

UBICACIÓN DE SITIOS DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUA EN CUENCAS CON ASENTAMIENTOS INDUSTRIALES DE ZONAS SUBURBANAS DE LA CIUDAD DE OBERÁ

CRUZ, E.^{1*} Y KOLODZIEJ, S.²

1: Laboratorio Ambiental (LABAM)
Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Misiones
Juan Manuel de Rosas, n°325, Oberá, Misiones, Argentina
e-mail: cruz@fio.unam.edu.ar

2: Laboratorio Ambiental (LABAM)
Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Misiones
Juan Manuel de Rosas, n°325, Oberá, Misiones, Argentina
e-mail: kolodz@fio.unam.edu.ar

Resumen. *El agua es esencial para la supervivencia y el bienestar de los seres humanos y para la preservación de la biodiversidad de los ecosistemas naturales. Actualmente uno de los principales problemas que afecta este recurso vital son los altos índices de contaminación generada por diversas actividades antrópicas, siendo las principales las domésticas, las agrícolas y las industriales. El incremento de las actividades industriales implica un aumento de los potenciales impactos ambientales debido normalmente a la ineficiente gestión, tratamiento y disposición final de los residuos que generan, con la consecuente contaminación de los cursos de agua. Si estos cursos de agua son pequeños el poder de dilución también lo es, por lo tanto el riesgo de contaminación es mayor. En el presente trabajo se llevó a cabo un estudio en las cuencas de los arroyos Pitingal y Quiyé que atraviesan zonas suburbanas de la ciudad de Oberá, con el objetivo de definir sitios de toma de muestras de agua de los arroyos, a fin de determinar parámetros fisicoquímicos de calidad de agua y su relación con la actividad industrial. Estos arroyos tienen la particularidad de nacer en un municipio vecino y atraviesan los distritos; Equipamiento Productivo, Industrial y de Expansión Industrial del municipio de Oberá. Se realizó un relevamiento de la zona, identificando las industrias instaladas y el rubro al cual pertenecen. Entre ellos se destacan las industrias de aserrado de la madera, frigoríficos, hormigoneras, secaderos y molinos de yerba mate y té. Las mismas generan diferentes tipos de residuos y efluentes que potencialmente pueden afectar los cursos de agua. A partir de los análisis y relevamientos realizados en la zona, se definieron sitios de muestreo de calidad de agua localizados al ingreso de los arroyos al municipio (aguas arriba de las industrias instaladas), a lo largo de la travesía de los cursos de agua por las zonas industriales, y finalmente a la salida de dichas zonas (aguas abajo de las industrias).*

Palabras clave: Calidad de agua, Cuencas, Industrias

1. INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la supervivencia y el bienestar de los seres humanos y para la preservación de la biodiversidad de los ecosistemas naturales, como así también, para muchos sectores de la economía. La presión sobre los recursos hídricos sigue en aumento, esencialmente debido a las actividades humanas como la urbanización, el crecimiento demográfico, el aumento en el nivel de vida y la contaminación [1].

El incremento de las actividades industriales implica en general una mayor presión sobre los sistemas naturales, ya sea por la extracción de materias primas como por el tratamiento, eliminación y/o disposición de los residuos contaminantes. Estos últimos normalmente contaminan los cursos de agua superficiales, que en el caso de arroyos pequeños el poder de dilución también lo es, consecuentemente el riesgo de contaminación es mayor.

La ciudad de Oberá se encuentra en el centro de la provincia de Misiones y pertenece al municipio homónimo. Cuenta con una población de 66.112 habitantes que, en su mayoría, residen en zonas urbanas y suburbanas de la ciudad [2]. Posee unos dieciseis arroyos que atraviesan el municipio; algunos tienen su nacimiento dentro del mismo, mientras otros en municipios vecinos. La dinámica del crecimiento urbano contribuyó al incremento de las afectaciones, procesos de erosión y sedimentación, aumento de caudales máximos y volúmenes de escurrimiento directo, conjuntamente con la disminución del tiempo de concentración de las cuencas debido a la impermeabilización de los suelos y los cambios en su ocupación aumentando el riesgo de inundaciones en zonas urbanas y suburbanas [3]. Esta situación favorece el arrastre de los residuos, que son depositados en cercanías de los cursos de agua naturales y pluviales. Las características del terreno con pendientes pronunciadas, hace que las aguas pluviales escurran rápidamente hacia los cursos naturales, arrastrando todo material que encuentre a su paso.

