

Evaluación preliminar de la calidad del agua de un arroyo urbano en la ciudad de Pilar: Cuenca baja del arroyo San Lorenzo

Daniel Olmedo¹

Nidia Fossati²

Resumen: El presente trabajo se realizó sobre la cuenca baja del arroyo San Lorenzo que atraviesa el sector sur de la ciudad de Pilar, Departamento de Ñeembucú, República del Paraguay, proponiendo como objetivo realizar una evaluación preliminar de la calidad de sus aguas con la medición de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de acuerdo a la Resolución 222/02 de la Secretaría del Ambiente (SEAM). Los parámetros analizados fueron: Oxígeno Disuelto, Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), pH, Nitritos y bacterias *E. coli*. Se realizaron muestreos puntuales en 3 sitios estratégicos contrastando con variaciones temporales de la calidad del agua del arroyo San Lorenzo, definidos en investigaciones antecedentes. También fueron consideradas las condiciones en la que se encontraba el cauce en su paso por la zona urbanizada conjuntamente con encuestas aplicadas a los pobladores asentados sobre el mencionado curso hídrico. Los resultados obtenidos mostraron una variación entre las clasificaciones 2 y 3 para calidad de aguas superficiales y altos niveles de bacterias *E. coli* que establecen que no son aptas para fines recreativos de contacto primario y prohibido para el consumo humano. Se observó condiciones de deterioro del cauce debido principalmente a la falta de planificación urbana y a su uso como sumideros de residuos sólidos, de aguas residuales domésticas y de excretas de la población aledaña. Con base en todo lo expuesto se sugirió implementar un plan de monitoreo y gestión del recurso hídrico, pero a causa de una falta de gestión de las autoridades locales aún no se cuentan con estos planes, con lo cual, el arroyo San Lorenzo sigue actualmente en un estado de progresivo deterioro.

Palabras clave: Evaluación preliminar, arroyo urbano, calidad de agua, cuenca baja.

Artículo recibido: 14 dic. 2018.

Aceptado para publicación: 08 marzo 2019.

Correspondencia: ncfdavalos@hotmail.com

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar.

¹ Laboratorio de Ecología Básica y Aplicada – Universidad Nacional de Pilar
adanielolmedo@gmail.com

² Laboratorio de Ecología Básica y Aplicada – Universidad Nacional de Pilar
ncfdavalos@hotmail.com

Evaluación preliminar de la calidad del agua...

El agua es un componente central en el manejo de una cuenca, ya que en ella se manifiesta una síntesis del efecto de las actividades antrópicas realizadas en la misma, pudiendo modificarse las características físicas, químicas y biológicas que determinan su calidad (Gil, 2013). Este trabajo surge ante la carencia de información sobre la calidad de los cursos hídricos secundarios o afluentes del Río Paraguay, en donde el arroyo San Lorenzo que atraviesa el núcleo poblacional es uno de ellos.

El objetivo de esta investigación fue realizar una evaluación preliminar de la calidad de las aguas de la cuenca baja del arroyo San Lorenzo mediante algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de acuerdo con la legislación vigente sobre los cuerpos de agua superficiales, como un instrumento que proporcione información básica que permita evaluar y dirigir acciones tendientes a la gestión del cauce hídrico.

Los parámetros recomendados para la evaluación de la calidad de aguas superficiales en el territorio nacional según sus usos preponderantes fueron elaborados por la SEAM según su Resolución 222/02 en referencia a los parámetros físicos, químicos y microbiológicos aceptables para cada uso a la que se determine la fuente de agua (Abed *et al*, 2010).

