

Ciencias Agrícolas, Tecnología y Salud

CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA SUBCUENCA DEL RÍO VIEJO

PHYSICAL-CHEMICAL QUALITY OF THE SURFACE WATERS OF THE RIO VIEJO SUB-BASIN

M. Sc. Selvia Flores

selvia.flores@cira-unan.edu.ni

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN)

RESUMEN

Se evaluó la calidad del agua desde el punto de vista físico-químico, de nutrientes, del contenido de las variables indicadoras de contaminación por materia orgánica (DBO5 y DQO), así como de contaminantes metálicos y orgánicos en las fuentes superficiales de la subcuenca del río Viejo en relación a su adaptabilidad para los diferentes usos.

Los resultados de los análisis físico - químicos casi en todos los sitios de muestreo revelaron valores que le confieren al agua características óptimas en cuanto a su utilización para riego, recreación y protección de la vida acuática, siendo particularmente para El Jordán de buena calidad para consumo humano, sin embargo es importante contrastar con los indicadores microbiológicos de contaminación.

Los contaminantes metálicos (cadmio, arsénico y mercurio) se detectaron en algunos sitios en concentraciones ligeramente mayores al límite de detección de los métodos analíticos, siendo muy inferiores a los valores de referencia para aguas no contaminadas, lo que hace presumir su origen natural. La detección de los plaguicidas Dieldrín y Endrín en valores similares a los recomendados para la protección de la vida acuática, sugiere que sea producto, además de la persistencia de los mismos en el suelo por su amplia utilización en el pasado, de utilidades actuales no obstante su prohibición. En general todos los sitios de muestreo presentaron diferente grado de afectación por el aporte externo de nutrientes, sin embargo, se identificó de manera excepcional, Trinidad Casco Urbano como el sitio en condiciones ambientalmente críticas en su condición de receptor natural de aguas residuales domésticas con valores altos de DBO5 y DQO, así como por la presencia de varios compuestos organoclorados.

PALABRAS CLAVE: MACROCONSTITUYENTES, TIPO HIDROQUÍMICO, NUTRIENTES, APORTES EXTERNOS, RIEGO.

ABSTRACT

The water quality was evaluated from the physical-chemical perspective, from nutrients, from the content of the contamination indicator variables for organic matter (BOD5 and COD), as well as from metallic and organic contaminants in the superficial sources of the Rio Viejo sub-basin in relation to its adaptability for different uses.

The results of the physical - chemical analysis, almost in all the sampling sites, revealed values that provide the water with optimal characteristics in terms of its use for irrigation, recreation and protection of aquatic life, being particularly for El Jordán of good quality for human consumption, however; it is important to contrast with the microbiological indicators of contamination.

Metal contaminants (cadmium, arsenic and mercury) were detected in some sites at slightly higher concentrations than the limit of detection of analytical methods, being much lower than the reference values for unpolluted waters, which presumes their natural origin. The detection of pesticides Dieldrin and Endrin, in values similar to those recommended for the protection of aquatic life, suggests that it is a product, in addition to the persistence of these in the soil due to its extensive use in the past, of current uses nonetheless its prohibition.

In general, all the sampling sites presented a different degree of affectation due to the external contribution of nutrients; however, the urban center of Trinidad was exceptionally identified as the site under environmentally critical conditions in its position of natural receiver of domestic wastewater with high levels of BOD5 and

Ciencias Agrícolas, Tecnología y Salud

COD, as well as the presence of several organochlorine compounds.

KEYWORDS: MACRO CONSTITUENTS, HYDRO CHEMICAL TYPE, NUTRIENTS, EXTERNAL INPUTS, IRRIGATION.

INTRODUCCIÓN

Este tema forma parte de uno de los seis componentes del Estudio de la Calidad y Disponibilidad de los Recursos Hídricos en la Subcuenca del Río Viejo como aporte técnico-científico en el marco del Proyecto Integral de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Agua y Saneamiento (PIMCHAS), cuyo propósito consiste en desarrollar capacidades, herramientas y condiciones locales para una gestión integrada y el desarrollo económico de la población que vive en las subcuencas de intervención, siendo una de ellas la subcuenca del Río Viejo.

