



## **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA VEGETACIÓN ACUÁTICA EN EL BALANCE HÍDRICO DE EMBALSES EN CUBA**

José Miguel Plasencia **Fraga**<sup>1</sup>

( 1 - Centro de Investigaciones de Medio Ambiente de Camagüey Cisneros 105 altos, Camagüey  
70100, Cuba. [jmplasencia@cimac.cu](mailto:jmplasencia@cimac.cu))

### **Resumen**

Se realizó la evaluación de la influencia que tiene la vegetación acuática en el balance hídrico en embalses cubanos. Para su análisis, la vegetación acuática se agrupó en emergente, flotante y sumergida, y se analizó la retención de agua, el volumen desplazado, evaporación y transpiración. Las formas sumergidas y flotantes, incluyendo las libres, son las que más agua retienen por unidad de superficie debido a su alto contenido de agua, 90.3% como promedio para ambos tipos de plantas. A partir de las consideraciones realizadas, la evaporación inducida por la vegetación sumergida y la transpiración por las emergentes y flotantes, así como el agua retenida y la desplazada por las plantas, en los cuerpos de agua se producen pérdidas de agua en dependencia del área cubierta y tipo de vegetación, las cuales pueden llegar a representar un volumen importante del total almacenado.

Palabras claves; vegetación acuática, balance hídrico en cuerpos de agua, ecología de plantas acuáticas

### **Abstract**

#### **ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF AQUATIC VEGETATION IN WATER BALANCE OF RESERVOIRS IN CUBA**

An assessment of the influence of aquatic vegetation on the water balance in Cuban water bodies was made. For better analysis, aquatic plants were grouped in emergent, floating and submerged, and water retention, evaporation and transpiration were considered. The submerged and floating plants, including the free-floating ones, are those with higher water retention values per unit of surface because of their high water content; 90.3% as mean for both kind of plants. From the



considerations, induced evaporation by submerged vegetation and transpiration by emergent and floating plants including those free floating, as well as water stored and displaced by vegetation, there are water losses in reservoirs depending on covered area and kind of plants which can represent an important volume of the total impounded.

**Keywords:** aquatic vegetation, water balance in water bodies, aquatic plant ecology

## Resumo

### **AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO AQUÁTICA NO EQUILÍBRIO HÍDRICO DOS RESERVATÓRIOS EM CUBA.**

Foi feita a avaliação da influência que têm a vegetação aquática no equilíbrio da água nos corpos d'água cubanos. A vegetação aquática foi agrupada em emersa, flutuante e submersa, onde foram analisadas a retenção da água e o volume deslocado, evaporação e transpiração. As formas submersas e as flutuantes incluindo as livres são as que mantêm mais água por unidade de área, devido ao seu alto teor de água 90,3% em média para ambos tipos de plantas. A partir das considerações feitas a evaporação induzida pela vegetação submersa e pela transpiração das emersas e flutuantes, assim como a água retida e a deslocada pelas plantas, nos corpos d'água, há perda de água em função da área coberta e do tipo de vegetação que podem ser responsáveis por uma quantidade significativa do armazenamento total.

**Palavras-chave:** vegetação aquática, balanço hídrico em corpos d'água, ecologia de plantas aquáticas

## Introducción

El balance hídrico de un cuerpo de agua está dado por las entradas y salidas de agua que ocurren en éste en un tiempo dado (Hutchinson, 1957). Mientras que las entradas son, salvo raras excepciones, de origen natural que corresponden al escurrimiento superficial de la cuenca o al aporte directo que hace la lluvia, las salidas son las que administra el hombre y las naturales, entre las que comúnmente se incluyen la evaporación y la infiltración.

Por otra parte, el aumento de la eutrofización de los acuatorios como consecuencia del vertimiento de todo tipo de contaminantes en la cuenca de drenaje ha propiciado, entre otras



cosas la proliferación de malezas acuáticas, las cuales llegan a cubrir extensas áreas que disminuyen su uso o lo hacen prácticamente inutilizable (Mitchel, 1974).

