

DETERMINACION DE LAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS EN LA ZONA DE SANTA ROSA, SECTOR LA HECHICERA DEL ESTADO MERIDA.

DETERMINATION OF THE WATER DISPONIBILITIES IN SANTA ROSA AREA LA
HECHICERA MERIDA STATE.

Luis Rázuri Ramirez¹, José Rosales Daboin¹, Edgar Romero Carrillo²,
Leonardo Juarez³, José D. Hernández¹,
¹CIDIAT-ULA Apartado 219, Mérida, ²IIAP-ULA, Mérida, ³ULA-NURR., Trujillo.
razuri@ula.ve; rjose@ula.ve
La investigación se inicia en Julio 2002 y Finalizo Enero 2007

Resumen.

El presente trabajo fue financiado por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad de Los Andes, Proyecto N° R-015-01-09-B.

Este se realizó con el fin de determinar las disponibilidades hídricas en la zona de Santa Rosa, sector La Hechicera del Estado Mérida, para lo cual se condujo un estudio en la microcuenca Los Animes-La Honda y Agua Larga (alta y baja) tributarias del río Albarregas, la cual a su vez forma parte del sistema hidrográfico del río Chama. El área considerada tiene una superficie total de 296.54 ha y se encuentra ubicada de acuerdo a la división política territorial del Estado Mérida, en el sector Santa Rosa de la Parroquia Milla, del Municipio Libertador. Su ubicación geográfica aproximada es 8°36' de latitud norte y 71°08' de longitud oeste. El trabajo de campo se realizó durante diecisiete (17) meses en el período comprendido entre febrero 2001 y junio 2002. Se realizaron mediciones sistemáticas de la escorrentía dos veces por día (mañana y tarde), mediante el empleo de aforadores del tipo Ballofét. Las variaciones estacionales de los caudales, como criterio para establecer las disponibilidades de agua para la zona de estudio fueron: con un 80% de probabilidad en promedio de 14,74 l/s, con mínimos de 8,44 l/s para el mes de agosto y máximo de 30,14 l/s para el mes de noviembre; y para un 95% de probabilidad fue de 12,33 l/s de promedio, con un mínimo en el mes de agosto de 7,35 l/s y máximo en noviembre de 27,39 l/s.

En el caso de la quebrada Agua Larga, el caudal seguro que puede aportar esta fuente para un 95% del tiempo fue de 2,88 l/s y en el caso de la quebrada Animes-Honda dicho caudal es de 6,42 l/s, lo que constituye un caudal total de ambas fuentes para ese porcentaje de tiempo de 9,3 l/s. Si se considera que un 10% de este caudal corresponde a lo que se conoce como caudal ecológico, que constituye el caudal mínimo que es necesario dejar en la fuente para garantizar la supervivencia de su ecosistema, se tiene que la disponibilidad definitiva de ambas fuentes para el 95% del tiempo, de acuerdo a la curva de duración de caudales, es de 8,84 l/s.

De acuerdo a los ensayos físico-químico y bacteriológico realizados a las fuentes existentes en las precitadas microcuencas, pudo determinarse que dichas fuentes cumplen con todos los estándares normalmente exigidos para el uso del agua con fines públicos, por lo tanto son fuentes que pueden catalogarse de buena calidad.

Palabra clave: disponibilidades hídricas, escorrentía, microcuenca

Summary.

The current work was financed by the Council of Scientific, Humanistic and Technological Development of the University of the Andes, Project No. R-015-01-09-B.

This project was carried out with the goal of finding out the hydric availability in the zone of Santa Rosa, sector La Hechicera of Merida State, Venezuela, for which a study was carried out of the microbasins Los Animes-La Honda and Agua Larga (high and low), tributaries of the river Albarregas, which in turn forms part of the hydrographic system of the river Chama. The area under consideration has a total surface of 296.54 ha and is located within the territorial political division of Merida State, in the sector Santa Rosa of the Parish Milla, of Libertador Municipality. Its geographic location is approximately 8°36' north latitude and 71°08' west longitude. The fieldwork was carried out throughout seventeen (17) months in the period between February 2001 and June 2002. Systematic measurements were made of the runoff twice a day (morning and evening), through the use of a Ballofet type flowmeter. The seasonal variations of the flows, as criteria for establishing the availability of water for the zone under study, were: an average of 14.74 l/s with 80% of probability, with minimums of 8.44 l/s for the month of August and a maximum of 30.14 l/s for the month of November; within 95% of probability the average was 12.33 l/s, with a minimum in August of 7.35 l/s and a maximum in November of 27.39 l/s.

