

Aportación de P y SS Durante Eventos de Tormenta en Microcuencas del Río Grande de Añasco, Puerto Rico

Resumen del proyecto CIMP-002

Mayagüez, septiembre 2004



GENERALIDADES DEL ESTUDIO

- Estudio localizado en la cuenca del Río Grande de Añasco, una de las más importantes de Puerto Rico por su tamaño.
- Se cuantificaron las concentraciones de fósforo total (PT), fósforo disuelto (PD) y sedimentos suspendidos (SS) durante eventos de tormenta (escorrentía).
- Para identificar los factores que influyen en la concentración de nutrientes y determinar la magnitud, se seleccionaron estratégicamente dos micro cuencas adyacentes: Miraflores y Cerro Gordo.
- Desarrolló un SIG y monitoreo de los eventos de tormenta en micro cuencas.

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

- En el pasado se percibía que el movimiento de P de las NPS hacia las aguas superficiales eran mínimas, porque el P era primariamente retenido por las partículas de suelo.
- Sin embargo, estudios a nivel de parcela y escala de cuenca mostraron evidencia de pérdidas significativas de P desde campos agrícolas (Sharpley et al., 2000:). Pérdidas generalmente menores a 1 kg/ha/año, desde el punto de vista agronómico son bajas; sin embargo, pueden tener un impacto ambiental (Heckrath et al., 1995).
- En cuencas agrícolas las salidas de P están asociadas a la erosión de sedimentos durante eventos de escorrentía, mientras que las salidas de N están asociadas con el flujo base (Correll et al. 1999, Pionke et al. 1999, Jordan et al. 1997).

- Pocos estudios han cuantificado las pérdidas de nutrientes a nivel de cuenca (Sharpley y Tunney, 2000).
- Desafortunadamente, estudios a esta escala son muy costosos. En lugar de ellos, estudios a escala de micro cuencas pueden ser adoptados y los resultados extrapolados para proveer información real y confiables a escala de cuenca.
- Sin embargo, para extrapolar los resultados es necesario entender las características de suelo, condiciones hidrológicas, coberturas de los cultivos y prácticas de los cultivos que influyen en el transporte de P (Johnes y Hodgkinson, 1998).
- Un entendimiento de esos procesos a escalas de micro cuenca podrían identificar las vías que sigue el P a escala de cuenca, el cual es esencial para el modelamiento futuro que incluya toda la cuenca del Río Grande de Añasco.

OBJETIVOS

- ❑ Cuantificar las concentraciones y descargas de P y SS durante eventos de tormenta.
- ❑ Relacionar las concentraciones de P y SS con las características de uso de terreno y descarga hidrológica.
- ❑ Determinar el riesgo potencial del transporte y movimiento del P hacia los cuerpos de agua mediante la aplicación de índices de P desarrollados para la zona del caribe.

Hipótesis:

- Las concentraciones de PT, PD y sedimentos suspendidos difieren entre proporciones de usos de terreno y magnitud del flujo de tormenta.
- La micro cuenca con mayor predominancia de actividades agrícolas tiene un aporte proporcionalmente mayor de PT, PD y sedimentos suspendidos que la micro cuenca con menor actividad agrícola.