La evaluación de los recursos hídricos en cuanto a su calidad, su gestión y monitoreo representa la garantía de un desarrollo socioeconómico sustentable y armónico con el medio ambiente. Así, haciendo referencia particular a las fuentes superficiales, cuando se desarrollan actividades en su área de drenaje sobre las que se ejerce poco o ningún control, consecuentemente, el impacto negativo sobre la calidad del agua se refleja en la restricción para usos los múltiples.

Actualmente, la creciente demanda por las fuentes superficiales de la subcuenca del Río Viejo y de su utilización como cuerpos receptores de desechos líquidos y sólidos, tanto de los cursos de zonas rurales como de aquellos que atraviesan importantes sectores urbanos, puede estar afectando la calidad del agua. Consecuentemente, esto implicaría serias restricciones en relación a los múltiples usos que éstas brindan (consumo humano, agrícola, pecuario, recreación, etc.) y así del desarrollo económico en esta región.

Por lo anterior, en este estudio se han involucrado, además de las variables propias de los cuerpos de agua que igualmente pueden ser alteradas por factores externos de origen antropogénico, aquellas inducidas a través de vertidos residuales generados por las actividades humanas, las cuales se utilizan como indicadores de contaminación (sólidos suspendidos, nutrientes, DBO₅,

DQO, metales pesados y plaguicidas).

De manera que, evaluar la calidad del agua desde el punto de vista físico-químico y del contenido de variables indicadoras de contaminación en las fuentes superficiales de la subcuenca del río Viejo, permitirá caracterizar la naturaleza de sus aguas, determinar su adaptabilidad para los diferentes usos e identificar áreas críticas que sirva como herramienta para el establecimiento de planes de manejo de los recursos hídricos.

MATERIALES Y MÉTODO

AREA DE ESTUDIO

La subcuenca del Río Viejo tiene un área aproximada de 1553 km², se encuentra dentro de la cuenca hídrica de los Grandes Lagos y Río San Juan, cuenca No.69, (figura 1), la cual drena hacia la vertiente del Atlántico y es la más extensa del país (29, 824 km²). El área de estudio cuenta con una serie de microcuencas, de ríos intermitentes en su mayoría, abarca parcialmente doce municipios en los departamentos de Jinotega, Estelí, Matagalpa, León y Managua (CIRA/UNAN-, 2012). El Río Viejo nace en el municipio de San Rafael del Norte (MARENA, 2008), tiene una longitud aproximada de 157 km y descarga al Lago Xolotlán (CIRA/UNAN-, 2012).

SITIOS DE MUESTREO

Se seleccionaron de forma preliminar 11 sitios distribuidos en la red fluvial de la subcuenca del río Viejo en base a su localización respecto a la variabilidad de actividades que se desarrollan en su área, tanto en cursos de zonas rurales como de aquellos que atraviesan importantes sectores urbanos, 7 de los cuales se ubicaron en tributarios y 4 sobre la corriente principal. En estos sitios se recopiló información que consistió en mediciones de campo (temperatura, oxígeno disuelto, pH y conductividad eléctrica) y colecta de agua para análisis de nutrientes (formas totales de nitrógeno y fósforo).

La información anterior sirvió para redefinir finalmente dieciséis sitios de muestreo, cuya localización fue en 9 tributarios y 6 sobre la corriente principal del río Viejo. Con los sitios El Jordán y río Grande en MELONICSA

Ciencias Agrícolas, Tecnología y Salud

en el extremo superior e inferior respectivamente de la red fluvial, se abarcó desde un área próxima a la cabecera del río hasta antes de su desembocadura en el lago Xolotlán (figura 1).

Adicionalmente para totalizar los dieciséis sitios, se integró el lago Apanás, que es un embalse utilizado para la generación de energía hidroeléctrica, ya que el agua que descarga a través del río El Cacao llega directamente a la corriente principal del río Viejo que escurre por toda la parte baja de la subcuenca, siendo un aspecto importante a considerar sobre este tramo.