In the case of the stream Agua Larga, the flow that for sure can provide this source for 95% of the time was 2.88 l/s and in the case of the stream Animes-Honda this flow is 6.42 l/s, which constitutes a total flow from both sources for that percentage of time of 9.3 l/s. If it is considered that 10% of this flow corresponds to what is known as an ecological flow, which constitutes the minimum flow that it is necessary to leave in the source in order to guarantee the survival of the ecosystem, then the definitive availability of both sources for 95% of the time, in agreement with the flows' duration curve, is 8.84 l/s. In agreement with the physico-chemical and bacteriological tests carried out on the sources existing in the aforementioned microbasins, it can be determined that said sources comply with all the normal standards demanded for the use of water for public ends, therefore they are sources that can be categorised as good quality.

Key Words: hydric availability, runoff, microbasin.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela y particularmente en la Región de Los Andes, el agua representa un recurso de vital importancia, ya que la utilización de los recursos hídricos se asocia de manera inseparable al desarrollo socio-económico de los pueblos, tanto desde el punto de vista del consumo del agua para cubrir sus necesidades básicas, como para producir alimentos, como es el caso de la agricultura; esto se complementa con los requerimientos para uso industrial, comercial y turístico.

El desarrollo económico hace que el abanico de demandas de éste recurso natural sea cada vez más amplio y activo. A esta tendencia se contraponen el hecho de que la disponibilidad es limitada. Los consecuentes problemas relativos a su oferta van ligados a riesgos de que se agrave la creciente competencia entre sus usuarios.

En la zona de Santa Rosa se ubican tres micro cuencas conocidas como: Los Animes-Honda, Agua Larga Alto y Agua Larga Baja, tributarias del río Albarregas, en ellas se refleja una problemática ligada al uso irracional de los recursos hídricos, que abarca tanto a las comunidades de Santa Rosa y Bella Vista e instituciones

públicas, así como a la Universidad de Los Andes; las cuales son principales demandantes del agua en el área de estudio. Este problema trae como consecuencia que las metas de desarrollo se vean afectadas en razón a la conflictividad del agua debido a la competitividad existente.

La problemática del uso del agua en el sector de Santa Rosa es típica de la carencia de planificación en el manejo del recurso hídrico. El agua representa para esta zona uno de los insumos más importantes en el logro de la producción de leche, ya que suple el consumo de agua de los animales, además que asegura el riego de los potreros, lo cual garantiza la suplencia de forrajes para la alimentación animal, enmarcándose dentro de las estrategias que para el sector lechero tiene la Universidad de los Andes, que a su vez se complementa con la producción de lácteos que le dan un valor agregado a la producción agrícola; así mismo, es importante señalar que la Universidad también posee dos unidades de investigación, como es el caso del Bioterio y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIAP), las cuales constituyen un demandante importante de agua.

Al hacer un balance relativo de la forma cómo se está utilizando el agua para riego y abastecimiento poblacional, se evidencia la falta de criterios técnicos en el uso de la misma, así como la ausencia de programas institucionales dirigidos a la corrección de dichos problemas.

METODOLOGÍA

Se realizó una recopilación y posterior análisis de toda aquella información que sobre el área existiera, referida fundamentalmente a los siguientes aspectos: cartografía, climatología, precipitación, evaporación, temperatura, viento y humedad relativa, suelos, desarrollo agrícola, cultivos, aspectos poblacionales e industria y comercio.

Asimismo se procesó y analizó dicha información con el fin de determinar su consistencia.

