



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
ESCUELA DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

FRACCIONAMIENTO DEL FÓSFORO EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES
DEL RÍO MANZANARES, ESTADO SUCRE, VENEZUELA
(Modalidad: Investigación)

MIGUEL ANGEL WETTER

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN QUÍMICA

CUMANÁ, 2008

FRACCIONAMIENTO DEL FÓSFORO EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES
DEL RÍO MANZANARES, ESTADO SUCRE, VENEZUELA

APROBADO POR:

Dr. William Senior
Asesor Académico

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

Primero dedico este trabajo a Dios y al profesor Lino Valles, a ambos por haber iluminado mi camino y no abandonarme en los momentos difíciles.

A mi madre que ha sido madre y padre a la vez, por el apoyo brindado durante el curso de toda mi carrera, por sus consejos en pro de mi bienestar. Te amo Mamá.

A mi añorada Abuelita Rosario (Charito) † y a mi compadre del alma José Antonio †, siempre los llevare en mi pensamiento y mi corazón.

A mis hijos amados Michael y Miguel, a mi Nathalia querida, a Rigo y Franceska; igualmente a todos mis hermanos: Juan, Isabel, Marlene y Jesús Gregorio mil gracias por haber creído en mi.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi Dios Todopoderoso por darme la dicha de existir y ponerme todas las herramientas necesarias para alcanzar esta meta.

Mi madre del alma y mis hermanos, gracias.

El Doctor William Senior por asesorarme, por su paciencia y colaboración en la realización de este trabajo de grado.

La Fundación Río Manzanares, especialmente a las licenciadas (M.Sc.) Ivis Fermín y Fabiola López por ayudarme en el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.

Todos mis compañeros, especialmente: Argenis, Alexis, José Rafael, Ricardo, Carlos, Leandro, Martín, Rafael, Jesús, José Salvador, Orlys, etc; les agradezco por todo su apoyo y colaboración.

El personal del Departamento de Química por ese apoyo durante mi carrera y al Instituto Oceanográfico de Venezuela al realizar mi tesis de grado en dicha Institución.

Todas aquellas personas que desinteresadamente involucradas de una forma u otra colaboraron con la realización de este trabajo de grado.

Todos Muchas Gracias!!!

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS	VIII
RESUMEN.....	IX
INTRODUCCIÓN	1
METODOLOGÍA	8
De campo	8
De laboratorio	10
Textura	11
Materia orgánica.....	13
Fraccionamiento del Fósforo	14
Fósforo adsorbido (F1).....	14
Fosfato de hierro débilmente unido (F2).....	14
Fosfato de hierro y aluminio (F3)	14
Fosfatos de calcio (F4).....	15
Fósforo refractario (F5).....	15
Fósforo total (PT).....	15
Análisis estadístico.....	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
Textura	17
Materia Orgánica.....	21
Fraccionamiento del fósforo	24
Fósforo adsorbido (F1).....	25
Fosfato de hierro débilmente unido (F2).....	28
Fosfatos de hierro y aluminio (F3).....	32
Fosfatos de calcio (F4)	35
Fósforo refractario (F5).....	39
Fósforo total (PT).....	42
Análisis estadístico.....	45
Tratamiento de los datos, análisis de correlación.....	48
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA.....	54
APÉNDICE	59

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación geográfica de las estaciones donde fueron tomadas las muestras de sedimentos	9
Tabla 2. Tabla de sedimentación para el método de la pipeta.	13
Tabla 3. Secuencia de tamices empleados para determinar el tamaño del grano en la fracción > 62,5 μm y valores del diámetro (Φ) para la fracción < 62,5 μm en los sedimentos superficiales del río Manzanares.....	13
Tabla 4. Composición granulométrica (%) y textura de los sedimentos superficiales del río Manzanares.....	18
Tabla 5. Matriz de correlaciones de los datos del fraccionamiento y fósforo total obtenidos en la cuenca del río Manzanares.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.....	10
Figura 2. Representación gráfica de la granulometría de tipo arenoso, arcilloso y limoso en los sedimentos superficiales del río Manzanares.....	19
Figura 3. Distribución espacial y estacional del contenido de materia orgánica total (%) en los sedimentos superficiales del río Manzanares durante los meses de octubre (2003) y abril (2004).....	22
Figura 4. Variación del contenido de fósforo adsorbido (F1) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 1).....	26
Figura 5. Variación del contenido de fósforo adsorbido (F1) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 2).....	27
Figura 6. Variación del contenido de fósforo asociado al hierro (F2) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 1).....	29
Figura 7. Variación del contenido de fósforo asociado al hierro (F2) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 2).....	30
Figura 8. Variación del contenido de fósforo asociado al aluminio (F3) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 1).....	32
Figura 9. Variación del contenido de fósforo asociado al aluminio (F3) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 2).....	33
Figura 10. Variación del contenido de fósforo asociado al calcio (F4) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 1).....	36
Figura 11. Variación del contenido de fósforo asociado al calcio (F4) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 2).....	37
Figura 12. Variación del contenido de fósforo refractario (F5) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 1).....	40
Figura 13. Variación del contenido de fósforo refractario (F5) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 2).....	41
Figura 14. Variación del contenido de fósforo total, por el Método de Digestión, en la cuenca del río Manzanares (muestreo 1).....	43
Figura 15. Variación del contenido de fósforo total, por el Método de Digestión, en la cuenca del río Manzanares (muestreo 2).....	44

LISTA DE ABREVIATURAS

Octubre 2003.....	O-03
Abril 2004.....	A-04
Sistema de posicionamiento global.....	GPS
Arenas gruesas.....	AG
Arenas finas.....	AF
Arenas medias.....	AM
Arenas muy finas.....	AMF
Limo grueso.....	LG
Limo muy fino.....	LMF
Arcillas.....	ARC
Materia orgánica total.....	MOT
Fósforo total.....	PT
Fósforo adsorbido.....	F1
Fosfato de hierro debilmente unido.....	F2
Fosfato de hierro y aluminio.....	F3
Fosfato de calcio.....	F4
Fósforo refractario.....	F5
Programa naciones unidas para el medio ambiente.....	PNUMA

RESUMEN

Se determinaron los contenidos de fósforo fraccionado y total en los sedimentos superficiales del río Manzanares, estado Sucre, Venezuela en los periodos de lluvia (octubre 2003) y sequía (abril 2004), obteniéndose las siguientes concentraciones: fósforo adsorbido (F1) entre 0,78 y 5,21 mg/kg para O-03 y 0,70 y 3,62 mg/kg para A-04, encontrándose una diferencia considerable entre muestreos; de manera similar ocurre en el fosfato de hierro débilmente unido (F2) oscilando entre 0,64 y 6,25 mg/kg para O-03 disminuyendo para A-04 con valores entre 0,07 y 3,51 mg/kg, siendo estas dos primeras fracciones de fósforo de origen antropogénico; en cambio las tres siguientes son de origen litogénico o natural. Por otra parte, en la fracción 3 correspondiente a los fosfatos de hierro y aluminio se obtuvieron valores de los indetectables a 0,21 mg/kg para O-03 y para A-04 entre 0,09 y 0,26 mg/kg; para los fosfatos de calcio (F4) se hallaron los mayores registros de las 5 fracciones estando éstos entre 1,01 y 26,02 mg/kg para O-03 y para A-04 entre 0,85 y 27,57 mg/kg representando ésta fracción más del 80% del fósforo entre todas las fracciones. Por otra parte, los valores del fósforo refractario (F5) oscilan entre 0,07 y 2,79 mg/kg para O-03 y 0,13 y 1,09 mg/kg para A-04 siendo ésta fracción y la 3 las que presentaron los menores índices de fósforo de origen litogénico en todo el estudio. Con respecto al fósforo total se encontraron las mayores concentraciones en el periodo lluvioso (O-03) con registros entre 2,06 y 28,33 mg/kg con un promedio de 16,05 mg/kg y para el periodo seco (A-04) 2,07 y 27,84 mg/kg con un promedio de 15,53 mg/kg. La cuantificación del fósforo extraído en cada una de las digestiones se realizó con la técnica de espectrofotometría en la región visible a 885 nm, dichos resultados indican que los mayores niveles de fósforo se registraron en la cuenca alta, con un comportamiento a descender hacia la cuenca media y baja, pero con pequeñas fluctuaciones con tendencia al aumento y descenso de las concentraciones en algunas estaciones producto de descargas del nutriente en dichas zonas; además para el periodo de sequía (abril) se cuantificaron los menores niveles de fósforo fraccionado y total. Los registros de fósforo fraccionado en las estaciones presentan el siguiente orden decreciente: P-Ca > P-Fe > P-adsorbido > P- refractario > P-Fe, Al.

INTRODUCCIÓN

Los ríos, como sistemas acuáticos, pueden considerarse como un filtro para el agua que llega al mar procedente de la tierra. Una gran parte de las sustancias en disolución y en suspensión es separada por la actividad biogeoquímica y depositada, por último, en los sedimentos. Los altos niveles de sedimentación en los ríos dan lugar a la perturbación física de las características hidráulicas del cauce. Esto puede tener graves efectos en la navegación, por la reducción de la profundidad y favorecer las inundaciones, por la reducción de la capacidad del flujo de agua en la cuenca de drenaje (Bottelo, 1986).

La dinámica de los sedimentos en las corrientes y ríos se presenta de dos formas: a) los sedimentos en suspensión, los cuales están constituidos por las partículas más finas, suspendidas por los remolinos de la corriente, que sólo se asientan cuando la velocidad disminuye, cuando el lecho se hace más liso o la corriente descarga en un pozo o lago y b) las partículas sólidas de mayor tamaño que son arrastradas a lo largo del lecho de la corriente y se designan con el nombre de arrastre de fondo (Fermín, 2002).

Las condiciones climáticas influyen en el caudal, así como la geología del lecho y el tipo de suelo. Estas últimas, también, afectan al contenido mineral del agua del río. Las actividades humanas afectan a los sistemas fluviales de muchas formas, mediante la reforestación o la deforestación, la urbanización, el desarrollo agrícola, el drenaje de suelos, el vertido de contaminantes o la regulación del cauce por presas, canales, ... (Senior y Godoy, 1991).

La materia orgánica derivada de las actividades humanas constituye una fuente primordial de descarga de contaminantes en los ríos. La descomposición y degradación de esta materia orgánica se produce por medio de microorganismos y

tiene lugar, sobre todo, en la superficie de los sedimentos y la vegetación, en los ríos pequeños y en la columna de agua en los mayores (Maloney, 1966).

El fósforo, es uno de los elementos no metálicos, el segundo elemento en el grupo V-A de la tabla periódica, de símbolo P, número atómico 15, masa atómica 30,98 g.mol⁻¹, con densidad 1,82 g.ml⁻¹, se puede hallar formando parte de gran número de compuestos, de los cuales para este estudio lo más importante son los fosfatos. En todas las formas de vida, los fosfatos desempeñan un papel esencial en los procesos de transferencia de energía y sus estructuras se basan en átomos de fósforo rodeados en una disposición tetraédrica por átomos de oxígeno, siendo el miembro más pequeño de la familia el anión simple conocido como ión Ortofosfato (PO₄³⁻) (Harrison, 1989).

En ciertas zonas de la tierra se han formado acumulaciones de compuestos fosforados y que son ampliamente explotados para fertilizar los suelos agrícolas y mejorar su contenido en fósforo. El término “fósforo” incluye las formas en la que se encuentran más frecuentemente en solución acuosa como ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos (Tisdale, 1977).

El fósforo se encuentra en la naturaleza en forma de compuestos de calcio (apatita–hierro), manganeso y aluminio; conocidos como fosfatos que son pocos solubles en el agua. En los suelos se presenta en las formas: orgánicas e inorgánicas. La inorgánica se puede encontrar en el humus y otros materiales. La fracción inorgánica se halla en diversas combinaciones con hierro, aluminio, calcio, fluor y otros elementos. Generalmente, el contenido de fósforo inorgánico en los suelos es siempre más alto que el orgánico. Una excepción a esta regla es el contenido de fósforo en los suelos netamente orgánicos (Jackson, 1964).

Los compuestos de fósforo pueden ser transportados por los sedimentos de los ríos y acumulados en los suelos aluviales; o sea, aquellos que se originan por la acumulación de los sedimentos del agua, generalmente a lo largo de los ríos (James, 1971).

El fósforo es uno de los elementos de mayor importancia para el crecimiento de los organismos acuáticos, principalmente, en el ciclo de los ácidos nucleicos y los fosfolípidos de las membranas, mediante los procesos de la actividad metabólica por transferir energía entre moléculas.

La historia cenozoica de la cantidad de fósforo en el océano, un nutriente limitante para la producción primaria en escalas de tiempo geológicas, no es bien conocida (Delaney y Anderson, 2000). El fósforo disuelto entra al océano principalmente, a través de los ríos y existe principalmente como partículas transportadas a la interfase sedimento-agua. Por otra parte, la historia oceánica del fósforo reactivo (el fósforo disuelto promueve la productividad primaria oceánica) es de interés por el papel de éste como nutriente biolimitante (Delaney y Anderson, 1997). De aquí, que el conocimiento del fósforo reactivo depositado en sedimentos marinos es una clave para verificar hipótesis acerca de los flujos de entrada y salida del mismo.

El fósforo, además de ser un nutriente esencial, presenta una importancia ambiental relevante, ya que puede ser causante de procesos de eutrofización en zonas costeras que reciben grandes cantidades de desechos domésticos e industriales (Bonilla y Lin, 1979). En los ríos, es menos frecuente que ocurran estos efectos, debido a que la corriente permite la remoción constante del exceso de fósforo que pueda entrar al sistema, sin embargo, es importante conocer el origen y las asociaciones del mismo dentro de una cuenca (Delaney y Anderson, 1997).

Las aguas derivadas de las actividades agrícolas introducen una importante cantidad de fósforo en estos sistemas, las cuales aunadas a aguas de desecho de origen doméstico que, además de materia orgánica en suspensión, contienen importantes cantidades de detergentes, representan un peligro para las condiciones de la calidad de aguas y sedimentos de los ríos a nivel mundial. Sin embargo, en nuestro país, los estudios de este tipo son casi desconocidos y la necesidad de generar un conocimiento en cuanto a estos aspectos se hace cada día más urgente (Delaney y Anderson, 2000).

El sedimento es la fase donde se acumulan los nutrientes procedentes de la columna de agua, ya sea que provengan de la remineralización de los materiales orgánicos suspendidos en ella o de aportes fluviales, además las industrias también aportan, particularmente las empresas procesadoras de alimentos, como en el caso de Cumaná; por tal motivo dicha fase puede convertirse en una fuente potencial e incluso crítica de nutrientes como el amonio y los ortofosfatos (Delaney y Anderson, 1997).

Desde hace algunas décadas existe un especial interés en el conocimiento de las condiciones de calidad de aguas y sedimentos de la cuenca del río Manzanares, cuerpo de agua que es de vital importancia para la vida de los pobladores de la ciudad de Cumaná. A pesar de esto, los estudios se han concentrado en el conocimiento de la distribución de metales e hidrocarburos en la cuenca baja y pluma del mismo, quedando sin conocerse otros aspectos de gran importancia como lo es el fraccionamiento del fósforo.

Al río Manzanares se le ha dado también el nombre de río Cumaná (Fernández, 1984). Sus efluentes principales son los ríos Guasdua, Caribe, Aricagua, La Cuesta, San Juan, Cedeño, Osorio, Brito y Cancamure. Posee una superficie de 1 144,50 km². Políticamente se encuentra ubicado entre los municipios Montes y Sucre y

geográficamente con latitud norte entre 10°05'16'' y 10°29'54''; longitud oeste entre 63°45'00'' y 64°19'07''. Posee una cota mínima de 2 200,00 msnm, en el cerro Las Peonías y una cota mínima de 00,00 en el golfo de Cariaco, con una longitud de cauce de 81 km, pendiente mínima de 15%, gasto medio de 1,23 m³/s que pasa por dentro de la ciudad de Cumaná. Existe una precipitación media de 1 328,10 mm/año, con evaporación de 1 929,4 mm/año. La vegetación predominante en la parte alta es de abertura media, en la parte céntrica es la de bosque bajo solo igual a sabana abierta y en la parte baja de tipo igual a rastrojos y herbazales (Fernández, 1984). Las poblaciones importantes son: Cumanacoa, Aricagua, Arenas, San Lorenzo, Cocollar, San Juan, Cumaná (Fernández, 1984). La población total en la cuenca para 1996 era 92 869 habitantes y sus principales actividades económicas son: las agrícolas, turísticas e industriales. En la actualidad se tienen pendientes los proyectos de reforestación de 1 500 hectáreas en la subcuenca del río Manzanares microcuenca del río Aricagua y La Cuesta (Fernández, 1984).

El río Manzanares funciona como una especie de laguna de oxidación natural, debido al alto grado de contaminación que presentan sus aguas. Desde su cuenca alta recibe la descarga de las aguas domésticas de la Cumanacoa, Distrito Montes, que son vertidas al río Guasdua, afluente del Manzanares y de los compuestos químicos utilizados en las prácticas agrícolas (Alvarado, 1976). Al mismo tiempo, cerca de su desembocadura, recibe las descargas industriales de una procesadora de pescado, y los desechos sólidos y líquidos de un astillero naval y del Mercado Municipal de la ciudad de Cumaná, así como también las grandes descargas de materia orgánica provenientes de la destilería y fábrica de aguardiente, que con sus elevadas temperaturas provocan una inestabilidad de la masa de agua (Meybeck, 1982; Godoy, 1991).

A pesar de la evidente intervención a la que está sometido el río Manzanares, en la literatura consultada no se ha encontrado publicación alguna sobre el

fraccionamiento del fósforo. Sin embargo, desde hace varias décadas se han realizado trabajos, llevados a cabo principalmente por investigadores del Instituto Oceanográfico de Venezuela, que han cubierto aspectos importantes de la biología, hidrografía y geología de este importante cuerpo de agua, entre los que pueden mencionarse a: Maloney (1966), quien describe su historia geológica; López y Fernández (1979) investigaron una mortalidad de peces ocurrida debido a una supuesta contaminación. Alvarado (1976) investigó las descargas de nitrógeno al río y sus concentraciones de fosfatos entre otros aspectos (1979). Fernández (1984), realizó trabajos en el río Manzanares para determinar la influencia de las descargas de desechos industriales, la contaminación de las aguas costeras de Cumaná e hizo una investigación en las aguas superficiales de los ríos Guasdua y Manzanares. Más recientemente, Godoy (1991) realizó un análisis en la zona estuarina del río donde determinó la concentración de metales en aguas superficiales y en el material en suspensión. León (1995) investigó los metales pesados totales en la región estuarina. Márquez (1996) determinó la cantidad de metales pesados en fracciones disuelta y particulada de las aguas de la zona estuarina. Martínez (1999) publicó un trabajo sobre el fraccionamiento de metales pesados en el material particulado de la zona estuarina y pluma del río Manzanares. Alvarado (2000) investigó la distribución y comportamiento de hidrocarburos alifáticos en aguas de la cuenca baja y pluma del mencionado río.