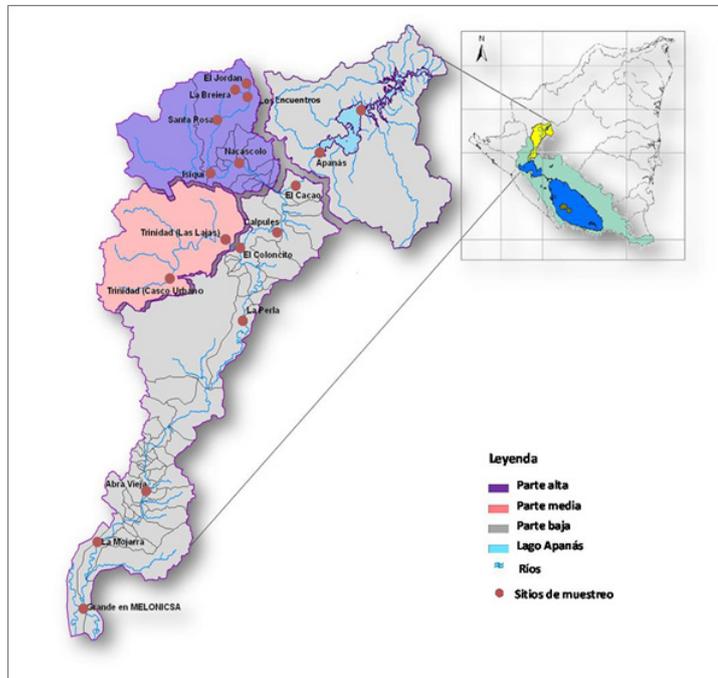


Figura 1. Ubicación del área de estudio: Subcuenca del río Viejo (partes alta, media y baja)

MUESTREO Y ANÁLISIS REALIZADOS

Un muestreo preliminar se realizó en noviembre de 2009, cuando el flujo se encontraba aún bajo la influencia de las lluvias, cuya época transcurre de mayo a octubre y eventualmente hasta noviembre.

Posteriormente, se colectaron muestras de agua y sedimento en marzo de 2010 y en enero de 2011 en los dieciséis sitios redefinidos para este estudio. Considerando las posibles variaciones estacionales de las corrientes superficiales, estos dos eventos

correspondieron el primero a la época seca cuando fluye el caudal base y el segundo a la época de lluvias debido a que la presencia del fenómeno meteorológico de La Niña hizo que se prolongara el periodo de las precipitaciones.

Las muestras de agua para realizar los análisis físico-químicos, de sólidos (totales, disueltos y suspendidos), de nutrientes (nitrógeno total, fósforo total y ortofosfato), DBO5, DQO, de contaminantes orgánicos (plaguicidas organoclorados, organofosforados y carbamatos) y contaminantes metálicos (arsénico, cadmio y mercurio), éstos últimos también en sedimento, se colectaron siguiendo los procedimientos del laboratorio de Aguas Naturales, Aguas Residuales, Contaminantes Orgánicos y Contaminantes Metálicos referidos a técnicas, preservación, almacenamiento y transporte.

Todas las determinaciones analíticas se basaron en la metodología descrita en los Procedimientos Operativos Normalizados (PON) de los laboratorios involucrados del CIRA/UNAN. Estos procedimientos se basan en American Public Health Association (APHA), 2005 para las variables físico químicas, sólidos, DBO5, DQO, formas nitrogenadas disueltas y fosforadas; Rodier, 1981 para amonio y Crumpton, 1992 para el nitrógeno total.

Para los contaminantes metálicos en sus formas totales, los procedimientos se basan en American Public Health Association (APHA), 2005, los cuales fueron analizados por Espectrometría de Absorción Atómica, utilizando la variante con Horno de Grafito (VARIAN SpectrAA-240Z, GTA-120) para el cadmio en agua y con Llama en sedimento (VARIAN SpectrAA-240FS); con Generación de Hidruros para el arsénico y con Generación de Vapor Frío para el mercurio (VARIAN SpectrAA-240FS, VGA-77), ambos en agua y sedimento. Los plaguicidas se analizaron por cromatografía de gases equipados con columnas capilares DB-5 y VF-5 MS, detectores de captura de electrones (ECD) y espectrometría de masas (MS) para el grupo de organoclorados y organofosforados y con columna capilar DB-1701 y detector termoiónico específico (TSD) para los carbamatos.

