

---

# SISTEMA PILOTO PARA LA GESTIÓN Y EL MANEJO DEL AGUA, LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS Y SU APROVECHAMIENTO (PROYECTO ESTRATÉGICO DEL FONACIT 2011000961). AVANCES

Poleo<sup>1</sup> Germán, Lué<sup>1</sup> Marcó, Piña<sup>2</sup> Rafael, Giordani<sup>2</sup> Lucía, Segura<sup>1</sup> Yngrid, Torres<sup>1</sup> Gosmyr, Díaz<sup>1</sup> Florangel, Luisana<sup>1</sup> Bastardo, Asuaje<sup>1</sup> Juana, Torres<sup>1</sup> Jhonathan, Piña<sup>3</sup> Xiomara.

<sup>1</sup>Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado

<sup>2</sup>Consejo Comunal Lomas de Tabure II y III, Cabudare

<sup>3</sup>Universidad Politécnica Territorial Andrés Bello, estado Lara

## Resumen

Con el proyecto estratégico del FONACIT 2011000961 se persigue promover soluciones a la problemática de la escasez de agua y su distribución en el ámbito territorial del Consejo Comunal Lomas de Tabure II y III, Decanato de Agronomía, Núcleo Tarabana, generando un modelo de gestión centrado en el ahorro del recurso, el reciclaje y la protección de la cuenca asociada y su bosque, el cual es replicable a otros ámbitos territoriales. Esto impacta directamente sobre la calidad de vida de la comunidad, su economía y sobre el ambiente asociado. La comunidad se beneficiaría directamente con un sistema para el almacenamiento y suministro de agua que incide positivamente en todos los aspectos de su desenvolvimiento: salud, económico, social, entre otros. En el aspecto económico se plantea la transferencia científico-tecnológica en el manejo de cultivos ecológicamente sustentables, como la *Vanilla planifolia*. Entre los objetivos ya alcanzados se encuentra la línea base de sedimentos suelos y agua de la cuenca, mediante la aplicación del modelo de gestión ARCAL RLA010, cuyos primeros resultados para la línea base se presentan en este trabajo.

**Palabras clave:** Tabure, gestión cuenca, monitoreo ambiental, proyecto ARCAL RLA010

## Introducción

El agua dulce de nuestro planeta representa 2,5% del total del agua, siendo las dos terceras partes utilizadas para agricultura y cerca de un cuarto para la industria. Estas actividades y los asentamientos humanos contribuyen a la contaminación de las aguas superficiales, particularmente cerca de las áreas urbanas limitándose los usos del recurso en dichas áreas, como por ejemplo: irrigación, industrial, recreación, agua para consumo humano y protección de la vida acuática. En el mundo en desarrollo, más del 95% de las aguas negras urbanas se descargan sin tratamiento en las aguas superficiales, constituyendo una amenaza para la salud humana (la falta de acceso al agua potable y saneamiento seguros causa cientos de millones de casos de enfermedades y más de 5 millones de muertes por año [PNUMA, (2002)]. Reconociendo la importancia del problema, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) ha mantenido, por cierto tiempo, varias actividades destinadas a armonizar programas para el monitoreo saludable de la calidad del agua para consumo humano en países de América Latina y el Caribe. En ese mismo orden de ideas, la OIEA mediante el proyecto ARCAL ha ejecutado el proyecto ARCAL RLA 010, para la gestión de masas de agua superficiales contaminadas, mediante una estrategia de armonización de criterios para bases de datos, protocolos de muestreo y análisis, modelos de dispersión de contaminantes e índice de calidad de agua, consensuada entre 12 países de América Latina y el Caribe [ARCAL, (2010); Ávila *et al*, (2011)].

El agua dulce para consumo doméstico es un recurso natural escaso tanto a nivel mundial como nacional. En el estado Lara la situación es bien pronunciada, por cuanto un porcentaje significativo del territorio se enmarca dentro del semiárido, o en su defecto en zonas donde se dificulta el acceso a este recurso o su distribución. La salud pública es afectada de forma significativa por la ausencia o deficiencia de este importante recurso. Existen numerosas enfermedades relacionadas a la falta de un suministro adecuado del mismo, en forma directa (dengue, disentería, entre otras) e indirecta (hambre y desnutrición). Es causa de altas estadísticas de mortalidad tanto a nivel nacional como mundial. El recurso incide directamente sobre la seguridad y soberanía alimentaria. Es necesario internalizar a nivel vertical y horizontal que la problemática del agua no puede resolverse con la utilización del agua de nuestros acuíferos, manantiales y ríos de manera prioritaria. La piedra angular es el ahorro, la optimización, el reciclaje y la protección de las fuentes. La conservación y el uso racional de este recurso deben contemplar diferentes estrategias que garanticen el ahorro del mismo aunado al monitoreo constante de la calidad, el tratamiento de las aguas residuales para su reutilización, la protección de las cuencas y sus bosques asociados, prácticas agro-productivas ecológicamente sustentables y el control ambiental de los residuos sólidos urbanos y su reutilización con el fin de evitar el impacto ambiental y de manera preferente con el propósito de obtener subproductos con valor agregado. Con el proyecto se persigue promover

