

## Estimación de variables hidrometeorológicas y balance hídrico en zonas con información climática escasa, caso subcuenca Quebrada Grande estado Yaracuy

**Luis Lobaton<sup>1</sup>**  
**Sonia Pavan<sup>2</sup>**  
**Emilio Noue<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Pasante. MINAMB. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Yaracuy, Venezuela

<sup>2</sup> MINAMB. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Yaracuy, Venezuela

Correo: electrónico: luisflym@hotmail.com;

Correo electrónico: pavanvol@hotmail.com

**E**n la actualidad, factores climáticos como la temperatura, la luz y el agua, han sido alterados y modificados por el calentamiento global, generando grandes repercusiones en el sector agrícola. Los productores requieren de predicciones confiables sobre las variables hidrometeorológicas con el fin de establecer programas de siembra que garanticen un mayor rendimiento en su actividad productiva.

Los dos factores básicos en el desarrollo del riego son el suelo y los recursos hídricos. Al llevar a cabo la determinación de los requerimientos unitarios de agua para riego, encontramos los siguientes escenarios: si la superficie de tierra es el factor limitante, los requerimientos unitarios de agua determinarán la cantidad de agua aprovechable y; si el agua es el factor limitante, los requerimientos unitarios de agua determinan el tamaño del área a regar.

A fin de determinar el plan más eficiente, económico y deseable para utilizar los recursos hídricos, las investigaciones de suministro de agua se orientan a comparar los posibles resultados bajo condiciones de diferentes demandas de agua y/o modificando las estructuras de riego (en el tamaño o el diseño). Los resultados finales se comparan en términos de costos o beneficios, estimados a través de indicadores de energía eléctrica, producción de agua para riego, control de crecientes (para reducir los caudales picos y evitar posibles riesgos de inundación), flujo de sedimentos, entre otros.

En Venezuela existen diversos organismos encargados de recolectar y divulgar la información hidrometeorológica, de gran utilidad para la elaboración de planes agrícolas. Uno de estos organismos es el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente

(MINAMB), el cual, según el Artículo 43, (Gaceta Oficial N° 38.595, 2.007), de la Ley de Aguas la cual estipula: "El Subsistema de Información de las Aguas comprenderá las actividades de recolección, procesamiento, sistematización, almacenamiento y divulgación de datos e información de tipo hidrometeorológico, hidrogeológico, fisiográfico, morfométrico y de calidad de aguas; entre otros, provenientes de los sectores público y privado". Por lo anteriormente descrito, sería conveniente que cada entidad federal venezolana cuente con organismos encargados de elaborar sistemas que brinden información sobre la base de variables hidrometeorológicas.

En el estado Yaracuy existen muchas zonas donde no se tiene información acerca de las variables hidroclimáticas (temperatura, luz, agua), razón por la cual, los productores no establecen programas de siembra respaldados en sistemas de información climática; por lo general, siembran de manera improvisada e insegura, afrontando el riesgo de pérdidas económicas. Es imprescindible la determinación de variables climáticas asociadas al agua (condiciones hidrometeorológicas), mediante una metodología que oriente a los productores a llevar a cabo su actividad de siembra bajo un panorama menos riesgoso.

### Caso Subcuenca Quebrada Grande, estado Yaracuy

La subcuenca se encuentra ubicada entre los municipios Bruzual y Arístides Bastidas del estado Yaracuy. En una primera etapa se realizó un trabajo de campo, que consistió en la ejecución de inspecciones visuales y obtención de datos de la zona que

comprende la subcuenca Quebrada Grande y sus adyacencias. Se observó y monitoreó el material sedimentario que posee la quebrada y la actividad agropecuaria de la zona con la finalidad de conocer su situación actual. Se pudo verificar la existencia de productores del sector agrícola vegetal y animal.