Los resultados de las variables analizadas se

Ciencias Agrícolas, Tecnología y Salud

compararon con valores y criterios establecidos por Normas Regionales e Internacionales en función de los diferentes usos: Consumo humano (CAPRE, 1994), (World Health Organization (WHO), 2008), irrigación de cultivos agrícolas ((Ayers & Wescot, 1984), (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954)) y preservación de la vida acuática (Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONDICIONES FÍSICO – QUÍMICAS Y DE NUTRIENTES

En casi todos los sitios de muestreo, tanto tributarios como corriente principal, se determinaron valores óptimos de oxígeno disuelto (5,0 a 9,44 mg.l⁻¹), de pH (6,84 a 8,35) característicos para aguas dulces (Custodio & Llamas, 2001), así como condiciones de baja turbidez por presentar valores menores que 50 UNT (Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), 2008). Solamente Trinidad Casco Urbano (parte media de la subcuenca) en calidad de cuerpo receptor de aguas residuales domésticas presentó niveles bajos de oxígeno (4,1 mg.l⁻¹); La Perla y Calpules (parte baja de la subcuenca) con la mayor turbidez (61 UNT) debido al efecto de una permanentemente alta turbulencia.

Si bien, el color verdadero tiene importancia de orden estético para aguas de consumo humano (World Health Organization (WHO), 2008), de manera general en todos los sitios de muestreo y particular para El Jordán por su utilización como fuente de abastecimiento, fue mayor al valor recomendado (1,0 mg.l⁻¹ Pt-Co), siendo sin embargo para este sitio, inferior respecto al valor máximo admisible (15 mg.l⁻¹ Pt-Co) (CAPRE, 1994).

De acuerdo a los sólidos suspendidos totales, el agua se categorizó de buena calidad en la parte alta y desde muy buena a normal en la parte media y baja de la subcuenca (Ramírez & Viña, 1998). Las sales minerales disueltas exhibieron a grandes rasgos la existencia de patrones de distribución temporal que se manifestaron con incrementos en la época seca (mar-2010) y disminuciones en la época lluviosa en respuesta a las variaciones inducidas por los cambios estacionales del régimen hidrológico, siendo el efecto de los procesos de

concentración y dilución respectivamente. Asimismo, son aguas de baja mineralización (conductividad eléctrica < 200 μ S.cm⁻¹) y blandas (< 75 mg.l⁻¹ de dureza total como CaCO₃) (Roldán & Ramírez, 2008), exceptuando Nacascolo en la parte alta de la subcuenca, así como Trinidad Casco-Urbano y Trinidad en Las Lajas en la parte media que presentaron mayores niveles de mineralización, cuyo contenido en general de iones mayores (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻) fue característico para aguas dulces.

El tipo hidroquímico que dominó fue el bicarbonatado-cálcico (HCO₃-Ca), indicador de una formación rocosa predominantemente caliza del área de drenaje, exceptuando El Jordán que fue HCO₃-Na debido a su localización en la zona de recarga (figura 2).

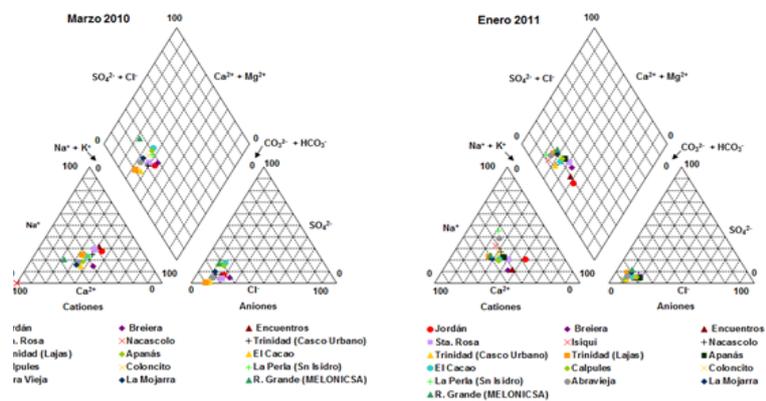


Figura 2. Diagrama de Piper: Tipo hidroquímico de fuentes superficiales en la subcuenca del Río Viejo.

En cada sitio de muestreo, al menos una de las tres formas nitrogenadas inorgánicas disueltas (nitratos, nitritos y amonio) se cuantificó en niveles que excedieron los valores y rangos de referencia para ríos no contaminados (Wetzel, 2001), siendo la parte media y baja de la subcuenca los tramos más afectados respecto a los nitratos y amonio (tabla 1). Aquí se identificaron las prácticas pecuarias manejadas de manera inadecuada y el vertido de aguas residuales domésticas como las actividades que mayormente contribuyen, donde se destacaron los sitios de la parte media y baja.