Área de estudio

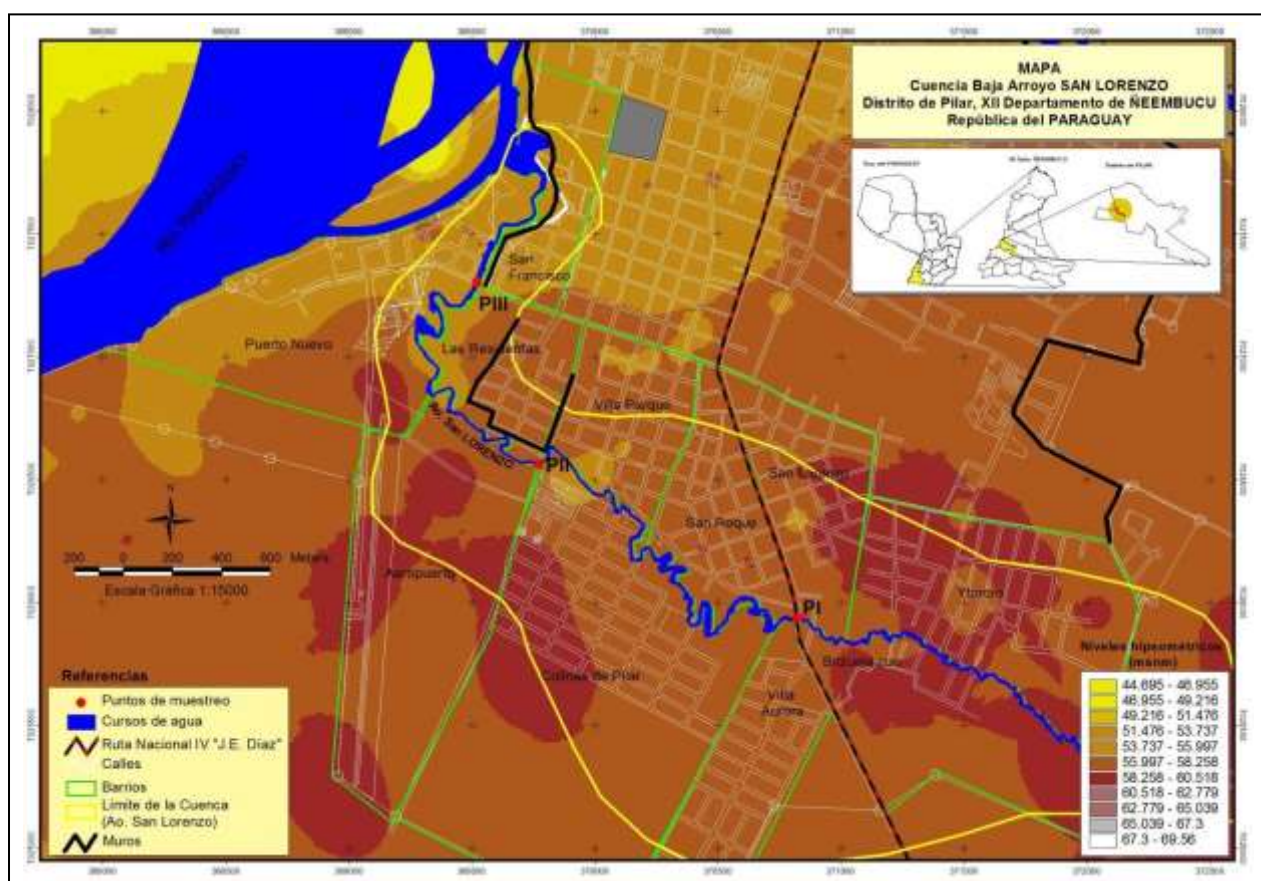
La región de estudio se localiza en la cuenca baja del arroyo San Lorenzo que atraviesa el sector sur de la ciudad de Pilar y desemboca en el Río Paraguay (Figura 1). Esta cuenca tiene una longitud aproximada de 5.65 Km y un caudal promedio de 48.08 m³/s a 56.27 msnm (Ministerio del Interior, 2000), atravesando los barrios Ytororó, San Lorenzo, San Roque, Villa Aurora, Villa Parque, Colinas de Pilar, San Francisco, Las Residentas, y el barrio Puerto Nuevo, todas urbanizaciones correspondientes al espacio periurbano de la ciudad.

En general las viviendas ubicadas hacia el sur de la ciudad dentro de la zona periurbana, corresponden a asentamientos emplazados en terrenos con alto riesgo de inundaciones debido a los desbordes del arroyo San Lorenzo, o como consecuencia de las precipitaciones copiosas (Fogel, 2000).

Metodologías

Para determinar los puntos de muestreo se tomó en cuenta la máxima concentración de asentamientos humanos que ejercen mayor presión sobre el cauce hídrico, la cual se inicia en el puente denominado San Lorenzo; hasta su desembocadura en el río Paraguay en el sector del barrio denominado Puerto Nuevo.