Inventario de los recursos hídricos y de los sistemas de aprovechamiento

A través de trabajos de campo e investigación bibliográfica, se procedió a cuantificar los recursos hídricos existentes, para ello fue necesario inventariar y diagnosticar las fuentes de agua y los respectivos usos a lo que están sometidos, tanto en la parte de abastecimiento urbano, industrial, comercial, agrícola, etc. así como otros casos como el turístico.

El inventario de las fuentes y los sistemas hidráulicos del área permitió tener una visión más clara de la problemática existente, así como del estado en que se encuentran, todo en función de su ordenamiento y posterior aprovechamiento.

Determinación de las disponibilidades u ofertas de agua

La estimación de las disponibilidades es uno de los aspectos más importantes en la determinación y solución de los numerosos problemas, que sobre el uso de los recursos hídricos existen en una determinada cuenca, es por ello que debe darse a este aspecto la importancia debida dentro del contexto del uso racional del agua, Muñoz (2005).

Para cumplir con esta actividad se procedió a establecer una campaña de mediciones sistemáticas a través de dispositivos de aforo, dos veces por día, durante 17 meses, comprendidos entre febrero de 2001 y junio de 2002. Estos datos permitieron generar información, mediante una caracterización estadística, con la finalidad de determinar la distribución probabilística y de esta forma calcular los caudales escurridos asociados con una probabilidad de ocurrencia, a través de la construcción de curvas de duración de caudales y/o variación estacional, Duque (1989). La escala temporal fue a nivel mensual.

Toda esta información se generó en aquellos sitios de interés para los aprovechamientos actuales y futuros de los recursos hídricos.

RESULTADOS

Aspectos físico-naturales

Ubicación, límites y extensión

Geográficamente, las micro cuencas Los Animes-Honda, Agua Larga Alto y Agua Larga Baja se encuentran localizadas entre las coordenadas geográficas 8° 37'10" y 8° 37'28" de latitud norte y 71°09'13" y 71°08'51" de longitud oeste. Limita por el norte con la Sierra de la Culata, por el sur con el Filo del Sector Bella Vista, por el este con el río Albarregas y el núcleo la Hechicera de la Universidad de Los Andes y por el oeste con las estibaciones de la sierra de La Culata que da hacia la ciudad de Mérida.

Hidrológicamente pertenece a la subcuenca del río Albarregas, cuenca del río Chama, en la región de Los Andes, que finalmente drena sus aguas hacia la hoya hidrográfica del Lago de Maracaibo. La extensión aproximada de las microcuencas es de 297 hectáreas hasta la confluencia con el río Albarregas.

Localización político-administrativa

Política y administrativamente las microcuencas conforman todo el territorio de la parroquia Milla del municipio Libertador del estado Mérida. La Figura 1 muestra la ubicación relativa del área en relación con el contexto regional y nacional.

Relieve y Pendiente

El área en estudio posee pendientes superiores al 32% en las vertientes de la microcuenca, e inferiores al 20% en el valle donde se ubica el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, PROGAL, el Bioterio y la zona urbana de Santa Rosa. El área se extiende en dirección noroeste hacia el sureste, comprendiendo las dos vertientes de montaña que encierran la cuenca media del río Albarregas; esta zona presenta un relieve bastante abrupto con una variabilidad altitudinal, desde los 1900 m.s.n.m en el Sector Santa Rosa hasta 3000 m.s.n.m en la Sierra de La Culata, en la Figura 1 se presenta la ubicación del área de estudio.

Clima

La información climatológica utilizada fue recopilada y depurada de los datos tomados en la Estación Experimental "Santa Rosa" desde el año 1.967 hasta el año 2.002.

Precipitación

La precipitación media mensual, para el período de registro de 36 años (1967-2002), se presenta en la Figura 2. En esta se observa un régimen bimodal con dos picos bien definidos, el primero en el mes de mayo con un valor de 249,7 mm y el segundo en el mes de octubre con un promedio de precipitación de 298,3 mm.