Ciencias Agrícolas, Tecnología y Salud

La baja relación N:P (nitrógeno:fósforo) obtenida principalmente durante las lluvias en niveles que usualmente están asociados con fuentes puntuales de contaminación, donde el fósforo figura como el mayor contribuyente, se vinculó directamente con las actividades que se realizan en los sectores aledaños a los sitios de muestreo, siendo los más afectados: Santa Rosa (3,7:1) y Nacascolo (2,5:1) en la parte alta por aguas grises y escorrentía de suelos fertilizados; Trinidad Casco Urbano (1,1:1) y Trinidad - Las Lajas (1,7:1) en la parte media por vertidos domésticos; así como Río Grande en MELONICSA (3,4:1) localizado en el tramo final del río Viejo, por aguas de retorno de zonas agrícolas (enriquecidas con nutrientes) y receptor final de la red fluvial. En contraste, el lago Apanás reflejó altas relaciones (> 25:1), indicadoras de fuentes no puntuales de contaminación que llegan a través de la escorrentía procedente de extensas áreas agrícolas y ganaderas.

Tabla 1. Concentración de las formas inorgánicas nitrogenadas disueltas: nitratos(N-NO₃), nitritos (N-NO₂) y amonio (N-NH₄) en las fuentes superficiales de la subcuenca del Río Viejo.

Según lo observado in situ, la deposición directa de las heces del ganado y las aguas grises sobre las corrientes de las zonas rurales, además del escurrimiento natural desde suelos fertilizados cercanos a los ríos se identificaron entre los principales aportadores de nutrientes (nitrógeno total, fósforo total y ortofosfato), siendo el resultado del poco o ningún control que se ejerce sobre las actividades humanas que se desarrollan en la subcuenca. Los niveles de fósforo total (PT) en todos los sitios de muestreo fueron mayores al valor de referencia (0,050 mg.l⁻¹) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) en corrientes superficiales que descargan en lagos para prevenir el proceso de eutrofización.

La mayor concentración de DBO₅ y DQO se cuantificó para el tramo de Trinidad - Casco Urbano durante la época seca (figura 2), cuyo impacto se reflejó a través de los niveles más bajos de OD (4,1 mg.l⁻¹) que se presentaron en respuesta a una mayor demanda, paralelamente a condiciones ambientales críticas vinculadas con el vertido de aguas residuales domésticas sin tratar y de desecho. Asimismo, a juzgar por los resultados de DBO₅ y DQO obtenidos en ene-2011, las

Subcuenca		N-NO ₃ (mg.l ⁻¹)		N-NO ₂ (mg.l ⁻¹)		N-NH ₄ (mg.l ⁻¹)	
Parte	Sitios de muestreo	mar-10	ene-11	mar-10	ene-11	mar-10	ene-11
Alta	El Jordán	< 0,011	< 0,011	0,001	0,001	< 0,004	0,046
	La Breiera	< 0,011	< 0,011	0,001	0,002	0,048	0,023
	Los Encuentros	< 0,011	< 0,011	< 0,001	0,002	0,021	0,027
	Santa Rosa	< 0,011	0,456	0,003	0,004	0,059	0,017
	Isiquí		< 0,011		0,002		0,028
	Nacascolo	0,061	< 0,011	0,002	0,004	0,057	0,029
Media	Trinidad-Casco Urbano	1,070	< 0,011	0,007	0,027	1,362	0,110
	Trinidad-Las Lajas	0,090	< 0,011	0,002	0,003	0,058	0,030
Baja	Apanás	0,005	0,431	0,012	0,007	0,045	0,039
	El Cacao	< 0,011	0,350	0,002	0,008	0,017	0,028
	Calpules	< 0,011	0,379	0,004	0,009	0,033	0,054
	Coloncito	< 0,011	0,379	0,016	0,005	0,061	0,029
	La Perla	< 0,011	0,485	0,018	0,004	0,055	0,022
	Abra Vieja	< 0,011	< 0,011	0,003	0,002	0,029	0,023
	La Mojarra	< 0,011	< 0,011	0,002	0,014	0,048	0,021
	Grande en MELONICSA	0,050	0,291	0,002	0,017	0,054	0,044
Distribución en ríos no contaminados		0,05 -0,2		0,001		0,005 - 0,04	

Fuente: Wetzel, 2001.