Figura 1.- Cuenca baja del arroyo San Lorenzo. Ubicación de los puntos de muestreo.



Fuente: Unidad de Geoprocesamiento. Laboratorio de Ecología Básica y Aplicada. Universidad Nacional de Pilar.

Evaluación preliminar de la calidad del agua...

La metodología empleada para la recolección de datos tuvo cuatro ejes principales:

- Medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua.

Los parámetros que han sido tomados en cuenta para este análisis fueron: oxígeno disuelto, turbidez, DBO5, pH, nitritos y bacterias *E. coli*.

Las muestras de agua se recolectaron de manera puntual en el mes de setiembre del año 2011 entre los períodos de lluvias y estiaje. Durante este período el caudal se mantiene prácticamente constante (Ministerio del Interior, 2000). Los puntos de muestreo se establecieron de acuerdo a la ubicación de tres puentes que pasan sobre el arroyo a modo de facilitar la colecta de las muestras y fueron designados como PM I: Puente San Lorenzo, PM II: Puente Boquerón, PM III: Puente Taguató (Figura 1).

La toma de muestras, el método de conservación y los análisis para la determinación de los diferentes parámetros se ejecutaron de acuerdo a APHA (1992).

Se procedió a la recolección de muestras en la zona media de la corriente del arroyo a mediana profundidad a modo que la muestra este integrada en relación al flujo y sea representativa.

- Diagnóstico de la variación temporal de parámetros fisicoquímicos del PM I.

El laboratorio de Ecología Básica y Aplicada (LEBA) de la Universidad Nacional de Pilar cuenta con un registro histórico de los parámetros fisicoquímicos del agua en el PMI, enmarcado dentro de un proyecto anterior del LEBA en conjunto con el “Proyecto de desarrollo agrícola de la zona sur de Pilar” (Fossati, 2007), tomando un punto de monitoreo en el arroyo San Lorenzo, afectado por el citado proyecto. En el diagnóstico de la variación temporal se tomaron los mismos parámetros definidos anteriormente. El laboratorio no contaba con un registro histórico de análisis microbiológicos del PM I.

- Evaluación Visual a través de la técnica SVAP (Stream Visual Assessment Protocol).

El protocolo SVAP (Stream Visual Assessment Protocol) evalúa la calidad del hábitat físico de un río o arroyo utilizando 15 parámetros dispuestos en una matriz elaborada por Mafla *et al.*, 2005, a los cuales se les asignan puntajes entre 1 a 10. Estos parámetros son: apariencia del agua, sedimentos, estado de la zona ribereña, sombra de la cobertura boscosa, pozas, condición del cauce, alteración hidrológica, estabilidad de las orillas, barreras de movimiento de peces, presión de pesca, presencia de desechos sólidos, refugio para peces, refugio para macroinvertebrados, presencia de estiércol y aumento de nutrientes; que en ciertos casos se puede excluir uno o más de éstos, cuando no corresponde a un sitio. Los altos puntajes se aplican a ríos o arroyos que tienen condiciones sanas y que presentan baja vulnerabilidad a perturbaciones en la calidad del agua, y bajos puntajes para ríos o arroyos en mal estado y de alta vulnerabilidad. Para calcular la calidad del hábitat se suman los puntajes atribuidos a cada parámetro obteniendo una puntuación total que posteriormente es dividida por la cantidad de parámetros evaluados, expresando un valor promedio que se compara con los valores de la tabla 2 para calificar el hábitat físico del arroyo como excelente, bueno, regular, pobre y muy pobre. Esta técnica puede ser usada a través de los años para un monitoreo continuo de la calidad del hábitat en una cuenca que influye directamente en la calidad de sus aguas.

El SVAP se empleó a través de observaciones *in situ* en un tramo de 10 metros de longitud a cada lado de los puntos de muestreo en fecha 11/09/2011. El método consistió en recorrer y observar las zonas de muestreo valorando los parámetros de la matriz. Cabe mencionar que en la valoración participaron tres evaluadores, con el fin de promediar los resultados y obtener datos más fiables.

- Aplicación de encuestas a los pobladores del área de influencia de la cuenca baja.

