

**COMPREHENSIVE INTEGRATED MANAGEMENT PLAN
FOR THE MAYAGÜEZ BAY WATERSHED
RESEARCH PROGRAM**

For the month ending: 6/30/2004 **Date of the report:** 7/12/2004 **Project #** CIMP- 002

Project Title: Nutrient discharges from Mayagüez Bay Watershed

Name of Contact (PI): David Sotomayor Ramírez

Telephone: 787-265-3851 x3734 **Fax:** 787-265-0860 **email:**
dsotomayor@uprm.edu

Names of Co-Pis: Luis Pérez Alegría, Gustavo Martínez

Percentage of Work completed in this month (%). 8

Accumulative Percentage of work completed (%). 83

Summary of Progress on Project in this month by task as listed in the work schedule (attach additional sheets, if necessary):

This work summarizes the work performed to date within the project. It will be presented at XVI Congreso Latinoamericano de Ciencias de Suelo in Cartagena Colombia from 27 September to 1 October 2004.

Status (Please check were appropriate)

Project Status (x)

On Schedule **Delayed** **Suspended** **Cancelled** **Completed**

**Dinamica de Nutrientes y Aportaciones Anuales en Aguas Superficiales de Micro
cuencas Rurales Tropicales (Oral)**

*David Sotomayor Ramírez¹, Gustavo Martínez², Luis Pérez-Alegría³, Ronald Corvera
Gomringer⁴*

Universidad de Puerto Rico - Mayagüez

1, 2, 4 Universidad de Puerto Rico – Mayagüez, Departamento de Agronomía y Suelos, PO Box 9030, Mayagüez, Puerto Rico; 3 Universidad de Puerto Rico – Mayagüez, Departamento de Ingeniería Agrícola y Biosistemas, Mayagüez, Puerto Rico; correo electrónico:

Introducción

Los nutrientes son una de las causas principales de contaminación en aguas superficiales. Debido a que una gran proporción de las aportaciones nutricionales provienen de fuentes dispersas, es imperativo identificar las fuentes y cuantificar la contribución relativa de nutrientes en cuencas tropicales para asegurar el mantenimiento de la integridad y calidad del agua. Aunque en Puerto Rico los nutrientes no se han considerado una causa importante de contaminación (2, 3), estudios sugieren que hay concentraciones de fósforo (P) lo suficientemente altas como para promover la eutroficación de aguas superficiales (5) y que aparentemente es un factor limitante a la productividad primaria (1, 4).

Al menos un 37% de los lagos (embalses) de Puerto Rico están en la clasificación de eutróficos debido a bajas concentraciones de O₂ disuelto (3). Hay una ausencia generalizada de información para describir la dinámica de nutrientes y productividad primaria en aguas superficiales así como las descargas anuales de nutrientes (N y P) de cuencas tropicales rurales. Además, existe ambigüedad en cuanto a cuales factores (nutrientes, C orgánico disuelto, turbidez) podrían estar controlando el crecimiento de biomasa acuática. Este trabajo tiene como objetivo describir la dinámica y aportación de nutrientes en cinco micro cuencas tropicales en Puerto Rico.

Materiales y Métodos

Se escogieron cinco micro cuencas en la cuenca del Río Grande de Añasco al oeste de Puerto Rico (Cuadro 1). Se preparó un sistema de información geográfica que incluyó suelos, geología, topografía, localidad de estructuras, drenajes y usos de terreno utilizando fotos aéreas y recorridos de campo. Se utilizaron modelos hidrológicos para desarrollar hidrogramas sintéticos de las micro cuencas en cada punto de cierre. Se realizaron muestreos de agua bi-semanales por diez y ocho meses a partir del 15 de mayo de 2002.

$$\text{Descarga}_{\text{nutriente}} = \int_{\text{tiempo}} Q_i C_i dt$$

Se realizaron muestreos manuales de áreas representativas del canal siguiendo procedimientos utilizados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos USGS (8). Se realizaron análisis de sólidos suspendidos (residuos, no filtrables), pH, conductividad

eléctrica (CE), N total (TKN), $\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N}$ (DIN), P total (TP), P disuelto (DP) y clorofila (7). El estimado de carga anual se calculó mediante:

[1]

donde Q_i es el flujo hidrológico instantáneo diario, C_i es la concentración de nutriente y dt es el intervalo de tiempo (aproximadamente 15 días), integrado por un periodo de 365 días. La carga anual (CA) se obtuvo de:

CA (kg /ha/año) = Descarga (kg) / área de micro cuenca (ha)

[2]

Se realizaron correlaciones utilizando el programa SAS (SAS, Institute, NC) con $P < 0.05$. Se realizó un ANOVA para comparar medias entre micro cuencas considerando las fechas como efecto de bloques y separando medias con la prueba de Tukey.