En función de estudios realizados respecto de la dinámica del escurrimiento superficial en la ciudad [3] y datos disponibles en el Laboratorio Ambiental (LABAM) de la Facultad de Ingeniería, se identificaron las dieciseis pequeñas cuencas en las que se puede dividir el municipio.

En el presente trabajo, desarrollado en el marco del proyecto “Sistema de indicadores ambientales para el monitoreo y seguimiento del impacto ambiental del sector industrial del municipio de Oberá”, se llevó a cabo un estudio en las cuencas de los arroyos Pitingal y Quiyé, ubicados en el suroeste del municipio, con el objetivo de definir sitios de toma de muestras de agua de los arroyos, a fin de determinar parámetros fisicoquímicos de calidad de agua y su relación con la actividad industrial.

Estos arroyos tienen la particularidad de nacer en municipios vecinos y atraviesan, de acuerdo con el Código de Planeamiento Urbano Ambiental de la ciudad (CPUA) [4], diferentes distritos; residenciales, industriales, espacios verdes, etc.

Se realizó un relevamiento de la zona identificando las industrias instaladas y el rubro al cual pertenecen. Entre ellos se destacan las industrias de aserrado de la madera, frigoríficos, hormigoneras, secaderos y molinos de yerba mate y té. Las mismas generan diferentes tipos de residuos y efluentes que potencialmente pueden afectar los cursos de agua.

A partir de los análisis y relevamientos *in situ* realizados en la zona, se definieron sitios de muestreo de calidad de agua, localizados al ingreso de los arroyos al municipio (aguas arriba de las industrias instaladas), a lo largo de la travesía de los cursos de agua por los diferentes

distritos del municipio, y finalmente a la salida de dichas zonas (aguas abajo de las industrias), pero dentro de los límites del municipio. En todos los casos se tuvo especialmente en cuenta el acceso a los puntos identificados, ya que en muchos casos se tratan de propiedades privadas o de difícil acceso.

2. METODOLOGÍA

Se analizó el área de estudio que comprende las cuencas de los arroyos Pitingal y Quiyé, y se identificaron los diferentes distritos en que se divide la misma de acuerdo al CPUA. Se tuvieron en cuenta las características de cada distrito, las recomendaciones para cada uno y en particular para el Distrito Industrial. Mediante el auxilio de mapas satelitales y las curvas de nivel del área, se delimitaron las cuencas de los dos arroyos.

Las principales fuentes puntuales de contaminación (establecimientos industriales) localizadas en ambas cuencas, identificadas a través de datos suministrados por el municipio e información disponible en el LABAM, se ubicaron en un mapa catastral donde están indicados los distritos en que se divide la zona y en una imagen satelital con la representación de los límites de las cuencas de los arroyos. A través de una encuesta, realizada a los establecimientos industriales, se recopiló información referente a sus procesos productivos, insumos que utilizan, residuos y efluentes que generan, estableciendo la situación actual de sus actividades y su relación con el entorno. Con los datos relevados se clasifican las industrias de acuerdo con el rubro industrial al cual pertenecen y se identifican los residuos que generan, el volumen de producción, la energía consumida, etc.

Los sitios para la toma de muestras se seleccionaron utilizando imágenes satelitales, luego se georreferenciaron y posteriormente se realizó una verificación *in situ* de las condiciones de accesibilidad. Para la selección de los puntos se tuvo en cuenta la ubicación de las industrias y las diferentes zonas que atraviesan los arroyos dentro del municipio, considerando que fueran susceptibles de sufrir cambios en la calidad del agua o que permitan detectar cambios y la causa potencial del mismo.

Los parámetros fisicoquímicos a analizar fueron seleccionados de manera tal que la información obtenida en las determinaciones permita el cálculo de Índices de Calidad de Agua (ICA). Estos parámetros se refieren a condiciones generales de la calidad de agua y no a contaminantes específicos [5].