Evaporación

La evaporación promedio anual fue de 1368,74 mm; el promedio mensual para el mismo período considerado, se presenta en la Figura 3. En esta se evidencia que no existe una variación significativa de la evaporación durante todo el año, con valores que oscilan entre 96,5 mm y 122,8 mm, correspondientes a los meses de noviembre y septiembre respectivamente.

Cartografía

Los mapas utilizados de la cuenca fueron los elaborados por cartografía nacional a escala 1:25.000 y mapas del Sector Santa Rosa, elaborados por FUNDEM, MINDUR y MARN, a escala 1:2.500.

Inventario de los recursos hídricos y de los sistemas de aprovechamiento

Para la definición de la problemática y sus causas, del manejo de los recursos hídricos en la micro cuenca Los Animes- La Honda, Agua Larga Alto y Agua Larga Baja, se realizó un diagnóstico físico y de operación de la infraestructura de riego.

El diagnóstico consistió en una inspección visual del estado físico de la infraestructura. El inventario de los recursos hídricos y sus sistemas de aprovechamiento se realizó de acuerdo a distintos trabajos de campo e

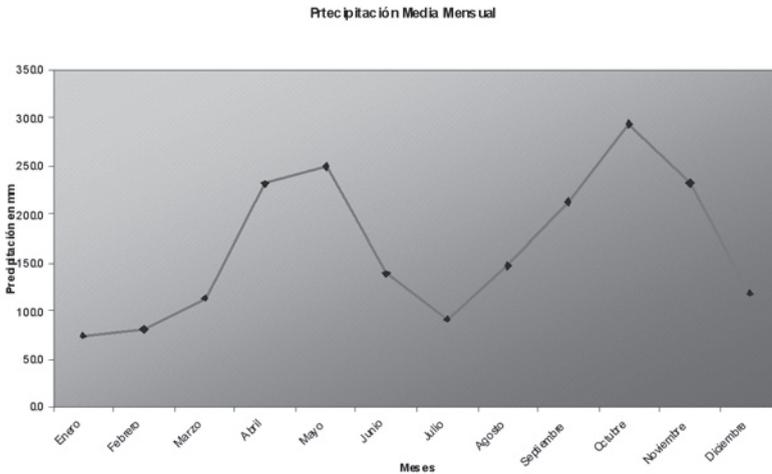


Figura 2. Precipitación promedio mensual (mm), período 1967-2002

Larga Alto y Agua Larga Bajo se procedió a la estimación de las disponibilidades superficiales del recurso agua, apoyándose en aforos diarios, efectuados en horas de la mañana y la tarde.

Delimitación de sectores hidrológicos

Las microcuencas se delimitaron según el área que drena hacia cada cauce o quebrada principal que lo conforma, tomando en cuenta la divisoria de aguas.

Con base a la información cartográfica disponible para la zona y con el apoyo del trabajo de campo, se procedió a ubicar y delimitar las cuencas aportantes para las fuentes que están siendo aprovechadas, pudiendo determinarse el tamaño de su superficie, que resultaron en:

Superficie total de la cuenca:	296,58 ha
Perímetro de la cuenca:	7.905,6 m
Superficie de la microcuenca Agua Larga:	103,58 ha
Superficie de la microcuenca Los Animes-Honda:	193,00 ha