En una segunda etapa se estimaron las variables hidrometeorológicas, utilizando el método de Thornthwaite que se basa en el concepto de evapotranspiración potencial y en el balance de vapor de agua, el cual contiene cuatro criterios básicos: índice global de humedad, variación estacional de la humedad efectiva, índice de eficiencia térmica y concentración estival de la eficacia térmica. La evapotranspiración potencial (ETP), se determina a partir de la temperatura media mensual, corregida según la duración del día; y la disponibilidad de agua se calcula a partir del balance de vapor de agua, considerando la humedad en milímetros de agua. Los tipos de clima se definen en función del momento en el año por medio de la humedad y la ETP, y pueden ser subdivididos en distintas categorías según escenarios de exceso o defecto de agua y según la concentración estacional de la eficacia térmica.

Los cursos de ríos y cuerpos de agua de la zona bajo estudio se demarcaron mediante el software "ArcGIS". Este software permite visualizar cartas y planos a diferentes escalas, dando a conocer más detalles y haciendo que la demarcación de zonas y el trazado de redes hidrográficas sean más precisos. Luego de completar todo el trazado de la red, se representaron las líneas divisorias de la subcuenca Quebrada Grande, utilizando el mismo software.

Para solventar la limitante de información climática del área, se creó una red de 188 puntos en la zona. Estos puntos fueron seleccionados a partir de las intersecciones de las líneas de coordenadas rectangulares de unidad técnica de masa (UTM) y de los mapas utilizados en el software "ArcGIS" (las cuales se encontraban a un kilómetro de distancia entre sí), con la finalidad de abarcar la zona de estudio en su totalidad y de obtener información hidroclimática en cada uno de estos puntos. Poste-

riormente, se procedió a transformar las coordenadas rectangulares (UTM), a coordenadas geográficas (para la elaboración de los balance hídricos), mediante el software "Cartogeo" (dicho programa facilita grandemente el proceso al automatizar los cálculos matemáticos requeridos).

### **Estimación de precipitaciones y temperaturas**

En vista de que el área bajo estudio carece de información climatológica, fue necesario utilizar los registros pluviométricos y de temperatura de estaciones meteorológicas adyacentes a la subcuenca. A partir de estos, se procedió a estimar la cantidad de lluvia promedio mensual y la temperatura para cada punto (coordenada) en el software "Surfer", el cual, a partir de datos de varias estaciones climáticas, interpola dicha información y proporciona un valor para cada coordenada que se ubicó mediante la red de puntos. Los valores de precipitación obtenidos fueron expresados en centímetros para la elaboración de las fichas hídricas.

### **Elaboración de fichas hídricas**

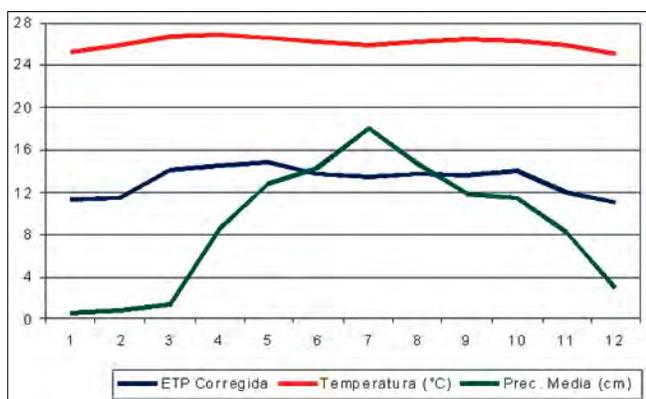
A través del método de Thornthwaite, se pudo determinar el balance hídrico existente en la subcuenca Quebrada Grande. Este proceso consistió en elaborar 188 fichas hídricas en el software Balance Hídrico "Sistema Thornthwaite", a partir de datos básicos tales como: precipitación, temperatura, latitud y capacidad de campo. Luego de introducir los datos básicos al software, este calcula para cada punto las siguientes variables: precipitación media (centímetros), temperatura, índice calórico, evapotranspiración (sin corregir, corregida y real), frecuencia de fotoperíodo, reserva hídrica, almacenamiento, déficit y exceso de agua, coeficiente de humedad y escurrimiento (estas variables son expresadas en promedios mensuales en forma de matriz con sus respectivos gráficos).