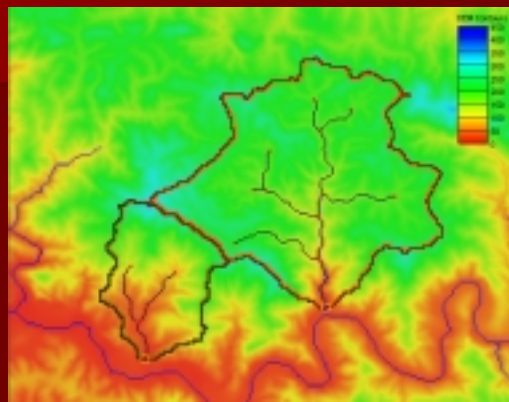
AREA DE ESTUDIO

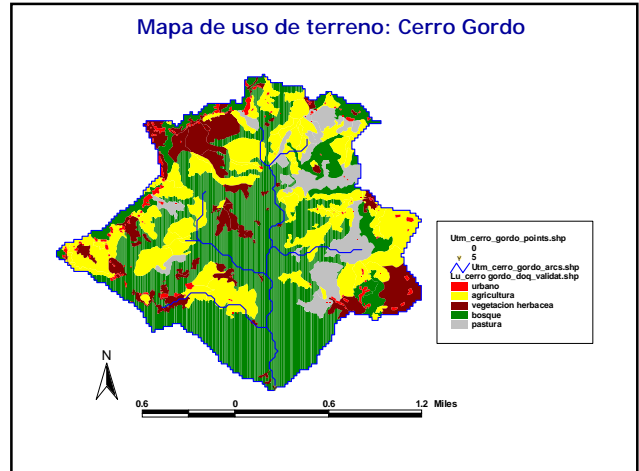
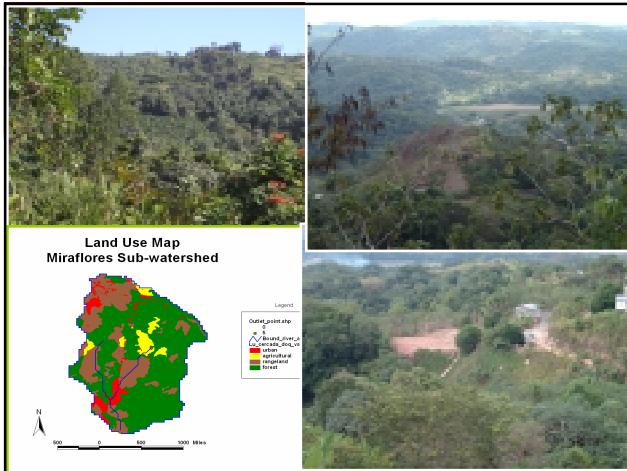
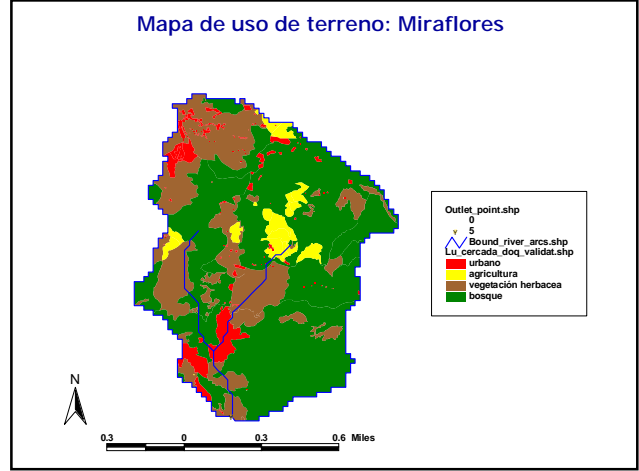
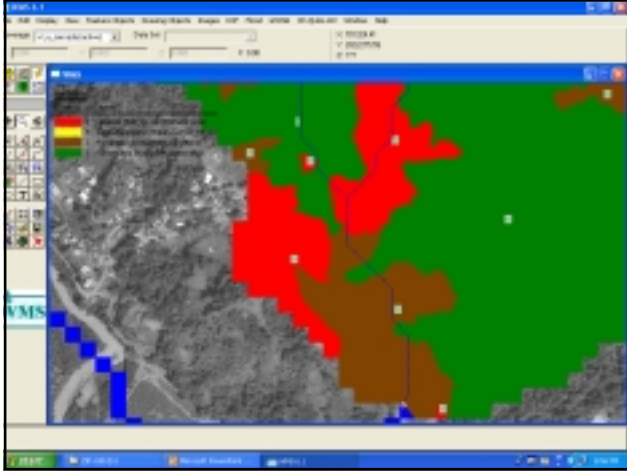


