecommunications, Water, Sewerage and Sanitation of Cuenca (ETAPA EP) is the most important, as it has stations in the basins of four major rivers across the city. In recent years a modernization and improvement of the hydrometeorological network ETAPA EP has allowed most stations transmit information in nearly real time, allowing hydrometeorological information being displayed and analyzed instantly to generate alerts and take precautions against possible floods.

Keywords: ETAPA EP, management and conservation of water resources, hydro-meteorological monitoring, early warning system, real-time.

INTRODUCCIÓN

La gestión integral y manejo responsable de los recursos hídricos en una región solo se puede lograr si se cuenta con información hidrológica actualizada, organizada y de calidad, lo que permite a los usuarios y autoridades decidir respecto a la repartición adecuada del agua, construcción de obras para sistemas de dotación, disminuir los posibles efectos causados por sequías o inundaciones (FONAG 2011).

El constante cambio de uso de suelo y la pérdida de cobertura vegetal generado por el aumento poblacional con el consiguiente crecimiento de las ciudades están provocando que las cuencas de los ríos cambien su comportamiento hidrológico, razón por la cual se hace imprescindible medir y cuantificar con mayor detalle las diferentes variables climáticas como temperatura, precipitación y niveles de los ríos.

La ciudad de Cuenca, que tiene 505 585 habitantes según el último Censo de Población y Vivienda realizado por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos en el año 2010, está ubicada en la provincia del Azuay al sur del Ecuador, geográficamente se encuentra entre las coordenadas 2° 39' a 3° 00' de latitud sur y 78° a 79° 26' de longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar que varía de 100 a 4560 m. La zona urbana se encuentra a una altitud de 2560 m.s.n.m. aproximadamente. Limita al norte con la Provincia del Cañar, al sur con los cantones Camilo Ponce Enríquez, San Fernando, Santa Isabel y Girón, al oeste con las Provincias del Guayas y hacia el este con los cantones Paute, Gualaceo y Sígsig. El cantón Cuenca está dividido en 15 parroquias urbanas y 21 parroquias rurales, al conjunto de las 15 parroquias urbanas se les denomina la ciudad de Cuenca y tiene un área de 72,32 km² (Universidad de Cuenca 2013).

La parte urbana de la ciudad de Cuenca se encuentra atravesada por varios ríos y quebradas, siendo los más importantes el Tomebamba, Yanuncay, Machángara y Tarqui (figura 1), estos cursos de agua son las fuentes proveedoras de líquido vital para la ciudad pero también han sido causantes de varios problemas relacionados con las inundaciones, en este sentido el presente trabajo pretende dar a conocer el sistema actual de monitoreo hidrometeorológico que tiene la empresa ETAPA EP en la ciudad de Cuenca, y los primeros resultados que se han obtenido de la información importante que ha generado esta red.

La Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA EP), perteneciente al Ilustre Municipio de Cuenca, es quien realiza la prestación de los servicios básicos a la ciudad desde su creación en el año 1968, siendo una de sus atribuciones la descrita en la ordenanza de constitución y funcionamiento de la empresa (ICCC 2010):

“Ejecutar y coordinar políticas ambientales y programas de acción, dirigidos a proteger, cuidar y recuperar los recursos hídricos y fuentes de agua, los bosques y vegetación naturales del cantón y de las cuencas hídricas respectivas...”, razón por la cual se ha preocupado en monitorear las cuencas hidrográficas de los ríos que abastecen de agua potable a la ciudad.