La falta de estudios referidos al tema de fraccionamiento del fósforo en una cuenca como la del río Manzanares, que es intensamente sometida a las actividades agrícolas, hace necesario la realización de investigaciones de este tipo.

Para alcanzar tal fin se plantearon los siguientes objetivos: Determinar el contenido de fósforo total y fraccionado en los sedimentos superficiales del río Manzanares, así como también determinar el contenido de materia orgánica total en dicha área; para de esta manera establecer una correlación entre los contenidos de

fósforo total y fraccionado que se obtengan con el de la materia orgánica total obtenidos en los sedimentos superficiales del río Manzanares en el estado Sucre.

METODOLOGÍA

El estudio del fósforo se realizó en forma fraccionada; es decir, todas las diferentes combinaciones inorgánicas, como: el fósforo adsorbido (biodisponible), es decir, aquel fácilmente solubilizable; el fósforo unido a los óxidos de hierro (Fosfatos de Hierro), no ocluidos en la matriz sedimentaria, sólo es el fósforo débilmente unido a la red de óxidos de hierro. En una tercera fracción se obtendrán los fosfatos de hierro y aluminio fuertemente unidos al sedimento; seguidamente se extraerán los fosfatos de calcio que corresponden a la fracción asociada a los carbonatos y como última parte de este fraccionamiento se extrae el fósforo refractario de origen orgánico; además como ultimo punto la extracción de fósforo total, por la metodología de Volk y Jones, propuesta en 1938.

De campo

El río Manzanares constituye una cuenca aislada perteneciente a la gran cuenca del Mar Caribe, caracterizada por la existencia de un periodo de sequía, de diciembre a junio, y uno de lluvia de julio a noviembre. Su hoya hidrográfica cubre una extensión aproximada de 165 210 hectáreas y el aporte anual de su escorrentía en 600 millones de m³, que se reparte entre la zona del aliviadero, sector donde se produce una gran sedimentación, y su desembocadura original. En cuanto a la pluma del río Manzanares esta se dirige, generalmente, hacia el sur – oeste como consecuencia de la presencia de los vientos alisios. Cuando la descarga del río es mayor y los vientos alisios se intensifican, se deja de sentir la influencia de la pluma en la costa al este de la bahía de Mochima (Senior y Godoy, 1989).

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se realizaron dos muestreos para la toma de sedimentos, uno en época de lluvia, octubre de 2003 y otro en sequía, abril de 2004, en 31 estaciones a lo largo del cauce del río Manzanares,

comprendiendo las tres cuencas (Tabla 1); posicionadas dichas estaciones con un GPS (Fig. 1), donde se colectaron muestras de sedimentos superficiales, con la ayuda de paletas plásticas, las cuales se colocaron en bolsas plásticas previamente rotuladas que se refrigeraron para su procesamiento para, posteriormente, ser trasladadas al Instituto Oceanográfico de Venezuela donde se separaron en dos submuestras y se refrigeraron a -10°C para su preservación hasta el momento de procesarlas.

Tabla 1. Ubicación geográfica de las estaciones donde fueron tomadas las muestras de sedimentos

Cuenca	Estación	Localidad	Longitud (Grados)	Latitud (Grados)
Alta	1	Río Yoraco	63,934722	10,183333
Alta	2	Manzanares Río Yoraco	63,934167	10,183056
Alta	3	La Fragua	63,921389	10,203333
Alta	4	Quebrada La Sequía	63,921944	10,222222
Alta	5	Manzanares (sector Las Peñas)	63,908611	10,222778
Alta	6	Río Los Chorros-La Cuesta	63,872500	10,216944
Alta	7	Río Aguas Blancas	63,872500	10,217500
Alta	8	Unión de Los Dos Ríos	63,873611	10,217778
Alta	9	Quebrada Orinoco	63,905278	10,216944
Alta	10	Manzanares (altura de Orinoco)	63,905833	10,216944
Alta	11	La Fuente	63,900833	10,231111
Alta	12	Río Aricagua	63,911667	10,261389
Media	13	Río Caribe	63,933333	10,276111
Media	14	PTE. Río Arenas	63,290710	10,934240
Media	15	Después de la P/T Río Arenas	63,933870	10,293230
Media	16	Manzanares Quebrada Seca	63,973611	10,299444
Media	17	Río San Juan	63,970556	10,283611
Media	18	Manzanares (altura de Cedeño)	64,028350	10,333970
Media	19	Río Cedeño	64,028350	10,333970
Media	20	Unión Manzanares y Cedeño	64,037222	10,346389
Media	21	Río Tataracual	64,079100	10,342380
Media	22	Manzanares (altura de Tataracual)	64,079100	10,342380
Media	23	Río Brito	64,341380	10,145290
Media	24	Manzanares Edén del Niño	64,167222	10,353056
Baja	25	Valle del Manzanares	64,155833	10,442778
Baja	26	Parque Guaiqueri	64,168056	10,458056
Baja	27	Puente Santa Catalina	64,180000	10,468889
Baja	28	Detrás del Mercado Municipal	64,185556	10,469722

Continuación Tabla 1				
Baja	29	Detrás de Avecaisa	64,188889	10,469444
Baja	30	Alviadero Puerto de La Madera	64,150000	10,183333
Baja	31	Alviadero Cantarrana	64,139722	10,425000

De laboratorio

Una vez en el laboratorio, se tomaron las porciones de cada una de las dos submuestras, una de las cuales se secó en una estufa a 60°C, y se pulverizó en un mortero de porcelana, para determinar tanto el fósforo total como fraccionado y la materia orgánica. La otra porción de sedimento se secó a temperatura ambiente para realizar el análisis de la textura. En la aplicación de todos los métodos se emplearon reactivos de grado analítico y agua desionizada calidad Nanopure.

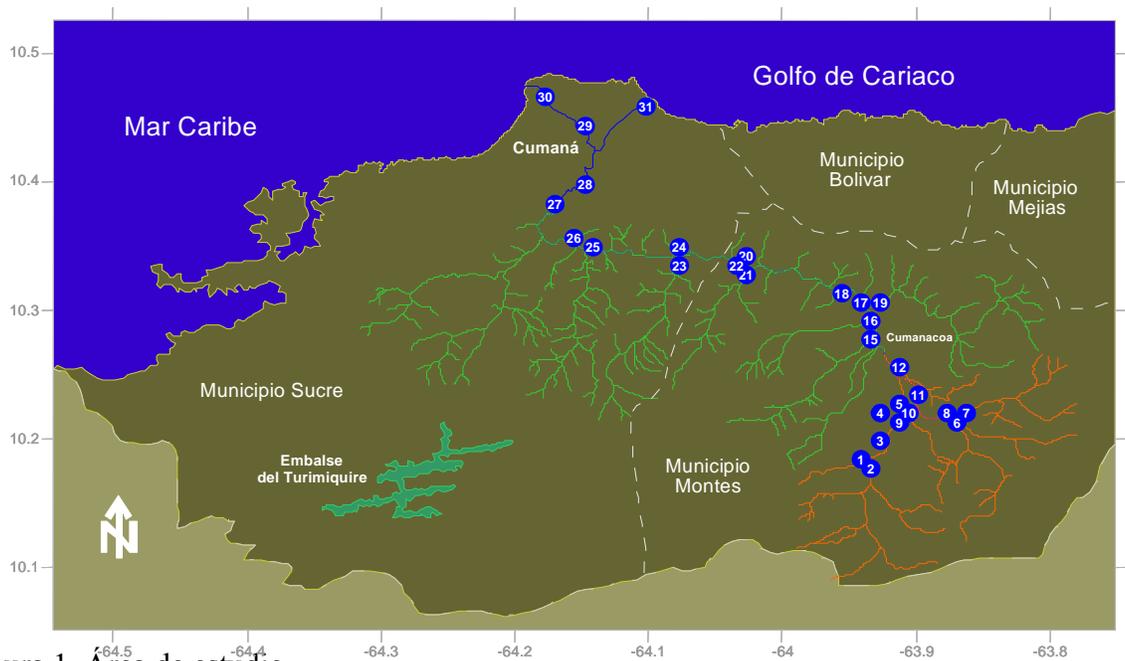


Figura 1. Área de estudio.

Textura

La separación de la fracción gruesa ($> 62,5 \mu\text{m}$) se realizó por tamizado, usando la secuencia de tamices por orden de mallas, con el fin de obtener las diferentes fracciones: arena gruesa (AG), media (AM), fina (AF) y muy fina (AMF). La agitación se efectuó durante 10 minutos en un equipo Ro-Tap Testing Sieve Shaker Modelo B (Combustion Engineering Inc). Posteriormente, se colocó sobre el mesón una cartulina y se vertió cuidadosamente la arena del tamiz de malla más grande al más pequeño y se golpeó ligeramente con la mano en sentido a la malla para no estropearla.

Se añadieron cada una de las fracciones en bolsas plásticas previamente pesadas y se enumeraron: 1 (AG), 2 (AM), 3 (AF), 5 (limo + arcilla).

A continuación se procedió a pesar las bolsas con los sedimentos y se estimó la masa de la muestra (cada fracción) por diferencia.

El análisis de la fracción fina ($< 62,5 \mu\text{m}$), la cual corresponde a limos + arcillas, se analizó según el método de la pipeta, el cual consiste en extraer por succión un pequeño volumen de sedimento en suspensión a un determinado tiempo, y posteriormente evaporar y pesar el residuo.

La velocidad de sedimentación de las partículas del suelo en suspensión depende de su diámetro medio. Para estas partículas se considera una densidad media de 2,6. Este valor corresponde con la definición de arcilla, como partícula con diámetro efectivo $\leq 2 \mu\text{m}$ y velocidad de sedimentación equivalente a 10 cm en 8 horas a 20°C (Primo y Carrasco, 1973). Al tomar un pequeño volumen de una suspensión de suelo, mediante una pipeta, a cierta profundidad y a un tiempo

establecido, después del cese de la agitación, se obtiene una muestra en que todas las partículas más gruesas de la que se estaba determinando han sido eliminadas (Primo y Carrasco, 1973).

La cantidad de sedimento más adecuado para trabajar es aproximadamente 15 g, aunque se utilizó un promedio entre 10 y 20 g dependiendo de la cantidad de muestra que quedaba en la última fracción, correspondiente al análisis de la fracción gruesa. Se utilizaron cilindros con la muestra ya dispersada, la cual se añadió en un cilindro graduado de 1 litro, colocándole agua a temperatura ambiente (27°C) y aforando exactamente hasta la marca de 1000 ml. Se agitó fuertemente la suspensión durante 10 segundos, empezando desde el fondo y procediendo hacia la superficie, hasta que todo el material estuvo uniformemente distribuido en la columna.

Se terminó la agitación con largos golpes regulares desde el fondo hasta la superficie. En el momento en que el agitador emergió por última vez, se tomó el tiempo y al cabo de 30 segundos, se introdujo la pipeta a una profundidad de 20 cm y se succionó exactamente 25 ml de la suspensión. Se siguió pipeteando la suspensión en los tiempos establecidos los cuales se muestran en la Tabla 2. Para esta operación se tenían 4 beakers de 500 ml secos y pesados para verter la muestra (por cada estación). Una vez recogidas todas las muestras, se secaron en la estufa. Finalmente, se pesaron y por diferencias se obtuvieron los gramos de cada una de los diámetros (Φ) respectivos.

Este procedimiento está basado en la tasa de sedimentación de los granos, a diferentes intervalos de tiempo, según la Ley de Stokes (Roa y Berthois, 1975) y Dyers (1979). El tamaño de los granos y sus respectivos diámetros (Φ) se muestran en la Tabla 3.

Tabla 2. Tabla de sedimentación para el método de la pipeta.

Profundidad (cm)	Diámetro (Φ)	Tiempo
0	0	7h 0' 0"
20	4	30"
20	4,5	2' 00"
10	8,0	8h 56' 00"
10	9,0	9h 25' 00"

Tabla 3. Secuencia de tamices empleados para determinar el tamaño del grano en la fracción > 62,5 μm y valores del diámetro (Φ) para la fracción < 62,5 μm en los sedimentos superficiales del río Manzanares.

Tamiz Standard	Tamaño del grano	Diámetro (Φ)	Tipo de Sedimento
25	0,71 mm	0,50	Arena gruesa (AG)
40	420 μm	1,25	Arena media (AM)
70	210 μm	2,25	Arena fina (AF)
120	125 μm	3,00	Arena fina (AF)
230	62,5 μm	4,00	Arena muy fina (AMF)
Envase colector	44 μm	4,50	Limo grueso (LG)
Envase colector	3,9 μm	8,0	Limo muy fino (LMF)
Envase colector	< 2 μm	< 9,0	Arcillas (ARC)

Luego a cada una de las muestras se le determinó el tipo de sedimento con el uso del triángulo de Sheppard, cuya nomenclatura fue propuesta por él en 1954, la cual es ampliamente usada en la actualidad (Fermín, 2002; López, 2002).

Materia orgánica

El contenido de materia orgánica se determinó por el método descrito por De La Lanza (1980); Palanques y Díaz (1994); González y Ramírez (1995); Bernal y Betancourt (1996), el cual se fundamenta en la mineralización total de la materia orgánica que se encuentra contenida en los sedimentos marinos. Esto, se logró a través de la calcinación de las muestras a altas temperaturas, en una mufla a 550°C, de tal manera que se obtuvo una fracción libre de materia orgánica, la determinación

se realizó por la diferencia de masas debido a la oxidación de materia orgánica en la muestra a CO₂, el cual es liberado a la atmósfera. Fueron colocados 2 g de sedimento seco en crisoles de porcelana previamente pesados y tarados, y se llevaron a una mufla a 550°C durante 24 horas. Después de enfriados en un desecador se pesaron los crisoles, obteniéndose por desigualdad de masa el contenido de materia orgánica.



Fraccionamiento del Fósforo

Para cada una de las fracciones se pesaron 2 g de sedimento por duplicado.

Fósforo adsorbido (F1)

La porción de sedimento se extrajo con NH₄Cl 1 mol.l⁻¹ a pH 7 por 2 horas (Jackson, 1964), dos veces seguidas lo que produce una fracción de fósforo adsorbido, esta fracción corresponde a los fosfatos débilmente adheridos al sedimento solo se encuentra en la superficie externa de las partículas, este fósforo se encuentra en forma soluble NH₄Cl-RP (P-adsorbido).

Fosfato de hierro débilmente unido (F2)

El sedimento se extrajo con una solución saturada de NaCl por 30 minutos a 40°C (Jackson, 1964) constituyendo el fósforo de Fe que esta débilmente unido a la matriz del sedimento, la fracción NaCl-RP (Fe-P). Este fósforo está unido a una especie de red, constituido por los óxidos de hierro.

Fosfato de hierro y aluminio (F3)

Se hizo una extracción con NaOH 1 mol.l⁻¹ por 16 horas para obtener el fósforo fuertemente unido al hierro y aluminio (aluminosilicato) (Jackson, 1964). Siendo esta fracción NaOH-RP (Fe-P, Al-P), parte de los constituyentes naturales del sedimento y, por ende, su origen es litogénico.

Fosfatos de calcio (F4)

Se extrajo el sedimento con $\text{HCl } 0,5 \text{ mol.l}^{-1}$ por 24 horas correspondiente a la fracción de fósforo unido al calcio HCl-RP (Ca-P) (Jackson, 1964), los fosfatos de calcio insolubles se encuentran en mayor proporción, además su procedencia se debe más a origen litogénico que antropogénico.

La mayoría de las muestras presentaron una efervescencia al agregarle la solución de $\text{HCl } 0,5 \text{ mol.l}^{-1}$, esto es característico del exceso de calcio (carbonatos) en los sedimentos.

Fósforo refractario (F5)

Por último, se mezcló el sedimento con $\text{NaOH } 1 \text{ mol.l}^{-1}$ por 24 horas a 85°C donde se obtuvo el fósforo refractario (Jackson, 1964), este es el fósforo que se encuentra más fuertemente unido a la matriz sedimentaria.

Todas las concentraciones de fósforo se determinaron por el método de Murphy y Riley (1962), descrito en Strickland y Parsons (1972).

Fósforo total (PT)

Para la determinación del fósforo total se utilizó el método descrito por Volk y Jones (1938), el cual se basa en oxidar el fósforo orgánico a fosfato. Se pesaron 2 g de sedimento seco, se le agregaron 20 ml HNO_3 concentrado como tratamiento previo para eliminar la materia orgánica que pueda estar presente en el sedimento, la solución se colocó sobre una plancha de calentamiento a una temperatura oscilante entre 100 y 130°C , luego se añadieron 30 ml de HClO_4 concentrado, se agitó la solución y se colocó un embudo de vidrio para mantener un constante reflujo de los densos humos blancos de HClO_4 , por un tiempo aproximado de 60 minutos hasta que, el sedimento se blanquea lo que indica el final de la digestión. La materia ya

digestada se diluyó con 50 ml de agua desionizada, luego se centrifugó durante 10 minutos, de donde se tomó una alícuota de 2,5 ml y diluyó a 25 ml. Posteriormente, el fosfato se determinó según el método de Murphy y Riley (1962), descrito en Strickland y Parsons (1972).

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron estadísticamente por análisis de varianza a una vía con un $\alpha=0,05$, y de existir diferencias significativas entre los parámetros estudiados, se aplicó una prueba *a posteriori* Student-Newmans-Keuls (SNK); también se aplicó una prueba de correlación utilizando el programa estadístico Statgraphics Plus 4.1 (Sgwin 4.1) (Sokal y Rohlf, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El área de estudio se dividió, para efecto de discusión en tres cuencas:

Cuenca Alta: Desde el río Yoraco hasta río Aricagua, en esta zona nace el cauce, con la característica de ser aguas claras y mucha diversidad en la vegetación; además en sus márgenes se ubican pequeñas poblaciones dedicadas a actividades agrícolas, como el cultivo de café, entre otras. Las estaciones de muestreo están ubicadas principalmente en ríos y quebradas que constituyen los afluentes que nutren el caudal del río Manzanares.

Cuenca Media: Desde río Caribe hasta Manzanares Edén del Niño; en dicha zona las aguas tanto del cauce principal del Manzanares como de los afluentes presentan corrientes fluviales mayores.

El valle de Cumanacoa es la zona que presenta mayor degradación del río Manzanares, debido al aumento de las actividades agrícolas, de la población y las actividades industriales.