Resultados y Discusión

El área de las micro cuencas influyó positivamente el flujo promedio anual ($r = 0.97$), donde Cerro Gordo y Guaba presentaron los flujos más altos (Cuadro 2). Todas las micro cuencas presentan características similares de suelos y geología por lo que los cambios en los flujos promedios se deben principalmente a los usos de terrenos. La micro cuenca Cerro Gordo es donde ocurre la mayor actividad agrícola y presentó las concentraciones de sedimento más altas. Se espera que esta misma tendencia, aunque a mayor magnitud, se manifieste durante eventos de tormenta cuando ocurre el mayor arrastre de sedimentos. Considerando todos los datos, el transporte de sedimentos se correlacionó positivamente al flujo ($r=0.30$) y TKN ($r=0.32$) pero no con TP. Hubo una correlación negativa entre flujo y pH ($r=0.-0.29$) y CE ($r=-0.37$).

Las micro cuencas Guaba y Cerrote mostraron la mayor actividad de productividad primaria (clorofila a) (Cuadro 2). Considerando todos los datos, los valores de clorofila se correlacionaron negativamente con DP ($r=-0.36$) y DIN ($r=-0.38$), y hubo una débil correlación positiva con TKN ($r=0.19$). La concentración de clorofila es influenciada por una combinación de factores, entre ellos luz, flujo y nutrientes. La micro cuenca Guaba presentó los valores mas bajos de TP y DP, pero la mayor concentración de DIN. Valores de TP se redujeron con aumento en flujo ($r=-0.37$) lo cual sugiere que la dilución controla

parcialmente las concentraciones de TP en la columna de agua. DIN se correlacionó positivamente con flujo ($r=0.27$) y con DP ($r=0.35$). La razón C:N sugiere que estas aguas están principalmente limitadas por fósforo.

Las descargas anuales de TP variaron entre 108 y 370 kg/cuenca y las cargas anuales variaron entre 0.192 a 0.734 kg P/ha (Cuadro 3). Las cargas anuales experimentales en este trabajo son entre un 10 y 67% de valores teóricos obtenidos utilizando coeficientes de exportación de (9) y los usos de terrenos de este trabajo. Estimados de cargas anuales en cinco micro cuencas en la zona norte-central de Puerto Rico y los valores de este trabajo demuestran que se puede utilizar el área de las micro cuencas para calcular la exportación total de P anual utilizando la ecuación:

$$\log_{10}(\text{descarga TP}) = 0.794 * \log_{10}(\text{área de micro cuenca}) + 0.316; r^2 = 0.727; p < 0.05.$$

[3]

La proporción de usos de terrenos agrícola/bosque explicó el 93% ($p < 0.05$) de la varianza en la exportación de P total anual (kg/cuenca) de las cinco micro cuencas, mientras que la proporción herbácea/urbana explicó una proporción menor ($r^2 = 0.72; P < 0.1$).

Los resultados de este trabajo describen los factores que influyen la productividad primaria y transporte de nutrientes en cinco micro cuencas rurales del trópico. Procesos internos aparentemente juegan un papel importante en la utilización y liberación de P y N disueltos por parte de la biomasa acuática. Los valores estimados de cargas anuales son comparables con otros estudios en zonas templadas y demuestran la influencia de fuentes dispersas tales como áreas agrícolas y vegetación herbácea en la aportación de P a aguas superficiales. Estudios que se están llevando a cabo relacionados a las aportaciones de TP y TKN durante eventos de tormenta refinarán los estimados.

Cuadro 1. Descripción de usos de terrenos en cinco micro cuencas al oeste de Puerto Rico.