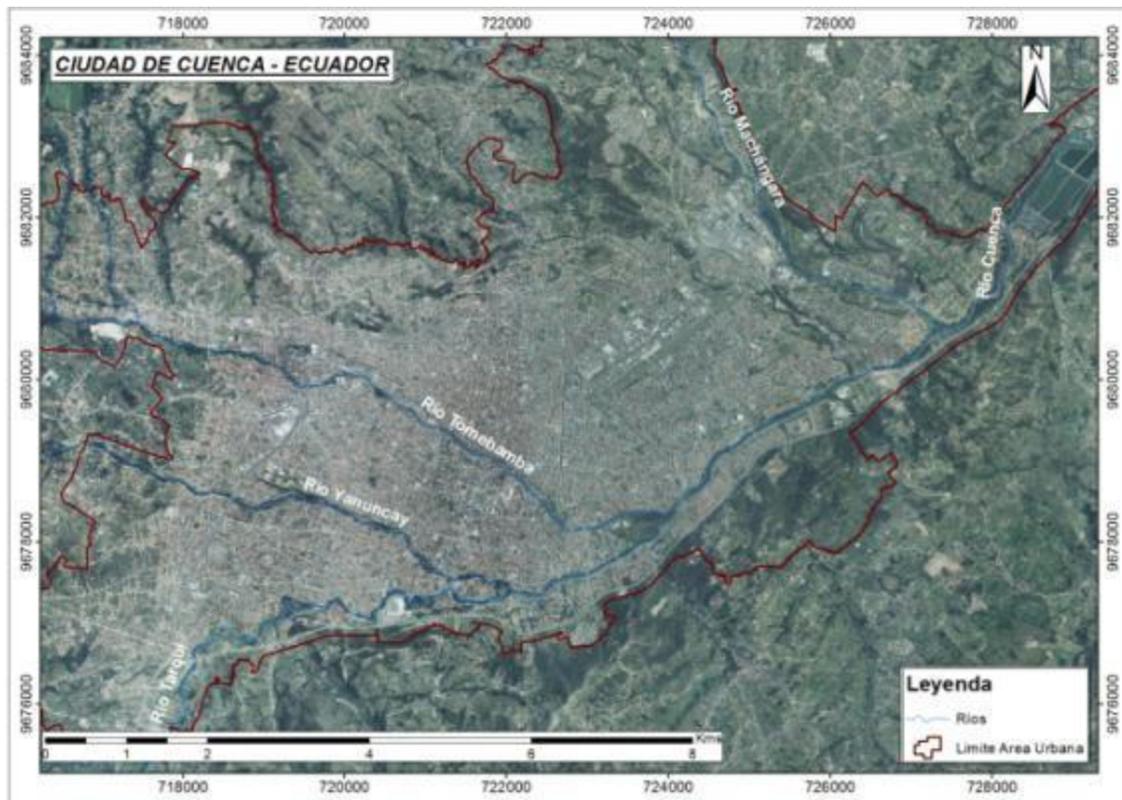


Figura 1. Ciudad de Cuenca – Ecuador

REDES DE MONITOREO HIDROMETEOROLOGICO EN LA CIUDAD DE CUENCA

El monitoreo hidrometeorológico en la ciudad de Cuenca se inicia en los años sesenta a través del Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología (INAMHI) que instaló en las cuencas de los ríos Tarqui, Tomebamba, Machángara y Cuenca, algunas estaciones de tipo climatológicas, limnimétricas y limnigráficas, las cuales han generado importante información climatológica y de caudales a nivel diario.

En el año 1997 el Cuerpo Suizo de Socorro (CSS) a través del proyecto denominado PRECUPA diseñó e implementó la Red Hidrometeorológica Unificada de la cuenca del río Paute (RHUP) y se entregó a la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA EP) su operación y mantenimiento (Larriva y Fernández de Córdova 2014).

Se instalaron dieciocho (18) estaciones hidrológicas, pluviométricas y mixtas, ubicadas respectivamente, en la salida, parte alta y media de las cuencas de los ríos Tomebamba, Machángara, Yanuncay, Tarqui, Cuenca, Burgay y Gualaceo (figura 2), que permiten obtener mediciones de variables hidrometeorológicas con intervalos de tiempo menores de una hora. De estas estaciones, nueve transmiten la información cada cuatro horas vía radio señal VHF, las otras nueve (9) no cuentan con sistema de transmisión de datos, por lo que la información se descarga de forma manual.

El Parque Nacional Cajas (PNC), que es una zona protegida, manejada por la empresa ETAPA EP, con una superficie de 28 544 ha, está integrado por más de 150 lagos con áreas mayores que una hectárea en donde nacen dos de los ríos más importantes de la ciudad como son el Tomebamba y Yanuncay, que aportan gran cantidad de agua para abastecer de líquido vital a la ciudad. En el año 2012 se diseñó una red de monitoreo hidrometeorológico para el Parque Nacional Cajas con la finalidad de generar información para realizar estudios e investigaciones en el área y establecer indicadores sobre el manejo y gestión del PNC.

En función del plan de gestión de riesgos en los sistemas de agua potable y alcantarillado, del diseño de la red hidrometeorológica del PNC y la necesidad de incorporar nuevas estaciones para el monitoreo ambiental de las cuencas altas de los ríos que sirven como fuente de agua potable para la ciudad, se diseñó un plan de mejoramiento para la Red Hidrometeorológica Unificada de la cuenca del río Paute, que incluía la adquisición de nuevos equipos y el cambio de plataforma de transmisión de datos (Larriva y Fernández de Córdova 2014).

La red actual de monitoreo hidrometeorológico de ETAPA EP cuenta con cincuenta y siete (57) estaciones, incluidas las 18 estaciones con las que inició la RHUP (figura 3).