Cuenca Baja: Comprende las estaciones entre el Valle del Manzanares hasta el aliviadero de Cantarrana; donde, la ciudad de Cumaná es el principal agente degradante del río y entre los principales focos de contaminación se encuentran: el mercado municipal, la Destilería La Florida, las Empresas Pesqueras, canales de aguas negras, entre otros.

Textura

La textura de un sedimento se refiere a la distribución porcentual de arenas, limos y arcillas en una muestra. En los sedimentos existen gránulos de muy diferentes

tamaños, cualesquiera que sea su composición y se dividen en tres clases según su “diámetro medio”. El conjunto de partículas de un sedimento cuyo diámetro medio está comprendido entre 5,000 a 0,063 mm se llaman arenas; las de diámetro medio entre 0,063 y 0,002 mm se llaman limos, y aquellas cuyo diámetro medio es inferior a 0,002 mm conforman las arcillas (Primo y Carrasco, 1973). Los análisis granulométricos evidencian el predominio de arenas a lo largo de las tres cuencas, representando éstas el 89% del total de los sedimentos (Tabla 4).

Tabla 4. Composición granulométrica (%) y textura de los sedimentos superficiales del río Manzanares.

Estación	Arena	Limo	Arcilla	Textura
Río Yoraco	96,40	0,72	2,88	Arenoso
Manzanares Río Yoraco	96,40	0,72	2,88	Arenoso
La Fragua	96,40	1,44	2,16	Arenoso
Quebrada La Sequía	73,68	15,44	10,68	Arena limosa
Las Peñas	88,40	9,44	2,16	Arenoso
Río Los Chorros La Cuesta	93,52	1,44	5,04	Arenoso
Río Aguas Blancas	95,68	0	4,32	Arenoso
Unión de Los Dos Ríos	89,68	6,00	4,32	Arenoso
Quebrada Orinoco	94,40	3,44	2,16	Arenoso
Manzanares Orinoco	76,40	21,44	2,16	Arena limosa
La Fuente	96,40	1,44	2,16	Arenoso
Río Aricagua	97,12	0,72	2,16	Arenoso
Río Caribe	90,40	7,44	2,16	Arenoso
PTE. Río Arenas	96,40	1,44	2,16	Arenoso
Después de la P/T Arenas	86,28	6,94	6,78	Arena limosa
Manzanares Quebrada Seca	52,40	44,72	2,88	Arena limosa
Río San Juan	92,40	5,44	2,16	Arenoso
Manzanares Cedeño	97,12	0,72	2,16	Arenoso
Río Cedeño	97,12	0,72	2,16	Arenoso
Unión Manzanares y Cedeño	95,12	2,72	2,16	Arenoso
Río Tataracual	77,12	20,72	2,16	Arena limosa
Manzanares Tataracual	83,52	12,16	4,32	Arena limosa
Río Brito	97,12	0,72	2,16	Arenoso
Manzanares Edén del Niño	95,12	2,72	2,16	Arenoso
Valle del Manzanares	47,52	49,60	2,88	Limo arenosa
Parque Guaiquerí	78,01	14,99	6,92	Arena limosa
Puente Santa Catalina	95,68	0	4,32	Arenoso

Continuación Tabla 4				
Mercado Municipal	89,80	5,60	4,60	Arenoso
Detrás de Avecaisa	84,00	8,66	7,32	Arena limosa
Aliviadero Puerto La Madera	96,40	1,44	2,16	Arenoso
Aliviadero Cantarrana	97,84	0	2,16	Arenoso

Los valores de arenas variaron desde un mínimo de 47,52% en Valles del Manzanares hasta alcanzar un máximo de 97,84% en la estación Aliviadero Cantarrana, con un valor promedio de 88,22%. Seguidamente, el porcentaje de lodos, el cual corresponde al comprendido por limos y arcillas, representó menos del 15%, presentándose valores desde indetectables hasta alcanzar máximos de 49,6% y 10,88%, respectivamente, correspondientes a las estaciones Valles del Manzanares y Quebrada La Sequía. A partir de la composición granulométrica y utilizando los fundamentos del triángulo de Sheppard (1954), se observa que la textura fue de tres clases: arenosa en la mayoría de las estaciones, arena limosa y limo arenosa, en el resto.

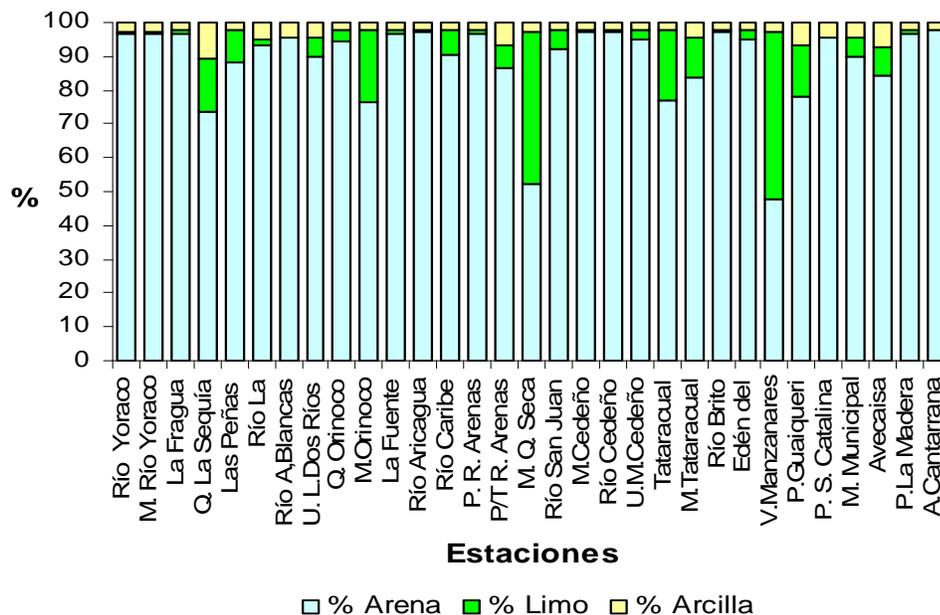


Figura 2. Representación gráfica de la granulometría de tipo arenoso, arcilloso y limoso en los sedimentos superficiales del río Manzanares.

En estaciones como Quebrada La Sequía (25%), Manzanares Orinoco (23%), río Tataracual (16%), los valores de limos + arcillas no sobrepasan del 25% (Fig. 2), debido a que la fracción fina ($< 63 \mu\text{m}$) pueda que se encuentre formando parte de la estructura de los sedimentos, excepto en Valles del Manzanares cuyo porcentaje de arenas es inferior al 48% y la fracción de lodos representa un 52,48%, al igual que en Manzanares Quebrada Seca en donde los porcentajes de limos y arcillas (44,72% y 2,88%, respectivamente) casi se aproxima al valor de las arenas (52,4%); este tipo de sedimentos tiene la propiedad de poseer partículas muy finas y su coloración es relativamente oscura debido a que son estaciones que están muy influenciadas por la actividad del hombre, y que por sus características permiten la adsorción de partículas cargadas eléctricamente como de otros elementos.

Las estaciones mencionadas anteriormente (Quebrada La Sequía, Manzanares Orinoco, río Tataracual, Parque Guaiqueri, Avecaisa) tienen la particularidad de exhibir propiedades ligeras y pesadas en masa casi en iguales proporciones, siendo una mezcla de partículas de arena, limo y arcilla. Por lo general, suelen poseer cualidades apetecibles tanto de la arena como de la arcilla, sin las características indeseables, es decir, como la baja capacidad de retención para el agua de la primera, y sin la tenacidad y lento movimiento del aire y del agua de la arcilla (Fassbender, 1978); lo que facilita la retención y adsorción de nutrientes y elementos por poseer estas cualidades.

En Valles del Manzanares, por ejemplo, en donde el porcentaje de arenas disminuye un poco, aumentando así la cantidad de limos y arcillas se conocen con el nombre de limo arenoso, mientras que en Quebrada La Sequía, Manzanares Orinoco, después de la planta de tratamiento río Arenas, Manzanares Quebrada Seca, río Tataracual, Manzanares Tataracual, Parque Guaiquerí y Manzanares Avecaisa son estaciones en el que dominan las arenas sobre los limos y llevan por nombre arenas limosas.

Los resultados reflejados *a posteriori* guardan estrecha relación con la granulometría descrita, ya que esta influye sobre la cantidad de materia orgánica, fósforo que está presente en la muestra. El fósforo suele tener fuerte atracción a los lugares de intercambio de iones que están asociados con las partículas de arcilla (Domínguez, 1985).

La granulometría de las estaciones se ve influenciada también por las actividades que se efectúan a sus alrededores, tales como la introducción de material antropogénico provenientes de las redes cloacales, la influencia de las areneras que pudieran estar afectando las condiciones naturales del río, ampliando el ancho del río y afectando la dinámica hidráulica, debido a que la constante remoción de arenas aumenta la concentración de sólidos suspendidos transportada por el cauce del río; entre otros factores que hacen que se modifiquen las condiciones del medio por el movimiento inadecuado de los sedimentos.

Materia Orgánica

El estudio del contenido de materia orgánica en los sedimentos es de real importancia, ya que demuestra la tasa de recambio del material orgánico entre este compartimiento y el agua circundante, que es lo que mantiene la productividad y dinámica del sistema (Garmendia de Ocando, 1992).

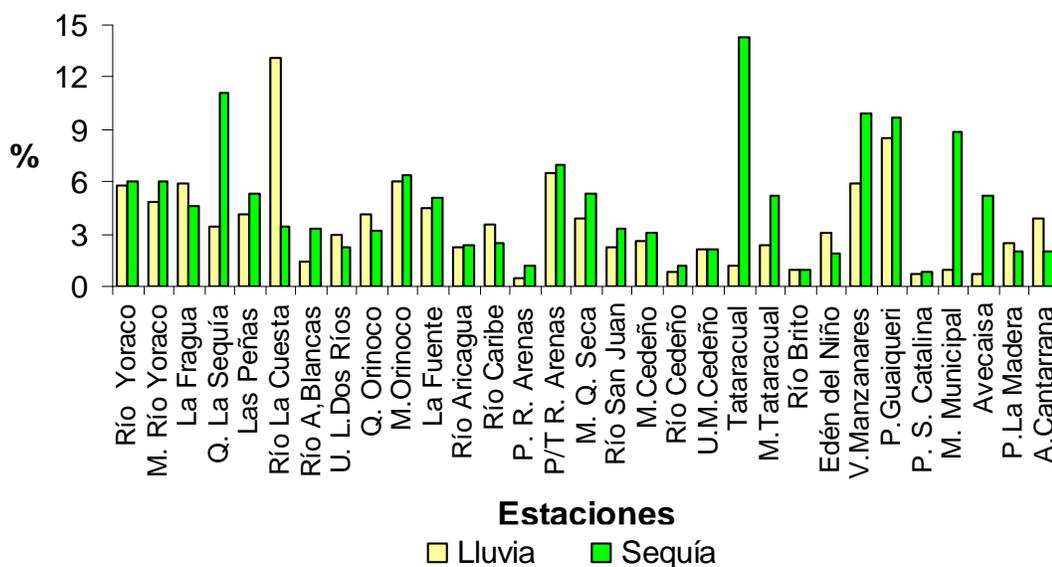


Figura 3. Distribución espacial y estacional del contenido de materia orgánica total (%) en los sedimentos superficiales del río Manzanares durante los meses de octubre (2003) y abril (2004).

El contenido de materia orgánica en los sedimentos superficiales del río Manzanares para el primer muestreo (Octubre 2003), varió con valores mínimo y máximo entre 0,53% y 13,15% (Fig. 3), en las estaciones de río Arenas y río La Cuesta respectivamente, con un promedio de 3,61%, esto es debido a las posibles lluvias que arrastraron el material orgánico que fue depositado en el sedimento. Para el segundo muestreo realizado (abril 2004), la MOT varió entre 0,85% y 14,23%, en las estaciones de Santa Catalina y río Tataracual, respectivamente; y con un valor promedio para este muestreo de 4,70%.

El análisis de varianza ($\alpha < 0,05$), demostró que a pesar de las diferencias notables que existen en el porcentaje de materia orgánica entre muestreo y estaciones y las cuales se denotan en la gráfica, estas no son significativas estadísticamente, lo cual se ve reflejado en el valor ($p > 0,05$), entre muestreos y entre estaciones.

La materia orgánica está compuesta de los organismos de la flora acuática y fauna, ambos vivos y muertos, y los productos de su secreción, autólisis y digestión. La distribución y contenido de la materia orgánica total en los sedimentos depende tanto de la textura, origen, tasa de sedimentación, así como también de las condiciones biogeoquímicas del ambiente sedimentario al que pertenezcan y del cual se hayan influenciado (Marval, 2002). La mayoría de la materia orgánica contaminante procede de desechos de alimentos, de aguas servidas domésticas e industriales y es descompuesta por bacterias, protozoarios y diversos organismos mayores.

Los mayores valores de MOT fueron encontrados durante el segundo muestreo (abril) en la estación Quebrada La Sequía (11,16%) y en las estaciones localizadas en la cuenca baja del río como lo son: el río Tataracual, Valle del Manzanares, Parque Guaiquerí, Mercado Municipal y Avecaisa; éste comportamiento coincide con el proceso de aguas más tranquilas y bajas que es característico de la época de sequía; al estar el sistema béntico, la materia en suspensión se deposita horizontalmente de manera más rápida, ya que la tasa de sedimentación de las partículas arrastradas es mayor. Asimismo, el porcentaje en estas zonas comparado con las restantes demuestran la influencia de las actividades antrópicas que se desarrollan a sus alrededores (donde sus aguas presentan olores desagradables y un aspecto turbio), que asociado con las características hidrodinámicas en estas estaciones (aguas de menor movimiento), permite la deposición y conservación de la materia orgánica.

Las estaciones de río Arenas y Puente Santa Catalina reportaron las menores concentraciones de materia orgánica en los periodos de Lluvia y Sequía, con valores de 0,52% y 1,19% contra 0,85% y 0,74% respectivamente, concentración que puede ser explicada por el tipo de grano sedimentario predominante en estas, el cual esta constituido en mayor porcentaje por sedimentos de granos gruesos como son las arenas; este tipo de sedimento no permite la preservación del material orgánico, ya

que facilita la difusión del oxígeno libre entre los granos, provocando la oxidación rápida de la materia orgánica en deposición.

Según Gomes y Azevedo (2003), los sedimentos son considerados pobres cuando el porcentaje de material orgánico es menor a 0,5%. De tal modo, los sedimentos del río Manzanares son considerados extremadamente ricos en material orgánico debido a que todos los valores reportados son superiores a dicho valor.

La materia orgánica presente en la cuenca alta y parte de la cuenca media específicamente hasta la estación de Manzanares Quebrada Seca, se debe a la descomposición biológica y vegetal, mientras que en la cuenca baja es como consecuencia a fuentes urbanas o las continuas actividades antropogénicas que contribuyen al aumento de la misma.

Fraccionamiento del fósforo

El fraccionamiento del fósforo contribuye a la evaluación del fósforo móvil potencial en el sedimento, bajo las condiciones medioambientales. El estudio de los sedimentos y la participación química de los mismos es usado para conocer las fuentes y los caminos por los cuales el fósforo de origen natural o antropogénico a entrado al medio (Rydin, 2000).

En la actualidad se cuentan con métodos específicos para fraccionar al fósforo; uno de los más aceptados es el método de Chang y Jackson, el cual separa y determina cuantitativamente los fosfatos solubles, fosfatos de hierro, aluminio y calcio insolubles así como también el fósforo total y orgánico (Jackson, 1964).

Al someter las 31 muestras de sedimentos pulverizadas a digestiones leves y altas, por duplicado para extraer el fósforo adsorbido soluble, los fosfatos de hierro,

aluminio, calcio y el fósforo refractario orgánico, para así poder establecer un análisis de la variación espacio - temporal del fósforo de origen litogénico y antropogénico en las estaciones ubicadas en toda la cuenca del río Manzanares, seleccionando aquellas zonas que representan focos claros de contaminación en la cuenca del río, estando representada por un excesivo enriquecimiento de nutrientes en el cuerpo de agua, ocasionando el muy conocido fenómeno de eutrofización, característico por exceso de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo.

En el presente estudio, donde se cuantifica el fósforo fraccionado y total; la factibilidad de los resultados obtenidos para cada una de las estaciones de muestreo refleja variaciones de las concentraciones de fósforo claramente diferenciables, entre los periodos y estaciones para los cuales se realizó el estudio. Dichas variaciones señalan que en el periodo lluvioso correspondiente al mes de octubre, las concentraciones de fósforo fraccionado y total son elevadas en la mayoría de las estaciones, ocurriendo todo lo contrario en el periodo de sequía (abril).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el fraccionamiento, el fósforo ligado al hierro débilmente y el ligado al calcio representan las mayores concentraciones específicas del fraccionamiento; en donde la fracción de calcio está unida a los carbonatos. A diferencia del fósforo adsorbido soluble, fósforo orgánico refractario y fósforo fuertemente unido al hierro y aluminio que presentan las menores concentraciones.

Fósforo adsorbido (F1)

La variación espacio - temporal del fósforo adsorbido soluble es muy representativo en la cuenca alta, con valores comprendidos entre un mínimo de 0,78 mg/kg y un valor máximo de 5,21 mg/kg, dichos valores corresponden al periodo de lluvia; notándose un cierto carácter homogéneo entre los valores de esta subcuenca,

con algunas excepciones claramente observables en las estaciones Quebrada La Sequía (4,76 mg/kg) y Unión de los Dos Ríos (5,21 mg/kg), en donde posiblemente predominan actividades de origen antropogénico, específicamente labores agrícolas características de la zona; para el mes de abril las variaciones espacio temporal disminuyeron considerablemente, evidenciándose valores comprendidos entre un rango de 0,70 mg/kg y 3,62 mg/kg. Esta disminución posiblemente se origina por ser un periodo de alta irradiación solar y los efectos de los vientos alisios contribuyen con esta diferencia; además por ser un periodo de pocas actividades agrícolas, donde solo es característico la recolección de cosechas; aunado a esto el lavado natural de los sedimentos y el cuerpo de agua del río sin olvidar las posibles variaciones de las condiciones aeróbicas y anaeróbicas que pueden favorecer la disminución de los niveles de fósforo adsorbido soluble en los sedimentos.