METODOLOGIA

1. Desarrollo del SIG
2. Monitoreo y análisis de los Eventos de tormenta
3. Aplicación del Índice de P

1. Desarrollo del SIG





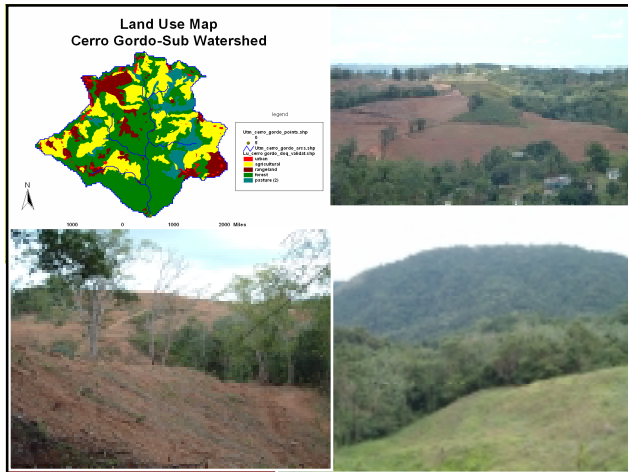


Tabla 1. Distribución de usos de terreno en microcuencas estudiadas

Tipo de uso de terreno	Miraflores		Cerro Gordo	
	Area (ha)	(%)	Area (ha)	(%)
Urbano	25.8	11.5	8.0	1.1
Agricultura	8.6	3.9	144.6	20.2
Vegetación herbácea	51.7	23.1	96.3	13.5
Bosque secundario	137.8	61.5	393.5	55.1
Pasto natural	0.0	0.0	72.3	10.1
	224.0	100	714.7	100

2. Monitoreo y Análisis de Eventos de Tormenta

- ❑ Puntos de cierre equipados con instrumentos ISCO 3700 de muestreo automático.

El equipo de muestreo automático está conectado a un transductor de presión ISCO 4220 que registra el ascenso y descenso del hidrograma de escorrentía dentro de cada evento de tormenta.

- ❑ programación de equipos para tomar muestras compuestas de un volumen de 9 litros por evento, dividido en 15 sub muestras de 600 ml cada una.
- ❑ La programación del espacio de tiempo entre muestras y los niveles (altura) de inicio de muestreo fue variable para ambas micro cuenca (tablas 2 y 3) debido a ajustes realizados en el transcurso de la investigación acordes con la temporada de precipitación pluvial.

Tabla 2. Programación de equipos de muestreo en micro cuenca Miraflores

Evento	Fecha de evento	Altura inicial de muestreo (pies)	Tiempo entre muestras (minutos)
1	06-Set-03	1.10	4.0
2	13-Set-03	1.10	4.0
3	23-Set-03	1.10	4.0
4	26-Set-03	1.10	4.0
5	10-Oct-03	1.10	4.0
6	16-Oct-03	1.10	4.0
7	17-Oct-03	1.10	4.0
8	26-Oct-03	1.10	4.0
9	29-Oct-03	1.10	4.0
10	31-Oct-03	1.10	4.0
11	03-Nov-03	1.10	4.0
12	10-Nov-03	1.10	4.0
13	18-Nov-03	1.10	4.0

Continuación de tabla anterior

Evento	Fecha de evento	Altura inicial de muestreo (pies)0	Tiempo entre muestras (minutos)
14	22-Nov-03	1.10	8.0
15	26-Nov-03	1.10	8.0
16	07-Dic-03	1.10	8.0
17	14-Dic-03	1.10	8.0
18	12-May-04	1.50	8.0
19	14-May-04	1.50	8.0
20	29-May-04	1.50	8.0
21	23-Jun-04	1.50	8.0
22	30-Jun-04	1.50	8.0
23	03-Jul-04	1.50	8.0

Tabla 3. Programación de equipos de muestreo en micro cuenca Cerro Gordo

Evento	Fecha de evento	Altura inicial de muestreo (pies)0	Tiempo entre muestras (minutos)
1	20-Oct-03	1.25	8.0
2	24-Oct-03	1.25	8.0
3	25-Oct-03	1.25	12.0
4	26-Oct-03	1.25	12.0
5	01-Nov-03	1.25	12.0
6	12-Nov-03	1.25	12.0
(*) 7	13-Nov-03	6.50	12.0
8	15-Nov-03	1.80	12.0
9	18-Nov-03	1.80	12.0
10	07-Dic-03	1.25	12.0
11	14-Dic-03	1.25	12.0
12	08-May-04	1.50	20.0