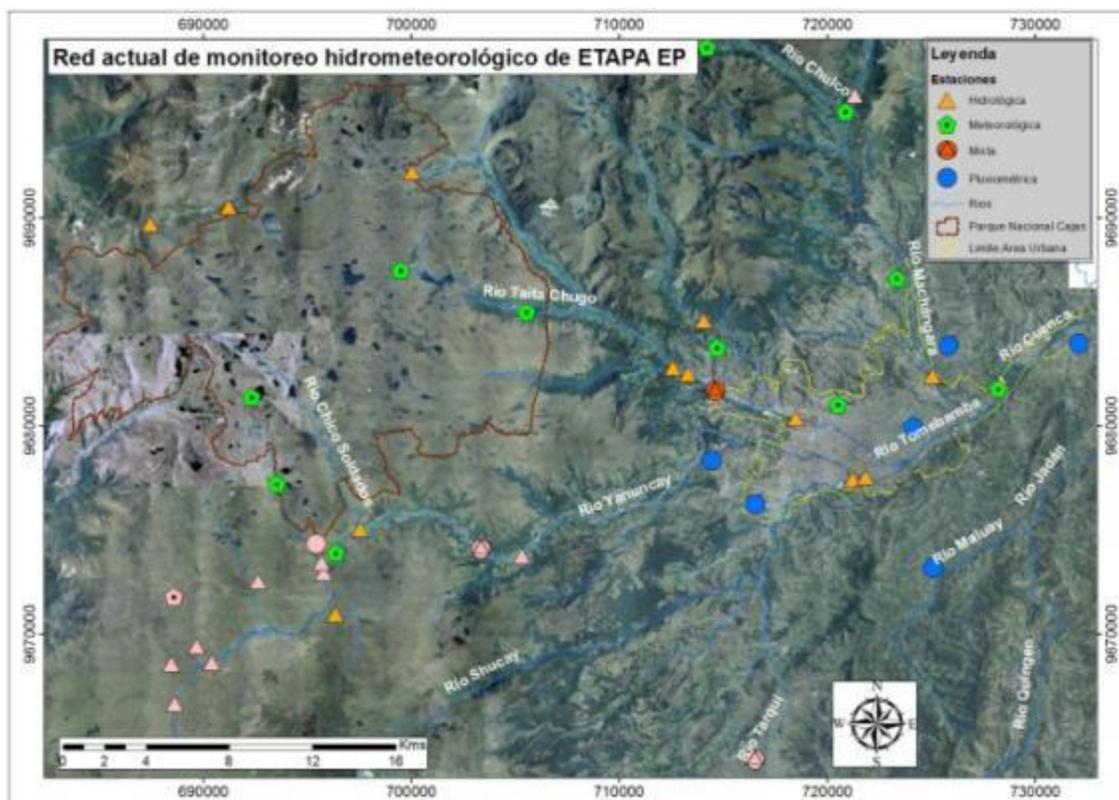


Figura 3. Red actual de monitoreo hidrometeorológico de ETAPA EP

Del total de estaciones:

- 14 son meteorológicas automáticas: 7 con sistema de transmisión CDMA, 5 GPRS y 2 no cuentan con transmisión;
- 11 pluviométricas: 3 transmiten los datos vía radio, 6 lo hacen mediante GPRS y 2 no tienen transmisión;

- 5 mixtas: 1 transmite vía radio, 1 con GPRS y 3 no tienen transmisión;
- 27 hidrológicas: 10 con GPRS, 3 CDMA, 1 radio y 13 no cuentan con sistema de transmisión.

Las estaciones meteorológicas automáticas están compuestas por un pluviómetro de balancín para registrar la precipitación y diversos sensores que miden: velocidad y dirección del viento, radiación solar, temperatura y humedad relativa del aire, presión atmosférica, temperatura y humedad del suelo (figura 4).

Para medir el nivel del agua en las estaciones hidrológicas se utilizan sensores ultrasónicos, de presión absoluta y de presión ventilado, además de una escala limnométrica (regleta) para verificar las lecturas que entregan los equipos y una tarabita o pasarela para realizar los aforos y determinar las curvas de descarga (figura 5).



Figura 4. Estación meteorológica



Figura 5. Estación hidrológica

Las nuevas estaciones de la red funcionan con energía renovable a través de un panel solar de 20 o 30 watt que se conecta a una batería de 12 volt, la que alimenta cada uno de los sensores y equipos que componen la estación.

Cada estación tiene un registrador de datos (datalogger) que puede incorporar varios sensores a la vez, a través de las diferentes salidas analógicas o digitales que posee, es totalmente programable ya sea desde la misma estación o vía remota, lo que permite filtrar datos erróneos directamente en la estación, introducir diversas fórmulas como curvas de descarga para obtener caudales en función de la lectura de nivel o colocar valores que disparen una alerta en los diferentes parámetros que registra la estación.

Transmisión de datos

El tipo de tecnología a utilizar en cada una de las estaciones se determinó a partir del estudio de cobertura para transmisión de datos realizado en diciembre del año 2012.

En la parte urbana de la ciudad de Cuenca se optó por transmisión vía GPRS y en el resto de estaciones se utilizó la tecnología CDMA.

Luego de varias pruebas de consumo de energía en cada una de las estaciones se logró determinar el intervalo de tiempo óptimo para la transmisión de datos: en estaciones con la tecnología GPRS el intervalo de tiempo es de cinco minutos, mientras que en las que funcionan con CDMA se programaron los dataloggers para transmitir datos cada hora.

Gestión de la información y de las estaciones

La operación de las nuevas estaciones de la red hidrometeorológica de ETAPA EP se visualiza a través de un software, propio de los dataloggers utilizados, que permite observar el funcionamiento de cada una de las estaciones, así como el estado de transmisión de datos, también se puede conectar vía remota a cada estación para descargar datos o cambiar los programas de la configuración del equipo.

Con la finalidad de contar con una herramienta que permita ver el funcionamiento de la nueva red hidrometeorológica así como los datos instantáneos, horarios y diarios de las diferentes estaciones, se creó una aplicación web que posibilita visualizar la red desde cualquier lugar del mundo a través del internet.