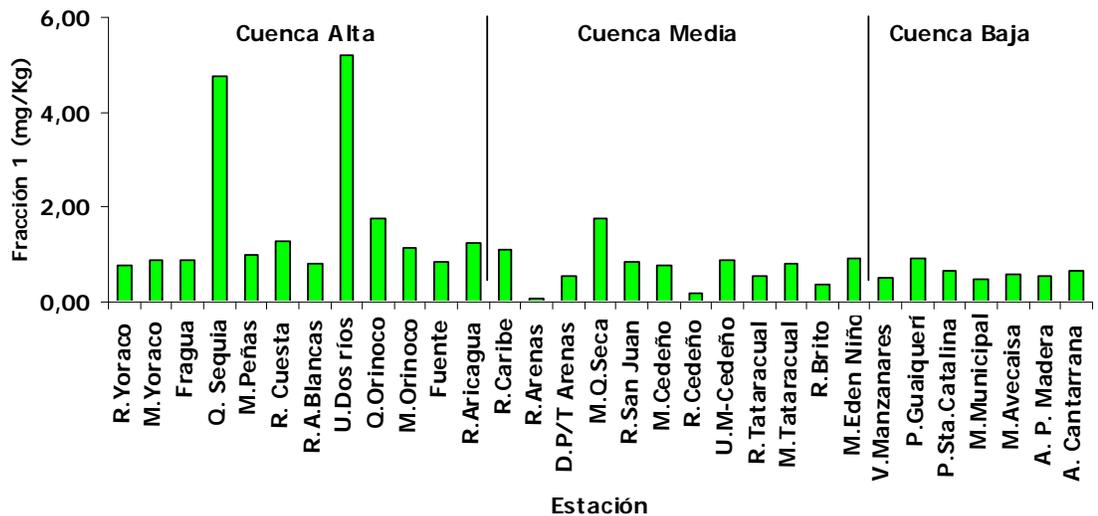


Figura 4. Variación del contenido de fósforo adsorbido (F1) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 1).

En la Figura 4 se observa una disminución de los valores en las estaciones 13 y 24 (cuenca media), con registros entre 1,76 mg/kg de fósforo y 0,08 mg/kg, ya en ésta las descargas de origen agrícolas son menores, a éstas se le suman las de origen

doméstico e industrial provenientes de los distintos poblados y caseríos adyacentes a las márgenes del canal principal del río y sus afluentes. Estas concentraciones no dependen solamente de factores antropogénicos, producto de la oxidación de los desechos urbanos, agrícolas y de la hidrólisis de los polifosfatos usados en los detergentes, sino además se ven influenciados por los distintos procesos químicos, físicos y biológicos.

En el mes de abril las concentraciones obtenidas para esta fracción, en la cuenca media oscilaron entre 0,14 mg/kg y 1,07 mg/kg de fósforo, lo cual indica claramente una notoria disminución de la disponibilidad de fósforo adsorbible por los sedimentos en el cuerpo de agua. En esta zona de muestreo el comportamiento estacional (Fig. 5) es relativamente regular, solo con una excepción en la estación 14 (río Arenas), la cual presentó una variación contraria al comportamiento a disminuir de las concentraciones de fósforo adsorbido; esto se debe posiblemente a las no contribuciones antropogénicas en esta estación.

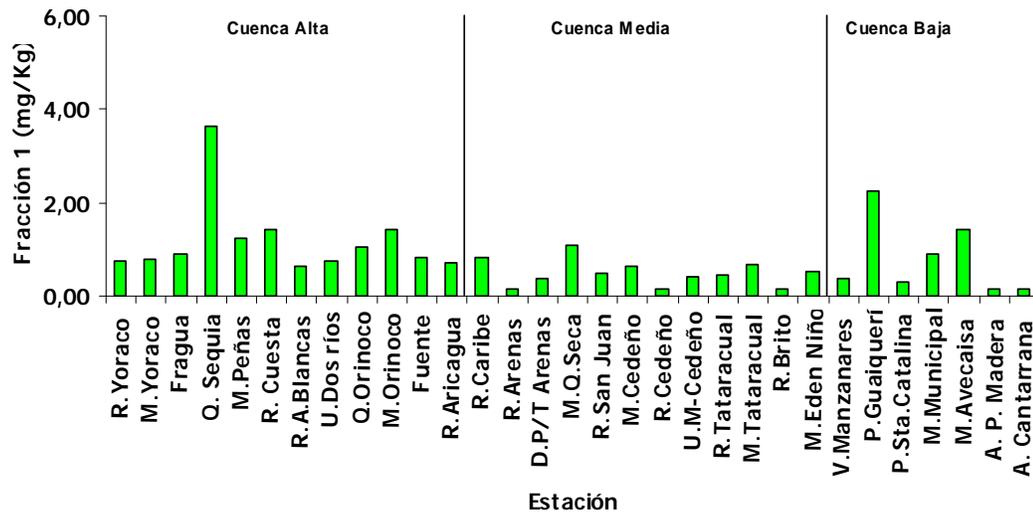


Figura 5. Variación del contenido de fósforo adsorbido (F1) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 2).

En la cuenca baja la distribución espacial del contenido de fósforo adsorbido soluble en los sedimentos superficiales para el mes de octubre, indican concentraciones menores en comparación con la cuenca media, con un mínimo y máximo entre 0,46 mg/kg y 0,92 mg/kg, siendo las estaciones 26, 28 y 29 las que presentaron los mayores valores, por ser focos de descarga antropogénica. Para el periodo de sequía (abril) aumentaron considerablemente los niveles de fósforo, específicamente la estación 26 (Parque Guaiquerí) con valor de 2,24 mg/kg; las estaciones correspondientes al Mercado Municipal y la zona de Avecaisa, entre 0,90 mg/kg y 1,43 mg/kg (Figs. 4 y 5); siendo zonas de continua descargas de nutrientes y al no originarse el lavado natural del río, ocurre un aumento de las concentraciones de fósforo adsorbido soluble en los sedimentos en las estaciones donde se evidenció un comportamiento irregular del fósforo presente.

Fosfato de hierro débilmente unido (F2)

Los resultados obtenidos para esta fracción indican claramente descargas de fuentes antropogénicas en las estaciones seleccionadas para este estudio a lo largo de toda la cuenca del Manzanares, siendo importante señalar que tanto esta fracción como la del fósforo adsorbido soluble representan el fósforo de origen antrópico que entra al río Manzanares.

La distribución por estaciones del contenido de fosfato de hierro (Fig. 6) señalan un fenómeno de descargas antropogénicas. No obstante, de acuerdo a los resultados obtenidos se evidencia que en la parte alta del Manzanares en el periodo lluvioso (octubre), las máximas concentraciones de fósforo ligado al hierro oscilan entre 6,25 mg/kg y 0,64 mg/kg; dicho valor máximo corresponde a la estación 4 (Quebrada La Sequía), donde este alto valor de fósforo debe su origen a un mayor aporte antropogénico proveniente de efluentes agrícolas y domésticos; y aunado a

esto posibles procesos bioquímicos de descomposición originados; a pesar de ser un periodo lluvioso donde tiene poco tiempo de residencia las aguas para favorecer la capacidad de adsorción del sedimento y así incorporar el fósforo a la red de óxido de hierro que contienen las partículas sedimentarias, así como también trazas de hierro en las aguas producto del desgaste natural de las rocas por acción atmosférica.

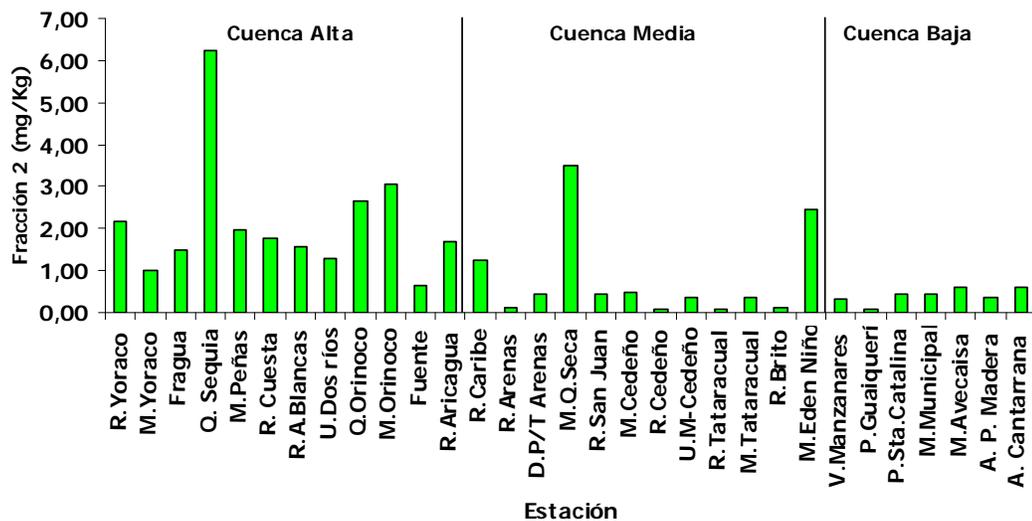


Figura 6. Variación del contenido de fósforo asociado al hierro (F2) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 1).

La concentración de fosfato de hierro soluble para el mes de abril (sequía) en la cuenca alta mostró una disminución considerable en casi todas la estaciones (Fig. 7). Con excepción de la estación 8 (Unión de los Dos Ríos), donde se originó una gran fluctuación con tendencia al aumento (5,21 mg/kg), cuyas causas se deben seguramente a un mayor aporte antropogénico en la zona; para la cuenca media la variación espacio temporal en el periodo lluvioso refleja menores concentraciones de fósforo para esta fracción, con valores comprendidos entre 0,07 mg/kg y 3,51 mg/kg, con valor máximo correspondiente a la estación 16 (M. Quebrada Seca); además, valores elevados en las estaciones río Caribe (13) y Manzanares a la altura de Edén del Niño (24), por efecto del periodo de lluvia, las actividades agrícolas que contribuyen con compuestos fosforados que se pierden de los sistemas agrícolas por

causa del fenómeno de escorrentía del fósforo, y especialmente los efluentes nutritivos con los cuales contribuyen las poblaciones aledañas a las márgenes del río, algunos de estos efectos tienen una marcada influencia en el periodo de sequía, con fluctuaciones irregulares entre las estaciones y un rango de variación, desde 0,08 mg/kg y 1,76 mg/kg, solo manteniéndose en las estaciones 13, 14, 16 y 24, la tendencia a disminuir las concentraciones de fósforo en el mes de abril, ocurriendo todo lo contrario en las restantes estaciones pertenecientes a la cuenca media.

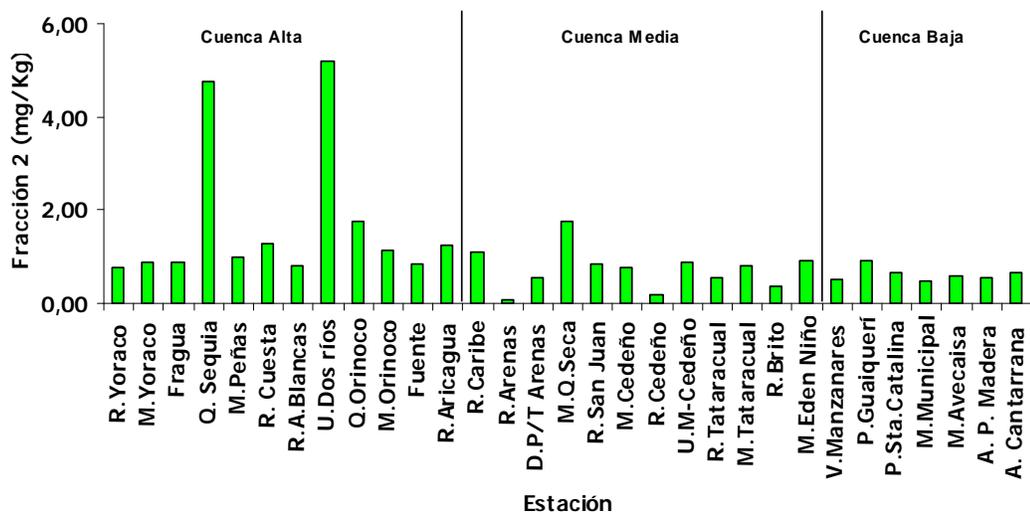


Figura 7. Variación del contenido de fósforo asociado al hierro (F2) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 2).

En la cuenca baja la distribución de los niveles de fosfatos de hierro solubles, para octubre se hallan en el rango entre 0,09 mg/kg y 0,60 mg/kg, en comparación con el mes de abril donde el rango varió en forma creciente, apreciándose un comportamiento irregular en todas las estaciones entre 0,46 mg/kg y 0,92 mg/kg; indicando ello mayores drenajes exógenos; entre otros focos que representan descargas incontroladas de nutrientes; en esta zona son fuentes representativas las estaciones 27 (Pte. Sta. Catalina) 0,67 mg/kg; dicha estación se ve influenciada por descargas de la Destiladora La Florida que contribuyen con productos suplementarios considerados como residuos, ejemplo de ello son las sales fosfatadas y nitrogenadas,

además de los ácidos grasos, ésteres, aldehídos, que son eliminados a través de los efluentes hacia el río. Así como esta estación las demás contribuyen con la alta capacidad de retención de los ortofosfatos ligados a los óxidos de hierro solubles por parte de los sedimentos superficiales.

El fósforo que se encuentra en las aguas superficiales, como intersticiales del río Manzanares provenientes ya sea por la contribución de los fenómenos de precipitación pluviométrica, asociada al fenómeno de escorrentías, descargas de efluentes domésticos, agrícolas e industriales, además proveniente de los cambios naturales de origen químico y biológico, a los cuales puede verse sometido este cuerpo de agua; después de ocurrir el mezclado de las aguas cargadas de nutrientes; los niveles de fósforo adsorbido soluble, fosfatos de hierro e incluso aluminio, que están unidos levemente a la matriz sedimentaria alcanzaron concentraciones elevadas para el mes de octubre y una tendencia a disminuir en el mes de abril, con ciertas fluctuaciones irregulares en ciertas estaciones que fueron resultados de la mayor interrelación sedimento – solución, sin olvidar que intervienen factores bióticos (actividades de productores primarios y organismos descomponedores) que de alguna forma elevan los niveles de fósforo, ya sea positiva o negativamente.

La movilización de los fosfatos de hierro es dependiente básicamente del potencial redox. En los sedimentos superficiales oxidados, el fósforo se encuentra ligado al hierro (III) en forma estable (Simpson *et al.*, 1975), en este estudio los bajos valores de fósforo para el período de sequía en la mayoría de las estaciones, posiblemente se deba a valores bajos de salinidad que favorezcan la remoción de los fosfatos en los sedimentos, producto del cambio de las condiciones de las aguas superficiales e intersticiales que transforman al medio en agente reductor, y esto favorece que el Fe^{3+} se transforme en Fe^{2+} , y el fósforo ligado al mismo es liberado hacia la columna de agua, originándose el lavado natural de río, pero con las descargas continuas de efluentes ricos en nutrientes, los niveles de fósforo tienden a

mantener un comportamiento controlado en el metabolismo interno del ecosistema, manteniéndose únicamente los procesos de adsorción y desorción entre los sedimentos, las aguas intersticiales y superficiales.

Fosfatos de hierro y aluminio (F3)

En esta fracción el fósforo es de origen litogénico o natural; un valor superior máximo de 0,21 mg/kg y mínimo 0,08 mg/kg, se observa para el periodo de precipitación (octubre) un comportamiento homogéneo en la cuenca alta (Fig. 8), con mínimas desviaciones en las estaciones río Yoraco, Quebrada Sequía, y río Aguas Blancas; en cambio la distribución espacial de los fosfato de hierro y aluminio en la época de sequía (cuenca alta) (Fig. 9), presentó variaciones máximas y mínimas, en un rango entre 0,09 mg/kg y 0,23 mg/kg, con fluctuaciones irregulares en las estaciones 1, 2 y 4 en donde la extracción del fósforo presentó mayores concentraciones inversamente contrarias a las obtenidas en las demás estaciones con índices bajos de concentración en comparación con el periodo lluvioso.

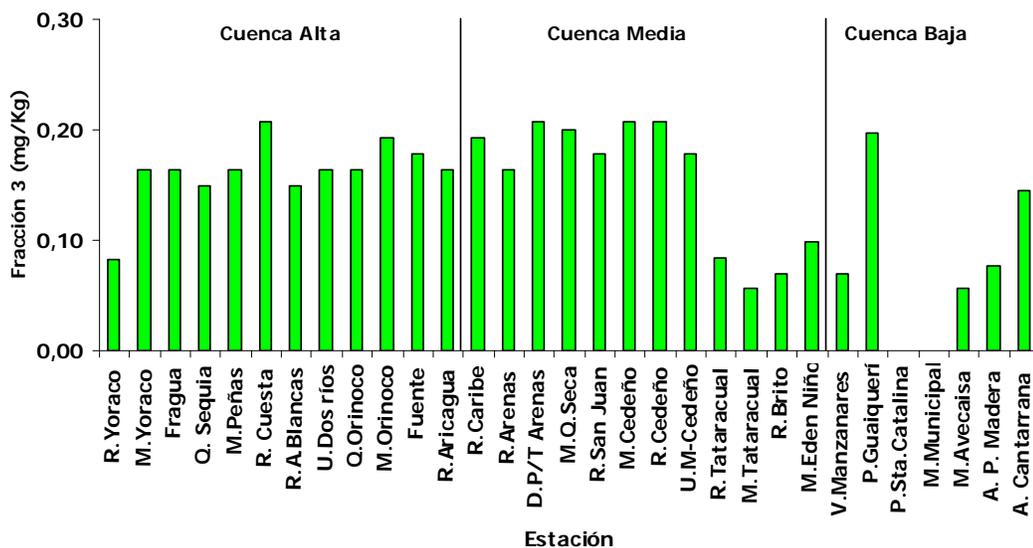


Figura 8. Variación del contenido de fósforo asociado al aluminio (F3) en la cuenca del río Manzanara (muestreo 1).

En la cuenca media, el contenido de fosfato de hierro y aluminio fluctuaron entre 0,06 mg/kg y 0,21 mg/kg en el mes de octubre (Fig. 8), con un comportamiento homogéneo entre las estaciones 13 y 20, disminuyendo los niveles en las estaciones subsiguientes (21 a la 24), siendo contrario esto en el mes de abril, en el que las concentraciones moderadamente más altas se observaron en estas estaciones (Fig. 9).

