

ESTIMACIÓN DE OFERTA HÍDRICA EN MICROCUENCAS CON EQUIPOS ARTESANALES Y REGISTROS CORTOS. CASO FINCA “LAS CALDERAS”, ESTADO TRUJILLO, VENEZUELA

Assessment of water availability in small watersheds with homemade equipment and shot registers. Case study: “Las Calderas” ranch, Trujillo state, Venezuela

Barreto P., Diego M.¹; Mora M., Luis²; Umbría N., Igle C.³ y Núñez, G. Aixa⁴
^{1,2}CIDIAT - Universidad de Los Andes, apartado 219, Mérida.
E-mail: diegobarreto@ula.ve. ^{3,4}NURR - Universidad de Los Andes, Trujillo

Fecha de investigación: octubre 2011 – marzo 2012

Este artículo forma parte de la tesis de pregrado (mención publicación) presentada a la Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario “Rafael Rangel” como requisito final para la obtención del título de Ingeniero Agrícola.

RESUMEN

Esta investigación consistió en estimar la oferta hídrica en la finca “Las Calderas” ubicada en el estado Trujillo, Venezuela. Para ello se estudiaron hidrológicamente dos (2) fuentes de agua superficial. Una emana de una microcuenca adyacente a la finca en estudio, y aguas abajo de ésta se ubica la segunda fuente. El trabajo de campo se llevó a cabo durante tres meses y medio, realizándose mediciones de dos (2) parámetros hidrológicos: precipitación y escorrentía. El primero se realizó con un pluviómetro artesanal, registrando datos diarios. Para el segundo parámetro se establecieron puntos de aforo en los sitios de interés, generando hidrográficamente dos (2) microcuencas, una de 0,38 km² (microcuenca A) y otra de 2,2 km² (microcuenca B). Se realizaron mediciones secuenciales de escorrentía cada tres (3) días mediante el método de aforo volumétrico en la “microcuenca A” y el método de aforo del flotador en la “microcuenca B”. Toda la información generada y procesada de escorrentía se sometió a un análisis estadístico afectándolos por un factor de precipitación de meses secos históricos, estimando caudales para un 95% de ocurrencia de 4,53 l/s y 9,39 l/s; caudales medios de 5,79 l/s y 14,03 l/s para las microcuencas “A” y “B” respectivamente. Dado a los ajustes, hubo una reducción de 30 a 30,5% por debajo a los caudales medidos en campo, demostrándose así la influencia que representa medir en un año húmedo o seco.

Palabras Clave: oferta hídrica, microcuenca, aforo, caudal, artesanal.

ABSTRACT

The aim of this research is to assess the water availability in the ranch "Las Calderas" located in the Trujillo state, Venezuela. Two hydrological studies were carried out: one is located in the ranch itself and the other one downstream. The field work was carried out during three months and a half and two hydrological parameters were measured: rainfall and stream flow. The first one was measured using a homemade ride gauge for daily data. For the other parameter, two gauge stations were established at the outlet of two small watersheds, the first one with an area of 0.38 km² (watershed A) and the other one with an area of 2.2 km² (watershed B). Measurements were carried out each three days, using the volumetric method for "watershed A" and the floater method in "watershed B". All the generated data was processed and statistically analyzed using a rainfall factor for the dry months. It resulted in discharges of 4.53 l/s and 9.39 l/s for a 95% of occurrence probability, and of 5.79 l/s and 14.03 l/s for the mean discharge in watershed "A" and "B" respectively. These results showed a decrease between 30 and 30.5% for the mean discharges compared with the measured discharges which demonstrates the importance to carry out measurements in both dry and wet years.

Key words: water availability, small watershed, gauging stations, stream flow, homemade

INTRODUCCIÓN

La precipitación es el agua procedente de la atmósfera, que en forma sólida o líquida se deposita sobre la superficie de la tierra. Abstrayendo un poco más, existe una parte de esa precipitación sobre una cuenca que es interceptada por la vegetación (intercepción foliar), parte infiltra y se suma a la capa radical para incorporarse a los tejidos vegetales, parte satisface las cuotas de evapotranspiración de dicha cuenca, parte percola debajo de las raíces de las plantas pudiéndose incorporar a niveles freáticos existentes o a corrientes de agua sub-superficiales y, finalmente, una parte escurre sobre la superficie del terreno. Esa porción de agua que fluye sobre y debajo de la superficie del terreno, que alimenta las corrientes naturales superficiales de agua de una cuenca, es llamada oferta hídrica superficial, la cual será tema central del presente trabajo.