soluciones a la problemática de la escasez del agua y su distribución en el ámbito territorial del Consejo Comunal Lomas de Tabure 1 y 2, Decanato de Agronomía, Núcleo Tarabana generando un modelo de gestión centrado en el ahorro del recurso, el reciclaje y la protección de la cuenca asociada y su bosque, el cual es replicable a otros ámbitos territoriales. Esto impacta directamente sobre la calidad de vida de la comunidad, su economía y sobre el ambiente asociado. La comunidad se beneficiaría directamente con un sistema para el almacenamiento y suministro de agua que incide positivamente en todos los aspectos de su desenvolvimiento: salud, económico, social, entre otros. En el aspecto económico se plantea la transferencia científico-tecnológica en el manejo de cultivos ecológicamente sustentables. Para el Decanato de Agronomía, el proyecto es una oportunidad valiosa para la solución de su más grave problema: el agua, al tiempo que permitiría actualizar y generar una infraestructura y un esquema organizacional necesarios para la generación de conocimientos y la transferencia de tecnología de la gestión del agua y los residuos sólidos y líquidos.

El avance del proyecto que lleva por título sistema piloto para la gestión y el manejo del agua, los residuos sólidos y líquidos y su aprovechamiento como subproductos de valor agregado en el ámbito territorial del Parque Nacional Terepaima.” es parte de los resultados obtenidos a partir de su objetivo general que fue diseñar y ejecutar un sistema piloto para la gestión y el manejo del

agua, los residuos sólidos y líquidos y su aprovechamiento como subproductos de valor agregado en el ámbito territorial del Parque Nacional Terepaima.

Entre sus objetivos específicos se tienen los siguientes

A.)Aplicar herramientas de sistemas de información geográfica. para sistematizar la información geográfica antes de la toma de decisiones para el aprovechamiento del agua de lluvia en el ámbito territorial del Parque Nacional Terepaima, Consejo Comunal Lomas de Tabure II y III y Núcleo Tarabana del Decanato de Agronomía,UCLA. : censo poblacional, Creación de vectores (puntos, líneas y polígonos), Modelos de elevación del terreno (3D) y Bases de datos.

B.)Determinar la línea base geoquímica ambiental de la Cuenca de la Quebrada Tabure y establecer un modelo de gestión en función de los lineamientos del proyecto ARCAL RLA-010.

C.)Evaluar la efectividad de sistemas de captación de agua de lluvia en función de las variables climáticas, geo-económicas y el consumo en la comunidad de Lomas de Tabure 2 y el núcleo Tarabana decanato de Agronomía.

D.)Evaluar el efecto de franjas o canales de infiltración en la restauración de hábitats con especies autóctonas.

E.)Propagar mediante la técnica de cultivo *in vitro* especies autóctonas de orquídeas y evaluar su potencial como rubro de cultivo ecológicamente sustentable para el sector de la Cuenca de la Quebrada Tabure.

F.)Evaluar un sistema piloto de producción piscícola combinado con la producción de hortalizas (acuapónica)

como modelo para el aprovechamiento óptimo del agua.

H.)Evaluar un sistema de lombricultura para el aprovechamiento de desechos sólidos en el Núcleo Tarabana y la escuela de la comunidad de Lomas de Tabure II y III con la producción de abonos orgánicos y vermicompost.

I.)Determinar a escala piloto la eficiencia de la lombriz californiana para la biorremediación de elementos tóxicos de suelos de vertedero.

J.)Determinar a escala piloto la eficiencia de macrófitas acuáticas y vetiver en la extracción de elementos.

K.)Convertir el Decanato de Agronomía y la Comunidad de Lomas de Tabure II y III en un centro piloto sobre el manejo adecuado del agua, los residuos sólidos y líquidos y su aprovechamiento, y en general la protección y conservación de la cuenca.

**Usuarios y/o beneficiarios potenciales del proyecto:** comunidad de Lomas de Tabure II y III, Comunidad del Decanato de Agronomía, Ministerio del Ambiente, Alcaldía de Palavecino, Población de Cabudare, parroquias Agua Viva y Sector Tarabana, en la zona de influencia de la Cuenca.

**Logros y Alcances adicionales**  
Inclusión del aspecto Antrópico en la concepción de protección al patrimonio, de forma integral, lo que ha llevado al rescate del patrimonio arqueológico en la Cuenca.