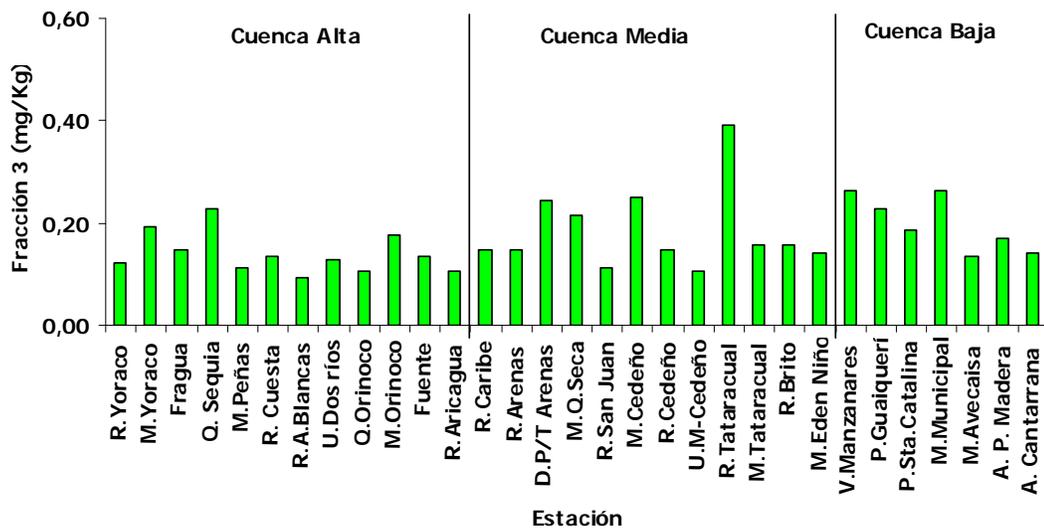


Figura 9. Variación del contenido de fósforo asociado al aluminio (F3) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 2).

En toda la cuenca media para el mes abril, los niveles máximos y mínimos están comprendidos entre 0,11 mg/kg y 0,25 mg/kg, manteniéndose la disminución de las concentraciones en las principales estaciones de muestreo de la cuenca; mientras que durante la época de lluvia (octubre) en la cuenca baja la distribución espacial de los fosfatos de aluminio y hierro presentó una marcada variabilidad con tendencia a disminuir, en un rango entre 0,00 mg/kg y 0,20 mg/kg, difiriendo éste comportamiento para el mes de abril, en el cual hay un ascenso de los niveles, fluctuando entre 0,13 mg/kg y 0,26 mg/kg; estos niveles varían con respecto a los obtenidos en el Embalse Casa de Piedra (La Pampa, Argentina) donde la fracción de fósforo ligado al hierro y aluminio predominó muy minimamente, con poca contribución al estado trófico del embalse y sus niveles de concentración están

comprendidos entre 1 mg/kg y 5 mg/kg, siendo esta fracción de origen litogénico, predominando en este ecosistema condiciones reductoras en el embalse debido al periodo de estratificación en el cuerpo de agua (Simpson *et al.*, 1975).

Muchos de estos procesos de intercambio pueden ser explicados con las teorías aplicables a los suelos y sedimentos lagunares y marinos, por ejemplo, en la laguna Tacarigua los niveles de fosfato que permanecen en las aguas superficiales, serán en cierta medida afectados por la calidad (reactividad) del fondo donde están los sedimentos (Liss, 1976).

Estudios realizados en lagos, estuarios y ríos (Harter, 1968; López *et al.*, 1980 y 1984; Upchurch y Edzwald, 1974) han señalado que el proceso de retención de fósforo en sedimentos sumergidos permanentemente (río, lagos y estuarios) no difieren apreciablemente del proceso que ocurre en los suelos, así datos preliminares en dichos estudios le sugieren al hierro un papel preponderante en la fijación del fósforo en estos ambientes (Upchurch y Edzwald, 1974; López *et al.*, 1980 y 1984), mientras que para muchos suelos bien aireados el aluminio juega quizás el rol principal en el proceso global de adsorción.

A pesar de ser esta fracción de tipo mineral (litogénica), donde los fosfatos de hierro y aluminio presentan enlaces más fuertes, debido ello a los procesos de adsorción internos en la estructura sedimentaria, en la cual un aumento en los niveles de concentración de los fosfatos deba su origen a variaciones en las condiciones naturales del agua, en la cual se halla el sedimento, que origine cambios del ciclo normal del fósforo en el ecosistema; estos cambios en esta fracción inorgánica de fósforo pueden estar relacionados con la facilidad, con que las distintas formas solubles de fósforo experimenten el proceso de mineralización o inmovilización, producto esto de la capacidad que tiene el fósforo de fijarse con fuerza a las partículas

minerales inorgánicas que se han desarrollado a partir del lecho rocoso, materia orgánica, aire y agua (Schindler, 1974).

No obstante, es importante conocer explicaciones sobre la extracción de fósforo en esta fracción, las cuales se fundamentan mayormente en la composición de las partículas sedimentarias. Como es conocido, los ríos son fuentes ricas en hierro y la formación estructural de los sedimentos depende de la formación de enlaces fisicoquímicos entre redes de óxido de aluminio, hierro y otros elementos, sin olvidar lo procesos geoquímicos naturales a los cuales se ven sometidos (Schindler 1974), estos cambios contribuyen con la eficiencia tanto para la movilización del fósforo litogénico y antropogénico en los sedimentos, como la inmovilización a la cual se puede ver sometida por efecto de las variaciones en las condiciones de los múltiples factores fisicoquímicos, como el intercambio iónico y el potencial redox, que dependen de la capacidad de oxidación del cuerpo de agua en el cual se halla el sedimento.

Fosfatos de calcio (F4)

Por tratarse de una extracción independiente (no secuencial), los resultados obtenidos en mayor proporción en esta fracción asociada a los carbonatos, se deben no solo a los fosfatos tricálcicos y otros fosfatos insolubles como el apatito y el fósforo octocálcico fácilmente oxidables con soluciones ácidas en caliente, sino además a fosfatos cálcicos solubles en agua, débilmente enlazados al sedimento (Jackson, 1964).

Las concentraciones de fósforo fraccionado ligado a los carbonatos presentaron los mayores registros entre las cinco fracciones estudiadas, con índices máximos y mínimos entre 26,02 mg/kg y 1,01 mg/kg (Fig. 10) en toda la extensión del río para el mes de octubre (lluvia); presentando las primeras 12 estaciones de muestreo (cuenca

alta) los mayores valores de extracción, con un promedio de extracción de 20,58 mg/kg; en cambio en esta misma cuenca para el mes de abril las concentraciones oscilaron en un rango entre 27,57 mg/kg y 15,40 mg/kg, notándose una tendencia a la disminución de los niveles en el periodo de sequía y promedio de 18,68 mg/kg en toda la cuenca alta, con excepción en las estaciones 1, 2, 7 y 12 donde la tendencia de los niveles es irregular (Fig. 11), debido seguramente a la mayor capacidad de adsorción del fósforo ligado al calcio; esto por las condiciones óptimas en esas estaciones que favorezcan la remineralización e inmovilización de los fosfatos en dichas estaciones.

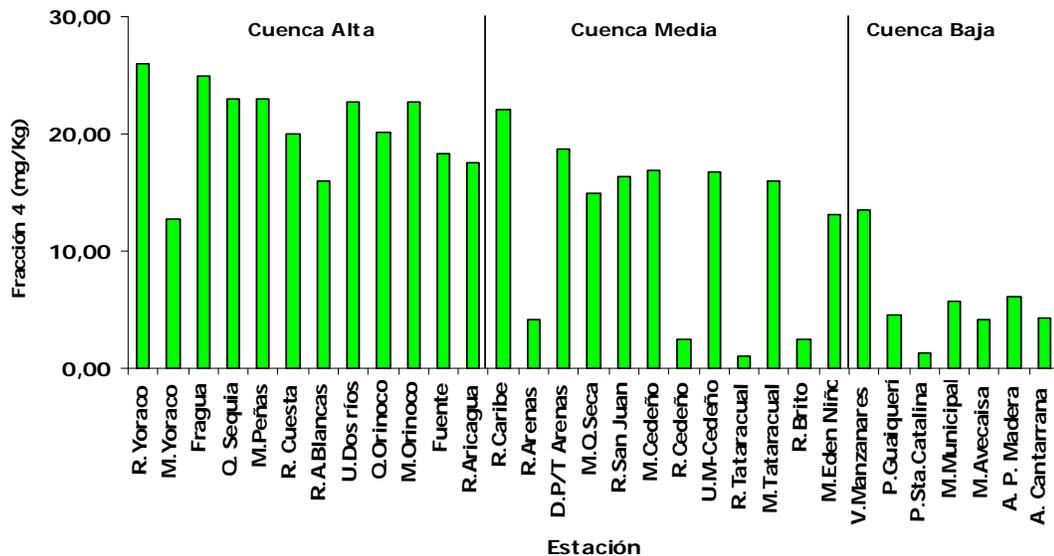


Figura 10. Variación del contenido de fósforo asociado al calcio (F4) en la cuenca del río Manzanara (muestreo 1).

Sin embargo, en la cuenca media el fósforo ligado al calcio reflejó un comportamiento homogéneo en el 58% de las estaciones, con niveles entre el orden de 1,01 mg/kg y 22,06 mg/kg, observándose fluctuaciones en la distribución espacial en las zonas de muestreo 14, 19, 21 y 23, en las cuales las concentraciones de fósforo son mínimas, esto para el mes de octubre; pero en la época de sequía la desviación mantiene un comportamiento de la disminución de los niveles de fósforo observados en las fracciones ya discutidas con un máximo valor de 19,25 mg/kg y mínimo de

0,85 mg/kg, para un promedio general de extracción en toda la cuenca media de 12,48 mg/kg y claras fluctuaciones con tendencia al aumento de los niveles de fósforo en las estaciones 16, 17 y 22; esto debido posiblemente a lo antes expuesto en la cuenca alta (Fig. 11).

En la parte baja del Manzanares, desde el Valle de Manzanares hasta el Aliviadero de Cantarrana, la capacidad de fosfatos asociado al calcio distribuidos en los sedimentos superficiales, está entre 1,26 mg/kg y 13,51 mg/kg, dichos datos corresponden a la estación 25 y 27 en el mes de octubre, observándose una distribución homogénea tanto en el primer muestreo como en el segundo (sequía), en el cual se mantienen mayores registros de fosfatos en esa zona en comparación con el periodo de lluvia y un rango de extracción entre 5,94 mg/kg y 14,21 mg/kg, de fósforo ligado a los carbonatos; con fluctuaciones de carácter irregular en la estación valle de Manzanares donde disminuyó los niveles de fosfatos en este segundo periodo de estudio.

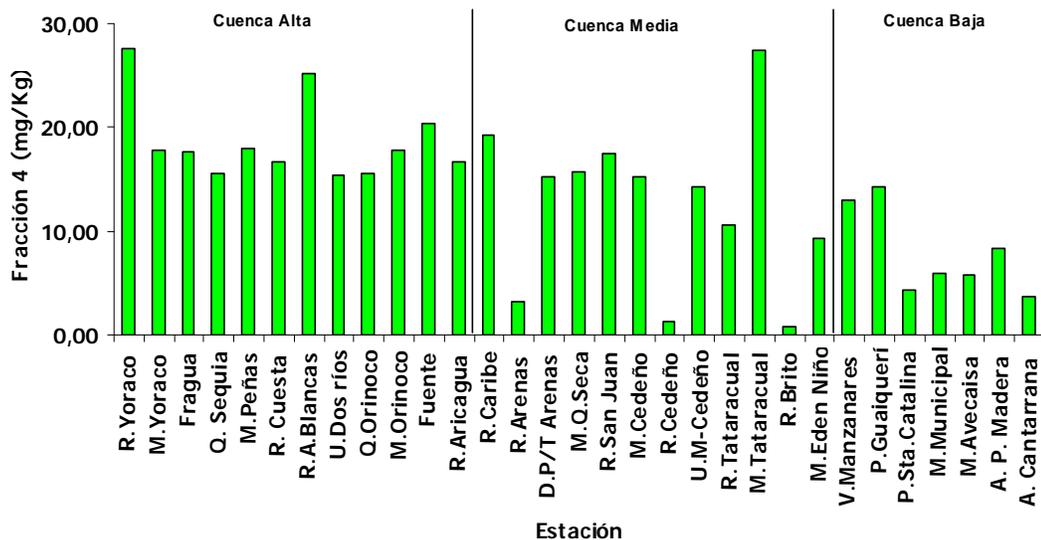


Figura 11. Variación del contenido de fósforo asociado al calcio (F4) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 2).

Los niveles de fosfatos cálcicos insolubles en toda la cuenca hidrográfica del río indican alto contenido de fósforo litogénico unido a los carbonatos cálcicos; este comportamiento es parecido al encontrado en los sedimentos superficiales del Embalse Casa de Piedra ubicado en la provincias de la Pampa (Argentina) (Pedrozo *et al.*) donde la fracción ligada al calcio es cuantitativamente la más importante del fósforo total contenido en los sedimentos de ese medio, con valores entre 75 mg/kg y 20 mg/kg; tanto en este embalse como en el río Manzanares los altos niveles de fósforo unido al calcio en su mayoría de tipo litogénico y minimamente antrópico contribuyen considerablemente con el fenómeno de eutrofización del cuerpo de agua; por causa de la descarga de efluentes en el ecosistema fluvial, aunado esto también a cambios naturales en el medio; según Simpson *et al.* (1975), puede ocurrir una redistribución del calcio ligado al fósforo presente en los sedimentos, esto por efectos de la disminución de pH, por efecto del CO₂ producido al degradarse microbiológicamente la materia orgánica.

Es importante recalcar que las estaciones en donde los niveles de fósforo son menores, ya sea disponible de origen litogénico, pueden estar influenciados aparte por las mínimas descargas antrópicas como de las condiciones físicas minerales del sedimento; es decir, aquellos sedimentos con características arenosas presentan deficiencia de materia orgánica que permite la retención de los fosfatos muy minimamente.

Todo lo antes explicado en las fracciones discutidas desde el fósforo adsorbido superficialmente en el sedimento hasta el ligado a los carbonatos, depende de la capacidad que tengan los sedimentos para retener fosfatos, la cual es función de la mayor o menor abundancia de superficies activas metálicas que pueden aceptar al ligando H₂PO₄⁻ o HPO₄²⁻, dichas superficies metálicas están representadas por hierro, aluminio, manganeso o calcio, tanto en forma soluble como insolubles (López y Hernández, 1977).

Las interrelaciones entre las formas iónicas de anión ortofosfato (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}) en los diferentes espacios en el cuerpo de agua, son de naturaleza compleja, en particular es interesante conocer la asociada entre los sedimentos y los niveles de fósforo en las aguas y así tener idea del comportamiento del fósforo de origen antropogénico y litogénico encontrado en los sedimentos superficiales del río Manzanares. Según López y Hernández (1977) el fósforo a diferencia de otros nutrientes, tiende a ser adsorbido de manera bastante irreversible por los materiales componentes de la superficie activa de retención; dichas superficies desarrollan un papel preponderante en el control de los niveles de fósforo que se encuentran en la interfase sedimento-agua, intersticial-agua superficial.

Fósforo refractario (F5)

Al igual que la fracción 3, esta fracción presenta los menores índices de fósforo litogénico encontrados en todo el estudio, con índices bajos en toda la cuenca del río Manzanares, específicamente en la parte alta de la cuenca se puede observar algunas fluctuaciones con tendencia a aumentar en un alto porcentaje de las estaciones, esto en comparación con los valores obtenidos en la fracción 3, indica que esta fracción es la segunda que presenta los menores porcentajes de extracción de fósforo de origen litogénico. En la cuenca alta, para el mes de octubre, las variaciones espacio temporales se establecieron entre un máximo de 0,59 mg/kg y mínimo de 0,08 mg/kg, notándose una gran diferencia en relación con el periodo de sequía (abril), en el cual el rango de extracción se halló entre 1,09 mg/kg y 0,16 mg/kg; es notoria la variabilidad mínima entre las concentraciones de fósforo orgánico refractario entre los períodos estudiados (Figs. 12 y 13).

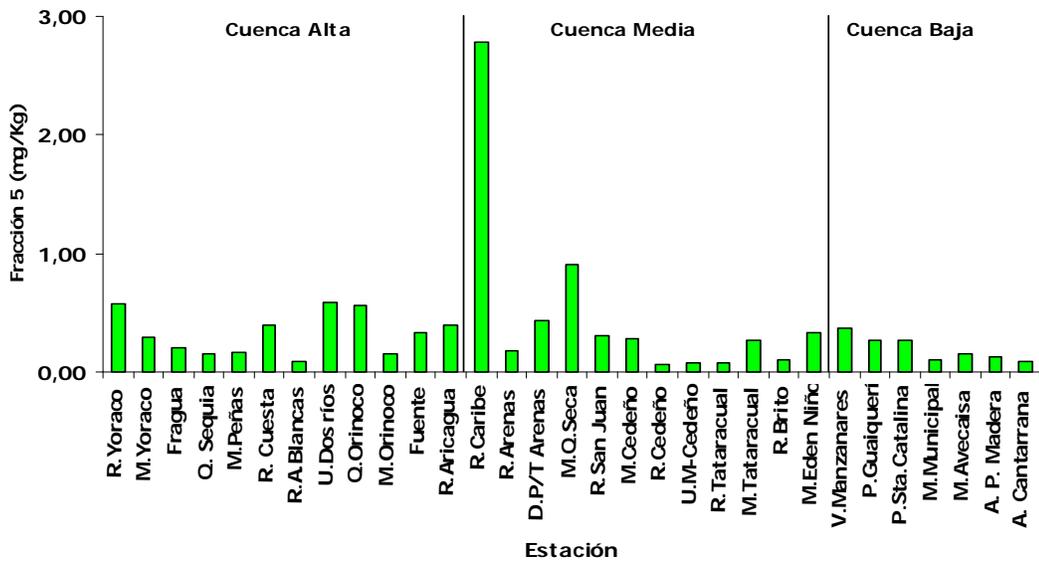


Figura 12. Variación del contenido de fósforo refractario (F5) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 1).

En la cuenca media los índices de fósforo orgánico refractario para el mes de octubre fluctuaron entre 0,07 mg/kg y 2,79 mg/kg, con un promedio de extracción en toda la zona de 0,48 mg/kg, encontrándose los mayores niveles de fósforo en las estaciones 13, 15, 16 y 24. En el segundo periodo, los niveles de nutrientes fluctuaron irregularmente, es decir, algunas estaciones presentaron una tendencia al aumento para este mes, mientras que en las demás decrecieron los niveles, el límite de extracción varió entre 0,13 mg/kg y 0,58 mg/kg. En cambio, en la cuenca baja del Manzanares los límites máximo y mínimo de extracción obtenidos oscilaron entre 0,36 mg/kg y 0,09 mg/kg, en el periodo lluvioso con un promedio de extracción para este mes de 0,20 mg/kg (octubre); y para el mes de abril (sequía) la distribución espacio temporal del fósforo contenido en los sedimentos se vio marcada por una tendencia al aumento, con valores máximo y mínimo entre 0,53 mg/kg y 0,17 mg/kg y un promedio total de extracción de 0,34 mg/kg; observándose una distribución poco regular de los niveles en estas estaciones para este periodo.