La finca "Las Calderas" tiene a su disposición dos fuentes de suministro de agua. Una, proviene de una pequeña cuenca (corriente de agua natural). La otra, proviene del servicio del sistema de riego comunitario "El Riecito", sistema que actualmente está fuera de servicio. Esto deja a la pequeña cuenca como la única opción de suministro de agua. Esta unidad morfológica presentó a su vez dos alternativas para captar, conducir y aprovechar el recurso hídrico, por lo que se dividió en dos unidades hidrográficas a partir de un punto de confluencia de interés donde se establecieron los puntos o estaciones de aforo, teniendo así dos fuentes de suministro de agua superficial. Ambas fuentes se encuentran enmarcadas en la cuenca del río Castán, afluente del río Motatán, que a su vez es tributario de la hoya hidrográfica del Lago de Maracaibo.

Es de total interés, desde el punto de vista agrícola, el estudio hidrológico de estas dos unidades hidrográficas (microcuencas), ya que podrían aprovecharse hídricamente para impulsar la explotación agrícola de la zona y, particularmente, de la finca "Las Calderas". Es por ello que se planteó medir precipitaciones y caudales en la zona de estudio a partir del 11 del mes de noviembre del 2011 hasta la primera quincena del mes de febrero del 2012 con el fin de generar datos, realizando posteriormente, análisis estadísticos para estimar la cantidad de agua que las microcuencas pudieran aportar.

Es importante mencionar que este estudio fue realizado durante tres meses por razones económicas e institucionales (financiamiento escaso y falta de equipos para un mayor alcance de estudio), sin embargo, la metodología utilizada es ampliamente aceptada para estudios de mayor alcance, por ejemplo, estudios que contemplen mediciones de 6 a 24 meses.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. FASE DE CAMPO

Medición de la precipitación. La precipitación es un factor climático que varía en tiempo y espacio que debe ser medido y cuantificado ya que incide de manera importante en la planificación de cualquier proyecto hidráulico. La lluvia, es uno de los parámetros que se utiliza para determinar el escurrimiento de agua en una cuenca o microcuenca, razón por la cual debe medirse para conocer el comportamiento de los ríos, quebradas o arroyos, y así saber la cantidad de agua que pueda tomarse de estas corrientes naturales para el desarrollo de cualquier proyecto o actividad agrícola (Barreto, 2012).

Duque (1993) indica que la medición de la precipitación se fundamenta en el principio que la profundidad de agua observada durante un lapso de tiempo cualquiera, es la medida de la cantidad de lluvia producida por una tempestad, despreciándose las pérdidas.

Con el objeto de medir la altura de la lámina de agua, se utilizan diversos tipos de instrumentos con la condición que cualquiera que sea el instrumento utilizado represente siempre las condiciones estándar. Para esto se utilizó un **pluviómetro elaborado artesanalmente** (Figura 1), siendo una alternativa para medir la precipitación de manera práctica y económica. En la elaboración se usaron materiales de bajo costo y de desecho, utilizando como cuerpo receptor una botella plástica, a la que se le hizo un corte transversal para obtener un embudo; como envase colector, se usó una probeta calibrada en mililitros (ml) con el fin de almacenar y medir la cantidad de agua captada por el embudo. Finalmente, se unió el embudo al cilindro utilizando cinta adhesiva y pegamento líquido con el fin de evitar fuga de agua, impermeabilizando la zona de unión de estos dos componentes. Las dimensiones de este pluviómetro artesanal fueron: 34,2 cm para el perímetro interior del embudo y 93,1 cm² para el área receptora del embudo.

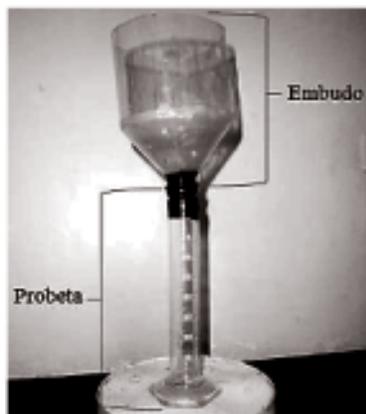


Figura 1. Pluviómetro artesanal.