A partir de 1963, se construyeron en Cuba cientos de embalses de diferentes tamaños, creando de esta forma espacios disponibles para la proliferación de malezas acuáticas entre las que se destacan *Eichhornia crassipes* (Solm) Mart. (Jacinto de agua) y *Elodea canadensis* Michx. Dentro de las características de las plantas acuáticas en general, está el alto porcentaje de agua en sus tejidos el cual oscila entre 75 – 95% (Westlake, 1965; Sculthorpe, 1967, Krolikowska, 1974, Hutchinson, 1975) y la alta tasa de transpiración (Holm *et al.*, 1969; Rychnovská y Šmid, 1973; Květ, 1975; Krolikowska, 1978), de ahí que el objetivo del presente trabajo sea evaluar de forma integral el papel de la vegetación acuática en el balance hídrico de un acuatorio.

## **Materiales y Métodos**

Para determinar la influencia de la vegetación acuática en el balance hídrico de los cuerpos de agua bajo las condiciones climáticas de Cuba se seleccionaron seis embalses infestados con este tipo de vegetación (Tabla 1).

Para la caracterización climática del área donde se encuentran los embalses seleccionados se utilizaron los valores medios anuales de temperatura, evaporación y radiación global según Díaz (1989).

El área cubierta por la vegetación en los embalses seleccionados se obtuvo de las fotos aéreas y observaciones de campo.

Para su análisis, las plantas acuáticas se dividieron en tres grupos siguiendo los criterios de Westlake (1965), Mitchell (1974), Canfield y Hoyer (1992); emergentes, aquellas en que la planta sale del agua y se encuentra enraizada; flotante, aquellas que enraizadas o no, sus hojas flotan sobre la superficie del agua; y sumergidas, las que toda la planta se encuentra por debajo de la superficie del agua.

Con el objetivo de calcular la cantidad de agua retenida por la vegetación se calculó el peso fresco, el peso seco y el área cubierta por la vegetación en poblaciones de las especies más distribuidas y con mayor incidencia en los cuerpos de agua creados por el hombre en el país; *Eichhornia crassipes* (Mart)Solm (Jacinto de Agua), *Typha domingensis* Pers. (Macío), *Potamogeton illinoensis* Morong, *Elodea canadensis* Mixch., *Eleocharis interstincta* (Valh) R. *et*

*S. e Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Ness. Para determinar el peso fresco, las muestras se pusieron en bolsas de nylon para evitar la desecación y posteriormente se pesaron. En el caso de las especies sumergidas, las muestras se pusieron en una centrífuga para eliminar el agua sobrante previo al secado.

Tabla 1. Algunas características de los embalses seleccionados relacionadas con el balance hídrico y la vegetación.

Embalse/ Coordenadas	Altura sobre el nivel del mar (m)	Área del embalse (ha)	Variables climáticas			Especies de plantas acuáticas más abundantes
			Temperatura media anual (°C)	Evaporación media anual (mm)	Radiación solar global media anual (MJ/m <sup>2</sup> )	
Santa Cruz 21° 31' 52" N 77° 41' 40" W	56,0	470,0	26,0	2.000 – 2.200	16,5 – 17,0	<i>Eleocharis interstincta</i> (Valh) <i>R. et S.</i> <i>Potamogeton illinoensis</i> Morong
Porvenir 21° 44' 23" N 78° 06' 03" W	58,0	4.110,0	26,0	2.000 – 2.200	16,0 – 16,5	<i>Elodea canadensis</i> Michx.
Jimaguayú 21° 12' 24" N 78° 02' 44" W	67,0	3.500,0	25,0	1.800 – 2.000	16,5 – 17,0	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solm
San Juan 21° 51' 08" N 82° 56' 15" W	156,0	4,8	23,0	1.800 – 2.000	15,5 – 16,0	<i>Typha domingensis</i> (Pers) Kunth
Viet Nam Heróico 21° 48' 23" N 82° 53' 59" W	23,5	985,0	25,0	2.000 – 2.200	15,0 – 15,5	<i>Eleocharis interstincta</i> (Valh) <i>R. et S.</i> <i>Nymphoides grayanum</i> (Griseb.) Arthur <i>Potamogeton illinoensis</i> Morong
La Fe 21° 46' 50" N 82° 45' 12" W	19,0	330,0	25,0	1.800 – 2.000	16,0 – 16,5	<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Ness <i>Potamogeton illinoensis</i> Morong