* El muestreo no fue cubierto desde el inicio del evento

Continuación de tabla anterior

Evento	Fecha de evento	Altura inicial de muestreo (pies)0	Tiempo entre muestras (minutos)
13	12-May-04	1.50	20.0
14	14-May-04	1.50	20.0
15	19-May-04	1.50	20.0
16	10-Jun-04	1.50	20.0
17	26-Jun-03	1.50	8.0
18	01-Jul-03	1.50	8.0
19	02-Jul-03	1.50	8.0
20	11-Jul-03	1.50	8.0
21	15-Jul-03	1.50	8.0
22	20-Jul-03	1.50	8.0

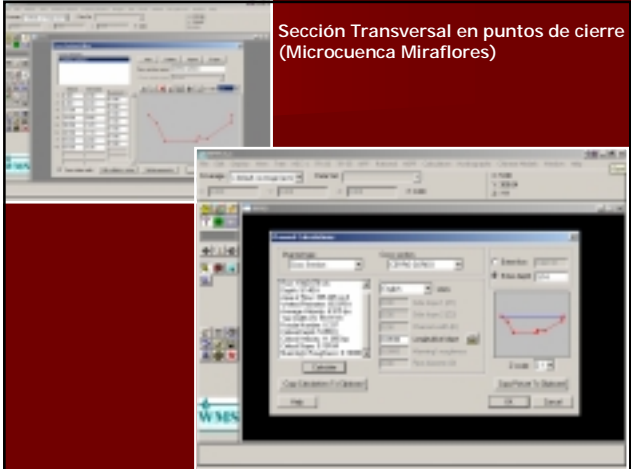


Calibración de equipos en campo (microcuenca Cercada)

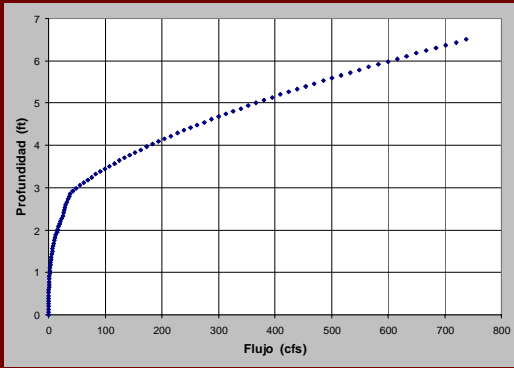


- Para determinar la descarga hidrológica (flujo) se caracterizaron los puntos de muestreo mediante el trazado de la sección transversal del canal de cada micro cuenca y con ello generar las "rating curves" individuales.
- La estimación de descarga instantánea para cada altura medida por el equipo ISCO - 4220 dentro de cada evento de tormenta se estableció usando la ecuación de Manning, se usó un coeficiente de rugosidad de 0.1 basado en las características de las micro cuencas.
- Las muestras de agua fueron analizadas en el laboratorio de Agronomía y Suelos de la Universidad de Puerto Rico - Mayagüez y el laboratorio de suelos y aguas de la Estación Experimental Agrícola de Río Piedras.

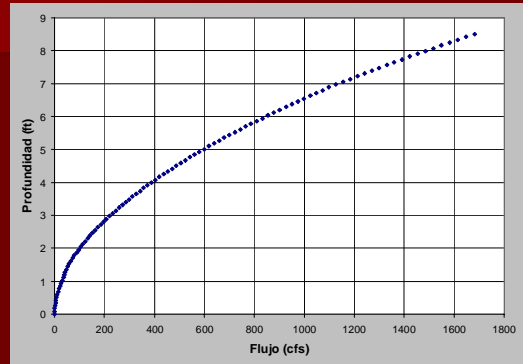
- Para el caso de sedimentos o residuos no filtrados se utilizó el método N° 160.2 que consiste en la filtración al vacío usando filtros de fibra de vidrio Watman GF/F recomendado por la EPA (USEPA, 1983). Los análisis de PT y PD se hicieron siguiendo el protocolo del método N° 355.2 recomendado por EPA (USEPA, 1999). Las muestras obtenidas en campo fueron procesadas dentro de las 24 horas de colectadas para el caso de sedimentos y congeladas para su posterior análisis en el caso de PT y PD.
- Los flujos estimados y las concentraciones de SS, PT y PD permitieron calcular las descargas totales durante los eventos de tormenta. El cálculo es el producto de las concentraciones de SS, PT y PD con la descarga integrada en el tiempo para los periodos monitoreados. Para eventos donde el muestreo no cubrió el periodo entero de la tormenta, los cálculos de descarga cubrieron solamente el intervalo muestreado.