En cuanto a la instalación del aparato de medición, se siguió las indicaciones de Duque (1993) y Chereque (1989). El primer autor indica que el establecimiento de un pluviómetro debe ser tal que se aseguren las siguientes condiciones:

- Existencia de flujo laminar a la entrada del pluviómetro.
- Evitar cualquier influencia local sobre el pluviómetro.
- Reducción al mínimo de la fuerza con que el viento azota al pluviómetro.
- Evitar que el agua al chocar con cualquier obstáculo, salpique y entre al pluviómetro.

En este mismo sentido Chereque (1989) recomienda evitar instalar pluviómetros en los tejados y laderas con mucho viento. El mejor lugar para instalar el aparato de medición será aquel donde haya una superficie plana rodeada con arbustos o árboles que sirvan de protectores contra el viento, pero estos no deben estar tan cerca al pluviómetro que lo obstruyan.

Calibración del pluviómetro artesanal.

Según la Organización Meteorológica Mundial (O.M.M.) el área estándar de un pluviómetro es de 200 cm², área que no tiene el pluviómetro artesanal, por lo que se realizó una prueba para estimar la *efectividad* o *nivel de confianza* de las mediciones hechas en el área de estudio con este instrumento.

La prueba consistió en exponer un envase de área 215,2 cm² (similar al área estándar indicado por la O.M.M.) y el pluviómetro artesanal a una lluvia artificial y controlada generada por un aspersor de riego de giro mecánico. En teoría, el aspersor está diseñado para regar de manera uniforme en su radio de influencia, por lo que se asegura que ambas áreas recolectoras estuvieran expuestas a una misma condición. El envase y el pluviómetro se dispusieron a 30 cm entre sí, y a 600 cm de distancia del aspersor. Finalmente se realizaron siete (7) simulaciones, es decir, siete (7) lecturas de lámina de agua captada por el envase y el pluviómetro artesanal. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 1. El área recolectora del

envase varía por encima con respecto al área recolectora de un pluviómetro estándar en un 7,59 %, diferencia que en la práctica es despreciable.

Una vez que se obtuvo estos resultados, se continuó a estimar un factor de corrección (U) a través de la Ecuación 1, para ajustar los datos obtenidos con el pluviómetro artesanal con respecto a los datos obtenidos con el envase (Tabla 1). Esto con la finalidad de simular una captación de agua de un pluviómetro de área recolectora similar a la estándar.

$$[1] \quad \text{Lámina}_{\text{envase}} = \text{Lámina}_{\text{Pluviómetro artesanal}} * U$$

Tabla 1. Datos de prueba del nivel de confianza.

Simulación	Lámina de agua captada [mm]	Lámina de agua captada [mm]	Factor corrección [mm/mm]	de U
1	1,29	1,301	1,01	
2	1,61	1,63	1,01	
3	4,51	4,60	1,02	
4	2,63	2,60	0,99	
5	2,90	3,02	1,04	
6	2,31	2,32	1,01	
7	2,31	2,37	1,03	
	Pluviómetro Artesanal	Envase		
			Promedio de U =	1,014

El factor de corrección se aproxima a 1, esto quiere decir que existe una similitud bastante alta entre ambos instrumentos de medición de precipitación, lo que demuestra que la diferencia en la práctica entre usar el pluviómetro artesanal o usar un recipiente de dimensiones estándar es despreciable.

Medición de caudal. Teniendo en cuenta las dos (2) microcuencas abastecedoras de agua a las que tiene acceso la finca “Las Calderas”, se estableció puntos de aforo por microcuenca. Fijados los puntos de aforo, y apoyados en la información de la carta nacional 6144CSO a escala 1:25000 del año 1999, se delimitaron las microcuencas con ayuda del programa de diseño asistido por computadora Autodesk AutoCAD 2007. Para efectos prácticos se denominaron “microcuenca A” a la superficie de menor tamaño y “microcuenca B” a la de mayor superficie. Los aforos fueron realizados durante tres (3) meses con una frecuencia de tres días.