El peso seco se obtuvo de secar el material a 105 °C hasta peso constante. La cantidad de agua retenida por este tipo vegetación se calculó a partir de la diferencia entre el peso fresco y el peso seco. Para el cálculo del valor anual se asumió que la biomasa permanece con pocas variaciones durante el año siempre que el volumen del embalse permanezca constante o con pocas variaciones, como lo demuestran trabajos anteriores (Plasencia, 1983, 1986, 1994 y 2006).

El agua desplazada por la vegetación sumergida se obtuvo a partir del peso fresco, el cual puede considerar un subestimado del valor real si se tiene en cuenta la proporción elevada de aerénquima que tienen las plantas sumergidas. En el caso de las emergentes y flotantes no se consideró esta estimación. En ambos casos se asumió que una tonelada de agua ocupa un volumen de un metro cúbico.

Para evaluar las pérdidas de agua producidas por la transpiración se utilizaron los valores reportados por otros autores para las especies analizadas (Holm *et al.*, 1969; FAO, 1997), que como promedio son 2-3 veces los valores de la evaporación del agua libre del lugar.

La evaporación inducida por la vegetación sumergida se estimó a partir del valor promedio anual reportado para la zona (Crespo, 1989) adicionando un factor que está en función de la temperatura alcanzada en la lámina superficial como resultado de la inmovilización del agua ( $f_t$ ) y de su diferencia con el valor registrado en el agua libre y que se puede estimar según la fórmula:

$$E = R_n / (L_v \cdot f_w) \text{ mm/día}$$

Donde E; es la evaporación,  $R_n$ ; es la radiación neta,  $L_v$ ; calor latente de evaporación y  $f_w$ ; densidad del agua, la que depende de la temperatura.

## **Resultados y Discusión.**

La cantidad de agua retenida por la vegetación varía entre especies y los valores se encuentran en el intervalo referido por otros autores (Westlake, 1965). Se observa una tendencia a disminuir el porcentaje de agua de las formas sumergidas a las emergentes (Tabla 2). Es de señalar que en ocasiones, las incrustaciones de carbonato de calcio en las especies sumergidas hacen que el porcentaje relativo del contenido de agua disminuya.

El agua retenida por la vegetación en algunos cuerpos de agua del país con alto porcentaje de cobertura de plantas acuáticas se muestra en la Tabla 3. Partiendo de la base que la mayor parte de los embalses cubanos se encuentran en regiones con relieve ondulado o llano, y que por tal razón las zonas con profundidades susceptibles de ser colonizadas por especies de plantas emergentes y sumergidas es alta, la vegetación llega a ocupar un volumen significativo

del cuerpo de agua, por lo que el agua desplazada por las plantas, fundamentalmente las sumergidas, y por el material depositado que se acumula debido a la baja tasa de descomposición que ocurre en algunas especies como *Typha domingensis* (Plasencia y Květ, 1993), hace que el volumen utilizable se vea doblemente afectado.

Tabla 2. Biomasa fresca, biomasa seca y porcentaje de agua contenida en las especies de plantas acuáticas más abundantes en los embalses seleccionados.

Especies	Peso Fresco g/ m <sup>2</sup>	Peso Seco g/m <sup>2</sup>	Agua contenida (%)
<b>Emergentes</b>			
<i>Typha domingensis</i> (Pers.) Kunth	2.102,6	423,9	82,40
<i>Eleocharis interstincta</i> (Valh) R. et S.	1.077,5	229,4	78,67
<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Ness	2.123,0	274,6	87,06
<b>Flotantes</b>			
<i>Nymphoides grayanum</i> (Griseb.) Arthur	3.933,6	303,3	92,29
<i>Nymphaea</i> spp.	2.697,0	384,3	85,75
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solm	10.559,4	879,6	91,67
<b>Sumergidas</b>			
<i>Potamogeton illinoensis</i> Morong	5.354,3	455,1	89,54
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir	1.707,6	515,7	69,80
<i>Elodea canadensis</i> Michx.	2.756,0	207,8	92,46

Tabla 3. Pérdidas de agua por la influencia de la vegetación acuática en embalses seleccionados.