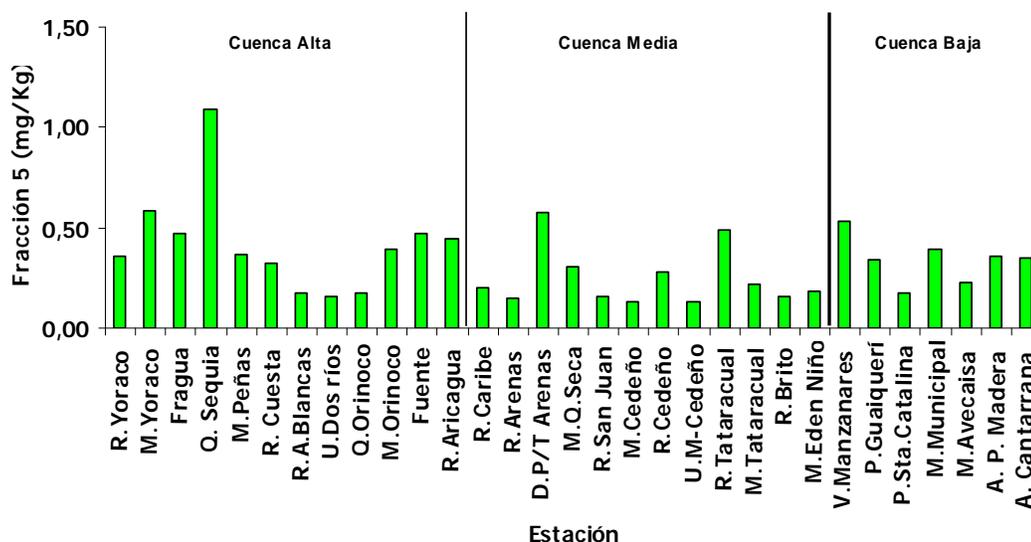


Figura 13. Variación del contenido de fósforo refractario (F5) en la cuenca del río Manzanares (muestreo 2).

Al igual que en los sedimentos superficiales del Manzanares, la fracción ligada a la materia orgánica (P-orgánico refractario) representa en el fraccionamiento del fósforo realizado en los sedimentos del Embalse Casa de Piedra, el mínimo porcentaje del fósforo total extraído, con valores de esta fracción entre 0,5 mg/kg y 2,5 mg/kg, y de acuerdo a las condiciones tróficas del embalse y aunado esto a la escasa cantidad de fósforo orgánico refractario, además de su origen litogénico, indica que en esta fracción el fósforo tendría escasa gravitación en el aporte nutritivo a la columna de agua del embalse Casa de Piedra.

Las irregularidades de los niveles de fósforo encontradas en un alto porcentaje de las estaciones de la cuenca deben su origen tanto a las descargas considerables de efluentes con alto contenido de nutrientes en general, como también a factores fisicoquímicos y biológicos en el medio, que favorecen la reconcentración de los niveles de fósforo, y esto aunado a fenómenos de desorción que ocurren en otras estaciones y por efectos de las corrientes que pueden favorecer más a unas zonas que

a otras, ocasionando que los niveles de fósforo aumenten en aquellas estaciones, en donde el estancamiento de las aguas contribuyen positivamente con los procesos naturales que benefician la remineralización del fósforo y se aumentan así los niveles de fósforo orgánico refractario de origen litogénico. Entre los factores biológicos y químicos que forman parte de los procesos naturales del ecosistema, en el cual se encuentran los sedimentos, se tienen posibles cambios diagenéticos, en el que el fósforo puede ser convertido en minerales fosfatados, pasando a formar parte de la matriz sedimentaria de los sedimentos; es decir, en muchos cuerpos de agua la materia orgánica fosforada autóctona, de origen vegetal o animal presentan una descomposición en la columna de agua, a través de la serie de procesos antes mencionados (Químicos, Físicos y Biológicos); en donde el material orgánico por efectos de los cambios tiende a remineralizarse, en la columna de agua se liga a los sedimentos y finalmente producto de esta descomposición forman sustancias húmicas litogénicas del sedimento, y por condiciones del desgaste natural, los sedimentos tienden a liberar fosfatos. En fin, todo lo antes expuesto forma parte del ciclo del fósforo en el ecosistema fluvial.

Fósforo total (PT)

El fósforo total es la suma de los iones fosfatados más el fósforo proveniente de la oxidación de la materia orgánica fosforada.

Los resultados de fósforo total obtenidos en esta investigación, por el método de digestión ácida de Volk y Jones, evidencian que las más altas concentraciones encontradas corresponden al periodo de lluvia, con máximos valores de 28,33 mg/kg en la estación 4 (Q. Sequía) y 26,89 mg/kg, en la estación 8 (U. de los Dos Ríos), dichas estaciones indican los límites extremos de fósforo en la parte alta del Manzanares y mínimo 16,02 mg/kg (Fig. 14).

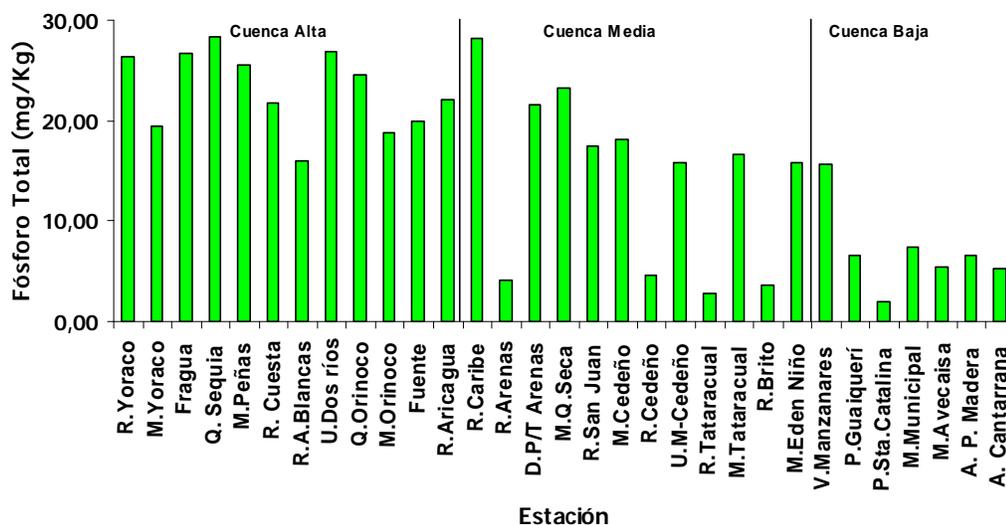


Figura 14. Variación del contenido de fósforo total, por el Método de Digestión, en la cuenca del río Manzanares (muestreo 1).

Las concentraciones obtenidas para el periodo de sequía (abril) mostraron un comportamiento relativamente semejante al obtenido durante el fraccionamiento; es decir, una tendencia a disminuir de los valores, con pequeños intervalos de fluctuación entre algunas estaciones, por efecto de factores de origen antropogénicos y cambios litogénicos ocasionados por las causas ya antes discutidas durante las fracciones analizadas. En el mes de abril (cuenca alta), el rango de variación entre máximos y mínimos, se ubicó entre 15,96 mg/kg y 27,84 mg/kg (Fig. 15).

En la cuenca media, la mayor parte del fósforo total obtenido se ubicó entre un máximo de 28,18 mg/kg y un mínimo de 3,58 mg/kg, para el mes de octubre, en donde se refleja el mismo comportamiento obtenido en la parte alta del Manzanares; con algunas excepciones, como por ejemplo, las estaciones 17, 21 y 22, las cuales presentaron los niveles de fósforo total de menores concentraciones en el mes de octubre; en cambio, para el periodo de abril la tendencia a disminuir permaneció constante en todas las estaciones (Fig. 15), con una distribución de los límites entre 24,37 mg/kg y 2,07 mg/kg.

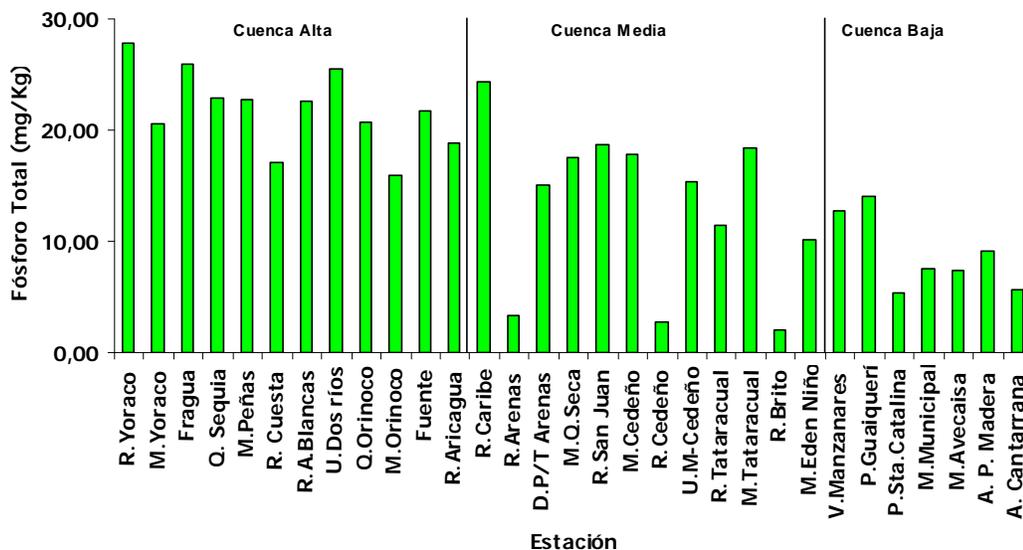


Figura 15. Variación del contenido de fósforo total, por el Método de Digestión, en la cuenca del río Manzanares (muestreo 2).

En la parte baja del Manzanares la distribución espacio - temporal del fósforo total en el periodo de lluvia decrece progresivamente, esto tal vez por el caudal máximo y el tiempo de residencia corto de las aguas, que no permite los procesos biológicos y químicos, siendo la dilución lineal el único factor que afecta la distribución de fósforo en el ecosistema, salvo algunas excepciones donde la descarga de materia fosforada antropogénica contribuya con las irregularidades en las concentraciones, por ejemplo en las estaciones 28 y 30, donde se observa claramente las fluctuaciones; en este periodo los límites están entre 15,68 mg/kg y 2,06 mg/kg y para el mes de abril los niveles están entre 12,78 mg/kg y 5,30 mg/kg. En la zona general de estudio en la cuenca del Manzanares el promedio de extracción de fósforo total en el mes de octubre es de 7,00 mg/kg y en abril 8,85 mg/kg. Al comparar los valores de fósforo total obtenidos por el método de digestión de Volk y Jones con los valores de la sumatoria de cada una de las fracciones, se observan diferencias irregulares mínimas entre los valores, pero con la misma tendencia decreciente de las concentraciones en el periodo de sequía.

Todos los valores, porcentajes señalados en las diferentes discusiones anteriores pueden ser verificados en las respectivas tablas que se presentan en el Apéndice.

Análisis estadístico

Los datos fueron procesados aplicando análisis de varianza (ANOVA) multifactorial tomando como factores los periodos de estudio y las estaciones, se utilizó la prueba *a posteriori* SNK (Student-Newman-Keuls), esto para analizar la variable que presentó diferencias significativas y además se estableció un análisis de correlación entre las fracciones y el fósforo total, usando el programa Statgraphics Plus 4.1.

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado en las diferentes fracciones sirvió para verificar si había diferencias estadísticamente significativas tanto entre los muestreos como entre las estaciones, dicho análisis se estableció a un nivel de confiabilidad del 95% ($\alpha = 0.05$).

Estadísticamente, se detectaron concentraciones de fósforo soluble adsorbido (fracción 1), que reflejaron solamente diferencias significativas entre las estaciones con un factor de varianza de $F=3,21$; a un valor significancia $p\text{-value} < 0,05$; indicándonos ello que los niveles de fósforo soluble presentan diferencias significativas entre las estaciones, originadas posiblemente por factores químicos y físicos que afectan las concentraciones del fósforo en dichas estaciones.

La prueba *a posteriori* SNK, se aplicó en la fracción 1 por la existencia de diferencias significativas entre las estaciones, evidenciándose en los resultados de la prueba de múltiple rango tres grupos homogéneos de pares de datos, donde en el principal grupo están agrupadas las estaciones de la cuenca media, parte de la alta y baja, comprendiendo río Arenas, Quebrada La Sequía, Parque Guaiquerí y Unión de

Los Dos Ríos que presentaron condiciones similares en cuanto a la entrada antropogénica del fósforo. En el segundo grupo, la distribución de las estaciones abarca la parte alta y baja del Manzanares solamente, entre las cuales tenemos río Cedeño, río Brito y Manzanares altura Quebrada Seca; en cambio, en el tercer grupo se tiene el mayor número de estaciones que presentaron relación en sus niveles de fósforo, desde Puerto de La Madera hasta río Orinoco (ver Apéndice); es decir, la prueba SNK comparó tanto en este grupo como en los demás los niveles de fosfatos solubles entre las estaciones y que reflejó técnicamente de acuerdo al agrupamiento de las estaciones, cuales presentan mayores y menores niveles de fósforo y cuales se agrupan entre sí, y de esa forma poder concluir que entre las estaciones agrupadas homogéneamente debe haber un origen común y vía de entrada del fósforo hacia los sedimentos, en fin esta prueba permitió dividir las estaciones en subgrupos heterogéneos y así tener claro en cuales estaciones se presentaron los máximos y mínimos niveles de fósforo adsorbido soluble, para poder establecer si hay una estrecha relación estadística entre ellas. En cambio, entre los periodos las diferencias entre los niveles de concentraciones no son significativas, con $F=2,70$ y $p\text{-value} > 0,05$.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) a las concentraciones de fosfatos de hierro débilmente unido al sedimento (fracción 2), se encontró diferencias significativas ($p\text{-value} < 0,05$ y $F=4,43$) entre las estaciones, presentando el mismo comportamiento de la fracción 1 y al aplicar la prueba *a posteriori* SNK para ver el comportamiento de los niveles de fosfatos en esta fracción, notándose la distribución de las estaciones entre grupos heterogéneos, siendo más representativo el grupo con las mayores concentraciones de fosfatos de hierro débilmente adsorbido al sedimento que va desde río Caribe hasta M. Edén del Niño (ver Apéndice) y concluir sobre las causas que originan las diferencias significativas entre las estaciones, las cuales pueden verse influenciadas por orígenes antropogénicos afectados por factores químicos, físicos y biológicos.

En la fracción 3 (fosfatos de hierro y aluminio fuertemente unidos al sedimento) según el análisis de varianza multifactorial los resultados obtenidos reflejaron que no hay diferencias significativas entre las estaciones ni los muestreos, claramente lo indica los valores de $p\text{-value} > 0,05$ (ver Apéndice), lo cual indica que la distribución espacial y temporal de la fracción 3, es homogénea entre la mayoría de las estaciones.

El análisis de varianza multifactorial señala en la fracción 4 (fósforo unido al calcio) un comportamiento heterogéneo entre las estaciones, según las diferencias significativas estadísticas, en donde $F=8,20$ y $p\text{-value} < 0,05$. Al realizar la prueba *a posteriori* SNK, se observó el comportamiento heterogéneo característico de esta fracción; esto por los 7 grupos heterogéneos de datos identificados, indicando ello las diferencias significativas entre los porcentajes de fósforo extraídos en cada una de las estaciones de muestreo.

Los resultados del análisis de varianza multifactorial aplicado a la fracción de fósforo orgánico refractario (fracción 5), reflejan un comportamiento homogéneo, tanto entre las estaciones como entre los muestreos, no observándose diferencias significativas claras entre las variables, debido al $p\text{-value} (> 0,05)$; es decir, que la entrada de fósforo en las estaciones tienen un origen común, en donde los procesos de tipo mineral que ocurren afectan por igual los niveles de fosfatos.

El análisis de varianza aplicado a los datos de fósforo total reveló diferencias significativas entre las estaciones $F=8,61$ y $p\text{-value} < 0,05$. La prueba *a posteriori* SNK, señaló que entre ambos muestreos las concentraciones de fósforo total se agruparon en 9 grupos de pares de datos, mostrando notoriamente las diferencias significativas existentes entre las estaciones, por la mayor dispersión de datos observados entre las zonas de muestreo a lo largo de toda la cuenca, esto posiblemente debido al tipo de relieve topográfico que presenta la cuenca del Manzanares y el origen de entrada del fósforo total encontrado tanto de tipo

antropogénico como litogénico, que se ve influenciado por los factores fisicoquímicos, como la meteorización.

Tratamiento de los datos, análisis de correlación

El análisis de correlación de Pearsons indica a grandes rasgos los valores de significancias y de correlación entre cada una de las variables tomadas en serie de datos para el análisis, además el hecho que exista correlación indica que las fracciones guardan algún tipo de relación. Entre las fracciones que guardan correlación está la fracción 1 con la fracción 2, notándose diferencias significativas $p\text{-value} < 0,05$ y el valor de la correlación 0,6165; indican que las fracciones tienen un origen común y vía de entrada de fósforo hacia los sedimentos, relativamente igual; es decir, entra de la misma manera el fósforo al sedimento, además esta fracción contribuye con los niveles de fósforo total encontrados en los sedimentos, con valores de correlación entre 0,5427 (fracción 1) y 0,5824 (fracción 2) (Tabla 5).

La fracción 1 y 2 también correlacionadas con la fracción 4, a pesar de ser la fracción 1 y fracción 2 de origen antropogénico y la fracción 4 litogénico; dichos valores de correlación son 0,3920 (fracción 1) y 0,4254 (fracción 2), señalando esto que la entrada de estas fracciones en los sedimentos guardan correlaciones positivas cercanas, que marcan el origen y mecanismo de transporte del fósforo hacia los sedimentos.

La fracción 3 no tiene valores de correlaciones significativos con las fracciones que se comparó ($p\text{-value} > 0,05$); lo cual señala que cada una entra independientemente; es decir, no tiene que ver F3 con las otras fracciones.

La fracción 4 refleja en los resultados obtenidos al compararse con cada una de las fracciones; aparte de las correlaciones con la fracción 1 y la fracción 2,

diferencias significativas con la fracción orgánica refractaria (p -value < 0,05) a un valor de correlación de 0,2717, reflejando ello un comportamiento un tanto similar entre ambas fracciones; es decir, su entrada y origen en el sedimento están correlacionados directamente; además de la correlación con la fracción 5, esta fracción guarda una importante correlación con el fósforo total del sedimento con un valor de 0,9782, quiere decir ello que la fracción 4 y el fósforo total tienen una alta relación estrechamente directa.

La fracción 5, además de correlacionarse con la fracción 4 mínimamente, también lo hace directamente con el contenido de fósforo total, con un valor de correlación mínimo de 0,3273 y valor de probabilidad (p -value < 0,05).