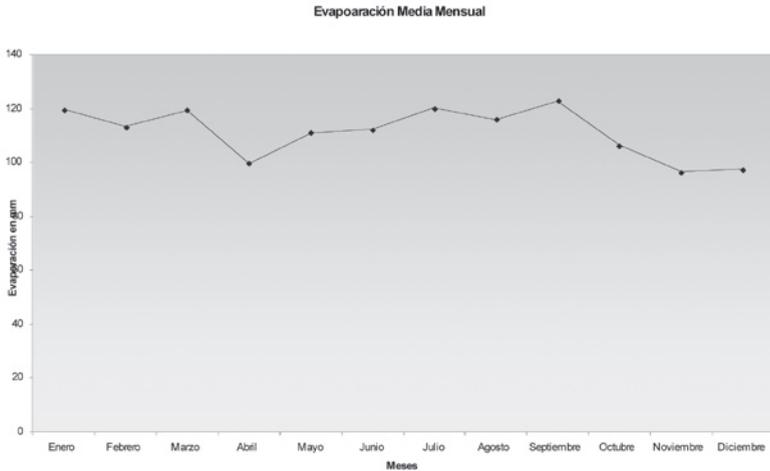


Figura 3. Evaporación promedio mensual (mm), período 1967-2002

Debido a que la superficie de la cuenca es apenas de 2,96 kilómetros cuadrados, y ante la falta de información sobre la medición de aquellos procesos que ocurren para cortos períodos de tiempo, se ha hecho difícil la aplicación de un modelo de simulación hidrológico para simular el comportamiento de la cuenca en cuanto a caudales escurridos.

Sin embargo, la pequeña cuenca objeto de este trabajo, por formar parte de la cuenca del Chama, pudiera estudiarse la posibilidad de la aplicación de estudios de simulación que han sido desarrollados para dicha cuenca. De esta manera podría manejarse otro criterio para la obtención de la disponibilidad u oferta de agua que existe para el sector.

Luego de conformar cada sector hidrológico, se delimitó el área que abastece a cada conjunto de sistemas de captación. La Figura 4, representa las microcuencas objeto de estudio, así como la ubicación y superficie de las diferentes fuentes de aprovechamiento y obras de captación.

Campaña de mediciones mediante dispositivos aforadores

Se realizó, en cada uno de los sitios de captación, una campaña diaria de mediciones de caudal, tomándose las lecturas tanto en la mañana como en la tarde. Para ello se instalaron y utilizaron aforadores Ballofét, calibrados en el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad de Los Andes; el resultado de la calibración se presenta en la Figura 5.

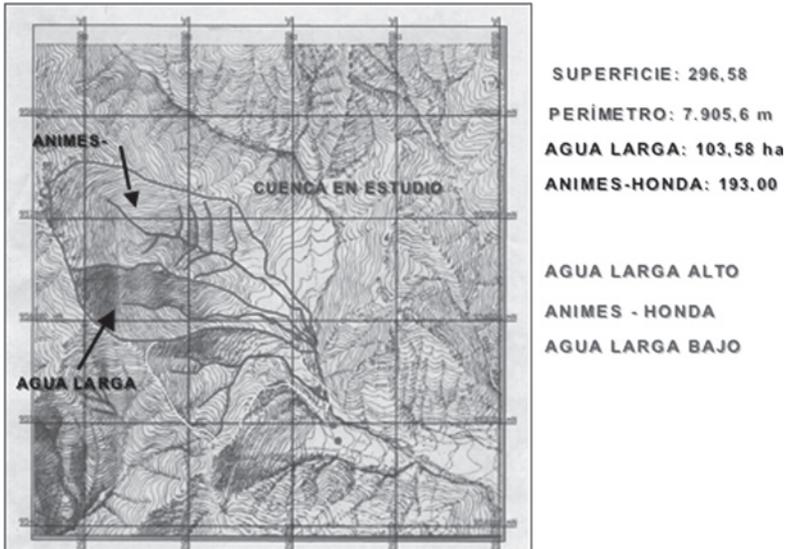


Figura 4. Delimitación de las microcuencas objeto del estudio

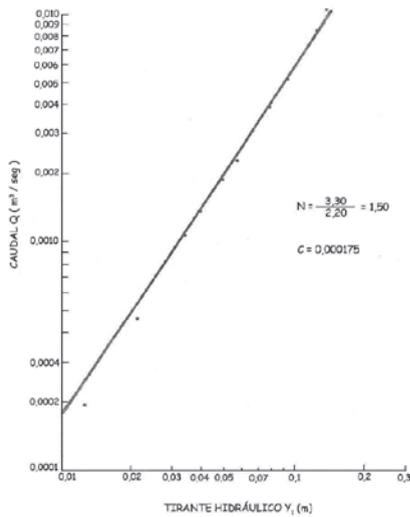


Figura 5. Curva de calibración del Aforador Ballofet : caudal vs. tirante hidráulico

En las Figuras 6 y 7 se presentan los aforadores Ballofet y la toma de lecturas respectivamente

Construcción de las curvas de duración de caudales y variación estacional

En la predicción de las disponibilidades del recurso agua, la hidrología hace uso de técnicas que se apoyan en las estadísticas. Con base en esta consideración, se estimó el tiempo en que el caudal de un curso de agua es igual o mayor a cierto valor, bajo el principio de lo que ha ocurrido en el pasado pueda esperarse en el futuro, siempre y cuando persistan las mismas condiciones, todo esto apoyado en los registros históricos, Duque (2000).