Esta aplicación muestra los datos crudos de cada estación, sin embargo, mediante programación se pueden introducir fórmulas o ecuaciones para obtener otra información a partir de los datos que generan las estaciones, así por ejemplo se pueden calcular caudales a partir de niveles en una estación hidrológica o se podrían obtener valores máximos, medios, mínimos de diferentes variables en diversas escalas temporales (figura 6 y figura 7).

La aplicación web constituye un primer paso para el establecimiento de un sistema de alerta temprana para la ciudad de Cuenca, que aunque muy básico es de mucha utilidad para enfrentar problemas derivados de lluvias intensas y caudales extremos, pues la aplicación es monitoreada las 24 horas del día a través del centro de monitoreo y control que tiene la empresa ETAPA EP.

El personal de este departamento es el encargado de avisar al técnico de turno sobre cualquier incremento en los caudales de los ríos, con lo cual se puede alertar y coordinar con las diferentes instituciones sobre cualquier problema relacionado con inundaciones.

En la aplicación web de la red actual de monitoreo hidrometeorológico se creó una plataforma de alerta de caudales en donde se visualizan las principales estaciones hidrológicas de los ríos Tomebamba, Yanuncay, Machángara y Tarqui.

Las estaciones se observan de color verde cuando el caudal está normal, a medida que se incrementa el volumen de agua en los ríos, el símbolo de la estación puede cambiar de color según el estado de la misma, amarillo representa una pre-alerta y rojo constituye una alerta (figura 8).

