

La investigación que se desarrolla en el campo de la hidráulica vive una continua expansión más allá de las fronteras de la ingeniería civil tradicional. Esto se debe al resultado de la demanda de estudios cada vez más inter y multidisciplinarios. Por lo tanto, es necesario incorporar conocimiento sobre flujos atmosféricos, oceánicos, transporte de sedimentos, procesos biogeoquímicos e incluso algunas ciencias sociales.

El agua es fundamental para la vida en la Tierra, por lo que la medición y el mapeo de la precipitación nos proveen de conocimiento sobre el comportamiento de nuestro clima y su interacción con los sistemas ecológicos. La primera medición científica de la lluvia, de la que se tiene registro en la historia, en el año 1639, se le atribuye a Castelli, académico italiano; esfuerzo seguido por Sir Christopher Wren y Robert Hooke, entre otros. Después de 450 años, las mejoras tecnológicas a los pluviómetros han sido muy paulatinas, por lo que la medición de la precipitación no mantuvo el ritmo con el progreso registrado en la comprensión de los procesos asociados con este fenómeno. De esta manera, no es extraño que incluso al día de hoy se siga utilizando instrumentación que no es muy distinta de la que se usó siglos atrás. Sin embargo, con el uso reciente de instrumentos modernos, como los radares instalados en los satélites o los disdrómetros láseres, se ha abierto una puerta que permite la investigación detallada de este proceso a escalas temporales y espaciales no imaginadas.

El movimiento del agua en las diversas fases del ciclo hidrológico, denominado dinámica hídrica, involucra fenómenos de fusión y separación de partículas (gotas de agua) en los que las partículas representan los “ladrillos del edificio”. Así, como lo notara Albert Einstein en su día, la transferencia de masa dentro de este ciclo posee una dualidad que otorga a la precipitación propiedades de una variable discreta (gotas) y continua (flujo). Entonces, la lluvia representa uno de los elementos clave del ciclo hidrológico y energético del sistema terrestre, por lo que su intensidad y variación espacial y temporal son de gran interés para varias disciplinas de ciencias de la tierra, así como de la ingeniería hidráulica. La posibilidad de observar de manera detallada el comportamiento de los flujos de agua es de vital importancia para la innovación y la modernización en este campo del conocimiento. Históricamente, los hidrólogos adoptaron una perspectiva de variable continua para la lluvia, y en el último siglo, con el desarrollo de nuevos equipos de medición, los meteorólogos han enfocado sus esfuerzos en el estudio de la distribución de las gotas de lluvia; por ejemplo, para calibrar la reflectividad de los radares meteorológicos.

De esta manera, siguiendo la lógica de Kepler y demás científicos empiristas, medir es saber. Es innegable que el avance del conocimiento de cualquier campo, está basado en (1) observar la naturaleza, (2) estudiar los procesos, (3) proponer teorías que expliquen y generalicen más allá de las observaciones, para por último (4) construir modelos que permitan la comprensión del sistema y la prueba de sus hipótesis. Sin lugar a dudas, la habilidad para comprender procesos que ocurren en la naturaleza recae por completo en la observación y la experimentación. Es por ello que hoy día se está generando una tendencia en diversas universidades del mundo, que consiste en incrementar las capacidades de observación de las variables hidrológicas, y más en concreto de la precipitación. Por si esto fuera poco, el mejoramiento del poder predictivo de los modelos climáticos continúa apoyado en la realización de mediciones de campo y su asimilación.

Con el propósito de mantener a la vanguardia las líneas de investigación que actualmente se cultivan en la Coordinación de Hidráulica, se ha dispuesto el uso de recursos propios de los investigadores de este grupo, en conjunto con el fondo correspondiente al Plan de Modernización y Mantenimiento de Infraestructura (PMMI) del Plan de Desarrollo 2012-2016, a fin de establecer el Observatorio Hidrológico del Instituto de Ingeniería de la UNAM, instalación que se ubica en la azotea del edificio 5, y que en esta primera etapa contiene diversos equipos modernos abocados a la medición de la lluvia y diversas variables climáticas de manera continua y a escalas temporales de alta resolución. Los equipos instalados hasta el momento son un disdrómetro láser, un pluviómetro de pesaje de alta precisión y una estación meteorológica automática con pluviómetro de radar (ver fotografías de la figura 1).