Con respecto a los parámetros a ser evaluados en cada sitio de toma de muestras, se considera los siguientes:

- **Temperatura:** influye notablemente en la calidad de las aguas puesto que afecta la solubilidad de sales y gases, la cinética de las reacciones químicas y bioquímicas, desplaza los equilibrios químicos, modifica la tensión superficial y, en consecuencia, altera el crecimiento de los organismos presentes en el agua.
- **pH:** es una medida de la acidez del agua, tiene influencia sobre los procesos químicos y bioquímicos que se llevan a cabo en un ecosistema acuático.
- **Conductividad:** está relacionada con la concentración de sales y varía con la temperatura. Da idea del contenido de minerales del agua, es decir la presencia de

cationes tales como: sodio, potasio, calcio y magnesio y aniones como pueden ser: carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros.

- **Turbidez:** se genera por la materia insoluble, en suspensión ó dispersión coloidal.

Los puntos de muestreo en los cursos de agua se establecieron en función del siguiente criterio:

- Un punto en el ingreso de los arroyos al municipio, que fue considerado como línea de base de las características fisicoquímicas del recurso hídrico.
- Un punto en la salida de los arroyos del municipio.
- Puntos intermedios, cercanos a los establecimientos industriales, susceptibles de mostrar cambios de la calidad del agua.

El muestreo se realizó por triplicado en cada punto de toma de muestra siguiendo los procedimientos establecidos en la norma IRAM 29012-1. La muestra se tomó siguiendo las directivas de la IRAM 29012-2, con una frecuencia mensual y durante doce meses.

3. RESULTADOS

3.1. Identificación de distritos o zonas

Los arroyos analizados atraviesan en su recorrido diferentes zonas bien delimitadas de acuerdo al CPUA del Municipio de Oberá (Figura 1), estas zonas corresponden a:

- **Zona Industrial (I1):** destinado a la grande y/o mediana industria cuyo riesgo sea susceptible de medidas correctoras que eliminen todo peligro a la salud, seguridad y ambiente.
- **Expansión Zona Industrial (I2):** área preparada con la infraestructura necesaria para dar continuidad al crecimiento del sector industrial.
- **Equipamiento Productivo (E2):** destinado al sector productivo secundario (industrias medianas, empresas comerciales mayoristas y servicios para el transporte de cargas) que puede producir molestias o congestión y requiere amplias superficies para su funcionamiento.
- **Área Cordón Verde (C1):** comprende las reservas ecológicas y las riberas de los arroyos.
- **Espacios Verdes:** comprende las redes con plazoletas centrales, las plazas, parques y espacios públicos
- **Áreas Rurales:** en estas zonas los usos del suelo están orientados a actividades de producción agropecuaria, forestal y extractiva.
- **Distrito Residencial de Densidad Baja (R3):** albergan densidades inferiores a 60 hab/ha, en general, con áreas de uso rural o de equipamiento productivo o industrial con algún grado de molestia.



Referencias

■ Zona Industrial (I1)

- Expansión Zona Industrial (I2)
- Equipamiento Productivo (E2)
- Áreas Cordón Verde (C1)
- Espacios Verdes
- Áreas Rurales
- Distrito Residencial de Densidad Baja (R3)

Figura 1: Distritos identificados en el área de estudio

El arroyo Pitingal y el Quiyé atraviesan en su recorrido los distritos antes mencionados, formando dos pequeñas cuencas en las cuales están instalados varios establecimientos industriales de diferentes rubros (Figuras 2 y 3).