Microcuenca A. El punto de aforo de esta microcuenca se ubicó geográficamente entre las coordenadas UTM 345832,44 Este y 1034225,97 Norte a 1.384,4 m.s.n.m. Ésta tiene una superficie de 376.983,2 m², ó 37,7 ha, o lo que es igual 0,38 km² aproximadamente. En el cauce donde se estableció el punto de aforo se contó con una estructura tipo vertedero (restos de la estructura de un dique-toma), que combinado con la poca cantidad de agua que escurre por ese curso de

agua, se decidió utilizar el método de aforo volumétrico, idóneo para estos casos. Además, según Trezza (1997) éste método es uno de los mejores en cuanto a precisión de aforos se refiere. La medición consistió en recolectar el agua de la corriente en un recipiente de 20 litros de capacidad, midiendo el tiempo de llenado del mismo con la ayuda de un cronómetro.

Cabe destacar que cada dato que se obtuvo fue el promedio de 6 a 8 repeticiones que se realizó en cada medición, ya que esto mitiga el error que pueda cometer la persona al momento de realizar los aforos.

Es necesario indicar que aguas arriba del punto de aforo 1 existen dos captaciones de agua, las cuales fueron aforadas separando la tubería de aducción en una junta y, con un recipiente (graduado) usando el método de aforo volumétrico, se conoció el caudal captado. El resultado fue de 0,19 l/s en ambas tuberías, para un total de 0,38 l/s entre las dos derivaciones.

Microcuenca B. El punto de aforo de esta microcuenca se ubicó aguas abajo del punto de aforo de la "microcuenca A", de manera que a medida que se descende, el área de la microcuenca irá aumentando al igual que la cantidad de agua disponible para su aprovechamiento. Esto es precisamente lo que se deseaba conseguir, es decir, ubicar un punto a lo largo de la corriente superficial donde el caudal fuese superior al que escurre por el punto de aforo de la "microcuenca A" y así tener dos (2) alternativas de aprovechamiento hídrico.

El punto de aforo de la "microcuenca B" tiene su ubicación geográfica entre las coordenadas UTM 345521,29 Este y 1034402,7 Norte a 1.288 m.s.n.m., estimando un área aproximada de 2214992,2 m², ó 221,5 ha, o lo que es igual 2,2 km². En este caso se realizaron mediciones a través del método del flotador, ya que para las condiciones de campo resultó ser el más conveniente. Para ello se seleccionó un tramo del cauce que fuese, en lo posible, aproximadamente recto y de sección constante, midiendo la distancia entre el punto inicial del tramo y el punto final, resultando ésta de 1,57 m. Cada día de medición se procedió a levantar la sección transversal del cauce para llevar un registro del área de flujo ya que ésta está sometida a cambios constantes. De la misma manera que el método del flotador, se realizaron de 6 a 8 repeticiones por medición, tomando como dato final el promedio de éstas con el fin de mitigar algún error que se pudiera cometer al momento de realizar el aforo.

Confiabilidad de datos recolectados por el método del flotador. Como se es conocido, el método de aforo del flotador (sección-velocidad) carece de precisión cuando se es aplicado en cauces tan irregulares como las corrientes naturales debido a la variabilidad de la sección a lo largo del tramo donde se emplea el método y, por ende, la variación de la velocidad del agua en los distintos puntos de la sección de flujo. Este es un método que se emplea por la sencillez y rapidez que éste ofrece. Dado que las mediciones en la "microcuenca B" se realizaron por este método, se hizo necesario compararlo con otro método de mayor precisión y conocer la confiabilidad de los datos obtenidos. Para ello se utilizó el instrumento de aforo llamado *Bastón de Jens* (método sección-velocidad) el cual está diseñado siguiendo el principio de equilibrio de momento de rotación (Figura 2), ideal para la

determinación rápida y segura de la cantidad de agua que pasa por una sección de descarga.

Las fuerzas que funcionan sobre la barra de medición [1] (ver Figura 2) producen un momento que da vuelta y mueve la barra de medición lejos de la línea vertical. Mediante una barra de peso ajustable [2] se hace girar la barra de medición [1] hasta volver a la línea vertical (Rodríguez y Ruíz, 2008; citado por Barreto, 2012). En la medición se toman los siguientes datos:

- El número leído en la división sobre barra de peso [2].
- Profundidad de inmersión de la barra de medición [1].