Particularmente, el disdrómetro láser representa el primer equipo en su tipo instalado en nuestro país y proporciona información en alta resolución temporal (1 min) de intensidad de la lluvia, velocidad de caída y distribución del tamaño de las gotas de agua. Este instrumento es clave para la adecuada calibración de los radares meteorológicos o para estudios detallados de erosión hídrica en cuencas. Por otro lado, el pluviómetro de pesaje representa uno de los sistemas más confiables para la medición de precipitación y se utilizará de manera conjunta con el disdrómetro para el análisis del error en las observaciones de lluvia del resto de los instrumentos instalados. A manera de ejemplo, la figura 2 presenta el tipo de resultados que se obtienen del disdrómetro láser, pues se muestran las mediciones para el sábado 6 de junio de 2015,

cuando se presentó una lluvia intensa con un rango de gotas de lluvia de diversos tamaños y con diferentes velocidades de caída.

Las actividades humanas ejercen impactos a escala global en el medioambiente, con grandes implicaciones sobre los recursos hídricos. Nuestra manera de hacer ciencia e ingeniería hidrológica necesita cambiar de manera significativa, de tal suerte que estemos en posición de entender y predecir estos cambios que ya se avecinan. Lo anterior es fundamental para el desarrollo sostenible del país a través de una gestión integrada de los recursos hídricos, de tal manera que se garantice la seguridad hídrica en el largo plazo para ambos, personas y medioambiente. La hidrología requiere un cambio en el paradigma en el cual las predicciones del comportamiento del sistema se salen del rango de variabilidad previamente observado. Para lograr lo anterior, es necesario medir y analizar los sistemas desde una perspectiva holística e integradora, que permita estudiar sus diversos componentes de forma aislada.

A pesar de ser el forzamiento principal del ciclo hidrológico, la precipitación es una de las variables peor cuantificadas. La perspectiva discreta de la lluvia nos permite progresar en el entendimiento de su dinámica, a la par de que se contribuye al esclarecimiento del origen de varios patrones de lluvia observados. Muchas de las propiedades de la lluvia, como la memoria de largo plazo, la intermitencia y los extremos, pueden ser reconsideradas a partir del uso de información de disdrómetros, lo que otorga una representación complementaria a la del flujo continuo ya existente.

La selección de estos equipos permite establecer una estación moderna de observación de variables hidrológicas, única en la UNAM y en México. A la par de aquellas recientemente instaladas en el Centro Espacial Goddard, de la NASA, o la Universidad de Iowa, Estados Unidos. De esta manera, el Instituto de Ingeniería crea una instalación que permite la modernización de líneas de investigación que actualmente se cultivan en la Coordinación de Hidráulica. |



Figura 1. Panel izquierdo: acercamiento de disdrómetro láser y pluviómetro de pesaje; panel derecho: perspectiva de la instalación en la azotea del edificio 5.

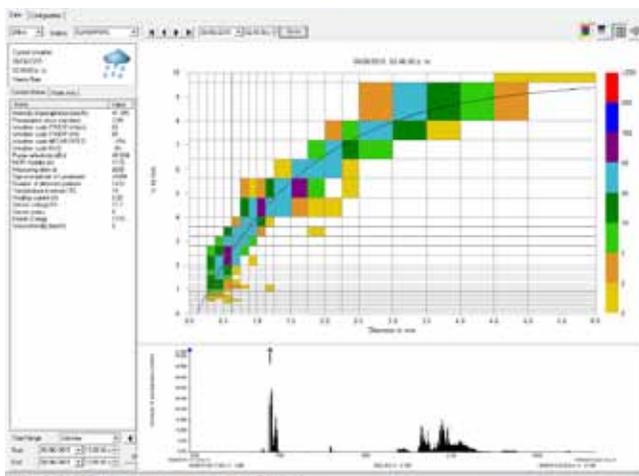


Figura 2. Resultados tipo obtenidos por el disdrómetro láser con el espectro de frecuencia de las gotas de lluvia caracterizado por su velocidad de caída y el diámetro de las gotas. La gráfica inferior es el hietograma $Dt=1\text{min}$ de las 00:00 hrs. del 06/06/2015 a las 0:00 hrs. del 08/06/2015.