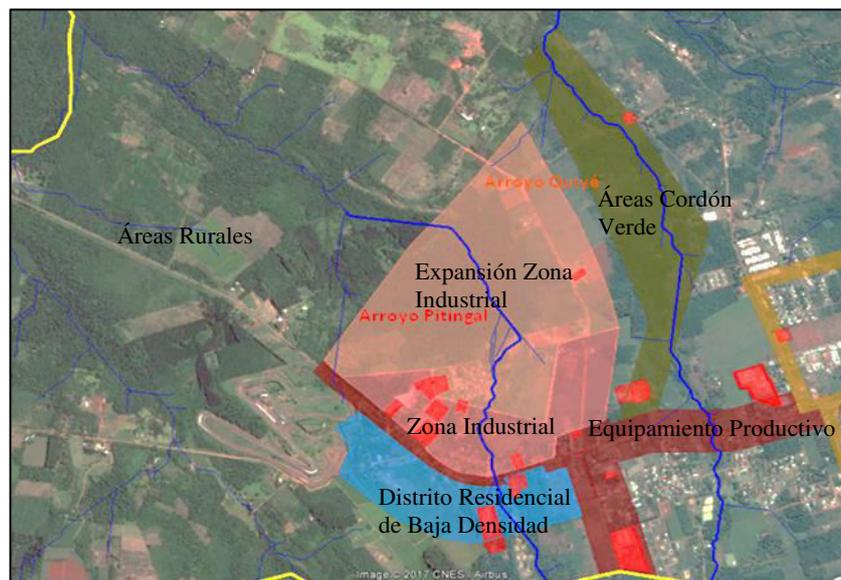


Figura 2: Establecimientos Industriales

Con respecto a la calidad de los cursos de agua, se establece en el CPUA, que está prohibido arrojar en las cuencas todo tipo de vertidos y residuos de cualquier naturaleza y estado físico, sin contar con las correspondientes autorizaciones administrativas.

3.2. Identificación de rubros industriales

Las industrias identificadas, en general, se encuadran en las categorías 3 y 4 del CPUA del municipio. Según esta clasificación, los de tercera categoría no deberían estar contiguos a viviendas, pero sí a otros usos industriales o de equipamientos que provocan un alto grado de molestia, mientras que los de cuarta categoría son industrias con actividades de carácter peligroso.

A continuación se describen los principales rubros que se han identificado, como así también los posibles contaminantes que generan durante su funcionamiento.

- **Industria Tealera:** El departamento Oberá es el principal productor de té, que se comercializa en distintas presentaciones (Té Verde, Negro, Semifermentado, etc.). De los seis principales establecimientos de industrialización del té que concentran la mayor parte de la producción y el mercado del país [6], uno de ellos se localiza en la cuenca del arroyo Quiyé. El proceso de elaboración de té, requiere de una serie de actividades mecanizadas y químicas que demandan como principal insumo la energía eléctrica y térmica. Durante la transformación del té se generan distintos tipos de residuos, principalmente la emisión de polvo producto de las operaciones de molienda como así también gases y material particulado producto de la combustión en las calderas que generan la energía térmica. Estos factores generan un potencial impacto en el medio, principalmente la contaminación del aire. En el proceso de secado se utilizan calderas que generan vapor de agua; el residuo de esta actividad está dada por el agua utilizada para las calderas, que generalmente es agua libre de todo tipo de minerales y que en su evacuación puede encontrarse a temperaturas elevadas (superiores a los 45°C), lo que podría generar un impacto en aguas superficiales y subterráneas.
- **Industria Yerbatera:** Otra de las industrias con importante presencia en el departamento Oberá son las dedicadas al secado, molienda y envasado de yerba mate. Generalmente existen establecimientos que se dedican de manera conjunta a la elaboración de té y yerba mate, dada la relativa similitud en algunas etapas del proceso y para determinados productos que se quieran obtener. Existen dos establecimientos yerbateros que se encuentran en las cuencas de los arroyos analizados y una instalación que al presente se encuentra abandonada. Debido a la mencionada similitud de este proceso con el de elaboración de té, los aspectos ambientales que involucra también son semejantes, destacándose el consumo de energía eléctrica y térmica, y la generación de gases y material particulado producto de los procesos de combustión y molienda respectivamente, contaminando el aire y afectando la calidad de las aguas superficiales.
- **Industria Maderera:** Comprende todas aquellas instalaciones industriales dedicadas al aserrado de rollos provenientes de bosques implantados, para la obtención de productos como tablas y tirantes, como así también aquellas dedicadas a transformar estos últimos en otros productos como ser carpinterías, mueblerías, terciados, finger, etc. Bajo este criterio se han identificado 11 establecimientos madereros en la zona de estudio, de los cuales 4 actualmente no se encuentran en operación. En este tipo de industrias se destaca principalmente la utilización de máquinas de corte para el trabajo de la madera, lo cual genera importantes cantidades de residuos sólidos, como así también ruido. Hay que mencionar también la utilización de productos químicos para el tratamiento de la madera (en aquellos aserraderos que no poseen secadero con energía térmica) y los tratamientos superficiales mediante lacas, barnices, decapantes y otras pinturas. La industria de la madera resulta una importante fuente de ruido, ya que generan niveles que rondan los 90 dBA, e incluso superiores a este valor [7], [8]. En cuanto a la generación de residuos debido al escaso desarrollo de tecnologías que