Relación de flujo versus profundidad del canal "Rating curve" para la micro cuenca Miraflores



Relación de flujo versus profundidad del canal "Rating curve" para la micro cuenca Cerro Gordo



3. Aplicación del Índice de P

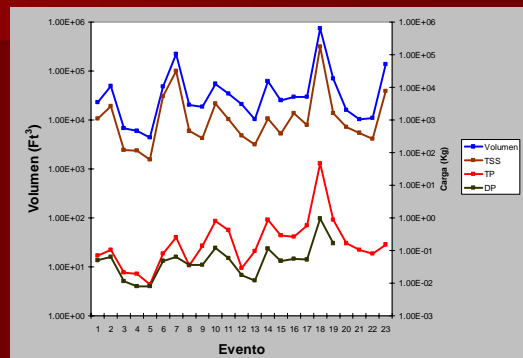
- El índice de fósforo desarrollado para la zona del Caribe fueron aplicado a 2 fincas en micro cuenca Miraflores y 3 fincas en Cerro Gordo.

Tabla 4. Peso asignado a los parámetros de índice de IP para la zona del caribe

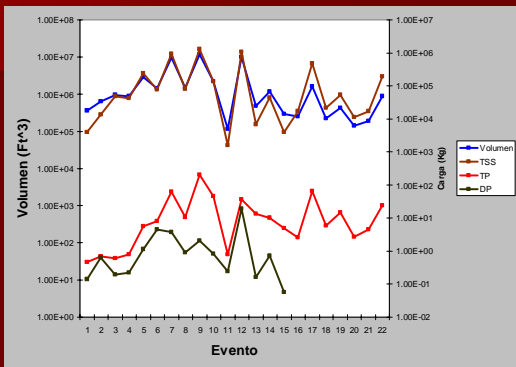
Parámetros	Peso asignado
Erosión del suelo	1.0
Clase de escorrentía	1.0
Distancia al cuerpo de agua y zona de amortiguamiento	1.0
Análisis de P en el suelo	1.0
Nivel de aplicación de fertilizante inorgánico	0.5
Método y frecuencia de aplicación de fertilizante inorgánico	0.5
Nivel de aplicación de material orgánico	0.75
Método y frecuencia de aplicación de material orgánico	1.0

RESULTADOS

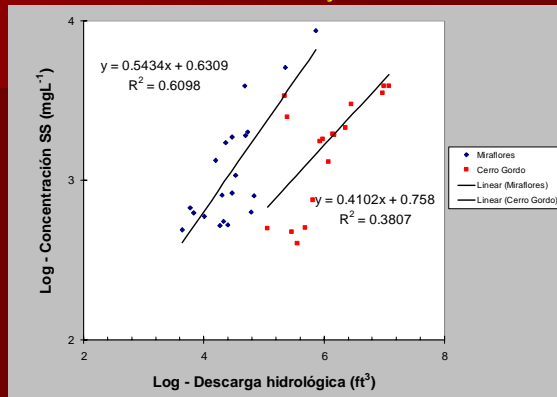
Carga de PT, PD y SS en micro cuenca Miraflores