Las encuestas se realizaron con un muestreo aleatorio simple (Milton, 1994) en las viviendas ubicadas sobre el cauce del arroyo San Lorenzo desde el PM I hasta el PM III. Dichas encuestas se aplicaron a 30 viviendas de un total de 85 que se

encuentran asentadas directamente sobre el mencionado cauce constituyendo la muestra un 35% del total.

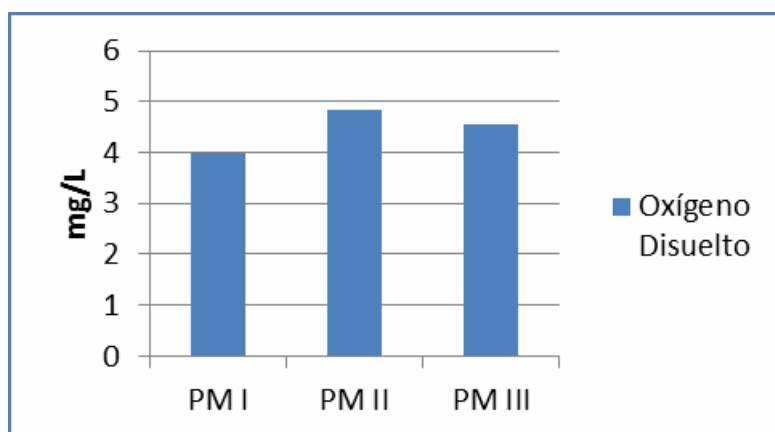
Resultados y discusión

- **Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.**

Según los valores absolutos y promedios de parámetros tales como el Oxígeno Disuelto y la Turbidez, las aguas clasifican como clase 3, destinadas para abastecimiento doméstico después de un tratamiento especial, irrigación arbórea, jardín, forrajeras y para recreación de contacto secundario (RES 222/02 SEAM). La turbidez se mantuvo en el rango alrededor de 100 NTU con un promedio de 99.3 NTU. En niveles altos de turbidez el agua pierde la habilidad de sustentar la diversidad de organismos acuáticos, aumenta la temperatura al sostener partículas que absorben el calor de la luz solar, y el agua caliente conserva menos oxígeno, así, al entrar menos luz disminuye la fotosíntesis necesaria para producir oxígeno (Arce y Leiva, 2009).

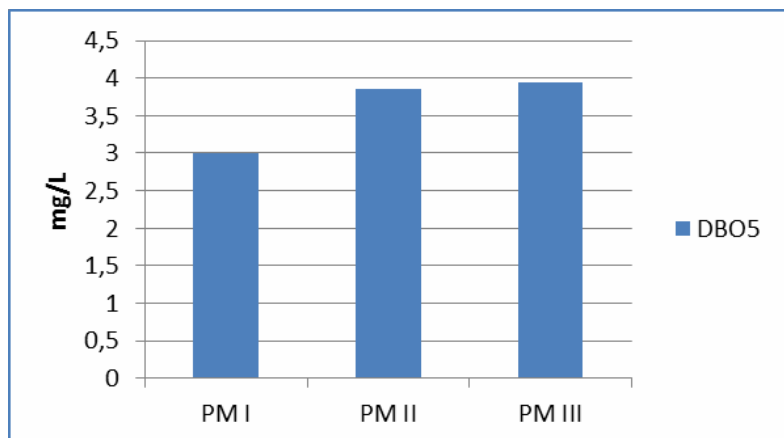
Las concentraciones de Oxígeno Disuelto no se encontraron, en su conjunto, por arriba de 5 mg/L (Figura 2), en lo que se refiere a organismos de respiración aerobia, como los peces, este parámetro se registró en una concentración límite para un desarrollo y mantenimiento adecuado del ecosistema acuático (Margalef, 1983).