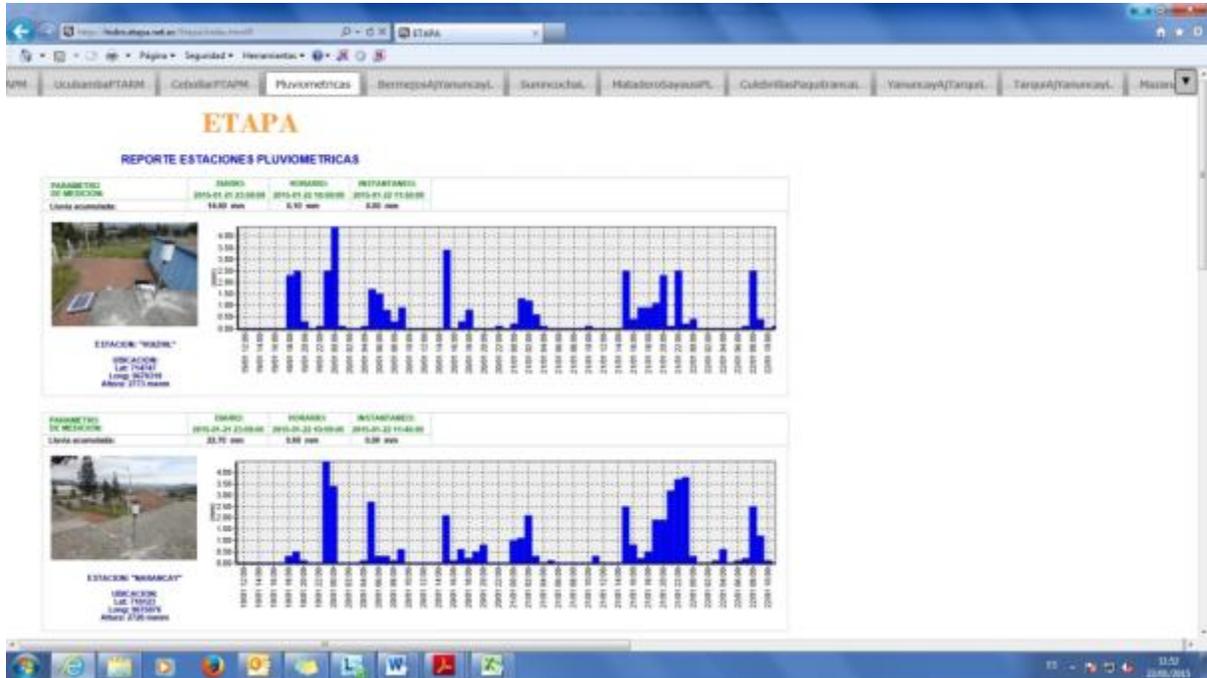


Figura 6. Reporte de estaciones pluviométricas en la aplicación web

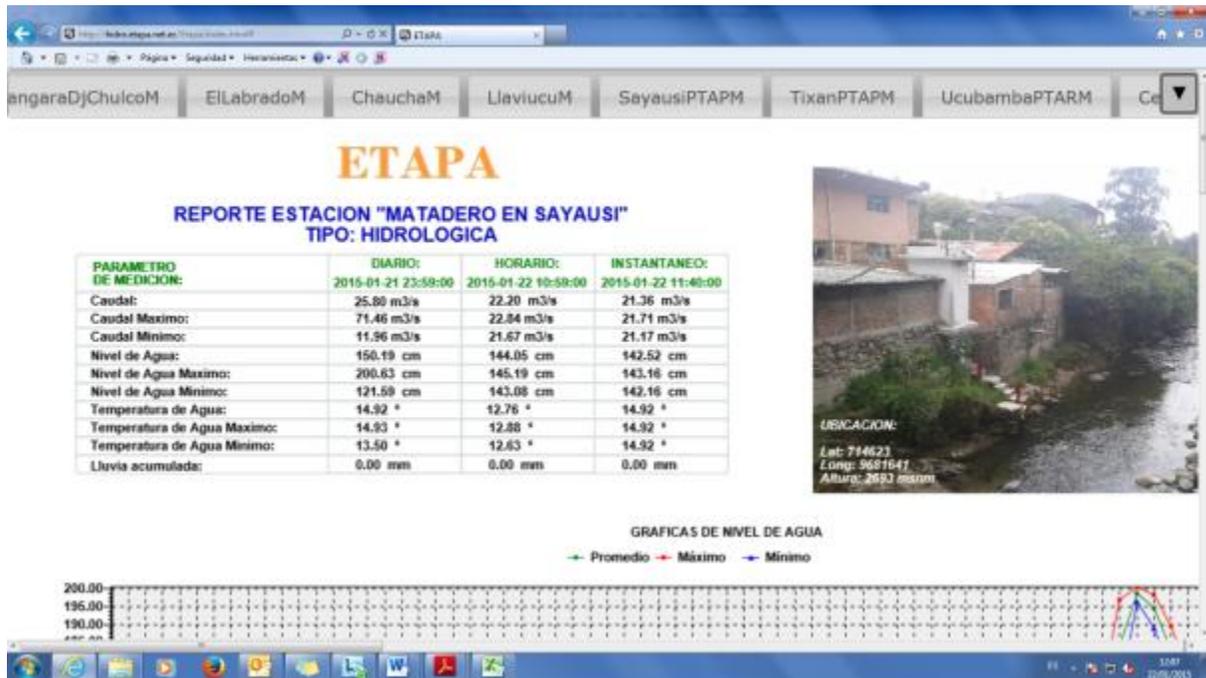


Figura 7. Reporte de una estación hidrológica en la aplicación web

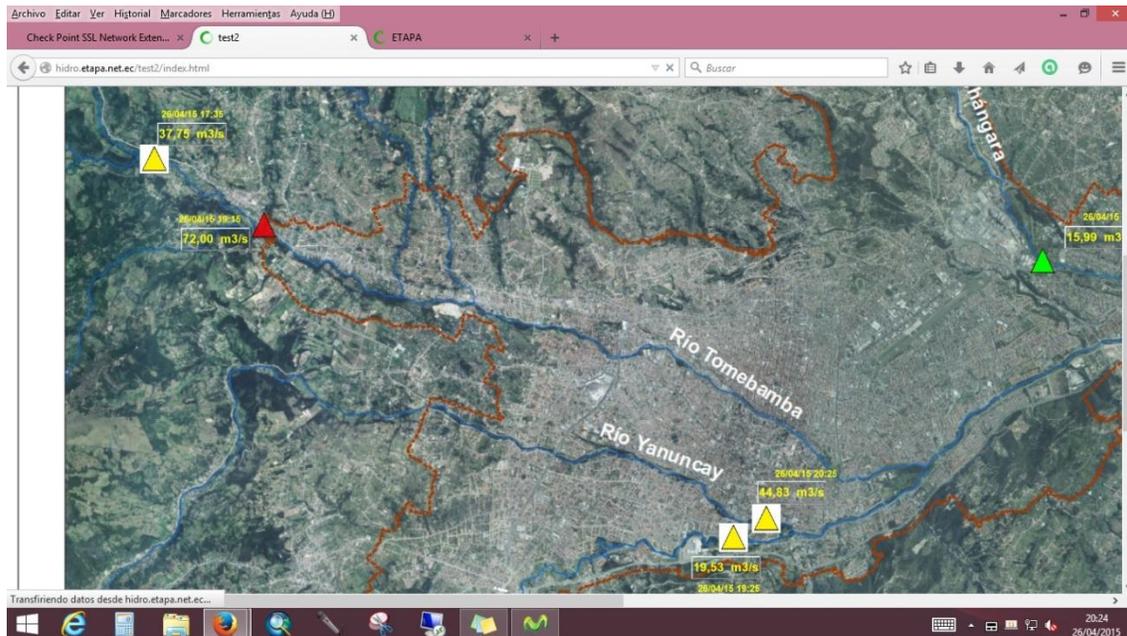


Figura 8. Plataforma de alerta de caudales

PRIMEROS RESULTADOS DE LA RED ACTUAL DE MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO DE ETAPA EP

La modernización de la red de monitoreo hidrometeorológico que tiene la empresa ETAPA EP ha permitido generar información con una mejor calidad y resolución temporal, lo que ha posibilitado analizar inmediatamente cualquier evento extremo como el ocurrido el 21 de abril, debido a que la información llega de manera instantánea al servidor de la empresa, y es posible descargarla para procesarla y generar cualquier reporte o informe (figura 9).