Embalse y tipo de vegetación	Área cubierta por vegetación (ha)	Agua retenida por la vegetación (m <sup>3</sup> /año)	Agua desplazada por la vegetación (m <sup>3</sup> /año)	Pérdidas por evaporación o transpiración (m <sup>3</sup> /año)
Santa Cruz				
sumergidas	108,1	5.266,9	5.787,9	2 270.100+ f(t)*
emergentes	68,2	578,3	-	3 989.700
Porvenir				
sumergidas	2 173,0	55.336,4	59.887,9	45 633.000+ f(t)
San Juan				
emergentes	1,2	20,1	-	51.900
Jimaguayú				
flotantes	350,0	33.879,3	-	19 740.000
Viet Nam Heroico				
sumergidas	80,3	393.405,0	4.299,3	1 686.300+ f(t)
flotantes	18,6	553,6	-	1 047.937
emergentes	64,5	548,5	-	3 637.687
La Fe				
sumergidas	27,7	1.357,1	1.483,1	526.300+ f(t)
emergentes	93,0	1.719,2	-	5 230.125

\*f(t) corresponde a un valor que variará en función de la temperatura del agua en la zona cubierta por plantas sumergidas.

La transpiración es una de las vías directas de salida de agua de un reservorio. Tanto para la vegetación emergente, en particular para *Typha domingensis*, como para las flotantes como *E. crassipes*, las mediciones realizadas por diferentes autores (Holm *et al.*, 1969, Krolikowska, 1974, Sharma y Eden, 1991) muestran que el agua transpirada equivale a 2-3 veces el valor de la evaporación, la cual está directamente relacionada con la temperatura, la velocidad del viento y la humedad relativa del lugar en cuestión. Para climas secos, los valores de transpiración del jacinto de agua pueden alcanzar la cifra de 7- 8 veces el valor de la evaporación del agua libre (Holm *et al.* 1969).

La evaporación inducida por la vegetación acuática sumergida constituye una vía indirecta de pérdidas de agua. En poblaciones densas de plantas sumergidas que alcanzan la superficie como ocurre con *Elodea canadensis* y *Potamogeton illinoensis*, se produce una inmovilización del agua, lo que trae como resultado un incremento en la temperatura próximo a la superficie y por consiguiente un aumento de la evaporación. Partiendo de la base que este aumento ocurre fundamentalmente en días muy cálidos y de poco viento y que el cálculo de la evaporación considerando la temperatura del agua es en extremo complejo y requiere de información no considerada en este trabajo, se decidió mantener el valor de la evaporación con la temperatura del aire más un factor f(t) en función de la temperatura del agua (Tabla 3).

Para poblaciones de *E. canadensis* se han registrado diferencias de hasta 6,8 °C con relación al agua sin vegetación, mientras que para *Potamogeton illinoensis* y *Chara haitensis* de hasta 5 °C y 4 °C respectivamente (Plasencia, 1986). En ese sentido, Dale y Gillespie (1977) reportaron gradientes de hasta 10 °C en aguas bajas con abundante vegetación, así como una relación directa entre la biomasa de las plantas y el gradiente de temperatura.

Este conjunto de aspectos; agua retenida, agua desplazada, transpiración y evaporación, va a tener mayor o menor incidencia sobre el balance hídrico del acuatorio en dependencia del área cubierta por la vegetación y su relación con el área total inundada.

Ante las tendencias de disminución de lluvia para algunas zonas del país en los próximos 50 años (Roger Rivero, comunicación personal), considerar la influencia de la



vegetación acuática en el balance hídrico reviste gran importancia, sobre todo en cuerpos de agua pequeños, ricos en vegetación, en los cuales las pérdidas pueden distorsionar los estimados de disponibilidad de agua para un período dado.