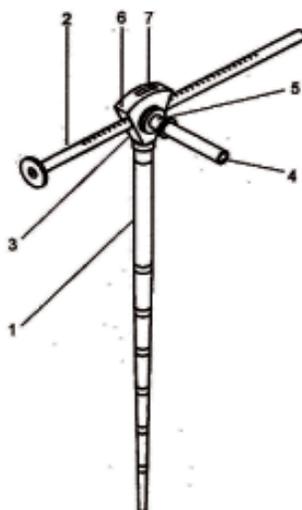


Figura 2. Bastón de Jens

Con estos datos, se calcula la velocidad promedio (cm/s) en las líneas de medición individuales, la que se calculó a través de la Ecuación 2.

$$V_{m_i} = 52,71962 * \sqrt{\frac{\text{Escala señalada por el instrumento}}{\text{Profundidad (cm)}}}$$

Finalmente, el caudal se determina con Ecuación 3.

$$Q = (V_{m_1} * A_1) + (V_{m_2} * A_2) + \dots + (V_{m_n} * A_n)$$

Donde:

Q: Caudal que circula por el cauce aforado.

A_n : Área parcial transversal de flujo circulante.

V_{mn} : Velocidad media parcial de flujo.

Una vez obtenidos los resultados de aforos por ambos métodos, se procedió a estimar un factor de rectificación (S) para verificar la similitud de resultados entre estos métodos a través de la Ecuación 4. Ya que ambos métodos se emplearon bajo las mismas condiciones:

$$Q_{\text{Bastón de Jens}} = Q_{\text{Flotador}} * S \quad \text{Ecuación [4]}$$

Tabla 2. Comparación de los métodos de aforo y su respectivo factor de rectificación

Caudal Método flotador (l/s)	Caudal Bastón de Jens (l/s)	Factor de rectificación
29,22	22,72	0,78
18,95	12,71	0,67
16,54	11,64	0,70
Promedio de S =		0,72

Entonces, el factor S indica que existe diferenciación entre los dos (2) métodos, para este caso particular. Por lo que se afectaron todos los cálculos de caudal realizados por el método del flotador por este factor y así compensar la diferencia, además de mitigar incertidumbre de mediciones.

2. PROCESAMIENTO DE DATOS

Curva de Duración de Caudales (C.D.C.). Ésta representa la probabilidad de ocurrencia de un cierto caudal que pasa por una sección de descarga en un determinado porcentaje de tiempo, es decir, entre mayor sea el caudal menor será su probabilidad de ocurrencia y viceversa, es decir, un menor caudal implicará una probabilidad de ocurrencia mayor. Esta curva se realizó con los datos obtenidos en los aforos, utilizando el software "Modelo AJUSTEHU", desarrollado por el profesor Roberto Duque (CIDIAT-ULA), "modelo desarrollado para el ajuste de una serie de datos a una distribución estadística, que está escrito en lenguaje FORTRAN y permite ajustar seis de las distribuciones más importantes usadas en hidrología" (Duque, 2003).

Para riego se utiliza el caudal con un 80% de ocurrencia y un 95% para uso doméstico para asegurar el suministro de agua. En este sentido, se estimaron caudales de 7,2 l/s (riego) y 6,5 l/s (uso doméstico) para la microcuenca A, y caudales de 16 l/s (riego) y 13,5 l/s (uso doméstico) para la microcuenca B.

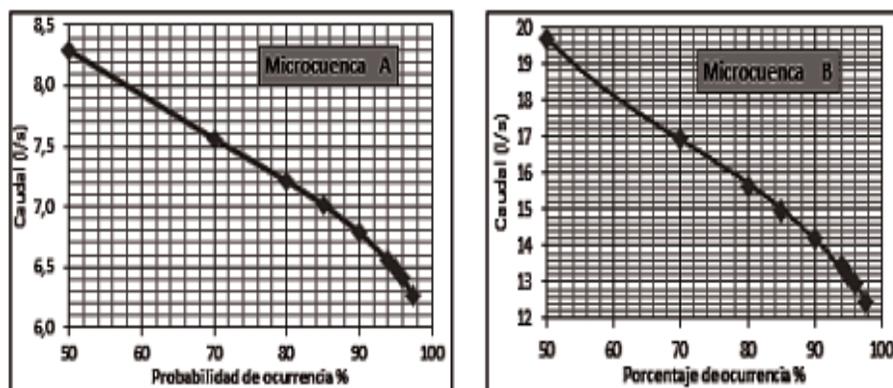


Figura 3. Curvas de Duración de Caudales para las microcuencas en estudio.