Tabla 5. Matriz de correlaciones de los datos del fraccionamiento y fósforo total obtenidos en la cuenca del río Manzanares.

	F1	F2	F3	F4	F5	FT
F1						
F2	0,6165*					
	0,000					
F3	0,1156	0,0654				
	0,2709	0,6136				
F4	0,3920*	0,4254*	0,1237			
	0,0016	0,0005	0,3382			
F5	0,2254	0,1701	0,2494	0,2717*		
	0,0781	0,1863	0,0506	0,0327		
FT	0,5427*	0,5824*	0,1465	0,9782*	0,3273*	
	0,000	0,000	0,2559	0,000	0,0094	

F1= fósforo adsorbido soluble; F2= fosfatos de hierro débilmente unidos al sedimento; F3= fosfatos de hierro y aluminio fuertemente asociados al sedimento; F4= fósforo ligado al calcio; F5= fósforo orgánico refractario y FT= fósforo total extraído.

El símbolo * y el color azul indican las correlaciones significativas, y el valor inferior la significancia del estadístico.

En general, como todas las correlaciones entre las fracciones comparadas son positivas, esto nos dice que la relación entre cada una de esas variables es directa; es decir, que si una aumenta la otra también. Los demás datos observables en la tabla de correlaciones de Pearsons, no correlacionables indican que la relación o contribución entre las fracciones en el sedimento no tiene un origen ni factores que justifiquen una correlación significativa de los niveles de fósforo.

CONCLUSIONES

Utilizando los fundamentos del triangulo de Sheppard, se observó que la textura fue de tres tipos: arenosa, arena limosa y limo arenosa, donde se evidenció el predominio de arenas a lo largo del río, representando éstas el 89% del total de los sedimentos.

Los sedimentos del río Manzanares son considerados extremadamente ricos en material orgánico debido a que todos los valores reportados son superiores a 0,5%.

Los mayores valores de MOT fueron encontrados durante el muestreo de abril, este comportamiento coincide con el proceso de aguas más tranquilas y bajas que es característico de la época de sequía.

Las fracciones 1 y 2 representan el fósforo de origen antropogénico, por encontrarse débilmente adsorbidas al sedimento y las fracciones 3, 4 y 5 en este estudio son de origen litogénico, por estar mayormente adsorbidas en la matriz sedimentaria.

Durante el periodo de lluvia los niveles de fósforo fraccionado en la mayoría de las estaciones son elevados, en comparación con los obtenidos en la época de sequía.

Las especies de fósforo fraccionado en las diferentes estaciones presentaron la siguiente distribución: P-Ca > P-Fe > P-adsorbido soluble > P-Orgánico Refractario > P-Fe, Al.

Las mayores concentraciones de materia orgánica se registran en la cuenca alta del río Manzanares, coincidiendo con las concentraciones de fósforo total.

El estudio de fraccionamiento ofrece buena reproductividad, ya que el análisis estadístico nos indica que éste tuvo una efectividad de un 95% y los registros obtenidos no pasan al total en estudio, además el análisis *a posteriori* refleja la poca diferencia estadística significativa para valores inferiores a $\alpha = 0,05$.

RECOMENDACIONES

Realizar muestreos de sedimentos en la época de transición entre los periodos de lluvia y sequía para conocer y comparar el comportamiento de los parámetros estudiados a lo largo de todo el año.

Al cuantificar el fósforo fraccionado y total, es también importante conocer las concentraciones de aluminio, hierro y calcio asociados débilmente o fuertemente a los sedimentos, esto por medio de otras técnicas espectrofotométricas, como la absorción atómica.

Debido al incremento demográfico e industrial en las áreas aledañas a las márgenes del río Manzanares, es imprescindible realizar estudios exhaustivos en la columna de agua y sedimentos de los nutrientes que puedan estar causando el estado de degradación del ecosistema fluvial, es decir, mantener monitoreos continuos a lo largo de todo el año.

Exhortar al gobierno nacional, regional y local a tomar las medidas de protección ambiental, ya sea brindando apoyo incondicional a las instituciones que actualmente diagnostican el grado de contaminación del río Manzanares, para en un futuro cercano implementar y hacer cumplir soluciones a favor del control de la contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarado, E. 1976. Algunas observaciones sobre las descargas de nitrógeno del río Manzanares, Cumaná, Venezuela. Tesis de M.Sci. en Ciencias Marinas. Inst. Oceanog. Venezuela. UDO.

Alvarado, E. 1979. Algunas observaciones sobre la concentración de fosfato en el río Manzanares. Trabajo de Pregrado en Educación mención Química. Esp. Human. y Educ. Universidad de Oriente.

Alvarado, E. 2000. Distribución y comportamiento de los hidrocarburos alifáticos en aguas superficiales de la cuenca baja del río Manzanares. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Bernal, G. y Betancourt, J. 1996. Sedimentología de lagunas costeras: Ciénaga Grande de Santa Marta y Ciénaga de Pajarales. Bol. Invest. Mar. Cost. 25: 49-76.

Bermejo, H. 1980. Los fertilizantes, su fabricación e importancia agrícola en Venezuela. Ediciones Amun, C.A. Caracas, Venezuela.

Bernal, G. y Betancourt, J. 1996. Sedimentología de lagunas costeras: Ciénaga Grande de Santa Marta y Ciénaga de Pajarales. Bol. Invest. Mar. Cost. 25: 49-76.

Bonells, P. 1986. Características hidrográficas y químicas de las aguas superficiales en las áreas adyacentes a la isla de Margarita. Trabajo de Postgrado; M.Sci. Ciencias Marinas. Inst. Oceanog. Venezuela. Univ. Oriente. 80 pp.

Bonilla, J. y Lin, A. 1979. Materia orgánica en los sedimentos de los Golfos de Paria y Cariaco, Venezuela. Bol. Inst. Oceanog., 18 (1 y 2): 37-52.

Bottelo, A. 1986. Uso de los sedimentos como indicadores de la contaminación marina. Inst. Ciencias del mar y Limnología, UNAM, Laboratorio de Contaminación Marina. México.

Carrasco, D. 1973. Química agrícola. Primo y Cífera, S.A., Editorial Alhambra. Madrid. 470 pp.

De La Lanza, G. 1980. Materia orgánica en una laguna de la costa de Sinaloa, México (I): Cuantificación total. Bol. Inst. Oceanog., S. Paulo, 29 (2): 217-222.

Delaney, M. y Anderson, L. 1997. Phosphorus geochemistry in Ceara Rise Sediments. Proc. ODP Sci. Results, 154: 475-482.

Delaney, M. y Anderson, L. 2000. Sequential extraction and analysis of phosphorus in marine sediments. Streamlining of the SEDEX procedure. ODP Sci. Results., 45: 509-515.

Domínguez, D. 1985. Parámetros que controlan los niveles de fósforo en aguas y sedimentos de la laguna Tacarigua. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología. UCV. Caracas, Venezuela.

Dyers, K. 1979. Stuarine hydrography and sedimentation. Stuarine and Brackish Water Science Association. Handbook. Cambridge University. Press, Cambridge.

Espinoza, L. 2001. Aspectos químicos de los sedimentos superficiales de los litorales norte y sur del golfo de Cariaco y efecto del río Manzanares. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.

Fassbender, H. 1978. Química de los suelos con énfasis en suelos de América Latina. IICA. San José, Costa Rica.

Fermín, I. 2002. Estudio Geoquímico de los Sedimentos Superficiales de la Laguna de Unare, Edo. Anzoátegui. Venezuela. Trabajo de Grado (M.Sci.) en Ciencias Marinas. Inst. Oceanog. de Vzla., Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Fernández, E. 1984. Contaminación de los Ríos Guasdua y Manzanares. Estado Sucre, Venezuela. Bol. Inst. Oceanog., 23 (1 y 2): 113-128.

Garmendia De Ocando, M. 1992. Distribución y Evolución Temporal de elementos nutritivos y materia orgánica presente en aguas de la laguna de Píritu, Estado Anzoátegui. Trabajo de Postgrado (M.Sci.) Ciencias Marinas. Inst. Oceanog. de Vzla. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Godoy, G. 1991. Estudio Espacio Temporal de los Parámetros Físicos Químicos y Biológicos en la Zona Estuarina del Río Manzanares. (Cumaná-Venezuela). Trabajo de Grado (M.Sci.) en Ciencias Marinas. Inst. Oceanog. de Vzla. Universidad de Oriente.

Gomes, A. y Azevedo, D. 2003. Aliphatic and Aromatic Hydrocarbons in Tropical Recent Sediments of Campos de Goytacazes, RJ, Brazil. J. Brazil Chem. Soc. 14 (3): 358-368.

González, H. y Ramírez, M. 1995. The effect of nickel mining and metallurgical activities on the distribution of heavy metals in Levisa Bay, Cuba. J. Geochem. Explorat. 52: 183-192.

Harrison, W. 1989. Analysis of phosphorus in marine sediments. Streamlining of the sedex procedure. ODP Sci. Results, 45: 509-515.

Harter, R. 1968. Adsorption of phosphorus by lake sediments. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 514-518.

Jackson, M. 1964. Soil Chemical Analysis. Advance course. 2nd E. Published by the autor. U.S.A. 895 pp.

James, A. 1971. Pollution of the River Tyne Estuary. University of Newcastle-Upon-Tyne, Department of Civil Engineering, Bulletin n° 42.

León, I. 1995. Distribución y comportamiento de los metales pesados (Fe, Mn, Ni, Cr, Cu, Cd, Pb, y Zn) en la cuenca baja y pluma del río Manzanares Cumaná-Venezuela, durante el periodo comprendido entre marzo y noviembre de 1994. Tesis de M.Sci. Ciencias Marinas. Inst. Oceanog. Venezuela. UDO.

Liss, P. 1976. Conservative and non – conservative behaviour of dissolved constituents during estuarine mixing. In Estuarine Chemistry, 35: 93-130.

López, F. 2002. Geoquímica de sedimentos superficiales de la Laguna de Píritu, Estado Anzoátegui, Venezuela. Tesis de Post-grado (M.Sci.) Oceanografía Química, Universidad de Oriente, Sucre.

López, M. y Fernández, E. 1979. Informe sobre la mortandad de peces en el río Manzanares ocurridas en los días 7 y 8 de abril de 1966, para el M. A. y el I. F. P. A.

López, M. y Hernández, D. 1977. La química del fósforo en suelos ácidos. Edic. Biblioteca Universidad Central de Venezuela. 123 pp.

López, M.; Hernández, D.; Herrera, T. y Rotondo, F. 1980. Phosphate adsorption and desorption a tropical estuary (Maracaibo system). Mar. Env. Res., 4: 156-163.

López, M.; Hernández, D.; Herrera, T. y Rotondo, F. 1984. El proceso de adsorción en relación a la eutrofización por fósforo en un estuario tropical (sistema Maracaibo). Acta cient. Venezolana, 34: 278-284.

López, I y Nieves, L. 1993. Efecto de los niveles de fósforo y calcio disponibles, capacidad de adsorción de fósforo en suelos de Venezuela. Agron. Trop., 43 (1-2):59-74.

Maloney, N. 1966. El delta del río Manzanares. Pasado y futuro. Laguna, 10: 3-6.

Márquez, A. 1996. Comportamiento y distribución de algunos metales pesados en fracciones disueltas y partículas en aguas superficiales del río Manzanares, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Sucre.

Martínez, G. 1999. Especiación de metales pesados en la cuenca baja y pluma del río Manzanares, Edo. Sucre, Venezuela. Trabajo de Postgrado, Universidad de Oriente, Sucre.

Martínez, G. y Senior, W. 2001. Especiación de metales pesados (Cd, Zn, Cu y Cr) en el material en suspensión de la pluma del río Manzanares, Venezuela. Interciencia, 26 (2): 53-61.

Marval, M. 2002. Distribución y composición de metales pesados en sedimentos suspendidos de la región central y delta del río Orinoco, Venezuela. Trabajo de pregrado, Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.

Meybeck, M. 1982. Carbon, nitrogen and phosphorus transport by World Rivers. Am. J. Sci., 282: 401-450.

Murphy, J. y Riley, J. 1962. A modified single solution method for the determination of Phosphate in natural waters. Analytical Chemical Acta. 27:31-35.

Palanques, A. y Díaz, J. 1994. Anthropogenic heavy metals pollution in the sediment of the Barcelona continental Shelf (Northwestern Mediterranean). Mar. Environment. Res. 38:17-31.

Pedrozo, F.; Chillrud, S.; Temporetti, P. y Diaz M., 2003. Chemical composition and nutrient limitation in rivers and lakes of northern patagonian. República Argentina. Verh. Int. Verein. Limnol., 25: 207-214.

Primo, E. y Carrasco, J. 1973. Química Agrícola. Alumbra. España.

Rivas, Z.; Leda, H.; Gutiérrez, J. y Gutiérrez, E. 2000. Nitrogen and Phosphorus Levels in Sediments from Tropical Catatumbo River (Venezuela). Water, Air, Soils Pollution. 117: 27-37.

Roa, P. y Berthois, L. 1975. Manual de Sedimentología. Tip. Sorocaima, Caracas, Venezuela.

Rotondo, F. 1977. Adsorción y desorción de fosfatos en sedimentos del sistema de Maracaibo. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Química. UCV, Caracas, Venezuela.

Rydin, N. 2000. Cantidad de fósforo en los lagos de Washington, Limnol. Oceanog. 60 pp.

Salazar, J. 1989. Condiciones hidrogeoquímicas de la región estuarina-deltaica del río Orinoco durante del mes Noviembre de 1985. Trabajo de Grado (M. Sc. en Ciencias Marinas). Inst. Oceanog. de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná.

Senior, W. y Godoy, G. 1991. Estudio fisicoquímico del río Manzanares. Cumaná-Venezuela. Bol. Inst. Oceanog., 29 (1 y 2): 160-172.

Sheppard, F. 1954. Revised nomenclature for depositational coastal features. Amer. Ass. Pet. Geol. Bull., 10: 1902-1912.

Shindler, D. 1974. Eutofication and recovery in experimental lakes: Implications for lake management. Science, 184: 897-899.

Simpson, H.; Hammond, D.; Deck, B. y Williams, T. 1975. Nutrient budges in the river estuary. 618-635 pp.

Sokal, R. y Rohlf, F. 1997. Biometry: The principles and practice of statistics in biological research. W.H. Freeman. New York.

Solórzano, A. y Stickman, M. 1968. Determination of total dissolved phosphorus and particulate phosphorus in natural water. Limnol. Oceanog. 25: 754-758.

Strickland, J. y Parsons, T. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can., 167: 1-310.

Tisdale, E. 1977. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Montaner y Simón, S.A., Editores. Barcelona, España.

Upchurch, J. y Edzwald, K. 1974. Phosphates in ments of Pamlico estuary. Environ. Sci. Technol. 8: 56-58.

Volk, S. y Jones, M. 1938. Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci. Soc. Am. J. 84:133-144.

APÉNDICE

Lista de Tablas

- A1. Concentraciones de fósforo fraccionado (mg/kg) en la cuenca alta del río Manzanares (muestreo 1)
- A2. Concentraciones de fósforo fraccionado (mg/kg) en la cuenca media del río Manzanares (muestreo 1)
- A3. Concentraciones de fósforo fraccionado (mg/kg) en la cuenca baja del río Manzanares (muestreo 1)
- A4. Concentraciones de fósforo fraccionado (mg/kg) en la cuenca alta del río Manzanares (muestreo 2)
- A5. Concentraciones de fósforo fraccionado (mg/kg) en la cuenca media del río Manzanares (muestreo 2)
- A6. Concentraciones de fósforo fraccionado (mg/kg) en la cuenca baja del río Manzanares (muestreo 2)
- A7. Concentraciones de fósforo total (mg/kg) en la cuenca alta del río Manzanares por el método de digestión y por suma de fracciones (muestreo 1 y 2)
- A8. Concentraciones de fósforo total (mg/kg) en la cuenca media del río Manzanares por el método de digestión y por suma de fracciones (muestreo 1 y 2)
- A9. Concentraciones de fósforo total (mg/kg) en la cuenca baja del río manzanares por el método de digestión y por suma de fracciones (muestreo 1 y 2)

Tabla A1. Concentraciones de fósforo fraccionado (mg/kg) en la cuenca alta del río Manzanares (muestreo 1).

Estaciones	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)	F5 (mg/kg)
1	0,78	2,19	0,08	26,02	0,58
2	0,87	1,00	0,16	12,68	0,29
3	0,87	1,47	0,16	25,00	0,21
4	4,76	6,25	0,15	22,93	0,15
5	0,99	1,97	0,16	22,99	0,16
6	1,29	1,78	0,21	20,01	0,40
7	0,81	1,55	0,15	15,99	0,08
8	5,21	1,29	0,16	22,75	0,59
9	1,76	2,66	0,16	20,11	0,56
10	1,14	3,05	0,19	22,70	0,15
11	0,86	0,64	0,18	18,28	0,33
12	1,24	1,70	0,16	17,54	0,39

Tabla A2. Concentraciones de fósforo fraccionado (mg/kg) en la cuenca media del río Manzanares (muestreo 1).

Estaciones	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)	F5 (mg/kg)
13	1,10	1,23	0,19	22,06	2,79
14	0,08	0,13	0,16	4,09	0,19
15	0,56	0,43	0,21	18,66	0,43
16	1,76	3,51	0,20	14,99	0,90
17	0,84	0,46	0,18	16,42	0,31
18	0,78	0,48	0,21	16,91	0,29
19	0,19	0,07	0,21	2,47	0,06
20	0,90	0,34	0,18	16,71	0,07
21	0,54	0,08	0,08	1,01	0,07
22	0,82	0,34	0,06	16,03	0,27
23	0,36	0,12	0,07	2,43	0,11
24	0,92	2,46	0,10	13,12	0,33

Tabla A3. Concentraciones de fósforo fraccionado (mg/kg) en la cuenca baja del río Manzanares (muestreo 1).

Estaciones	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)	F5 (mg/kg)
25	0,53	0,33	0,07	13,51	0,36
26	0,92	0,09	0,20	4,49	0,27
27	0,67	0,45	0,00	1,26	0,27
28	0,46	0,44	0,00	5,71	0,11
29	0,60	0,60	0,06	4,18	0,15
30	0,54	0,38	0,08	6,04	0,13
31	0,67	0,58	0,14	4,22	0,09

Tabla A4. Concentraciones de fósforo fraccionado (mg/kg) en la cuenca alta del río Manzanares (muestreo 2).