Uso	Micro cuenca				
	Miraflores	Cerro Gordo	Cerrote	Chamorro	Guaba
			Área (ha)		
Urbano	25.8	8.0	8.6	2.4	17.6
Agrícola	8.6	144.6	25.9	39.8	153.6
Herbáceo	51.7	96.3	34.5	23.4	141.1
Bosque	137.8	393.5	224.3	331.7	1007.7
Pastura mejorada	0.0	72.3	0.0	0.0	0.0
Total	224.0	714.7	293.3	397.3	1320.0
Estructuras/viviendas	560	776	435	433.0	975.0

Cuadro 2. Medias de parámetros físico-químicos en cinco micro cuencas al oeste de

Puerto Rico ¹.

	TP	DP	TKN	DIN	SS	Flujo	Clor _a	N:P _(disuelto)
	----- μg/L-----		-----mg/L-----			m ³ /s	μg/L	
Miraflores	53.0 a	47.3 ab	0.090 a	0.575 b	3.57 b	0.052 e	0.188 b	13.4 c
Cerro Gordo	53.3 a	39.5 bc	0.130 a	0.617 b	20.5 a	0.208 b	0.285 ab	15.6 bc
Cerrote	51.5 a	36.3 cd	0.082 a	0.624 b	1.94 b	0.131 c	0.390 a	29.9 ab
Chamorro	61.9 a	53.4 a	0.143 a	0.954 a	1.45 b	0.088 d	0.190 b	22.1 bc
Guaba	22.5 b	27.1 d	0.068 a	0.805 a	2.52 b	0.336 a	0.439 a	24.3 a

1 TP = P total; DP = P disuelto; TKN = N total; DIN = N disuelto; SS = sedimentos suspendidos; Clor_a = es la clorofila a; N:P_(disuelto) = proporción de DIN/DP.

Cuadro 3. Estimados de exportación de fósforo total en cinco micro cuencas. Los valores teóricos se calcularon utilizando los usos de terrenos de este trabajo y los coeficientes de exportación de (9).

	Descarga	Carga anual experimental	Carga anual teórica
	kg P/cuenca/año	-----kg P/ha/año-----	
Miraflores	108	0.481	1.18
Cerro Gordo	370	0.518	0.705
Cerrote	215	0.734	0.665
Chamorro	153	0.385	0.523
Guaba	253	0.192	0.590

Literatura Citada

- Downing, J.A.; M. McClain, R. Twilley, J.M. Melack, J. Elser, N.N. Robalais, W.M. Lewis, Jr., R.E. Turner, J. Corredor, D. Soto, A. Yanez-Arencibia, J.A. Kopaska, R.W. Howarth. 1999. The impact of accelerating land-use change on the N-cycle of tropical aquatic ecosystems: Current conditions and projected changes. *Biogeochemistry*: 46: 109-148.
- Junta de Calidad Ambiental, Puerto Rico . 2002. Lista de Aguas Impactadas. Estrategia de Monitoría, Metodología de Evaluación y Criterios para la Lista. August, 2002.
- Junta de Calidad Ambiental, Puerto Rico. 1990. Reglamento de estandares de calidad de agua de Puerto Rico. Estado Libre Asociado de Puerto Rico/ Oficina del Gobernador.
- Martínez, G. 2002. Development of Numeric Nutrient Criteria for Lakes in Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P.R.* 86: 139-144.
- Ramos –Ginés, O. 1997. Water balance and quantification of total phosphorus and total nitrogen loads entering and leaving Lago de Cidra, Central Puerto Rico. U.S. Geological Survey. Water Resources Investigations Report 96-4222.
- Sotomayor-Ramírez, D., G. Martínez, and L. J. Olivieri. 2001. Phosphorus status of stream waters in Puerto Rico:1989 – 1997. *J. Agric. Univ. of P.R.* 85 (1-2): 1 – 16.
- USEPA, 1999. EPA Methods and guidance for analysis of water. USEPA, Wash. D.C. CD-ROM ver. 2.0.
- Wilde, F.D., D.B. Radtke, J. Gibs, and R.T. Iwatsubo. 1998. National field manual for the collection of water-quality data. Techniques of water-resources investigations, Book 9, Handbooks for water-resources investigations. United States Geological Survey, Reston, VA.