### **Conclusiones**

La evaporación inducida por la vegetación sumergida y la transpiración por las emergentes y flotantes, así como el agua retenida y la desplazada por las plantas, constituyen componentes importantes a tener en cuenta en el cálculo del balance hídrico de los cuerpos de agua con vegetación acuática, fundamentalmente aquellos construidos por el hombre y localizados en regiones llanas donde la escasa profundidad permite una mayor extensión de las diferentes comunidades de este tipo de vegetación.

### **Referencias**

- CANFIELD, D. E.; HOYER, M. V. *Aquatic macrophytes and their relation to the limnology of Florida lakes*. Department of Fisheries and Aquaculture, Center for Aquatic Plants, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 599 p. 1992.
- CRESPO, S. E. *Evaporación media anual*. In: Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Sección IV Clima. Editado por Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba y el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, 1989.
- DALE, H. M.; GILLESPIE, T. J. *The influence of submerged aquatic plants on temperature gradient in shallow water bodies*. Canadian Journal of Botany, 55, p. 2216-2225. 1977.
- DÍAZ, L. R. *Regionalización climática general*. In: Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Sección IV Clima. Editado por: Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba y el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, 1989.
- FAO. *Reunión Regional sobre el Control Integrado del Lirio Acuático*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Cuernavaca, México, noviembre 1997. Disponible en: www.FAO.org.
- HOLM, L. G.; WELDON, L. G.; BLACKBURM, R. D. *Aquatic weeds*. Science, 66, 1969. p. 669-709.
- HUTCHINSON, G. E. (1957): *A treatise on limnology, I. Geography, Physics and Chemistry*. John Wiley and Sons, New York, 1957. 1015p.



- HUTCHINSON, G. E. *A treatise on limnology, III. Limnological Botany*. New York, J. Willey, 1975. 1115 p.
- KROLIKOWSKA, J. *Water content in leaves of helophytes*. Polish. Archive. Hydrobiology. 21, (1974). p. 229-240.
- KROLIKOWSKA, J. *Transpiration of helophytes*. Ekol. Pol. 26, 1978. p.193 -212.
- KVĚT, J. *Transpiration in seven plant species colonizing a fishpond shore*. Biologia Plantarum 17, 1975. p. 434-442.
- MITCHEL, D. S. *Aquatic plants and its use and control*. UNESCO, Paris, 1974.
- PLASENCIA, J. M. *Producción primaria neta de las partes aéreas en Typha domingensis (Pers) Kunth en un embalse de la Sierra del Rosario*. Reporte de Investigación del Instituto de Botánica No. 3, 1983. p. 1-8.
- PLASENCIA, J. M. *El papel ecológico de la vegetación acuática superior en la Laguna del Tesoro, Cuba*. Reporte de Investigación del Instituto de Botánica 12, (1986). p. 1-17.
- PLASENCIA, J. M. *Estructura y producción de la población de Eleocharis interstincta en el embalse Santa Cruz*. In: Memorias del II Simposio Internacional de Humedales '94/1994, Ciénaga de Zapata. Editado A. A. Martínez y M. Gutiérrez, Editorial Academia, La Habana 1995. p. 167-170.
- PLASENCIA, J. M. *Influencia de la profundidad sobre la distribución espacial y temporal de la biomasa en poblaciones de Potamogeton illinoensis en acuatorios cubanos*. Polibotánica 22, 2006. p. 79-88.
- PLASENCIA, J. M.; KVĚT, J. *Production dynamics of Typha domingensis (Pers) Kunth population in Cuba*. Journal of Aquatic Plant Management 31, 1993. p. 240 – 243.
- RYCHNOVSKÁ, M.; ŠMÍD, P. *Preliminary evaluation of transpiration in two Phragmites stands*. PT-PP/IBP Report No. 3, 1973. p. 111-120.
- SCULTHORPE, C. D. *The biology of aquatic vascular plants*. Edward Arnold, London, U.K., 1967. 610p.
- SHARMA, B. M.; EDEN, E. S. *Ecophysiological studies on water hyacinth in the Nigerian waters*. Pol. Arch. Hydrobiol. 38, 1991. p. 381 – 395.
- WESTLAKE, D. F. *Some basic data for investigation of the productivity of aquatic macrophytes*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 18 Suppl., 1965. p. 229-248.