se tiene en la zona, el rendimiento que se tiene es bastante limitado ya que solo entre el 45% y 55 % de la materia prima que ingresa al aserradero se transforma en cortes a medida [9]. Los aspectos mencionados están asociados a potenciales impactos de contaminación del suelo, aire y agua.

- **Industria Metalmecánica:** En este rubro se incluyen para el análisis las industrias dedicadas a la fabricación de estructuras metálicas, fabricación de máquinas agrícolas, fabricación de aberturas de aluminio, carpintería metálica y metalúrgica en general. La mayoría de estas actividades se posiciona como una industria que da soporte a las antes mencionadas (té, yerba y madera), proveyendo del equipamiento necesario para el proceso productivo y el mantenimiento de los mismos. Las actividades principales en este sector comprenden tareas de corte y soldadura de estructuras metálicas, lo que genera residuos del proceso (virutas metálicas) y sobre todo altos niveles de ruido, producto del contacto de los equipos de corte con los materiales ferrosos que pueden superar los 95 dBA [10]. El equipo utilizado demanda el consumo de energía eléctrica, aunque en general, resulta inferior que las anteriores industrias mencionadas. También se debe destacar el empleo de pinturas y antioxidantes para recubrir y proteger las estructuras metálicas. Los aspectos mencionados generan potenciales impactos al aire y el suelo. En este rubro se ha identificado una sola industria en la cuenca del arroyo Pitingal.
- **Fabricación de hormigón:** Estas industrias se dedican a la elaboración de hormigón para las construcciones civiles. Se utilizan diferentes aditivos químicos en la fabricación del hormigón, cuyo vertido accidental puede contaminar el agua. Otros aspectos a destacar son la emisión de polvo, consumo de agua y generación de ruido.
- **Frigorífico:** En esta instalación se lleva a cabo la faena de ganado bovino. Se cuenta con maquinaria y equipos de corte y refrigeración, como así también una central de generación de vapor para la esterilización y limpieza de elementos. Como aspectos se destaca el consumo de agua, energía eléctrica y térmica, emisión de gases de la caldera producto de la combustión. Cuenta con instalaciones de reutilización y tratamiento de los efluentes mediante lagunas de digestión. En cuanto a los residuos sólidos se envían a terceros para la fabricación de alimentos balanceados para animales. En el sector analizado, cuenca del arroyo Pitingal, se encuentra un solo frigorífico.

Se identificaron un total de 18 industrias en la zona de análisis, 13 en la cuenca del arroyo Pitingal y 5 en la cuenca del Quiyé. Cabe destacar también que 5 de las 18 industrias no se encuentran actualmente en funcionamiento, aunque fueron consideradas en el análisis por los pasivos ambientales que pueden generar en su zona de operación.

3.3. Selección de sitios de muestreo de calidad de agua

Sobre el arroyo Pitingal se seleccionaron cuatro sitios de muestreo, los cuales se presentan en la figura 3. Uno de los puntos, P1, a la entrada del arroyo al municipio. El punto P2 al atravesar la zona de afectación de una de las industrias que puede aportar contaminación al arroyo, en este caso el frigorífico. El punto P3, posterior a la planta de elaboración de hormigón. El uso de aditivos, como así también el empleo de los minerales para el proceso

pueden generar contaminación del curso de agua: El punto P4 aguas abajo de la Zona Industrial, permitirá verificar el aporte de las demás industrias ubicadas en esa zona, principalmente los aserraderos.

En el arroyo Quiyé se definieron tres puntos de muestreo de calidad de agua, a la entrada del arroyo al municipio Q1; al atravesar el Distrito Equipamiento Productivo Q2, zona de influencia de las industrias yerbatera y tealera; y el punto Q3, aguas abajo de las industrias identificadas.