Ciencias Agrícolas, Tecnología y Salud

lluvias revelaron un efecto regulador principalmente sobre Trinidad- Urbano mediante el proceso de dilución, ya que durante la época seca la corriente pierde su capacidad de autodepuración debido a la fuerte influencia de los aportes antropogénicos, más que por causas naturales (disminución drástico del caudal).

mayores que el límite de detección de los respectivos métodos, para los cuales se presume un origen natural, siendo menores a los valores de referencia para la protección de la vida acuática en sistemas de aguas dulces (Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), 2008) y muy inferiores a los de aguas no contaminadas (World Health Organization (WHO), 2008).

De los tres grupos de plaguicidas analizados, se detectaron cinco compuestos organoclorados (Gamma-HCH, Heptacloro, Dieldrín, Endrín y Alfa-endosulfano (I)), siendo el Dieldrín el más frecuente. Éste se cuantificó en Río Grande en MELONICSA junto con el Endrín en Trinidad Casco-Urbano en la época seca en valores similares a los recomendados para la protección de la vida acuática (Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), 2008). La presencia de estos plaguicidas probablemente sea producto de la persistencia de los mismos en el suelo asociada con su amplia utilización en el pasado. Sin embargo, también se presume del uso actual de los mismos no obstante su prohibición, sugiriendo el establecimiento efectivo de medidas de control sobre las actividades agrícolas.

Se detectó un compuesto organofosforado, el insecticida Fentión (1,46 ng.l-1) en Trinidad-Casco Urbano (parte media de la subcuenca) durante el muestreo de ene-2011, indicando aplicaciones recientes y/o con bastante regularidad dada la diversidad de usos que presenta en las actividades agrícolas, pecuarias (antiparasitario) y urbanas. Sin embargo, se presume que debido a su corta vida media (3 a 21 días) en los cuerpos de agua y moderada persistencia en el suelo (vida media de 34 días) en la mayoría de las condiciones (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2000), además del fuerte efecto de dilución por las precipitaciones de la época, no favoreció la detección en los sitios restantes. Aunque no se dispone de valores de referencia de normas internacionales, se destaca que la toxicidad del Fentión es desde ligera a extrema para peces y desde moderada a extrema para moluscos. Esta varía de alta a extremadamente alta para anfibios, crustáceos, insectos (abejas), zooplancton, fitoplancton

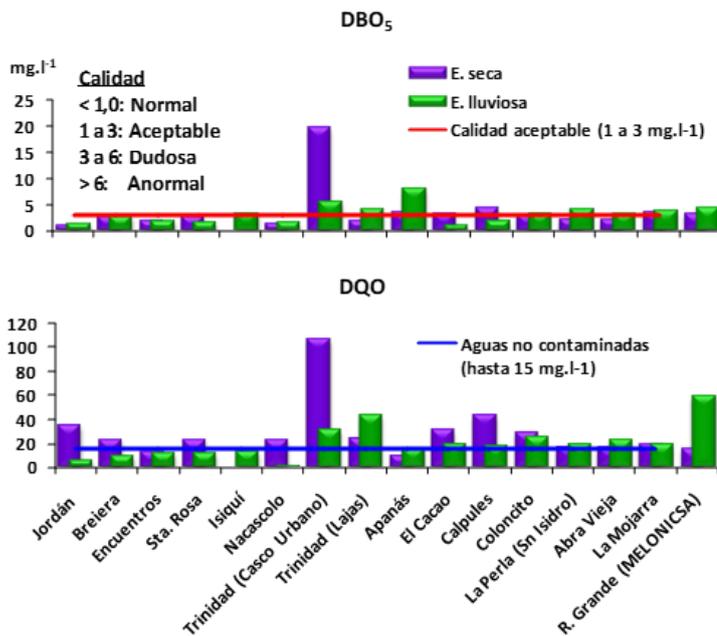


Figura 3. Distribución espacial y temporal en la parte alta, media y baja de la subcuenca del Río Viejo. Criterios de calidad respecto a concentraciones de referencia (DBO5: Ramirez & Viña, 1998; DQO: Custodio & Llamas, 2001).