A manera de ejemplo, se presenta una ficha hídrica correspondiente a la parte baja de la subcuenca (Cuadro 1), así como el gráfico con la información promedio anual de las 188 fichas obtenidas (Figura 1).

**Cuadro 1. Balance hídrico de la zona de estudio: subcuenca Quebrada Grande, municipios Bruzual y Arístides Bastidas parte baja de la subcuenca. coordenadas UTM: 1126000 mN – 518000 mE.**

Variables	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Prec. Media (cm)	0.59	0.92	1.44	8.59	12.80	14.31	18.08	14.68	11.81	11.50	8.28	3.04	106.04
Temperatura (°C)	25.32	25.98	26.69	26.85	26.65	26.24	25.97	26.21	26.51	26.40	25.91	25.17	26.16
Índice Calórico	11.66	12.12	12.63	12.74	12.60	12.30	12.11	12.29	12.50	12.42	12.07	11.55	146.99
ETP s/Corregir	11.37	12.46	13.74	14.04	13.66	12.92	12.44	12.87	13.41	13.21	12.35	11.11	153.58
F. Foto Período	1.00	0.92	1.03	1.03	1.08	1.06	1.09	1.07	1.02	1.06	0.97	0.99	12.32
ETP Corregida	11.32	11.44	14.19	14.46	14.82	13.69	13.55	13.78	13.62	14.00	11.99	11.01	157.86
Reserva Hídrica	-10.72	-10.52	-12.74	-5.88	-2.02	0.63	4.52	0.90	-1.80	-2.51	-3.72	-7.96	0.00
Almacenamiento	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	5.15	6.05	4.24	1.73	0.00	0.00	0.00
ETP Real	0.59	0.92	1.44	8.59	12.80	13.69	13.55	13.78	13.62	14.00	8.28	3.04	104.30
Déficit (agua)	10.72	10.52	12.74	5.88	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.98	7.96	51.82
Exceso (agua)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coef. Humedad	-0.95	-0.92	-0.90	-0.41	-0.14	0.05	0.33	0.07	-0.13	-0.18	-0.31	-0.72	0.00
Escurrimiento	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Lobaton, L. (2009)



**Figura 1. Valores mensuales de la zona de estudio: parte baja de la subcuenca Quebrada Grande, municipios Bruzual y Arístides Bastidas. Coordenadas UTM: 1126000 mN – 518000 mE.**

### Elaboración de mapas isólinas mediante interpolación de Kriging

Una isólinea es una curva o línea con un valor constante en toda su dimensión, también llamada isopleta, curva de nivel, isógrama o isaritma. Cuando las formas también se pueden graficar con la fusión de variables, entonces se llama isograma o isaritma.

El método de interpolación empleado para la elaboración de los mapas de isólinas fue el de Kriging (el procedimiento más utilizado) con análisis previo de la autocorrelación espacial de la variable a interpolar. Este método realiza una estimación del valor en el punto problema mediante una media ponderada de los valores observados. La originalidad del método reside, sobre todo, en el criterio utilizado para asignar los valores de ponderación a cada dato y a la posibilidad de asignar un valor de error para cada punto problema. La interpolación espacial realizada con el Kriging es óptima en sentido estadístico; por lo tanto la media de las diferencias entre los valores obtenidos por Kriging ( $P^*i$ ) y los reales  $Pi$  en un área es cero, además, la varianza es mínima.

Se elaboraron mapas de isólinas a partir de los datos ya estimados de precipitación y temperatura para cada punto (coordenada), por medio del software “Surfer”. El programa construyó mapas mensuales de isoyetas e isotermas, generando un total de 24 mapas.