La aplicación web a partir de los datos recopilados de la red actual de monitoreo hidrometeorológico está generando importante información de precipitación, niveles y caudales que ha permitido tomar precauciones y medidas para enfrentar problemas derivados de lluvias intensas y caudales extremos.

Uno de los eventos más recientes se produjo en el río Yanuncay el 21 de abril del 2015, en donde a través del monitoreo permanente que se realiza a las estaciones de la red hidrometeorológica de ETAPA EP se pudo alertar con más de una hora de anticipación sobre la llegada del pico de la creciente a la parte urbana de la ciudad, lo que permitió coordinar con las diferentes instituciones involucradas con el tema de inundaciones y tomar precauciones para evitar pérdidas materiales y humanas.

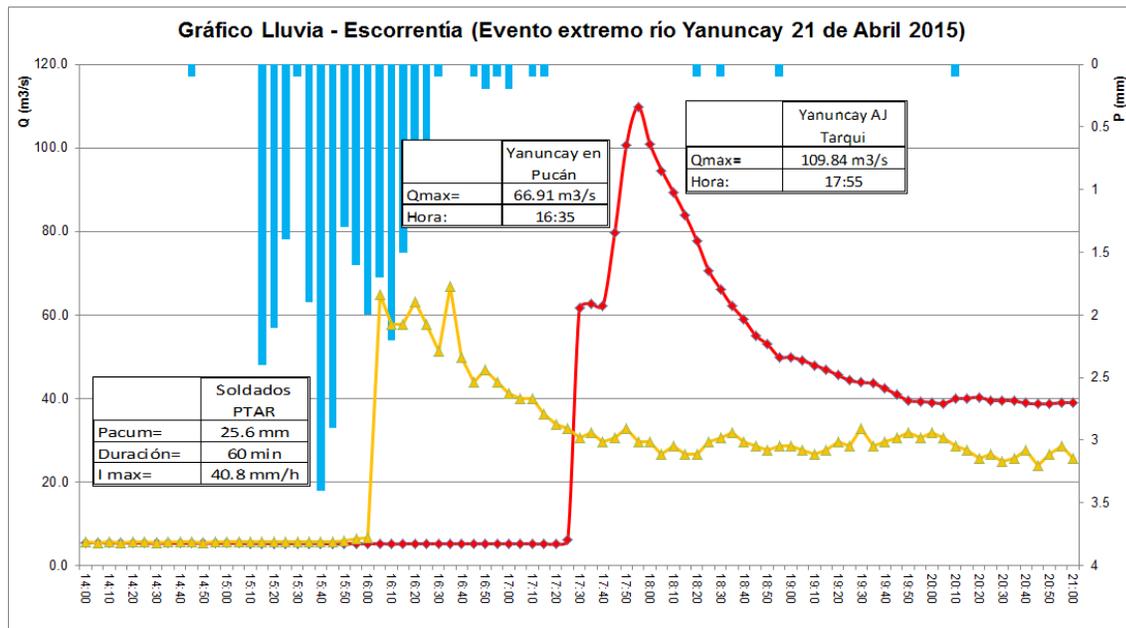


Figura 9. Gráfico del evento extremo registrado el 21 de abril de 2015

En el río Tomebamba, entre el 08 de Septiembre y 15 de Octubre del 2015, se produjo un período de casi un mes de baja precipitación en la cuenca seguido de 13 días de lluvia. Este evento fue registrado por la red actual de monitoreo hidrometeorológico de ETAPA EP y tiene su interés debido a que el río Tomebamba primero presentó caudales extremadamente bajos que causaron problemas de abastecimiento a la planta de tratamiento de agua potable de El Cebollar, que capta el agua de este río, y luego del período de lluvia el caudal se elevó hasta límites cercanos al desbordamiento (figura 10 y figura 11).



Figura 10. Río Tomebamba caudal bajo
(Fuente: Diario El Telégrafo, El Productor)



Figura 11. Río Tomebamba caudal alto
(Fuente: Diario El Tiempo)

En la cuenca del río Tomebamba existen varias estaciones de la red hidrometeorológica de ETAPA EP que registraron información de este evento. A continuación se hace un análisis de

los datos de las estaciones meteorológicas de Mamamag y Sayausí PTAP, y de la estación mixta de Matadero en Sayausí (figura 12).