La curva de duración de caudales expresa la representación con que ocurre un evento o una serie de eventos y tiene como finalidad la determinación de la probabilidad de que un caudal se presente en determinado porcentaje de tiempo, Briceño (1978).

Para la determinación de la curva de duración de caudales se utilizó el programa AJUSTE, presentado por Duque (1998). Toda la información resultante y necesaria para la construcción de las curvas de duración de caudales se utilizó para determinar los caudales que se presentan en las diferentes fuentes, para una probabilidad de ocurrencia del 80 % y 95 %.

Para cada uno de las microcuencas se construyó una curva de variación estacional, la cual representa el caudal que escurre en los sitios de captación para los doce meses del año y para las probabilidades de excedencia anteriormente señaladas.

Los valores de 80 % y 95% se asumieron con base en que para el caso de riego se podría permitir el riesgo de que un veinte por ciento del tiempo el caudal esperado no se presente; pero para la parte de abastecimiento poblacional, comercial, agroindustrial y el Bioterio se debería garantizar por lo menos que el 95 % del tiempo el recurso hídrico esté presente.

$$Q = 0.175 * Y^{3/2}$$

donde:

Q caudal en l/s

Y medida del nivel del agua en cm

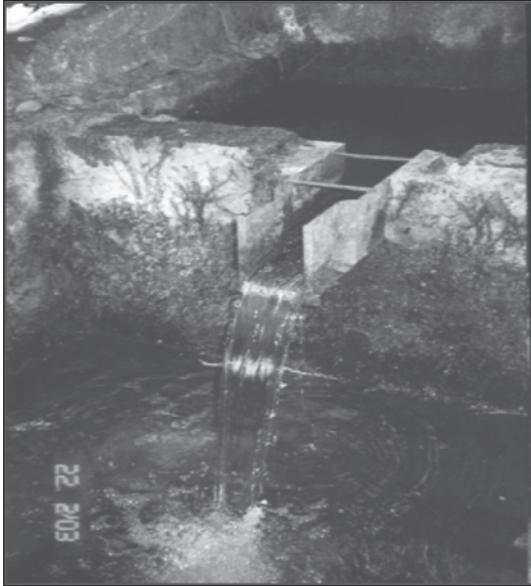


Figura 6. Aforador Ballofet



Figura 7. Toma de lecturas en el aforador

En las Figuras 8 y 9 se presentan las curvas de variación estacional de los caudales para un 80 % y 95 % de probabilidad de excedencia expresados en l/s, para cada mes y cada microcuenca.

Determinación de la calidad del agua

Para las fuentes captadas en el sector Santa Rosa se procedió a realizar una campaña de toma de muestras representativas por un período de tres meses, comprendido desde el 04/06/2003 hasta el 27/08/2003, fijándose un lapso de tiempo para cada muestreo entre 15 y 22 días. Se tomaron estas muestras con las previsiones y recomendaciones del caso para su preservación y traslado, en sitios que fueron escogidos estratégicamente tanto de la aducción como de la distribución y también directamente de las fuentes que están siendo captadas. Estas muestras posteriormente fueron sometidas a ensayos fisico-químicos y bacteriológicos en los laboratorios de la empresa estatal hidrológica Aguas de Mérida, pues a pesar de que la calidad del agua puede ser clasificada de diferentes formas, lo mas común y usual es hacerlo a través de sus características químicas, físicas y biológicas.