Según los índices y valores obtenidos (CE, elementos fitotóxicos, SAR, CSR y PSI) indicaron aguas aptas para el riego (C1-S1 y C2-S1), exceptuando Nacascolo, Trinidad-Casco Urbano y Trinidad-Las Lajas durante la época seca, que es precisamente cuando se presenta la mayor demanda por el recurso para uso agrícola, debido al incremento de los niveles de CSR que las hace poco recomendables ((Ayers & Wescot, 1984) (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954)).

CONTAMINANTES METÁLICOS Y ORGÁNICOS

Respecto a los contaminantes metálicos (arsénico, cadmio y mercurio en agua y sedimento), solamente en algunos sitios se cuantificaron niveles ligeramente

Ciencias Agrícolas, Tecnología y Salud

y aves (International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)).

ÁREAS CRÍTICAS

A juzgar por lo observado in situ, todos los sitios en distinto grado presentaron condiciones de alta vulnerabilidad producto de que se ejerce poco o ningún control sobre las actividades que se desarrollan. Trinidad Casco-Urbano en la parte media de la subcuenca presentó condiciones ambientales y de calidad del agua críticas, afectado durante la época seca por valores bajos de oxígeno disuelto, los mayores de DBO5, de nitrógeno, de fósforo total y ortofosfato, así como el mayor número de plaguicidas detectados (2 organoclorados, 1 organofosforados y 1 carbamato). Según los resultados, este tramo responde de manera muy sensible a los aportes externos (receptor de aguas residuales domésticas) en función de los cambios naturales del régimen hidrológico, siendo que las lluvias le favorecen al actuar como un mecanismo eficiente de autodepuración.

Río Grande en MELONICSA en su condición de receptor de toda la red fluvial, dejó en evidencia la fuerte influencia de los agroquímicos utilizados en las actividades agrícolas (desde Nacascolo en la parte alta y el área circundante del lago de Apanás), por presentar las mayores concentraciones de Lindano y Dieldrín, donde además, las extensas áreas con cultivo de arroz de inundación y sus aguas de retorno, le hacen merecer consideración especial respecto al potencial de arrastre de sustancias tóxicas hacia el Lago Xolotlán.

CONCLUSIONES

El agua en la mayoría de los sitios presentó características físico-químicas naturales que le confieren, de manera particular para El Jordán excelente calidad para consumo humano, destacando la importancia de involucrar además los indicadores microbiológicos de contaminación por su implicación en la salud, siendo en general, de buena calidad para el riego y recreación, así como óptimas condiciones para soportar la vida acuática, según los valores y criterios establecidos por

las diferentes Normas regionales e internacionales.

Las heces del ganado, el escurrimiento desde suelos fertilizados cercanos a los ríos y las aguas grises en las zonas rurales figuraron como los principales aportadores de nutrientes (NT, PT y ortofosfato), cuyos niveles de fósforo total fueron mayores al valor recomendado (0,050 mg.l-1) por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) en corrientes superficiales que descargan en lagos para prevenir el proceso de eutrofización.

Trinidad-Casco Urbano en su calidad de receptor natural de aguas residuales domésticas se identificó como un área bajo condiciones ambientales críticas que se acentuaron en la época seca cuando la corriente pierde su mecanismo de autodepuración (disminución abrupta del caudal), presentando valores de: OD que no sustentan la vida acuática, de DBO5 que la hacen de calidad dudosa y de DQO que indican contaminación; altas concentraciones de NT con sus componentes inorgánicos (N-NO₃, N-NO₂ y N-NH₄), así como de fósforo total y ortofosfato (fósforo reactivo disuelto) que sugieren aportes de aguas residuales domésticas.

La detección de plaguicidas organoclorados (Endrín, Heptacloro y Lindano) en la parte alta, media y baja de la subcuenca parece indicar que continúan siendo utilizados en la agricultura de manera ilegal.

RECOMENDACIONES

Diseñar un programa para la construcción progresiva de sistemas domiciliarios de tratamiento de aguas grises en las zonas rurales, así como la implementación de un manejo adecuado de los desechos sólidos y líquidos en las zonas urbanas.