Figura 2.- Concentraciones de oxígeno disuelto



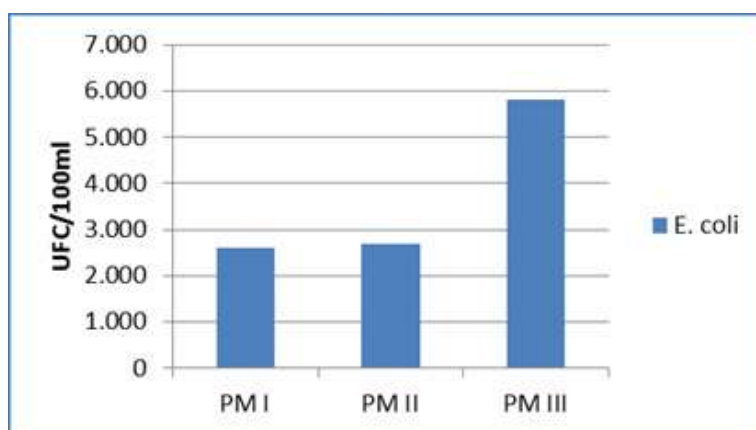
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.- Concentraciones de DBO5



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.- Bacterias *E.coli*



Fuente: Elaboración propia

En los resultados obtenidos en el parámetro DBO5, los tres puntos de muestreo clasifican como aguas de clase 2, destinadas para abastecimiento doméstico después de tratamientos convencionales, protección de comunidades acuáticas, recreación de contacto primario, irrigación de hortalizas, plantas fructíferas y acuicultura (RES 222/02 SEAM), sin dejar de observar en la Figura 3 que existe un aumento en los valores de este parámetro desde el PMI al PMIII indicando que existe un incremento en la presencia de materia orgánica biodegradable.

El valor promedio de bacterias *E. coli* expresados en UFC/100 ml de agua observadas fue de 3.700; con un valor máximo de 5.800 en el PMIII y un valor mínimo de 2.600 en el PMI. La RES 222/02 de la SEAM califica las aguas según este parámetro como clase 3 de acuerdo al promedio de las muestras que no deben exceder

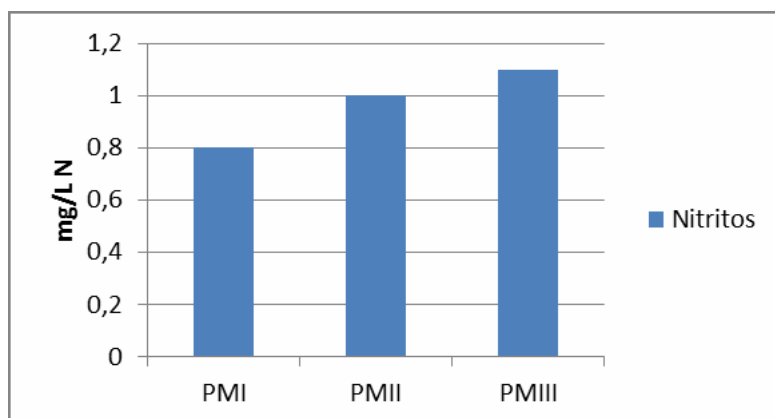
Evaluación preliminar de la calidad del agua...

en un 80% a 4000 UFC/100ml. No obstante, al exceder las 1000 UFC/100 ml se las considera NO aptas para consumo humano directo y usos recreativos de contacto primario (RES 222/02 SEAM). Los altos valores de *E. coli* que se registraron en la cuenca baja del arroyo San Lorenzo (Figura 4) se encuentran asociados con la proximidad que tiene ésta con los asentamientos emplazados en zonas de amortiguamiento del arroyo trayendo consigo procesos de descarga de aguas residuales y desechos de origen doméstico sin tratamiento previo, destacando que en el PMIII desemboca un sistema de drenaje de efluentes cloacales sin ningún tratamiento.

Considerando las concentraciones en sus valores absolutos y promedio de los nitritos en agua de los puntos de muestreo (Figura 5), se observan que están en el límite máximo permisible para aguas de clase 3 de 1,0 mg/l N (RES 222/02 SEAM), registrándose valores entre 0,8 y 1,1 mg/l N. Su presencia en el agua puede ser una evidencia de contaminación reciente, dada su inestabilidad, en donde la toxicidad del ion nitrito determina la no potabilidad de la misma (Albert, 2009).

Los valores obtenidos serían indicadores de aportes contaminantes introducidos por efluentes residuales de origen doméstico con presencia de nitrógeno amoniacal, como es el caso de los líquidos cloacales, asociándose esto con los elevados valores de bacterias *E. coli* en los diferentes puntos de muestreo.

Figura 5.- Concentraciones de Nitritos



Fuente: Elaboración propia.