### Consideraciones Finales

Con la metodología utilizada se logró obtener una base de datos hidrometeorológica de la subcuenca Quebrada Grande, ubicada entre los municipios

Bruzual y Arístides Bastidas, determinando los períodos de déficit de agua que se presentan en la parte baja y media de la subcuenca. Se pudo detectar que los mismos son más largos que en la parte alta, es decir, la disponibilidad de agua es mayor en la parte alta de la subcuenca.

La elaboración e implementación de esta base de datos es útil en la elaboración de programas de siembra eficientes bajo condiciones de secano. De igual manera, esta base de datos puede ser usada para evaluar y determinar la disponibilidad de agua potable para las poblaciones cercanas a la zona.

### Bibliografía consultada

Aguirre, I., y P. Carral. 2008. Apuntes de Meteorología y Climatología para El Medio Ambiente. Madrid. Universidad Autónoma de Madrid.

Albentosa, M. 1990. Climatología y Medio Ambiente. Barcelona. Edicions Universitat.

Aparicio, F. 2006. Fundamentos de Hidrología de Superficie. México D.F. Noriega ediciones

D'ambrosio, S. 2009. [www.monografias.com/trabajos4/elclima/elclima.shtml](http://www.monografias.com/trabajos4/elclima/elclima.shtml)

Ministerio del Poder Popular Para el Ambiente. 2007. Memoria y Cuenta Año 2007.

República Bolivariana de Venezuela. Gaceta Oficial N° 38.595 del año 2.007. Ley de Aguas. [www.minamb.gob.ve/files/Memoria-y-cuenta/memoria2007.doc](http://www.minamb.gob.ve/files/Memoria-y-cuenta/memoria2007.doc).

Guilarte, R. 1978. Hidrología Básica. Caracas. Universidad Central de Venezuela.

Goyal, M., y V. Ramírez. 2006. [www.ece.uprm.edu/m\\_goyal/agroclimatologia.pdf](http://www.ece.uprm.edu/m_goyal/agroclimatologia.pdf)

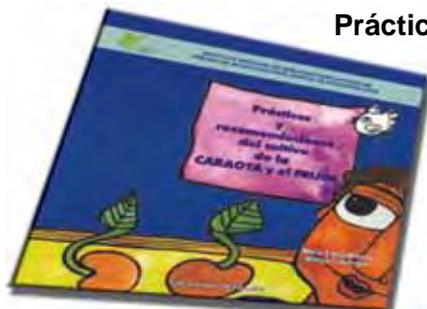
Hernández, M. 2006. [www.dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=59811](http://www.dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=59811)

Muñoz, R., y A. Ritter. Hidrología Agroforestal. (2005). Mundi-Prensa Madrid.

Sánchez, J. 1999. Agroclimatología. Caracas. Universidad Central de Venezuela.

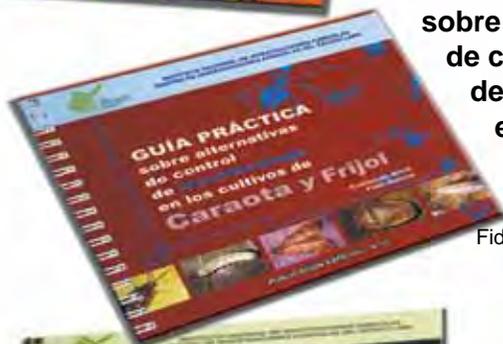
### Prácticas y recomendaciones del cultivo de la CARAOTA y el FRIJOL

María Elena Morros  
Maruja Casanova



### Guía Práctica sobre alternativas de control de insectos-plaga en los cultivos de Caraota y Frijol

Eustaquio Arnal  
Fidel Ramos



### Guía Práctica para el reconocimiento y control de las principales enfermedades de los cultivos de Caraota y Frijol

María Suleima González N.



### ¿Que es eso que llaman Biotecnología?



### Producción artesanal de semilla de CARAOTA

María Elena Morros