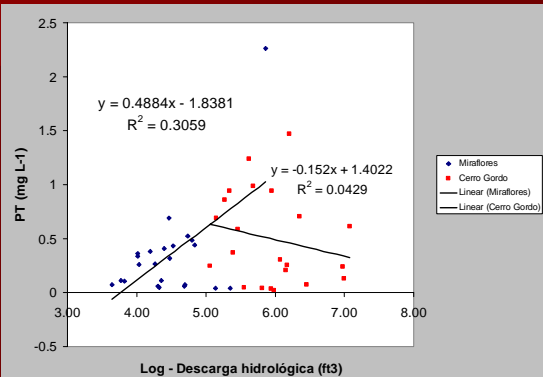
Carga de SS,PT y PD en micro cuenca Cerro Gordo



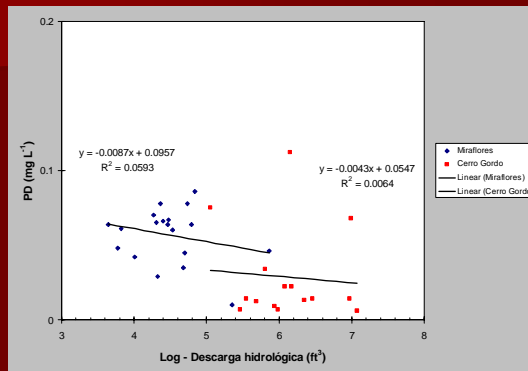
Relación entre descarga hidrológica y SS
Micro cuencas: Miraflores y Cerro Gordo



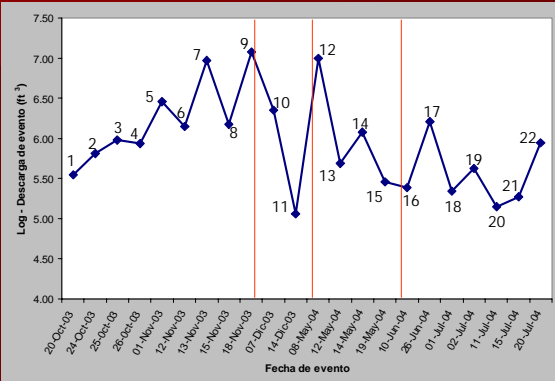
Relación entre descarga hidrológica y PT
micro cuencas: Miraflores y Cerro Gordo



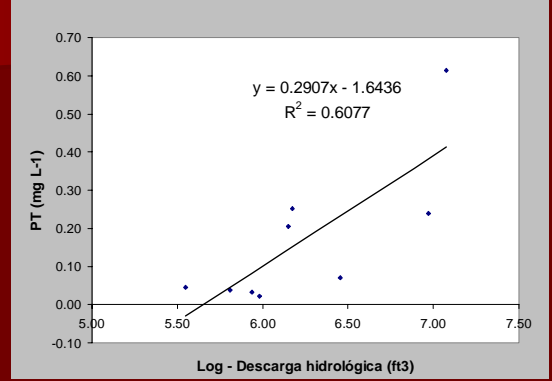
Relación entre descarga hidrológica y PD
micro cuencas: Miraflores y Cerro Gordo



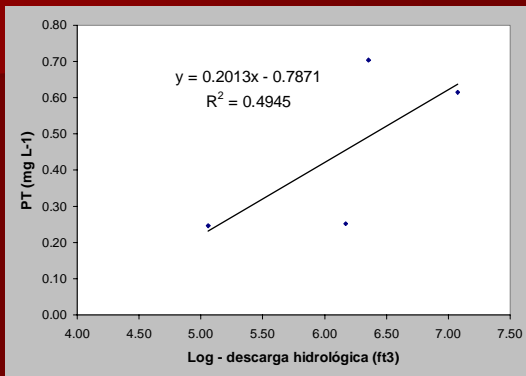
Descarga hidrológica en micro cuenca Cerro Gordo