Estaciones	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)	F5 (mg/kg)
1	0,76	0,78	0,12	27,57	0,36
2	0,80	0,87	0,19	17,87	0,59
3	0,92	0,87	0,15	17,70	0,47
4	3,62	4,76	0,23	15,53	1,09
5	1,23	0,99	0,11	17,91	0,36
6	1,43	1,29	0,13	16,65	0,32
7	0,64	0,81	0,09	25,13	0,17
8	0,74	5,21	0,13	15,40	0,16
9	1,05	1,76	0,11	15,59	0,18
10	1,41	1,14	0,18	17,77	0,39
11	0,83	0,86	0,13	20,36	0,47
12	0,70	1,24	0,11	16,69	0,44

Tabla A5. Concentraciones de fósforo fraccionado (mg/kg) en la cuenca media del río Manzanares (muestreo 2).

Estaciones	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)	F5 (mg/kg)
13	0,83	1,10	0,15	19,25	0,20
14	0,14	0,08	0,15	3,20	0,15
15	0,36	0,56	0,24	15,23	0,58
16	1,07	1,76	0,21	15,76	0,31
17	0,47	0,84	0,11	17,45	0,16
18	0,64	0,78	0,25	15,22	0,13
19	0,16	0,19	0,15	1,29	0,28
20	0,41	0,90	0,11	14,28	0,13
21	0,46	0,54	0,39	10,55	0,49
22	0,66	0,82	0,16	27,39	0,21
23	0,14	0,36	0,16	0,85	0,16
24	0,54	0,92	0,14	9,24	0,19

Tabla A6. Concentraciones de fósforo fraccionado (mg/kg) en la cuenca baja del río Manzanares (muestreo 2).

Estaciones	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)	F5 (mg/kg)
25	0,38	0,53	0,26	12,99	0,53
26	2,24	0,92	0,23	14,21	0,34
27	0,31	0,67	0,19	4,26	0,17
28	0,90	0,46	0,26	5,94	0,39
29	1,43	0,60	0,13	5,73	0,23
30	0,15	0,54	0,17	8,35	0,36
31	0,13	0,67	0,14	3,74	0,35

Tabla A7. Concentraciones de fósforo total (mg/kg) en la cuenca alta del río Manzanares por el método de digestión y por suma de fracciones (muestreo 1 y 2).

Estaciones	Método de Digestión (mg/kg)		Suma de Fracciones (mg/kg)	
	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 1	Muestreo 2
1	26,38	27,84	29,65	29,58
2	19,52	20,55	15,01	20,32
3	26,69	26,00	27,70	20,10
4	28,33	22,89	34,25	25,23
5	25,57	22,79	26,28	20,60
6	21,81	17,05	23,68	19,83
7	16,02	22,59	18,59	26,84
8	26,89	25,54	29,99	21,64
9	24,60	20,71	25,25	18,69
10	18,86	15,96	27,23	20,89
11	19,89	21,71	20,28	22,66
12	22,02	18,86	21,03	19,18

Tabla A8. Concentraciones de fósforo total (mg/kg) en la cuenca media del río Manzanares por el método de digestión y por suma de fracciones (muestreo 1 y 2).

Estaciones	Método de Digestión (mg/kg)		Suma de Fracciones (mg/kg)	
	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 1	Muestreo 2
13	28,18	24,37	27,37	21,53
14	4,15	3,30	4,65	3,72
15	21,53	15,11	20,28	16,97
16	23,31	17,60	21,36	19,12
17	17,45	18,63	18,21	19,04
18	18,16	17,80	18,66	17,03
19	4,58	2,82	3,00	2,07
20	15,88	15,36	18,19	15,82
21	2,77	11,38	1,79	12,43
22	16,57	18,37	17,52	29,24
23	3,58	2,07	3,08	1,66
24	15,76	10,11	16,93	11,03

Tabla A9. Concentraciones de fósforo total (mg/kg) en la cuenca baja del río Manzanares por el método de digestión y por suma de fracciones (muestreo 1 y 2).

Estaciones	Método de Digestión (mg/kg)		Suma de Fracciones (mg/kg)	
	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 1	Muestreo 2
25	15,68	12,78	14,80	14,70
26	6,55	14,08	5,96	17,94
27	2,06	5,30	2,66	5,60
28	7,38	7,59	6,72	7,95
29	5,44	7,34	5,59	8,12
30	6,61	9,16	7,16	9,56
31	5,27	5,69	5,71	5,03

Datos estadísticos del análisis de varianza (Anova), Student-Newman-Keuls (SNK) y correlaciones de Pearsons

Fracción 1: Análisis de varianza

Analysis of Variance for F1 - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-

MAIN EFFECTS					
A:EST	39,1795	30	1,30598	3,21	0
B:MUE	1,09762	1	1,09762	2,70	0
RESIDUAL	12,2069	30	0,406897		

TOTAL (CORRECTED)	52,4841	61			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of F1 into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on F1 at the 95,0% confidence level.

Fracción 1: Student-Newman-Keuls

Multiple Range Tests for F1 by EST

 Method: 95,0 percent LSD

EST	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
R.Arenas	2	0,11332	X
R.Cedeño	2	0,177869	XX
R.Brito	2	0,24959	XX
A. P. Madera	2	0,342828	XXX
A. Cantarrana	2	0,403791	XXX
V.Manzanares	2	0,453996	XXX
D.P/T Arenas	2	0,457582	XXX
P.Sta.Catalina	2	0,493443	XXX
R.Tataracual	2	0,500615	XXX
U.M-Cedeño	2	0,654098	XXX
R.San Juan	2	0,658402	XXX
M.Municipal	2	0,679918	XXX
M.Cedeño	2	0,712193	XXX
R.A.Blancas	2	0,726537	XXX
M.Eden Niño	2	0,730123	XXX
M.Tataracual	2	0,737295	XXX
R.Yoraco	2	0,76957	XXX
M.Yoraco	2	0,834119	XXX
Fuente	2	0,844877	XXX
Fragua	2	0,891496	XXX
R.Caribe	2	0,966803	XXX
R.Aricagua	2	0,970389	XXX
M.Avecalsa	2	1,01342	XXX
M.Peñas	2	1,10666	XXX
M.Orinoco	2	1,2752	XXX
R. Cuesta	2	1,36127	XXX
Q.Orinoco	2	1,40789	XXX
M.Q.Seca	2	1,41865	XX
P.Guaiquerí	2	1,58002	X
U.Dos ríos	2	2,975	X
Q. Sequia	2	4,19068	X

Fracción 2: Análisis de varianza

Analysis of Variance for F2 - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Val
MAIN EFFECTS					
A:EST	73,2206	30	2,44069	4,43	0,00
B:MUE	0,289788	1	0,289788	0,53	0,47
RESIDUAL	16,5464	30	0,551548		
TOTAL (CORRECTED)	90,0569	61			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of F2 into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on F2 at the 95,0% confidence level.

Fracción 2: Student-Newman-Keuls

Multiple Range Tests for F2 by EST

 Method: 95,0 percent LSD

EST	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
R.Arenas	2	0,106148	X
R.Cedeño	2	0,13125	X
R.Brito	2	0,238832	XX
R.Tataracual	2	0,314139	XX
V.Manzanares	2	0,428893	XX
M.Municipal	2	0,45041	XX
A. P. Madera	2	0,457582	XX
D.P/T Arenas	2	0,493443	XX
P.Guaiquerí	2	0,50181	XX
P.Sta.Catalina	2	0,561578	XX
M.Tataracual	2	0,579508	XXX
M.Avecaisa	2	0,601025	XXX
U.M-Cedeño	2	0,618955	XXX
A. Cantarrana	2	0,628518	XXX
M.Cedeño	2	0,629713	XXX
R.San Juan	2	0,65123	XXX
Fuente	2	0,748053	XXXX
M.Yoraco	2	0,934529	XXXX
R.Caribe	2	1,16762	XXXXX
Fragua	2	1,16762	XXXXX
R.A.Blancas	2	1,18197	XXXXX
R.Aricagua	2	1,46885	XXXXX
M.Peñas	2	1,47961	XXXXX
R.Yoraco	2	1,4832	XXXXX
R. Cuesta	2	1,5334	XXXXX
M.Eden Niño	2	1,69119	XXXX
M.Orinoco	2	2,09283	XXXX
Q.Orinoco	2	2,21117	XXX
M.Q.Seca	2	2,63432	XX
U.Dos ríos	2	3,24754	X
Q. Sequia	2	5,50676	X

Fracción 3: Análisis de varianza

Analysis of Variance for F3 - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:EST	0,0935741	30	0,00311914	0,65	0,8804
B:MUE	0,0151058	1	0,0151058	3,13	0,0868
RESIDUAL	0,144568	30	0,00481893		

TOTAL (CORRECTED)	0,253248	61			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of F3 into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0,05, none of the factors have a statistically significant effect on F3 at the 95,0% confidence level.

Fracción 4: Student-Newman-Keuls

Multiple Range Tests for F4 by EST

 Method: 95,0 percent LSD

EST	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
R.Brito	2	1,64098	X
R.Cedeño	2	1,87766	X
P.Sta.Catalina	2	2,75984	XX
R.Arenas	2	3,64559	XX
A. Cantarrana	2	3,9791	XX
M.Avecaisa	2	4,95451	XXX
R.Tataracual	2	5,7793	XXX
M.Municipal	2	5,82592	XXX
A. P. Madera	2	7,1958	XXXX
P.Guaiquerí	2	9,34624	XXXX
M.Eden Niño	2	11,1799	XXXX
V.Manzanares	2	13,2527	XXXX
M.Yoraco	2	15,2774	XXXX
M.Q.Seca	2	15,3742	XXXX
U.M-Cedeño	2	15,4925	XXXX
M.Cedeño	2	16,0663	XXXX
R.San Juan	2	16,9377	XXX
D.P/T Arenas	2	16,9449	XXX
R.Aricagua	2	17,1134	XXX
Q.Orinoco	2	17,8486	XXX
R. Cuesta	2	18,3291	XXX
U.Dos ríos	2	19,075	XX
Q. Sequia	2	19,2328	XX
Fuente	2	19,3177	XX
M.Orinoco	2	20,2369	XXX
M.Peñas	2	20,4485	XX
R.A.Blancas	2	20,5596	XX
R.Caribe	2	20,6529	XX
Fragua	2	21,3486	XX
M.Tataracual	2	21,7143	XX
R.Yoraco	2	26,7922	X

Fracción 5: Análisis de varianza

Analysis of Variance for F5 - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-V

MAIN EFFECTS					
A:EST	3,78093	30	0,126031	0,82	0,
B:MUE	0,00857555	1	0,00857555	0,06	0,
RESIDUAL	4,58347	30	0,152782		

TOTAL (CORRECTED)	8,37298	61			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of F5 into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0,05, none of the factors have a statistically significant effect on F5 at the 95,0% confidence level.

Fósforo total: Análisis de varianza

Analysis of Variance for Total - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:EST	4098,91	30	136,63	8,61	0,0000
B:MUE	3,37957	1	3,37957	0,21	0,6478
RESIDUAL	476,148	30	15,8716		

TOTAL (CORRECTED)	4578,44	61			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Total into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on Total at the 95,0% confidence level.

Fósforo total: Student-Newman-Keuls

Multiple Range Tests for Total by EST

```

-----
Method: 95,0 percent LSD
EST          Count    LS Mean          Homogeneous Groups
-----
R.Brito      2          2,37398          X
R.Cedeño     2          2,53535          X
P.Sta.Catalina 2          4,12828          XX
R.Arenas     2          4,18852          XX
A. Cantarrana 2          5,37312          XX
M.Avecaisa   2          6,85297          XXX
R.Tataracual 2          7,11117          XXX
M.Municipal  2          7,33781          XXX
A. P. Madera 2          8,3627           XXX
P.Guaiquerí  2          11,9488          XXX
M.Eden Niño  2          13,9785          XXX
V.Manzanares 2          14,7495          XXXX
U.M-Cedeño   2          17,0066          XXXX
M.Yoraco     2          17,6635          XXXX
M.Cedeño     2          17,8464          XXXXX
R.San Juan   2          18,6246          XXXXX
D.P/T Arenas 2          18,6246          XXXXX
R.Aricagua   2          20,1056          XXXX
M.Q.Seca     2          20,2383          XXXX
Fuente       2          21,4671          XXXX
R. Cuesta    2          21,7552          XXXXX
Q.Orinoco    2          21,9704          XXXXX
R.A.Blancas  2          22,7163          XXXX
M.Tataracual 2          23,3797          XXX
M.Peñas      2          23,4371          XXX
Fragua       2          23,9033          XXX
M.Orinoco    2          24,0611          XXX
R.Caribe     2          24,4519          XXX
U.Dos ríos   2          25,8147          XX
R.Yoraco     2          29,6147          X
Q. Sequia    2          29,7378          X

```

The StatAdvisor

```

-----
This table applies a multiple comparison procedure to determine
which means are significantly different from which others. The bottom
half of the output shows the estimated difference between each pair of
means. An asterisk has been placed next to 232 pairs, indicating that
these pairs show statistically significant differences at the 95,0%
confidence level. At the top of the page, 9 homogenous groups are
identified using columns of X's. Within each column, the levels
containing X's form a group of means within which there are no
statistically significant differences. The method currently being
used to discriminate among the means is Fisher's least significant
difference (LSD) procedure. With this method, there is a 5,0% risk of
calling each pair of means significantly different when the actual
difference equals 0.

```

Correlaciones de Pearsons

Correlations

	F1	F2	F3
F1		0,6165 (62) 0,0000	0,1156 (62) 0,3709
F2	0,6165 (62) 0,0000		0,0654 (62) 0,6136
F3	0,1156 (62) 0,3709	0,0654 (62) 0,6136	
F4	0,3920 (62) 0,0016	0,4264 (62) 0,0005	0,1237 (62) 0,3382
F5	0,2254 (62) 0,0781	0,1701 (62) 0,1863	0,2494 (62) 0,0506
Total	0,5427 (62) 0,0000	0,5824 (62) 0,0000	0,1465 (62) 0,2559

	F4	F5	Total
F1	0,3920 (62) 0,0016	0,2254 (62) 0,0781	0,5427 (62) 0,0000
F2	0,4264 (62) 0,0005	0,1701 (62) 0,1863	0,5824 (62) 0,0000
F3	0,1237 (62) 0,3382	0,2494 (62) 0,0506	0,1465 (62) 0,2559
F4		0,2717 (62) 0,0327	0,9782 (62) 0,0000
F5	0,2717 (62) 0,0327		0,3273 (62) 0,0094
Total	0,9782 (62) 0,0000	0,3273 (62) 0,0094	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Hoja de Metadatos

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

Título	Fraccionamiento del Fósforo en Sedimentos Superficiales del Río Manzanares, Estado Sucre, Venezuela
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Wetter, Miguel Angel	CVLAC	13.053.940
	e-mail	miguelwetter@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Fósforo
Fraccionamiento del fósforo
Materia orgánica
Textura

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias Básicas	Química

Resumen (abstract):

Se determinaron los contenidos de fósforo fraccionado y total en los sedimentos superficiales del río Manzanares, estado Sucre, Venezuela en los periodos de lluvia (octubre 2003) y sequía (abril 2004), obteniéndose las siguientes concentraciones: fósforo adsorbido (F1) entre 0,78 y 5,21 mg/kg para O-03 y 0,70 y 3,62 mg/kg para A-04, encontrándose una diferencia considerable entre muestreos; de manera similar ocurre en el fosfato de hierro débilmente unido (F2) oscilando entre 0,64 y 6,25 mg/kg para O-03 disminuyendo para A-04 con valores entre 0,07 y 3,51 mg/kg, siendo estas dos primeras fracciones de fósforo de origen antropogénico; en cambio las tres siguientes son de origen litogénico o natural. Por otra parte, en la fracción 3 correspondiente a los fosfatos de hierro y aluminio se obtuvieron valores de los indetectables a 0,21 mg/kg para O-03 y para A-04 entre 0,09 y 0,26 mg/kg; para los fosfatos de calcio (F4) se hallaron los mayores registros de las 5 fracciones estando éstos entre 1,01 y 26,02 mg/kg para O-03 y para A-04 entre 0,85 y 27,57 mg/kg representando ésta fracción más del 80% del fósforo entre todas las fracciones. Por otra parte, los valores del fósforo refractario (F5) oscilan entre 0,07 y 2,79 mg/kg para O-03 y 0,13 y 1,09 mg/kg para A-04 siendo ésta fracción y la 3 las que presentaron los menores índices de fósforo de origen litogénico en todo el estudio. Con respecto al fósforo total se encontraron las mayores concentraciones en el periodo lluvioso (O-03) con registros entre 2,06 y 28,33 mg/kg con un promedio de 16,05 mg/kg y para el periodo seco (A-04) 2,07 y 27,84 mg/kg con un promedio de 15,53 mg/kg. La cuantificación del fósforo extraído en cada una de las digestiones se realizó con la técnica de espectrofotometría en la región visible a 885 nm, dichos resultados indican que los mayores niveles de fósforo se registraron en la cuenca alta, con un comportamiento a descender hacia la cuenca media y baja, pero con pequeñas fluctuaciones con tendencia al aumento y descenso de las concentraciones en algunas estaciones producto de descargas del nutriente en dichas zonas; además para el periodo de sequía (abril) se cuantificaron los menores niveles de fósforo fraccionado y total. Los registros de fósforo fraccionado en las estaciones presentan el siguiente orden decreciente: P-Ca > P-Fe > P-adsorbido > P-refractario > P-Fe, Al.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail				
Senior, William	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input checked="" type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC				
	e-mail	wsenior@cantv.net			
	e-mail				
Fermín, Ivis	ROL	CA <input checked="" type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC				
	e-mail	ivismarina@hotmail.com			
	e-mail				
Martínez, Gregorio	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC				
	e-mail				
	e-mail				
Fuentes, Maria	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC				
	e-mail				
	e-mail				

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2008	06	02

Lenguaje: SPA

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis_MW.doc	Application/word

Alcance:

Espacial: Universal (Opcional)

Temporal: Temporal (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

LICENCIADO EN QUÍMICA

Nivel Asociado con el Trabajo: LICENCIATURA

Área de Estudio:

QUÍMICA

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

Derechos:

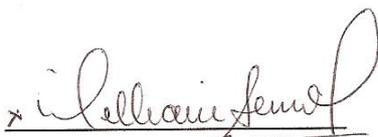
El autor garantiza en forma permanente a la universidad de oriente el derecho de archivar y difundir, por cualquier medio, el contenido de esta tesis. Esta difusión será con fines científicos y educativos pudiendo cobrar la universidad de oriente una suma destinada a recuperar parcialmente los costos involucrados. Los autores nos reservamos los derechos que pudieran derivarse de patentes industriales o comerciales.



AUTOR 1

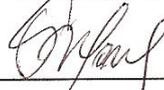
AUTOR 2

AUTOR 3



TUTOR

AUTOR 4



JURADO 1



JURADO 2

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:

