

El Salto del Tequendama.

Un santuario de vida, agua y medidas.



Foto "Vista del Salto del Tequendama": Hugo Martínez Molina (cedida por INM).

El Salto del Tequendama es una cascada natural ubicada en Colombia, en el suroccidente de Bogotá.

Rodeada por bosques de selva andina y una neblina constante, es un santuario de biodiversidad: alberga más de 120 especies de animales y gran variedad flora, insectos y microorganismos. Las aguas que caen por el precipicio son las del Río Bogotá, que recorren 100 kilómetros de sabana antes de saltar al vacío. Durante la caída aumentan su carga de oxígeno, actuando como "oxigenador" y fuente de vida para el ecosistema.

La cascada fue lugar de ceremonias y objeto de culto de los Muisca, indígenas precolombinos que poblaron la zona. Ellos creían que era obra de uno de sus dioses, Bochica. Cuando las aguas de un diluvio inundaron sus tierras "por más de 26 lunas", Bochica dejó caer un rayo que partió la cadena montañosa que rodea la sabana y por allí desagotaron las aguas de la inundación, dando origen al Salto.

Durante los siglos XVIII y XIX fue objeto de estudio y admiración de científicos europeos y criollos. Algunos afirmaban que era la más alta del mundo y varios intentaron medirla, lo que dio lugar a debates en la época.

En las primeras décadas del siglo XX el Salto se transformó en un sitio turístico muy visitado y se construyó un hermoso hotel que aún hoy sigue en pie.

Pero a partir de los años 60, con el desarrollo industrial y urbanístico, el río se fue contaminando por las descargas de aguas industriales y domésticas, malas prácticas agrícolas y mal manejo de la basura. La admiración por la cascada se transformó en descuido y el sitio en destino de residuos. Los visitantes fueron cada vez menos y el hotel se mantuvo cerrado durante años.

La contaminación llegó a tal grado que en el año 2014 un tribunal (el Consejo de Estado) dictó una sentencia responsabilizando del problema a varias instituciones públicas y actores privados. Les exigió una serie de acciones para rescatar al río y al Salto, y fijó plazos para cumplirlas. Actualmente el hotel está restaurado y es un museo de biodiversidad. El Salto fue declarado patrimonio natural y cultural de Colombia, y la recuperación está en marcha. Entre otras cosas, se diseñó un plan para la gestión integral del río que incluye la estimación del "caudal ecológico", un instrumento nuevo que permitirá que la cascada siga siendo santuario y fuente de vida.

El enigma de su altura

Varios documentos históricos evidencian el interés que despertó el Salto en científicos de épocas pasadas y cuáles pueden haber sido algunas de las causas del debate sobre su altura. Lo más notorio es el uso de diferentes técnicas de medición y diferentes unidades de medida.

Antes que se adoptara el uso de un sistema de unidades único de uso universal (el actual Sistema Internacional de Unidades), cosa que ocurrió en 1875, cada gobernante decidía cuáles serían los patrones y unidades de medida que se debían usar en sus territorios y les asignaba un valor, que no era consistente con los de otros. Para mediciones de longitud los franceses usaban la toesa; los españoles la vara; en otros reinos, el pie. Son unidades antiguas que ya no se utilizan o se utilizan muy poco. (El pie todavía sobrevive en la aeronáutica, para mediciones de altura de vuelos, y en algunos países de habla inglesa que no han adoptado totalmente el Sistema Internacional).

El primer intento de medición registrado es del año 1740, cuando un científico francés (Pierre Bouger) la midió aplicando métodos geodésicos y le fijó una longitud de entre 200 toesas y 300 toesas. Esta mención hizo que el conocido filósofo Immanuel Kant (que también se dedicaba a dictar clases de Geografía) afirmara, sin haber visitado tierras americanas, que *“la caída de agua más alta del mundo es la del río Bogotá en Suramérica, que cae en vertical a 1200 pies”*.

“El Sabio Mutis”, un español reconocido por su contribución a la Botánica y la Medicina, en 1760 realizó mediciones a la caída con un barómetro (instrumento para la medición de la presión atmosférica). Hizo sus propios cálculos y obtuvo como resultado una longitud de 255 varas. Años después, cuando el Virrey le encargó a un brigadier español (Domingo Esquiaqui) hacer un plano de la cascada para enviar a España, éste la estimó realizando una medida geométrica desde lo alto de la catarata y reportó un valor de 264 varas.

Un joven científico alemán (Alexander von Humboldt) que recorrió América por cinco años, en 1801 viajó hasta la catarata. Al ver las dificultades del terreno cuestionó los métodos anteriores y la estimó con “caída de cuerpos”, pues lo consideró el más confiable; y obtuvo como resultado 108 toesas.

Registró detalladamente el procedimiento en su diario de viaje: *“Hice lanzar más de 15 veces piedras en el precipicio, diciendo tac cuando la piedra caía perpendicularmente sobre el abismo y tac cuando llegaba al fondo, a la superficie del agua. Tenía el cronómetro a la mano y numerosos espectadores suficientemente instruidos, juzgaban si el experimento estaba bien o mal hecho... El tiempo promedio de la caída fue de 6,4 segundos lo que da, por el cuadrado de tiempo, 108 toesas de profundidad... su altura es probablemente menor... la piedra cae según una parábola por la fuerza horizontal que se le ha dado...”*

$$h=gt^2/2$$



En el método de “caída de cuerpos” se deja caer un objeto sobre el que actúa fundamentalmente la aceleración de la gravedad cuyo valor es cercano a los 9,8 m/s² (aunque varía según la localización geográfica) y se mide el tiempo de caída. En el procedimiento se aplica una ecuación que relaciona la altura (h) con la aceleración de la gravedad (g) y el tiempo (t).
Ilustración: Alberto Parra del Riego.