CONCLUSIONES

1. Las microcuencas de Los Animes- La Honda, Agua Larga Alto y Agua Larga Baja presentan un deterioro de las condiciones ambientales debido principalmente a las siguientes razones: deforestación, condiciones ambientales adversas, desarrollo demográfico, ampliación de la frontera agrícola, ausencia de esquemas de desarrollo sustentables en las cuencas productoras, inexistencia de programas de asistencia técnica y sobre explotación del recurso hídrico.
2. Los caudales aforados durante la campaña de mediciones efectuada en las quebradas de las microcuencas Animes-Honda y Agua Larga, realizada en los años mas críticos en cuanto a precipitación se refiere en la zona, de acuerdo a los registros pluviométricos llevados por la estación meteorológica Santa Rosa desde el año 1966, así como a las estimaciones hidrológicas que se hicieron en el desarrollo de la investigación, permiten concluir que los caudales de estas quebradas son suficientes para satisfacer todas las demandas actuales y futuras generadas por los distintos usuarios existentes en el sector Santa Rosa, parroquia Milla, del municipio Libertador de la ciudad de Mérida.
3. De acuerdo a los ensayos fisico-químicos y bacteriológicos realizados a las fuentes existentes en las precitadas microcuencas, pudo determinarse que dichas fuentes cumplen con todos los estándares normalmente exigidos para el uso del agua con fines públicos, por lo tanto son fuentes que pueden

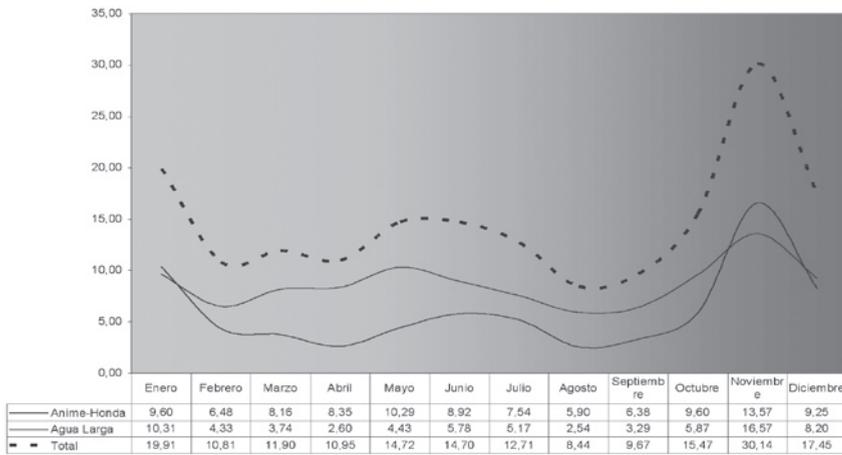


Figura 8. Curva de variación Estacional para un 80% de probabilidad de excedencia

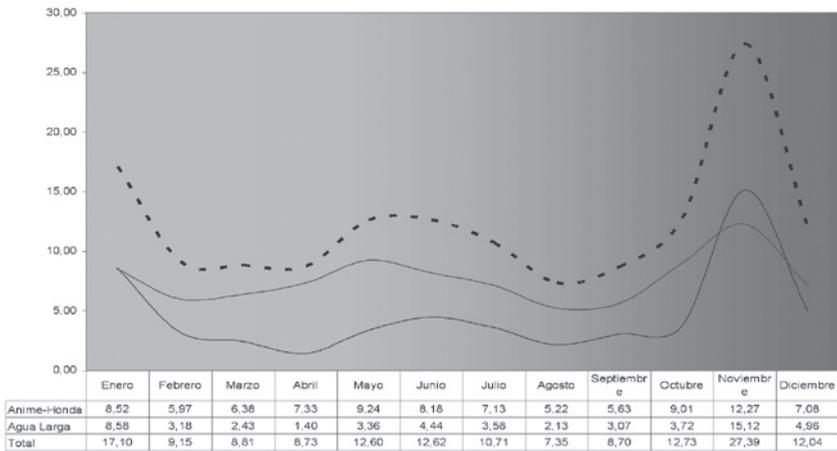


Figura 9. Curva de variación Estacional para un 95% de probabilidad de excedencia

catalogarse de buena calidad. Se recomienda su utilización para la demanda de riego y urbana existente en la zona de Santa Rosa, con la condición de que para satisfacer la demanda urbana, conformada por la demanda doméstica, de servicios, educacional e industrial, deberá ser sometida previamente a un tratamiento primario de desinfección, lo cual hasta ahora no se hace.