Relación precipitación-escorrentía. Esta relación se generó con valores de precipitación recolectados con el pluviómetro artesanal y caudales obtenidos en los dos puntos de aforo de las microcuencas durante un período de tiempo común (Figura 4). Cabe agregar que todas las mediciones de caudales se realizaron antes de las tormentas.

3. AJUSTE DE RESULTADOS

Dada la influencia de años secos y húmedos (menor o mayor precipitación), las corrientes de agua superficial de las microcuencas se verán influenciadas por esta distribución anual de precipitación, existiendo caudales mayores en unos años que en otros. Considerando esto, se corrigió los caudales estimados por la C.D.C., para conocer el caudal crítico mínimo que circule por las microcuencas A y B. Para ello se realizó una comparación de los datos de precipitación registrados en campo con los de estaciones pluviométricas vecinas a la zona de estudio para un mismo período de registro en común (Figura 5), evidenciándose la gran similitud y relación entre la estación Trujillo-Liceo y la registrada en la finca "Las Calderas", permitiendo así tomar esta estación como la referente para realizar los análisis posteriores concernientes a los años húmedos y secos históricos (Figura 6).

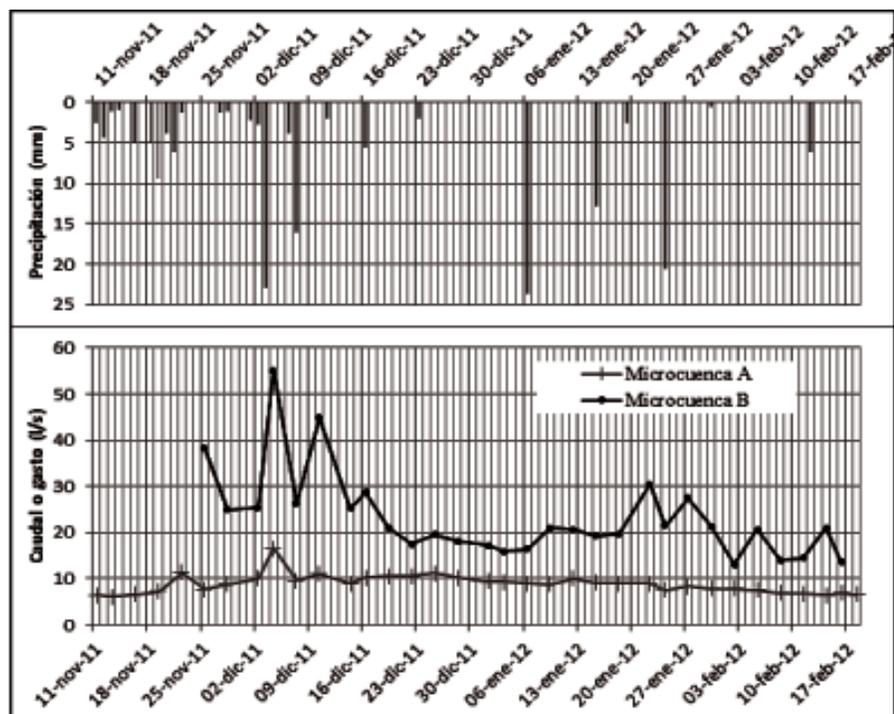


Figura 4. Relación precipitación-escorrentía

De acuerdo a la Figura 6, para un año seco, el caudal que escurre por las microcuencas sería menor a los estimados, ya que el año 2011 resultó ser un año húmedo. Es por ello que se realizó la corrección respectiva de los caudales correlacionando la precipitación media mensual en el tiempo de medición con los meses históricos secos. Esta corrección se efectuó a través de la Ecuación 5.

$$Q_{\text{corregido}} = Q_{\text{estimado}} \cdot \frac{\sum \text{Precipitación}_{\text{meses secos históricos}}}{\sum \text{Precipitación}_{\text{meses de medición}}} \quad \text{Ecuación [5]}$$

En las Tablas 3 se muestran los períodos secos históricos para los meses Noviembre, Diciembre y Enero. En la Tabla 4 se encuentran los caudales corregidos y afectados por dichos períodos secos.