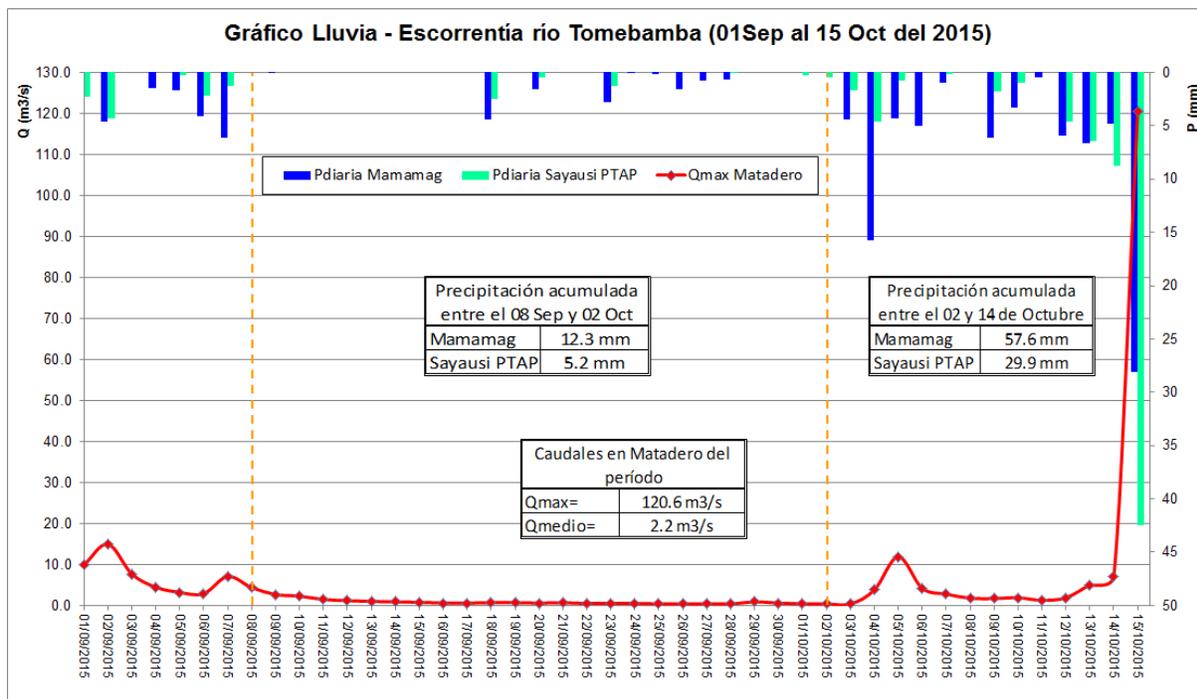


Figura 12. Gráfico lluvia - escorrentía río Tomebamba (01 Sep. al 15 Oct. de 2015)

A inicios del mes de septiembre hasta el día 07 se registraron caudales máximos entre 15 y 7,1 m³/s, entre el 08 de septiembre y 02 de octubre los caudales máximos se mantuvieron en gran parte del período por debajo de 1 m³/s que si se compara con los datos históricos del río Tomebamba, caudal medio anual de 10 m³/s y caudal medio del mes de septiembre 6 m³/s, se puede decir que los caudales han sido muy bajos.

La precipitación registrada entre el 08 de septiembre y 02 de octubre fue de 12,3 mm en la parte alta de la cuenca, que se infiltró en el suelo y no generó escorrentía ya que no evidencia ningún efecto sobre el caudal máximo registrado.

A partir del 03 de octubre empiezan las lluvias alcanzando en 12 días (hasta el 14 de octubre), un valor de 57,6 mm en la estación de Mamamag y 29,9 mm en la de Sayausí PTAP. Esto produjo que la cuenca se humedeciera y se saturara y con la precipitación del día 15 de octubre, 28,1 mm en Mamamag y 42,5 mm en Sayausí PTAP, generara un caudal máximo de 120,6 m³/s que produjo riesgos de desbordamiento en varios tramos del río Tomebamba.

En la figura 13 se puede apreciar el gráfico de lluvia – escorrentía, con datos horarios, de los días 13, 14 y 15 de octubre de 2015.