4. El diagnóstico de los diferentes sistemas hidráulicos presentes en el área de estudio, tanto para el subsector riego como el subsector de agua potable, dio como resultado una ineficiente utilización del recurso agua existente como consecuencia de:
 - Problemas relacionados con la planificación, manejo e infraestructura de riego.
 - Problemas organizativos e institucionales.
 - Ausencia de programas crediticios y asistencia técnica.
 - Problemas relacionados con los aspectos socio-culturales
5. Existe una conflictividad de usuarios en la zona, a pesar de que el recurso existente en las quebradas de las microcuencas estudiadas es suficiente, como consecuencia de:
 - Mal diseño hidráulico y constructivo de las obras de captación, las cuales no captan la cantidad de agua necesaria para satisfacer los requerimientos de los distintos usuarios.
 - Mal diseño hidráulico y numerosas fugas en las obras de captación (diques), en la tubería de aducción y en la red de distribución.
 - Uso desmedido e incontrolado del recurso, específicamente en el área de ordeño.
 - Una muy baja eficiencia en las labores de riego.
 - Ausencia de dispositivos de control (válvulas, llaves de paso, flotantes, etc.) que impidan el rebose en los sistemas de almacenamiento, caso específico, el tanque de la unidad procesadora de productos lácteos del PROGAL.

RECOMENDACIONES

1. Una de las recomendaciones de mayor importancia es la referida al establecimiento de estaciones meteorológicas e hidrométricas, para poder realizar mediciones y de esta forma convalidar los resultados hidrológicos estimados en el trabajo.
2. Se recomienda a corto plazo establecer un ordenamiento de los sistemas hidráulicos que hacen uso en forma individual o conjunta de todas las fuentes

- de agua, tanto de las que tienen problemas como las que no las tiene, ya que de seguir la tendencia actual de se podrían suscitar déficit mas acentuados
3. Es necesario implementar un plan de rehabilitación de los sistemas de riego de todas áreas sin excepción, esta rehabilitación se debe realizar con base a un ordenamiento.
 4. Es necesario evaluar la posibilidad de realizar un trasvase de otra cuenca con mayor potencial hídrico, como es el caso de la cuenca del río Albarregas, que permitiría suplir la ampliación de la frontera agrícola y como consecuencia la deficiencia que puede presentarse para riego y para el abastecimiento poblacional futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Amisial, R. 1982. Disponibilidad de agua superficial. Mérida, CIDIAT
- Briceño, L. 1978. Adaptación de un Modelo de Simulación Hidrológica a los Fines de Riego. CIDIAT.
- Chow, V. y Maidment, D. 1994. Hidrología Aplicada. Universidad de Texas, USA. ISBN: 0-07-010810
- Duque, R. 1988. Disponibilidad de Agua Superficial. del Río Albarregas. Mérida, CIDIAT
- Duque, R. 1989. Modelo de simulación hidrológica a nivel diario (SIHID). CIDIAT, Mérida.
- Duque, R. 2000. Modelo de Simulación para Análisis de Frecuencia. Ajuste V.2. Mérida, CIDIAT.
- Gardiner, V. y Herrington, P. 1986. Water demand forecasting. Londres. England. ISBN: 0-86094-214-7
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 1994. Uso eficiente del agua. México DF.
- Monsalve, G. 1995. Hidrología en la Ingeniería. Santa Fé de Bogota. ISBN: 958-95742-1-1

Muñoz, R. 2005. Hidrología Agroforestal. Mundi-Prensa Libros. ISBN: 8484762459

Ruiz, J. 2001. Hidrología, evolución y visión sistémica. La morfometría de cuencas como aplicación. Barinas, UNELLEZ. ISBN: 980-248-120-3.