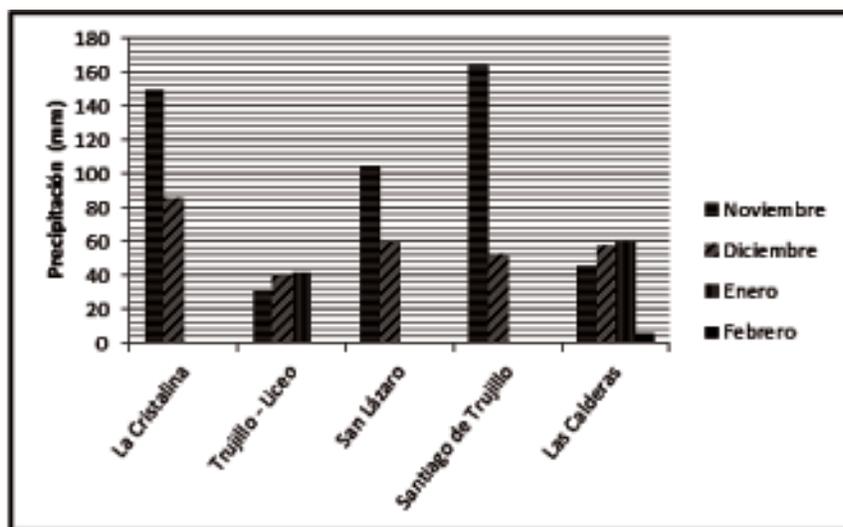


Figura 5. Morfología de registro de estaciones vecinas y del área de estudio (desde el 01/11/11 al 18/02/12).

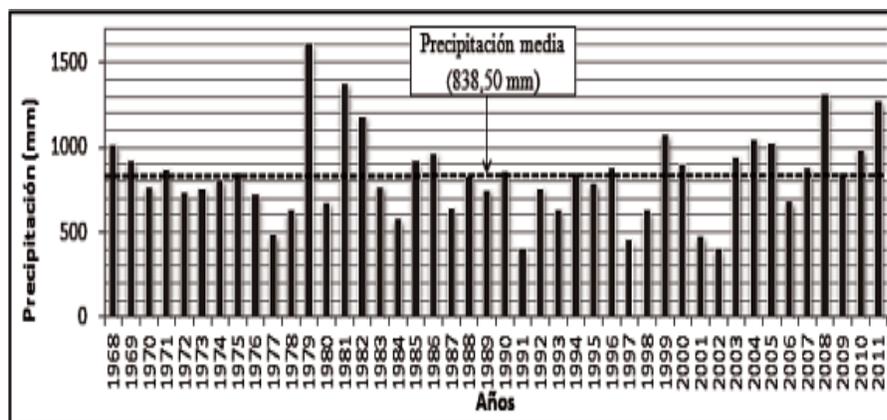


Figura 6. Precipitación anual de la estación Trujillo-liceo (1968-2011).

Tabla 3. Precipitación (mm) para los meses de estudio en la estación Trujillo-liceo (Noviembre 2011 a Enero 2012).

Registro	Noviembre	Diciembre	Enero	Sumatoria •
Histórico seco	45,22	16,06	17,80	79,1
Período de medición	31,1	40	42,3	113,4

Tabla 4. Resumen de corrección de caudales, Q (l/s).

Microcuenca	Q _{95%} (l/s)	Q _{80%} (l/s)
"A"	4,53	5,02
"B"	9,39	11,14

Rendimiento de las microcuencas. La determinación del rendimiento viene dada por la razón del caudal de producción de las microcuencas con respecto a su área. A éste también se le llama Caudal Específico (Tabla 5), expresado en litros por segundo por kilómetro cuadrado (l/s/km²).

Tabla 5. Rendimiento de las microcuencas A y B.

Microcuenca	Q _{95%} (l/s)	Área microcuenca (km ²)	Rendimiento (l/s/km ²)
"A"	4,53	0,337	13,44
"B"	9,39	2,215	4,24

CONCLUSIONES

1. Por la necesidad de medir la precipitación en la zona se decidió construir un pluviómetro artesanal, el mismo debió calibrarse para obtener la confiabilidad de su funcionamiento. La calibración a la que fue sometido este pluviómetro artesanal fue satisfactoria, pues la captación de agua de su embudo receptor fue similar en casi un 100% (101,4%) a la del envase del aparato de referencia calibrador (envase), el cual tiene una medida de área receptora similar a la de un pluviómetro estándar.
2. Debido al reducido volumen de agua que viaja por el cauce de la microcuenca A, el método de aforo volumétrico resultó ser el más idóneo, siendo éste uno de los más precisos.
3. Debido a las características físico-naturales del cauce en la microcuenca B, se encontró factible utilizar el método de aforo del flotador para medir caudales en dicha microcuenca. Sin embargo, debido a que éste es un método que tiene cierto margen de error, se decidió realizar la calibración del mismo, haciendo una comparación de medición con el Bastón de Jens, el cual es un método confiable. Los aforos realizados con el método del flotador arrojaron mediciones