El parámetro pH presentó valores entre 6,26 y 7,1. Estos valores son favorables para la calidad del agua y la vida acuática (Facetti *et al*, 2007).

- **Diagnóstico de la variación temporal de parámetros fisicoquímicos del PMI.**

Tabla 1.- Resultados de los parámetros fisicoquímicos del PM I en los meses de mayo, agosto y setiembre del año 2005. Laboratorio de Ecología Básica y Aplicada.

Parámetros	Unidades	PM I 03/05/05	PM I 04/08/05	PM I 06/09/05	Media de los muestreos PM I 2005
Oxígeno Disuelto	mg /l	5,14	5,99	5,16	5,43
Turbidez	NTU	20	100	98	72,7
pH	upH	6,55	7	6,92	6,82
DBO (20°) 5	mg /l	3,3	3,53	3,12	3,32
Nitritos	mg/l	14	53	69	45,3

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la variación temporal de los parámetros fisicoquímicos del agua en el PMI se hizo conforme al registro histórico del LEBA de los meses de mayo, agosto y setiembre del año 2005. Según los muestreos realizados para los parámetros de oxígeno disuelto, turbidez, pH y DBO5, las aguas se mantuvieron en el rango que las clasifican como clase 2 (RES 222/02 SEAM). No obstante, de acuerdo a las concentraciones de nitritos (Tabla 1), se observó que sobrepasa ampliamente los límites máximos permitidos para las diferentes clases de aguas estipuladas por la RES 222/02 de la SEAM. Las altas concentraciones de nitritos indican una posible contaminación reciente de carácter fecal según los informes emitidos por el LEBA dentro del proyecto que llevaba al frente en ese año (Fossati *et al*, 2007).

- **Evaluación Visual a través de la técnica SVAP (Stream Visual Assessment Protocol).**

Tabla 2.- Criterios para la valoración del hábitat mediante SVAP.

RANGO DE PUNTAJES	CALIDAD DEL HÁBITAT
<i>9,6 a 10</i>	<i>Excelente</i>
<i>7,7 a 8,5</i>	<i>Bueno</i>
<i>6,1 a 7,0</i>	<i>Regular</i>
<i>3,1 a 5,3</i>	<i>Pobre</i>
<i>1,0 a 2,2</i>	<i>Muy Pobre</i>

Fuente: Adaptado de Mafla *et al* 2005.

En los resultados obtenidos de la evaluación visual según el criterio SVAP de las zonas de muestreo PM I y PM II se obtuvieron valores promedios de 5,2 y 4,7 respectivamente calificándolas como hábitat físico POBRE (Tabla 2), pudiendo atribuirse este hecho a los asentamientos humanos ubicados en las zonas ribereñas y de amortiguamiento del arroyo, afectando las riberas y generando vertidos y residuos que van a parar al arroyo. La presencia de residuos sólidos, falta de cobertura boscosa, apariencia turbia del agua y presencia de sedimentos son los problemas que dan origen a esta particularidad en las zonas de observación.

El PM III arroja un valor promedio de 6,5 que la califica como hábitat físico REGULAR (Tabla 2). A pesar de contar con una zona ribereña estable, con amplia cobertura boscosa y estabilidad en las orillas, no obtuvo una mejor puntuación puesto que existía presencia de desechos sólidos, apariencia turbia del agua todo el tiempo y crecimiento moderado de algas filamentosas que indicarían aumento de nutrientes debido a que los efluentes cloacales del barrio Las Residentas son lanzados en esta zona.

- **Aplicación de encuestas a los pobladores del área de influencia de la cuenca baja.**

Las actividades realizadas por pobladores asentados sobre una cuenca ejercen presión sobre la calidad de sus aguas (Cardona, 2003). Las encuestas aplicadas a las 30 viviendas fueron del tipo descriptivas, y han sido estructuradas con preguntas

semiabiertas acerca de las principales actividades antrópicas que se ejercen sobre la cuenca baja del arroyo como la disposición y tratamiento de residuos sólidos, aguas residuales domésticas y efluentes cloacales.