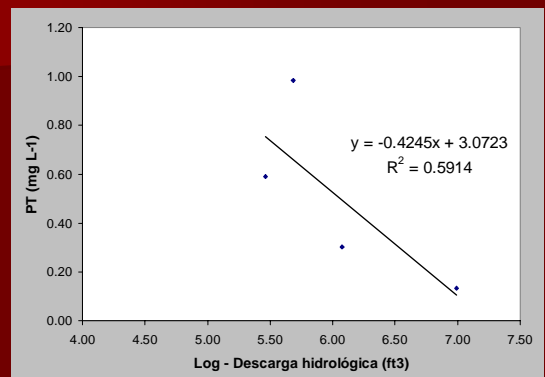
Relación entre descarga hidrológica y PT en eventos 1-9 micro cuenca Cerro Gordo



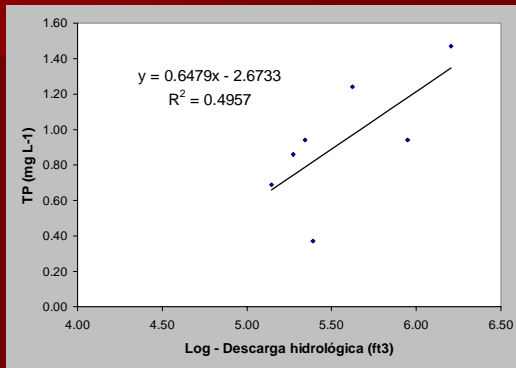
Relación entre descarga hidrológica y PT en eventos 8-11 micro cuenca Cerro Gordo



Relación entre descarga hidrológica y PT en eventos 12-15 micro cuenca Cerro Gordo



Relación entre descarga hidrológica y PT en eventos 16-22 micro cuenca Cerro Gordo



Correlación de Spearman: coeficientes/probabilidades: MIRAFLORES

	descarga	SS	carga	SS	PT	carga	PT	PD	carga	PD
descarga	1.00	2.6E-03	1.3E-05	0.42	4.7E-04	0.86	4.6E-05			
SS	0.64	1.00	7.3E-05	0.94	0.09	0.43	3.7E-03			
carga SS	0.93	0.85	1.00	0.70	3.0E-03	0.82	2.0E-04			
PT	0.17	-0.02	0.08	1.00	6.6E-04	0.06	0.03			
carga PT	0.75	0.36	0.63	0.73	1.00	0.24	2.0E-04			
PD	-0.04	-0.19	-0.05	0.44	0.28	1.00	0.44			
carga PD	0.96	0.68	0.88	0.50	0.88	0.18	1.00			

Correlación de Spearman: coeficientes/probabilidades: CERRO GORDO

	descarga	SS	carga	SS	PT	carga	PT	PD	carga	PD
descarga	1.00	2.8E-04	1.9E-04	0.72	0.01	0.89	1.4E-03			
SS	0.97	1.00	2.5E-04	0.84	0.01	0.80	1.1E-03			
carga SS	1.00	0.98	1.00	0.82	0.01	0.97	1.7E-03			
PT	0.10	0.05	0.06	1.00	0.01	0.77	0.88			
carga PT	0.73	0.70	0.70	0.70	1.00	0.85	0.02			
PD	0.04	0.07	0.01	-0.08	0.05	1.00	0.06			
carga PD	0.85	0.87	0.84	0.04	0.64	0.51	1.00			

Carga estimada de PT, PD y SS en eventos de tormenta

parámetros	Miraflores		Cerro Gordo	
	Carga (kg)	Producto (kg/ha)	Carga (kg)	Producto (kg/ha)
SS	238,781	1066	4813065	6732
PD	1.92	0.01	36.49	0.05
PT	52.0	0.23	530	0.74

CONCLUSIONES

□ No es claro que iguales patrones temporales de exportación de P serían observados para ambas cuencas tropicales adyacentes con diferentes usos de terreno, las cuales estarían sujetas a las mismas fuerzas hidrológicas pero con diferentes entradas temporales: sistemas de pozo séptico en cuencas dominadas por uso suburbano versus tierras agrícolas con fertilización por ello es importante su cuantificación en variaciones temporales.

□ La micro cuenca Cerro Gordo con predominancia de actividades agrícolas tiene un aporte proporcionalmente mayor de PT, PD y SS que la micro cuenca Miraflores.

□ Mediante la aplicación del IP se encontró que el riesgo de transporte de P desde las fincas evaluadas fue mínimo.