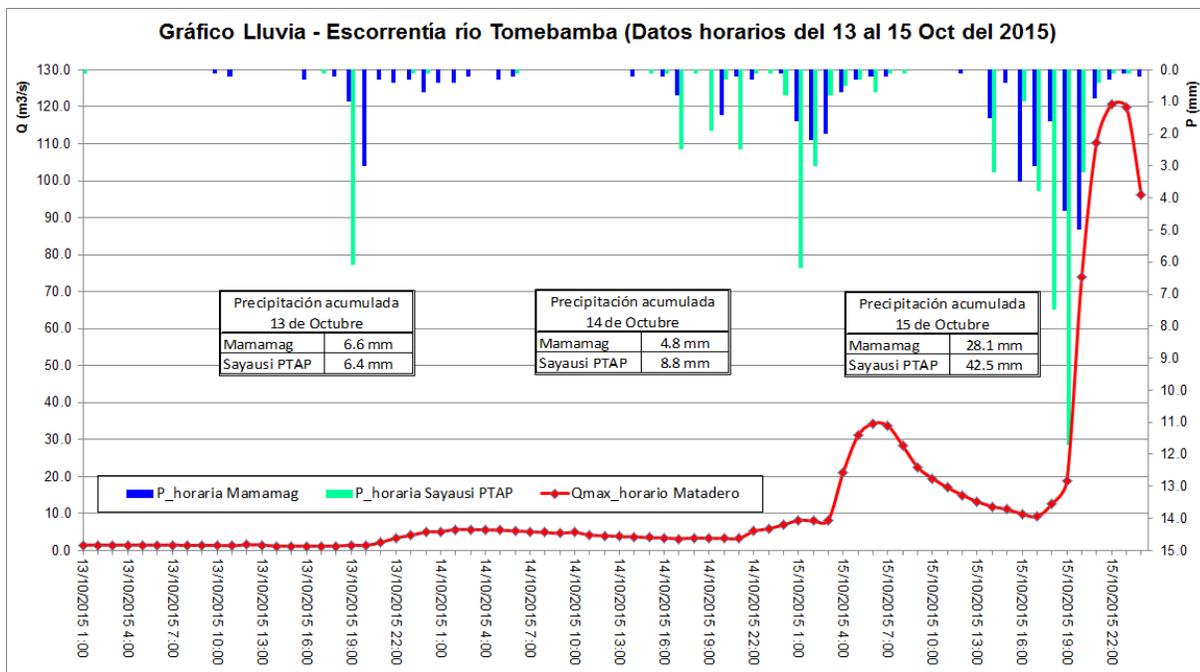


Figura 13. Gráfico lluvia - escorrentía río Tomebamba (13 al 15 de Octubre del 2015)

En la figura precedente se evidencia el incremento de caudales que se produce luego de que el suelo de la cuenca se ha saturado, el 13 de octubre todavía se registran valores bajos, entre 1,0 y 4,1 m³/s, el 14 se mantienen en el orden de los 5 m³/s, pero el día 15, que la precipitación fue mayor y con una precipitación antecedente de más de 50 mm en la estación de Mamamag, se produce el caudal máximo de 120,6 m³/s.

CONCLUSIONES

- La red actual de monitoreo hidrometeorológico de ETAPA EP ha permitido generar mayor y mejor información para el adecuado manejo y gestión de las cuencas hidrográficas que abastecen de agua potable a la ciudad de Cuenca.
- El incremento de estaciones en las partes altas de las cuencas de los ríos Tomebamba y Yanuncay, así como la instalación de pluviómetros en la parte urbana ha permitido observar la distribución espacial de la precipitación en la zona, con lo que se podrán generar futuras investigaciones sobre el tema.
- La aplicación de las diferentes tecnologías de transmisión de datos, especialmente la GPRS, permite contar con información casi en tiempo real, con intervalos de transmisión de hasta cinco (5) minutos lo que hace posible pensar en proponer un sistema de alerta temprana ante inundaciones para los principales ríos que atraviesan la ciudad.
- Del análisis del evento extremo acontecido en el río Yanuncay el 21 de abril de 2015 se puede apreciar que el tiempo de respuesta de la cuenca, con una precipitación que cayó en la parte media de la misma, está alrededor de 2,5 horas; el tiempo de tránsito del hidrograma entre la estación de Pucán y Yanuncay AJ Tarqui fue de 1 hora 20 minutos.

- Analizando los datos de precipitación y escorrentía registrados en el río Tomebamba, entre el 08 de Septiembre y 15 de Octubre de 2015, se aprecia que en esta cuenca una precipitación antecedente de más de 50 mm ocurrida en la parte alta puede generar caudales altos y riesgo de inundaciones en la parte baja de la cuenca.
- La aplicación web y la plataforma de monitoreo de caudales permite actuar de manera oportuna ante cualquier incremento de precipitaciones y niveles en los ríos, para lo cual se debe realizar un monitoreo permanente de las diferentes estaciones que conforman la red sobre todo en épocas lluviosas.

REFERENCIAS

AMRA (2011), “Consultoría para el Plan de Gestión de Riesgos en los sistemas de agua potable y saneamiento de la ciudad de Cuenca”, Informe Final, ETAPA EP, Cuenca, Ecuador.

Estrella R. y Tobar V. (2008), “Lluvias intensas en el cantón Cuenca”, Informe Final del Estudio, ETAPA EP, Cuenca, Ecuador.

Estrella R. y Tobar V. (2012), “Estudios de investigación de amenaza, vulnerabilidad y riesgos en la provincia del Azuay”, Informe Final, Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), Cuenca, Ecuador.

ICCC (2010). “Ordenanza de constitución, organización y funcionamiento de la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA EP)”, Ilustre Consejo Cantonal de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Larriva J. y Fernández de Córdoba C. (2014), “Sistema de monitoreo hidrometeorológico de ETAPA EP”, Revista Galileo, no. 24, pp. 78 - 83, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

FONAG (2011). “Diseño de la red de monitoreo hidrológico en las microcuencas de los ríos Pita, San Pedro, Papallacta y Antisana”, Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA), Fondo para la Protección del Agua, Ministerio del Ambiente de Ecuador, Secretaría General de la Comunidad Andina, Quito, Ecuador.

Timbe L. (2011), “Análisis de la vulnerabilidad a eventos de crecida y diseño de obras físicas para la protección de márgenes e infraestructura del río Yanuncay”, Informe Final, Consejo de Gestión de Aguas de la cuenca del Paute (CG Paute), Cuenca, Ecuador.

Universidad de Cuenca (2013). “Implementación de la metodología de análisis de vulnerabilidades a nivel cantonal”, Proyecto DIPECHO VII, Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Comisión Europea y Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Cuenca, Ecuador.