de caudales diferentes al Bastón de Jens, permitiendo, a través del factor S, rectificar los datos que se vinieron tomando con el primer método, obteniendo datos de caudales confiables. Para éste caso particular, el método del flotador sobrestima los datos en un 28% aproximadamente con respecto a los datos obtenidos con el Bastón de Jens.

4. El software "Modelo AJUSTEHU" facilita la realización de distribuciones probabilísticas, ya que generalmente se presenta cierta dificultad al realizar éstas si no se dispone de un programa de computación.
5. Se determinó caudales para probabilidades de ocurrencia de 95% (Consumo humano) y 80% (Riego) ya que son los valores de interés en el ámbito agrícola.
6. La relación precipitación-escorrentía reflejó una respuesta inmediata de la microcuenca B a las precipitaciones que inciden en ella. Caso contrario sucede con la microcuenca A, ya que ésta presentó una descarga más uniforme a través del tiempo. Producto de las observaciones visuales hechas en campo del estado arbóreo o de cobertura vegetal de ambas microcuencas, se infiere que la microcuenca B presenta éste comportamiento debido al grado de intervención antrópica en el nivel medio-alto de su área total. La microcuenca A mantiene cobertura vegetal autóctona conservada por lo que la respuesta de escurrimiento y escorrentía de una tormenta es menor a la de la microcuenca B.
7. Del análisis de comparación de datos pluviométricos registrados en las diferentes estaciones que influyen sobre el área de estudio, la estación Trujillo-liceo fue la que presentó registros semejantes a los tomados en campo.
8. En los ajustes realizados a los caudales para períodos húmedos utilizando datos históricos de la estación Trujillo-liceo éstos se redujeron en un 30 a 30,5% por debajo a los medidos en campo.
9. Luego afectar los caudales obtenidos a través de la C.D.C. la microcuenca A presentó con un 95% de ocurrencia caudales de 4,54 l/s, mientras que la microcuenca B presentó caudales con un 95% de ocurrencia de 9,39 l/s.

REFERENCIAS

- Andrade, E. (2011). *Caudal ecológico*. [Documento en línea]. Recuperado de <http://civilgeeks.com/2011/11/25/caudal-ecologico/>
- Barreto, D. (2012). *Estimación de oferta y demanda hídrica con fines de riego en la finca "Las Calderas", parroquia Monseñor Carrillo, municipio Trujillo del estado Trujillo* (Trabajo de pregrado). Universidad de Los Andes Núcleo Universitario Rafael Rangel, Trujillo.
- Chereque, W. (1989). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil* (Libro en línea). Lima, Perú: CONCYTEC. Recuperado de <http://civilgeeks.com/2011/02/09/hidrologia-para-estudiantes-de-ingenieria-civil/>

Duque, R. (1993). *Precipitación: formación, medición y análisis de datos*. Mérida, Venezuela: CIDIAT.

Duque, R. (2003). *Modelo Ajustehu. Manual de uso* (Documento digital). Mérida, Venezuela: CIDIAT.

García, D. y González, M. (1998). *El concepto de caudal ecológico y criterios para su aplicación en los ríos españoles*. [Documento en línea]. Recuperado de <http://ocw.um.es/ciencias/ecologia/ejercicios-proyectos-y-casos-1/jalon-tanago-1998.pdf>

Grassi, C. (1975). *Estimación de los Usos Consuntivos de Agua y Requerimientos de Riego con Fines de Formulación y Diseño de proyectos*. Mérida, Venezuela: CIDIAT.

Rodríguez, M. & Ruíz, J. (2008). *Estimación preliminar de la oferta de agua en las microcuencas quebradas "El Cacho" y "Mucumbás" como fuente de suministro a la población de Timotes-estado Mérida*. (Trabajo de pregrado). Universidad de Los Andes Núcleo Universitario Rafael Rangel, Trujillo.

Trezza, R. (1997). *Fundamentos de hidrología agrícola* (Trabajo de ascenso). Universidad de Los Andes Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Trujillo.