## Resultados y Discusión

Ante la ausencia de datos analíticos sobre muestras de agua suelo y biota de la cuenca de la quebrada Tabure, se llevan a cabo monitoreos ambientales con la finalidad de definir una línea base. Se han realizado tres campañas: Diciembre 2011, Febrero 2012, Mayo 2012 y Julio 2012. Se tomaron muestras de suelo en puntos contaminados o Vertederos ilegales sobre la ribera derecha de la quebrada Tabure, en puntos Control en las riberas derecha e izquierda de la quebrada, en sedimentos del lecho de la quebrada, aguas abajo de los Vertederos, y en muestras de agua procedentes de los Dique Toma, aguas arriba y aguas abajo de los Vertederos. Las muestras fueron colectadas, preparadas y analizadas de acuerdo a los lineamientos del Manual de Protocolos Armonizados del Proyecto ARCAL RLA 010, como fue establecido en los objetivos específicos del Proyecto Estratégico [Alberro *et al*, (2011)].

En líneas generales las muestras de suelo y sedimento analizadas presentan niveles de mercurio total superiores al límite establecido. El pH básico se corresponde con las características geoquímicas de la zona, definida por las altas concentraciones de carbonato de calcio. Los niveles de mercurio encontrado se corresponden con la presencia de bombillos ahorradores dispersos.(Tabla 1)

**Tabla 1.** Análisis Químico de Muestras de suelo en la Cuenca de la Quebrada Tabure. Zona de Vertederos Ilegales.

|                           | Elemento   |           |       |         |                   |                      |               |                 |
|---------------------------|------------|-----------|-------|---------|-------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| Muestra                   | Fósforo    | Nitrógeno | Zinc  | Cromo   | Mercurio          | pH                   | Conductividad |                 |
|                           | (mg/Kg)    |           | mS/cm |         |                   |                      |               |                 |
| Vertedero Bombillos       | 8694 ±1701 | 899±548   | 21±5  | 18(7)   | 2,1±0,5           | 7,65 ±0,02           |               | 103 ±6          |
| Vertedero metales         | 6891 ±6270 | 1356±1562 | 38±6  | 25(3)   | 11±1              | 8,07±0,04            |               | 1375±80         |
| Control al lado vertedero | 5849±2575  | 1168±1294 | 24±19 | MENOR 9 | Menor 1 mg/<br>Kg | 7,4±0,2              |               | 73±7            |
| Control Biblioteca        |            | 1805±300  |       |         | Menor 1           | 8,3±0,1              |               | 540±21          |
| Colonia orquideas         |            |           |       |         | 7,3 ±4 8,4±3      | 7,57±0,07<br>7,6±0,2 |               | 133±15<br>117±6 |
| Colonia Orquideas 2       |            |           |       |         | 12,6±2            | 7,60±0,05            |               | 100±10          |

Los niveles de mercurio en muestras de sedimento de lecho de la quebrada Tabure se encuentran dentro de un rango 8 veces superior al establecido como de riesgo probable (0,7 mg/Kg) establecido en normativas internacionales [Rojas *et al.*(2005)]. La ubicación de un vertedero aguas arriba en el lecho de la quebrada es un indicio muy importante de la procedencia del elemento. Deben tomarse medidas a fin de estudiar más

exhaustivamente los niveles de mercurio en distintos puntos de la cuenca para verificar su relación directa o no con el vertedero de bombillos. Por otra parte, los valores de pH básico y conductividad baja del sedimento indican que existen condiciones favorables a la inmovilización del elemento dentro del lecho (Tabla 2), disminuyendo los posibles riesgos [Galán y Romero, (2008)].

**Tabla 2.** Parámetros estudiados en las muestras de sedimento de la Quebrada Tabure y Concentración de mercurio. Campaña abril 2012.

| Punto de muestreo                                           | Concentración de Mercurio (mg/Kg) | pH          | Conductividad (mS/cm) 1:2 |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------|---------------------------|
| Lecho de la Quebrada 100 m antes del Dique abajo (540 msnm) | 5,2±1,8                           | 7,95±0,06   | 543 ± 20                  |
| Lecho de la Quebrada después del Dique abajo( 540 msnm)     | 6,0±1,8                           | 7,95+/-0,08 | 370 ± 32                  |
| Dique toma arriba (870 msnm)                                | Menor 1                           | -----       | -----                     |
| Entrada Decanato                                            | Menor 1                           | 7,7 ±0,2    | 120 ±6                    |

### Análisis de Muestras de Agua

En líneas generales, la composición elemental de las muestras de agua analizadas, mostrada en la Tabla 3,tomadas en el punto Dique arriba, cumple con los lineamientos del Decreto 883 de 1995, Sobre la norma para la clasificación y control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Sin embargo, se observa una dureza total alta, superior al límite

aceptable establecido, y concordante con los altos contenidos de carbonato de calcio observados en los suelos de la zona Berroterán (2010).