En cuanto a la disposición y tratamiento de residuos sólidos, el 50% de los encuestados practican la quema de sus basuras, el 27% cuenta con un servicio de recolección privado, con una periodicidad de una vez por semana. El 17% entierra sus basuras al fondo de sus patios, en cuanto que el 6% disponen sus basuras a orillas del arroyo, no encontrándose encuestados que afirmen arrojar sus residuos sólidos directamente al arroyo. En este último caso se da la particularidad de que se ha observado basuras dispuestas en el curso hídrico, pero los pobladores alegan que los que depositan ahí sus basuras son personas ajenas al vecindario que llegan hasta ahí con ese propósito. Porcentualmente hablando se reconoce que en la mitad de los encuestados persiste la praxis de la quema de basuras. La quema de residuos domésticos atenta contra el ambiente y la salud de los pobladores por los gases emitidos al quemarlos y los residuos que pueden por escorrentía ir a parar a un cuerpo de agua (INDERENA, 1990).

Los pobladores que entierran desechos en sus patios no discriminan entre residuos biodegradables y no biodegradables, pudiendo afectar el suelo que a su vez puede lixiviar residuos hasta el arroyo ya que los patios de las viviendas asentadas sobre el curso hídrico forman parte de la ribera del mismo. Por último, es notable que, aunque en pequeño porcentaje, se dispongan las basuras a orillas del arroyo, ésta es una costumbre altamente peligrosa para la salud de los pobladores y animales circundantes debido a la proliferación de insectos y alimañas, además de dejar un desagradable aspecto paisajístico de la zona. Cabe mencionar que con lluvias intensas estos residuos van a parar al arroyo deteriorando la calidad de sus aguas.

En lo que se refiere a la disposición final de las aguas residuales domésticas se detectó que un 43% de las viviendas encuestadas disponen de las mismas directamente en el arroyo. El 27% vierte estas aguas residuales en el suelo de sus patios. En menor escala, el 17% las vierten en alcantarillados pluviales que desaguan en el arroyo y el 13% en cámaras sépticas, observándose que ningún hogar entrevistado cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas. Con esto podemos inferir que la mayor parte de la disposición de las aguas residuales

Evaluación preliminar de la calidad del agua...

domésticas va a parar al arroyo, exceptuando las que las depositan en una cámara séptica, que se observa en un menor porcentaje. Las aguas residuales domésticas dispuestas en los cursos de agua provocan una perturbación que se manifiesta principalmente por la disminución del oxígeno disuelto debido a la materia orgánica que agregan (Mitchel *et al.*, 2000).

Con respecto al tratamiento y disposición de efluentes cloacales, el 50% de los encuestados cuentan con cámaras sépticas. El 33% poseen letrinas en sus viviendas, que se encuentran instaladas a pocos metros del borde del arroyo, que según los encuestados, suelen colapsar en épocas de grandes lluvias e inundaciones. El 17% está conectado a un sistema de alcantarillado sanitario, destacando que estos corresponden exclusivamente al barrio Las Residentas, cuyos efluentes son lanzados en la desembocadura de la cuenca baja del arroyo en el puente denominado Taguató. Son nulos otros tipos de disposición de excretas. Aunque podemos ver que la mayor parte de las viviendas encuestadas cuentan con un sistema de disposición de efluentes cloacales, un gran porcentaje pone en peligro la calidad de agua del arroyo por contaminación con coliformes fecales en su cuenca baja, estos son los que poseen letrinas, así como el improvisado drenaje del alcantarillado sanitario del barrio Las Residentas.

Toda la información recopilada en las encuestas evidencia la falta total de planificación urbana dentro del área de influencia de la cuenca baja del arroyo San Lorenzo.

Conclusiones

Las aguas de la cuenca baja del arroyo San Lorenzo exhibieron una variación entre las clasificaciones 2 y 3 para calidad de aguas superficiales, de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos evaluados, y altos niveles de bacterias *E. coli*, estableciendo que no son aptas para fines recreativos de contacto primario y prohibido para el consumo humano directo.

Según las evaluaciones de la calidad del hábitat físico de la cuenca, se evidencia una moderada a alta vulnerabilidad a perturbaciones en la calidad de sus aguas. A pesar de que la zona de muestreo PMIII se encuentra en mejor estado, la presencia de descargas de efluentes cloacales en ese sitio constituye una alarma para promover el control y seguimiento permanente.