Establecer un sistema efectivo de control sobre las actividades humanas (agricultura, ganadería, domésticas) que se desarrollan principalmente en zonas aledañas a las fuentes superficiales tanto en sectores rurales como urbanos.

Ciencias Agrícolas, Tecnología y Salud

AGRADECIMIENTO

Este estudio fue realizado en colaboración entre el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA) de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), y el proyecto MARENA-PIMCHAS con financiamiento de la Cooperación Canadiense.

BIBLIOGRAFÍA

- American Public Health Association (APHA). (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21th. Washington: Washington: APHA.
- Ayers, R., & Wescot, D. (1984). *La calidad del agua en la agricultura*. FAO. Roma, Italia.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). (2008). *Canadian Environmental Quality Guidelines*. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). (2008). *Canadian Water Quality Guidelines (CWQG)*. Ottawa, Ontario, Canada.
- CAPRE. (1994). *Normas de Calidad del Agua para Consumo Humano*. Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana. 1ª Edición. Costa Rica.
- Crompton, W. T. (1992). Nitrate and N analysis with second-derivate spectroscopy. *Limnology & Oceanography*, 37: 907-913.
- Custodio, E., & Llamas, R. (2001). *Hidrología subterránea*. Tomo I. (Segunda ed.). Barcelona, España: Ediciones Omega, S. A.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2000). *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. Recuperado el 12 de Enero de 2011, de Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): <http://www.fao.org/docrep/005/x2570s/X2570S10.htm>
- International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). (s.f.). IUPAC. Recuperado el 12 de Abril de 2011, de IUPAC: [WWW.ine.gob.mx/dgicurg/plaguicidas/pdf/oxamil.pdf](http://www.ine.gob.mx/dgicurg/plaguicidas/pdf/oxamil.pdf)
- Ramirez, A., & Viña, G. (1998). *Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. (Primera ed.). Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Rodier, J. (1981). *Análisis de las Aguas Naturales, Aguas Residuales y Aguas de Mar*. España: Ediciones Omega.
- Roldán, G., & Ramírez, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- U.S. Salinity Laboratory Staff. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Handbook 60. U.S. Gov. Print Office, Washington, D.C.
- Wetzel, R. (2001). *Limnology. Lake and River Ecosystems*. San Diego, California, United States of America: Elsevier Academic Press.
- World Health Organization (WHO) . (2008). *Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva.
- Chasco Yrigoyen, C., & Hernández Asensio, I. (2003). *Asociación Internacional de Economía Aplicada*. Recuperado el marzo de 2012, de *Medición del bienestar social provincial a través de indicadores objetivos*: <http://www.asepelt.org/ficheros/File/Anales/2003%20-%20Almeria/asepeltPDF/111.PDF>
- Cortada de Kohan, N. (2008). Los sesgos cognitivos en la toma de decisiones. *International Journal of Psychological Research*, 1(1), 68-73.
- Furlong, E., & Opfer, J. (2009). Cognitive constraints on how economic rewards affect cooperation. *Psychological Science*, 20(1), 11-16.
- Hinkelammert, F. J., & Mora Jiménez, H. (2008). *Hacia una economía para la vida. Preludio a una re-*

Ciencias Agrícolas, Tecnología y Salud

construcción de la economía (2 ed.). Cartago, Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Kahneman, D., Knetsch, J., & Thaler, R. (1991). Anomalies: The endowment effect, loss aversion, and status quo bias. *The Journal of Economic Perspectives*, 5(1), 193-206.

Millán Calenti, J. (2011). Envejecimiento y calidad de vida. *Revista Galega de Economía*, 20, 1-13.

Paulista, G., Varvakis, G., & Montibeller-Filho, G. (2008). Espaço emocional e indicadores de sustentabilidade. *Ambiente & Sociedade*, XI(1), 185-200.

Pena Traperó, B. (2009). La medición del bienestar social: una revisión crítica. *Estudios de Economía Aplicada*, 27(2), 299-324.

Tversky, A., & Kahneman, D. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science, New Series*, 211(4481), 453-458.

Wallerstein, I. (2000). Dilemas del capitalismo contemporáneo, las ciencias sociales y la geopolítica del siglo XXI. *Estudios sobre las culturas contemporáneas*, 5(010), 39-60.