**Tabla 3.** Análisis Químico de Muestras de Agua del Dique Toma de la Quebrada Tabure. \* Análisis de elementos traza realizado por la técnica TXRF en la Universidad de Concepción, Chile.

|                                             |               |
|---------------------------------------------|---------------|
| pH                                          | 7,7           |
| Conductividad mg/L                          | 478           |
| Analito                                     | Concentración |
| Fósforo (mg/L)                              | 0,21 ±0,02    |
| N-NH <sub>3</sub> (mg/L)                    | 0,15±0,12     |
| N-NO <sub>3</sub> -(mg/L)                   | 1,4±0,1       |
| N-NO <sub>2</sub> - (mg/L)                  | menor 0,025   |
| Dureza Total mg/L CaCO <sub>3</sub>         | 671±14        |
| Dureza cálcica (mg/L CaCO <sub>3</sub> )    | 562 ±3        |
| Alcalinidad total (mg/L CaCO <sub>3</sub> ) | 126 ±2,3      |
| K (mg/L)                                    | 1,7±0,3       |
| Ca (mg/L)                                   | 212±6         |
| Ti (mg/L)                                   | menor 0,066   |
| Cr (mg/L)                                   | menor 0,020   |
| Mn (mg/L)                                   | 0,048±0,014   |
| Fe (mg/L)                                   | 0,935 ±0,03   |
| Ni (mg/L)                                   | 0,054±0,008   |
| Cu (mg/L)                                   | 0,024±0,006   |
| Zn (mg/L)                                   | 0,064±0,008   |
| As (mg/L)                                   | 0,018 ±0,005  |
| Br (mg/L)                                   | 0,017±0,003   |
| Sr (mg/L)                                   | 1,8±0,1       |
| Pb (mg/L)                                   | menor 0,031   |
| Hg disuelto                                 | Menor 0,006   |
| O disuelto mg/L                             | 4,9           |
| Temperatura Agua                            | 24            |
| Sólidos totales disueltos (mg/L)            | 640 ±70       |
| Sólidos totales suspendidos                 | 148 ±127      |

## Conclusiones

Se estableció la línea base preliminar de sedimentos suelos y agua de la cuenca, la aplicación del modelo de gestión ARCAL RLA01. Se destaca la presencia del elemento mercurio en niveles superiores a los máximos establecidos para suelos y sedimentos, asociados a la existencia de vertederos ilegales de bombillos ahorradores. El agua perteneciente al punto identificado como Dique arriba en la Quebrada Tabure cumple con los requerimientos del Decreto 883 sobre las normas de clasificación de agua de la República Bolivariana de Venezuela y es de tipo 1.

## Agradecimiento

Al Proyecto estratégico del FONACIT 2011000961 y proyecto CDCHT-UCLA RAG-004-2012 por el financiamiento de la investigación.

## Referencias Bibliograficas

Alberro, N., Bedregal, P., Crubellati, R y Stegen, S. (2011). Proyecto ARCAL RLA 010. Manual de protocolos armonizados y evaluador para la toma de muestra y el análisis de agua y sedimentos para la región de América Latina y el Caribe. Auspiciado por la agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA). 1<sup>era</sup> Ed. Edición: Patricia Bedregal Salas. Lima, Perú. 193 p.

ARCAL RLA 010, (2010). Informe en [www.aguacal.com.ar](http://www.aguacal.com.ar). Consultado 15 de

octubre de 2012.

Ávila, P., Cicerone, D., Da Costa, D. y Bedregal, P. (2011). Proyecto ARCAL RLA 010. Propuesta de un Índice de calidad de agua para región de Latinoamérica y el Caribe. Auspiciado por la agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA). 1<sup>era</sup> Ed. Edición: Patricia Bedregal Salas. Lima, Perú. 193 pp.

Berroteran, B. (2010). Parques Nacionales. Parques por Estado. Parque Nacional Terepaima. Estado Lara, Venezuela. Recuperada el 15 Octubre 2012 <http://araira.org/portal/index.php/parques-por-estado/40-parque-nacional-terepaima>. Consultado el 15/10/2012.

Decreto N° 883. (1995). Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de aguas y vertidos o efluentes líquidos. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.021 (Extraordinario) de fecha 18 de Diciembre de 1995.

Galán Huertos E y Romero Baena A. 2008. Contaminación de Suelos por Metales Pesados. *macla. revista de la sociedad española de mineralogía*, n° 10. pp 48-60.

PNUMA, (2002). Estado del medio ambiente y medidas normativas: 1972–2002.

Rojas de Astudillo L., Chang Yen I., y I. Bekele (2005). Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad and Venezuela. *Rev. biol. Trop* v.53 supl.1