La falta de planificación urbana se evidencia como un factor determinante en la generación de contaminantes, y, por consiguiente, en la degradación que actualmente sufre el cauce hídrico. Asimismo, el arroyo San Lorenzo se encuentra en un estado de deterioro por la constante acumulación de basura, descarga de aguas residuales y efluentes cloacales.

Recomendaciones

Mediante la situación presentada en esta investigación se llegaron a las siguientes recomendaciones que permitirían mejorar las condiciones de la cuenca baja del arroyo San Lorenzo:

Desarrollar un programa de Educación Ambiental en los barrios que afectan directamente al curso hídrico.

Establecer planes de monitoreo y de caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua del arroyo que abarquen temporadas de lluvias y sequías, de estiaje e inundaciones, para mantener un control adecuado de la calidad del agua de la cuenca.

Elaborar y establecer programas de vigilancia y control ambiental sobre las actividades antrópicas que ejercen mayor presión en la cuenca.

Implementar un plan de gestión de cuenca como un instrumento práctico en donde se establezcan las diferentes acciones dirigidas a resolver la problemática de la calidad del agua, de los recursos naturales y de las necesidades de la población, con la participación de los actores locales para lograr una mejor calidad de vida, apuntando al desarrollo sostenible de la ciudad de Pilar

Agradecimientos

Al equipo técnico del Laboratorio de Ecología Básica y Aplicada de la Universidad Nacional de Pilar por el apoyo brindado durante toda la investigación.

Lista de referencias

- Abed, S. et al. (2010). “*Régimen jurídico Ambiental de la República del Paraguay Análisis Crítico*”. *Normas Legales y Reglamentarias Actualizadas y Concordadas* – IDEA, 2º Edición, Asunción Paraguay.
- APHA. AWWA. WPCF. (1992). “*Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*”. 17 Ed. Diaz de Santos. Washington, D. C.
- Albert, L. (2009). “*Nitratos y nitritos*”. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-03a17.pdf>. [Consultado el 20-10- 2011].
- Arce M, Leiva, M (2009) “*Determinación de la calidad de agua de los ríos de la ciudad de Loja y diseño de líneas generales de acción para su recuperación y manejo*”. Universidad Técnica Particular de Loja. Tesis publicada. Loja. Ecuador
- Cardona, (2003). “*Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad*”, Honduras. Turrialba, Costa Rica.
- Facetti, M. et al (2007) “*Calidad de agua en el río Carapa*”. Revista de la Sociedad Científica del Paraguay. Tercera época. Año XII. Número 21. Asunción. Paraguay.
- Fogel, R. (2000). “*La Ecorregion del Ñeembucú – Infortunio, dignidad y sabidurías de sus antiguos pobladores*”. Centro de Estudios Rurales Interdisciplinarios (CERI). Universidad Nacional de Pilar.
- Fosatti, N. et al (2007) “*Apuntes de Investigación*”. Laboratorio de Ecología Básica y Aplicada. Universidad Nacional de Pilar. Pilar – Paraguay.
- Gil Marín et al. (2013) “*Calidad microbiológica y niveles de nitratos y nitritos en las aguas del río Guarapiche*”. Revista Científica UDO Agrícola. Monagas, Venezuela
- Inderena (1990). “*Manejo de cuencas hidrográficas abastecedoras de acueductos municipales*”. Ministerio de agricultura. Campaña Municipio Verde. Ed. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá.
- Mafla H., M. et al. (2005). “*Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano*” Talamanca. Turrialba, Costa Rica.

- Margalef, R. (1983). “*Limnología*”. Ediciones Omega. Barcelona. España. 1010 p.
- Milton, S. (1994) “*Estadísticas para Biología y Ciencias de la Salud*”. Editorial Interamericana Mc Graw Hill. 2ª Edición.
- Ministerio del interior (2000) “*Proyecto de las obras para prevención de inundaciones en la Ciudad de Pilar – Ñeembucú*”.
- Mitchel, M. et al. (2000). “*Manual de campo de Proyecto del Río: una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo*”. (2th Ed) Proyecto del Río. New México, USA.
- Secretaria del ambiente. Resolución 222/02 [Documento en línea]. Disponible: <http://www.seam.gov.py/resoluciones> [Consultado el 20-08-2011].