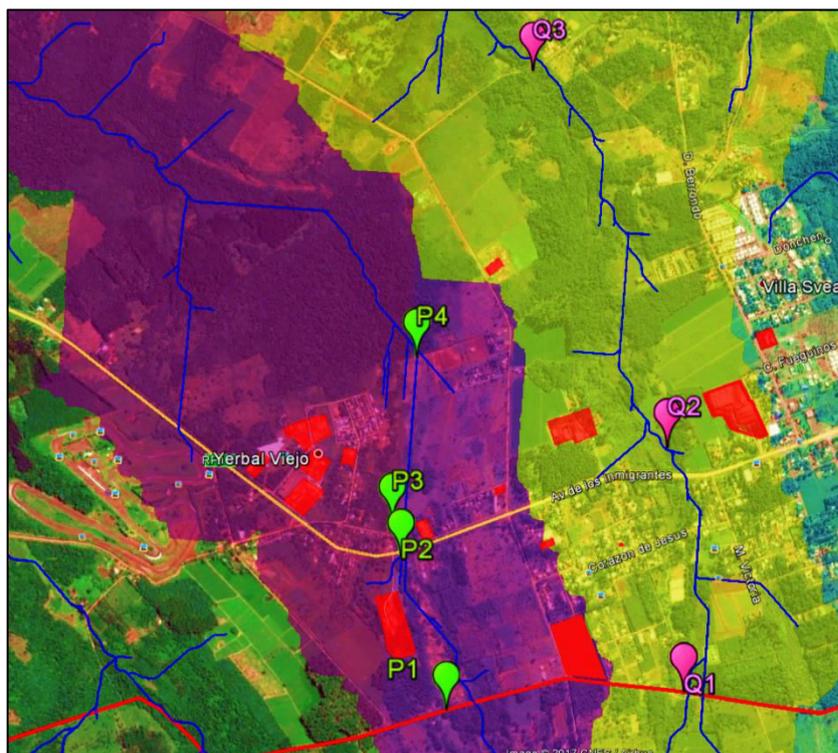


Figura 3: Identificación de sitios de muestreo de calidad de agua

La geolocalización de cada punto y las características del lugar se resumen en la tabla 1.

Puntos de toma de muestra	Zona según el CPUA	Localización (Coordenadas Geográficas)
P1	Áreas Rurales. Ingreso del arroyo al municipio	Latitud: 27°30'2.58"S Longitud: 55°09'40.90"O
P2	Equipamiento Productivo (E2). Aguas abajo de las instalaciones del Frigorífico	Latitud: 27°29'42.92"S Longitud: 55°09'54.82"O
P3	Distrito Industrial (I1). Inicio del Distrito Industrial sobre Ruta Provincial N°103.	Latitud: 27°29'38.12"S Longitud: 55°09'56.09"O
P4	Expansión Distrito Industrial (I2). Aguas debajo de los aserraderos	Latitud: 27°29'13.82"S Longitud: 55°09'53.94"O

Q1	Áreas Rurales. Ingreso del arroyo al municipio	Latitud: 27°29'58.88"S Longitud: 55°09'7.96"O
Q2	Equipamiento Productivo (E2). Próximo a Industria Yerbatera y Tealera.	Latitud: 27°29'20.79"S Longitud: 55°09'16.73"O
Q3	Área Cordón Verde (C1). Aguas debajo de la influencia industrial.	Latitud: 27°28'30.52"S Longitud: 55°09'37.84"O

Tabla 1: Coordenadas Geográficas de los puntos de muestreo

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Existen normativas a nivel nacional, provincial y municipal relacionadas con la protección ambiental que están vigentes pero en muchos casos, por diferentes razones, su aplicación y cumplimiento es parcial por parte de los establecimientos industriales y la comunidad en general.