Con el mismo método pero utilizando otra unidad la midió seis años más tarde un científico neogranadino (Francisco José de Caldas) y estimó una altura de 219 varas.

Hablemos en metros

La altura exacta de la cascada aún hoy, con técnicas de medición modernas, no se conoce. Las características del sitio no permiten aplicarlas correctamente para obtener resultados precisos. Pero las mediciones más recientes la ubican entre los 139 metros y los 157 metros.

En aquellos tiempos, los que la midieron usando como unidad el metro fueron un colombiano y su socio francés, (Joaquín Acosta y el Barón de Gross) en 1840. Ellos utilizaron una plomada o sonda náutica (instrumento para medir la profundidad de cuerpos de agua) y obtuvieron como resultado 146 metros. Según los valores actuales, ellos le habrían acertado dentro del rango.

Con respecto a los anteriores, el Instituto Nacional de Metrología de Colombia (INM) ha investigado la equivalencia de las antiguas unidades de longitud con las actuales del SI, concluyendo que no es posible establecer equivalencias exactas y coherentes.

Las unidades estaban sujetas a cambios de valor de un lugar a otro, aunque se llamasen igual. En España se usaba la vara, pero no medía lo mismo “la vara de Toledo”, que la de Andalucía o la de la provincia Buenos Aires. La de uso más frecuente era la “vara castellana”, equivalente a aproximadamente 0,83 metros. La toesa “francesa” es equivalente a 1,949 metros aproximadamente, pero también se introdujo en España con otro valor. El valor del pie, según fuera el “pie inglés”, el “pie romano”, el de Prusia o el de los Países Bajos, variaba en un rango entre los 28 centímetros y los 31 centímetros. (El pie inglés que aún se utiliza equivale a 30,48 centímetros).

Teniendo en cuenta esta diversidad, los resultados históricos de la altura convertidos a su equivalente en metros sólo se pueden considerar aproximaciones que distan de ser cifras exactas. El ejercicio permite ver las distancias entre lo obtenido por unos y otros de aquellos científicos.

Según el explorador francés, la altura se ubicaría entre los 389 metros y 584 metros (un error de cerca de 200 metros). La calculada por Humboldt equivaldría a 182 metros. Los resultados de los que la midieron en varas, suponiendo que usaron la vara castellana, equivaldrían a 214 metros, 222 metros y 184 metros respectivamente. El caso de la afirmación de Kant (1200 pies) es un caso aparte, porque no la midió personalmente y aparentemente obtuvo el dato de una publicación. ¿A cuál pie se referiría? ¿En qué idioma estaría lo que leyó? Porque muchas veces también se producían errores de conversión en las traducciones de un idioma a otro.

Más allá del empleo de distintas técnicas de medición y el uso de unidades de medida de distinta procedencia; cómo se explican resultados tan diferentes?

Los métodos y unidades no estaban estandarizados como actualmente; y los instrumentos no eran precisos ni se calibraban a los mismos patrones. Pero sobre todo hay que tener presente que los científicos hacían sus mayores esfuerzos por medir con precisión (incluso esfuerzos físicos) pero se manejaban en la frontera del conocimiento de su época. En muchos casos eran pioneros en lo que ensayaban; no había experiencias previas en las cuales basarse. Y muchos conceptos teóricos que hoy sabemos fundamentales para estimar resultados correctos y precisos aún no se habían desarrollado.

El caudal ecológico

El “caudal ecológico” o “caudal ambiental” es un concepto relativamente nuevo que se viene desarrollando a medida que se aplica. Y tal como ocurría antes con las unidades de medida, por ahora cada país lo define a su manera y lo adapta a sus circunstancias. No hay una definición única.

Se empezó a usar por la preocupación por la conservación de peces de interés comercial que vivían en ríos cuyas aguas también se utilizaban para otros fines. Inicialmente

se limitaba a cuál era el caudal (cantidad de agua que fluye) que requerían para sobrevivir y que se debía tener en cuenta cuando se decidieran otros usos. Actualmente el concepto es más amplio y abarca varios factores que se deben tener en cuenta para hacer un uso sustentable del agua y conservar los recursos hídricos, que hoy se reconocen como fundamentales para la vida.

En Colombia, cumpliendo con lo exigido en la sentencia del tribunal, un decreto del año 2018¹ define el caudal ambiental como “*el volumen de agua por unidad de tiempo, en términos de régimen y calidad, requerido para mantener el funcionamiento y resiliencia de los ecosistemas acuáticos y su provisión de servicios ecosistémicos*”.

Y a fines del año 2019, también cumpliendo con la sentencia, se estableció la metodología para estimar el caudal ambiental del Río Bogotá, que requiere aplicar varios métodos de medición para obtener datos de las diferentes variables que abarca. Eso ayudará a planificar y gestionar de mejor forma el uso de sus aguas buscando el equilibrio entre las necesidades de las personas y las de los ecosistemas.

El Salto del Tequendama seguirá siendo campo para estudios e investigaciones científicas. Y todo indica que la obra de Bochica será bien conservada.

NICOLÁS F. ANGARITA PEÑARANDA,
SEBASTIÁN TORRES (COLOMBIA)
Y SILVANA DEMICHELI (URUGUAY)

¹ Decreto 050 de 2018