El relevamiento realizado permite inferir que no se cumplen con las reglamentaciones vigentes, ya sea a nivel municipal (CPUA que establece los diferentes distritos en que se divide el municipio y el uso del suelo destinado a cada uno) como provincial (Ley de Radicación y Habilitación Industrial que regula la instalación de industrias en zonas urbanas y suburbanas). Por lo tanto, es necesario realizar estudios e informes ambientales para evaluar las actividades y la localización de los establecimientos industriales en el municipio, para poder planificar y poner en marcha medidas correctivas, atendiendo el crecimiento urbano y el cuidado de los recursos naturales.

El establecimiento de indicadores ambientales, en este caso indicadores de calidad del agua, constituye un instrumento que permite monitorear y controlar la contaminación.

La información que surja de la ejecución de este proyecto, permitirá conocer si es necesario realizar acciones de mitigación para que los arroyos que atraviesan las zonas que comprenden las dos cuencas analizadas, cumplan con los estándares mínimos de calidad de agua, como así también, verificar la calidad del agua de los arroyos que tienen sus nacientes en otros municipios pero en su recorrido atraviesan diferentes zonas del municipio de Oberá.

Una vez determinado el estado de los cursos de agua en las dos cuencas, se podrán correlacionar estos datos con las industrias situadas en las cercanías de los arroyos, y proponer medidas y recomendaciones para su adecuación y cumplimiento de las normativas con el objetivo de minimizar el impacto que generan sobre los recursos hídricos.

La construcción de un mapa georreferenciado de las industrias, determinando la contribución de cada una al impacto ambiental, en particular a los recursos hídricos, y establecer indicadores de calidad de agua que permitan el monitoreo del estado del recurso, puede constituir una herramienta importante para que los gestores municipales dispongan de información actualizada de la situación y en consecuencia establecer prioridades para mejorar el desempeño ambiental de los establecimientos industriales. En este sentido es fundamental el trabajo en conjunto que se pueda desarrollar entre la Municipalidad y la Facultad de Ingeniería, para la generación de políticas y acciones tendientes a favorecer el desarrollo sustentable del municipio.

REFERENCIAS

- [1] GreenFacts, «Recursos Hídricos Resumen del 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo,» [En línea]. Available: <https://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/recursos-hidricos-foldout.pdf>. [Último acceso: Abril 2017].
- [2] INSTITUTO PROVINCIAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS, «Sistema de Información Estadística Local,» Abril 2017. [En línea]. Available: http://media.wix.com/ugd/ae8294_9de6d5ccaaa54bd28829eeceb26cef04.pdf.
- [3] Rodriguez, T. y Reccardi, G. «Dinámica del escurrimiento superficial en calles de una cuenca urbana sometida a intensas precipitaciones en la provincia de misiones,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.fceia.unr.edu.ar/curiham/Publicaciones/2014%20Rodriguez%20D%20y%20Riccardi%20CHLL2014.pdf>. [Último acceso: Abril 2017].
- [4] Municipalidad de Oberá, «Código de Planeamiento Urbano Ambiental,» Oberá, 1998.
- [5] RAMIREZ, R., Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y Aplicación, vol. 1, Ciencia, Tecnología y Futuro, 1997.
- [6] Sessa C. y Niemand, M. «Análisis de Diagnóstico Tecnológico Sectorial Yerbatero y Tealero,» Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Secretaría de Planeamiento y Políticas, Buenos Aires. Argentina, 2013.
- [7] Driscoll, D., «Occupational Safety and Health Administration,» Associates In Acoustics, Inc, [En línea]. Available: http://www.osha.gov/dts/osta/otm/new_noise/#affectedindustries. [Último acceso: 05 10 2016].
- [8] Kolodziej, S. y Cruz, E., «Estudio del Ruido Generado por una Industria de Aserrado de Madera,» de *III Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y países limítrofes*, Resistencia, Chaco, Argentina., 2014.
- [9] Zavala Zavala, D. y Hernández Cortés, R., «Análisis de rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino,» *Madera y Bosques*, pp. 41-65, 2000.
- [10] Montenegro Canales, A., Pérez Campos, M. y Cárdenas Bergmann, J., «Modelamiento Predictivo de la Pérdida Auditiva Laboral, Relacionada con el Tratamiento de Absorción Acústica en una Industria Metal-Mecánica en Chile,» *Ciencia y Trabajo*, vol. 18, nº 56, pp. 73-80, 2016.