

ARTÍCULO 001 RES 14(1): 2022

KARINA DEL V. PEÑA R., LISBETH A. URRIBARRÍ M. y ELIDES SULBARÁN Z.

Artículo 001

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA INFLUENCIA DE LA DINÁMICA TERRITORIAL DE LA CUENCA DEL RÍO MUCUJÚN Y SU IMPACTO EN EL RECURSO HÍDRICO

*Preliminary analysis of the influence of the territorial dynamics of the
Mucujún river basin and its impact on the water resource*

KARINA DEL V. PEÑA R.¹, LISBETH A. URRIBARRÍ M.² y ELIDES SULBARÁN Z.³

¹ Departamento de Ordenación de Cuencas, Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. ² Departamento de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Experimental del Táchira. ³ Jubilado del Instituto Nacional de Parques (INPARQUES).

E-mails: karina.kapisi@gmail.com, atalid75@gmail.com, elidesasz2010@gmail.com

Recibido: 10/06/2022 Aceptado: 06/12/2022

RESUMEN

La subcuenca del río Mucujún es un territorio de importancia estratégica para la población asentada en la ciudad de Mérida. Por sus características como fuente de agua, producción agrícola y atractivo turístico, fue protegida legalmente bajo las Áreas de Régimen de Administración Especial. Los resultados de esta investigación demuestran que una notoria presión antrópica ha propiciado el cambio de uso de la tierra (tradicional y permitido en el Reglamento de Uso de la Zona Protectora), para el establecimiento de desarrollos urbanos y turísticos. Este cambio, ha resultado en el aumento exponencial de la población y la ocupación anárquica que crea incrementos excesivos de contaminación física y biológica aguas arriba del dique toma del acueducto de Mérida. Esto ha afectado a la sostenibilidad ambiental general y, en particular, al recurso hídrico, provocando un inminente conflicto por el uso del agua. Esta problemática también se ve agravada por los escenarios derivados del cambio climático que se manifiestan con periodos prolongados de sequía. Esta severa falta de agua ha puesto en riesgo la seguridad hídrica del 80% de la población de Mérida al no contar con fuentes alternativas de agua que puedan complementar los caudales proporcionados por el río Mucujún. Ante ello, la Autoridad Nacional en materia de Agua, y la

empresa hidrológica que comercializa las aguas del río, deben enfocarse en la gestión ambiental e integral del agua, para regular la ocupación de la cuenca y garantizar su sostenibilidad ambiental.

Palabras clave: Subcuenca del río Mucujún, dinámica territorial, impacto del recurso hídrico, acueducto de Mérida.

SUMMARY

The Mucujún river sub-basin is a territory of strategic importance for the population settled in the city of Mérida. Because of its characteristics as a water source, agricultural production, and tourist attraction, it was legally protected under the Special Administration Regime Areas bill. The results of this research demonstrate that a notorious anthropic pressure has led to the change of land use (traditional and permitted) in the Regulations of Use of the Protected Zone, for the establishment of urban and tourist developments. This change has resulted in the exponential increase of the population and the anarchic occupation that creates excessive increases of physical and biological pollution upstream of the Mérida aqueduct intake dam. This has affected the general environmental sustainability and, particularly, the water resource, causing an imminent conflict over the use of water. The issue is also aggravated by climate change scenarios that manifest themselves with prolonged periods of drought. Severe lack of water has put at risk the water security of 80% of the population of Mérida, since they do not have alternative water sources that can complement the flows provided by the Mucujún river. Given this, the National Water Authority, and the hydrological company that commercially uses the waters of the river, should focus on environmental and integrated water management, to regulate the occupation of the basin and guarantee its environmental sustainability.

Keywords: Mucujún river sub-basin, territorial dynamics, water resource impact, Mérida aqueduct

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable para la vida y de gran importancia para el desarrollo de la humanidad a lo largo de su historia pasada, actual y futura, sin embargo, cada día existe mayor preocupación por el impacto ambiental que las prácticas del cambio de cobertura y uso de la tierra tienen sobre el recurso hídrico.

En este contexto, la República Bolivariana de Venezuela, país que se caracteriza por contar con un alto potencial en materia de recursos hídricos; sin embargo, la disponibilidad de agua (oferta) se enfrenta a las presiones del crecimiento demográfico y las actividades socio-productivas, producto de los débiles mecanismos de ordenación del territorio, planificación, gestión, fiscalización, monitoreo y evaluación de los recursos hídricos y los servicios que prestan. Esto ha traído como consecuencia la afectación de los recursos naturales en las cuencas hidrográficas así como los conflictos de uso del agua, los problemas de contaminación, la progresiva degradación del paisaje y la desmejora de la calidad del servicio de agua potable de los usuarios del acueducto urbano de Mérida.

De este panorama desfavorable que acontece en el territorio nacional, no escapa la subcuenca del río Mucujún como un espacio estratégico de gran importancia tanto para la ciudad de Mérida como para la población asentada en ella, por su vocación hídrica, agrícola y turística, en la que progresivamente evidencia una notoria presión antrópica sobre los recursos naturales, que tiende a comprometer la sostenibilidad del recurso hídrico en el tiempo. Esta situación es preocupante debido a que esta subcuenca hidrográfica cuenta con una Zona Protectora (ZP) y un Parque Nacional dentro del sistema nacional de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), que persigue la preservación de su calidad ambiental conforme a las potencialidades y limitaciones de los recursos naturales presentes en ella, y a pesar de ello se están presentando problemas ambientales que progresivamente irán alterando la calidad de las aguas del río Mucujún, y conllevará a generar impactos negativos en el subsistema de producción del acueducto urbano de Mérida, cuyo acueducto abastece al 80% de la ciudad de Mérida.

Lo antes descrito ha propiciado generar la siguiente interrogante ***¿Cómo la dinámica territorial y cambios en el uso de la tierra van a influir en la cantidad y calidad del agua cruda, que puede captar y aprovechar la Empresa Aguas de Mérida C.A. para abastecer la ciudad de Mérida, y de la cual depende esté subsistema de producción?***

Es por ello que, la investigación se enmarcó en el interés de conocer la influencia de la dinámica territorial y su impacto en el recurso hídrico, la correlación entre la ocupación de la cuenca y la oferta hídrica de la misma y, particularmente, ¿cómo? es la relación entre las características ambientales derivadas de la ocupación y la acción institucional destinada a gestionar la conservación ambiental de este territorio.

Finalmente, a partir de las conclusiones obtenidas, se plantea una reflexión final y las recomendaciones que, a juicio de los autores, son impostergables si se pretende una gestión ambiental trascendente en términos de sustentabilidad en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en los Andes venezolanos específicamente en el estado Mérida (Figura 1), entre las coordenadas de proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Datum REGVEN, zona 19, 975.405m – 950.651m N, y 282.813m – 260.261m E, por su parte el área de estudio cuenta con una superficie total de 19.247,88 ha (Ávila, 2014).

El área de estudio se denomina, según el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB) como subcuenca hidrográfica del río Mucujún, perteneciente a la región hidrográfica del Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela, cuenca hidrográfica del río Chama (artículo 7, Ley de Aguas, G.O. 38.595, de 2 de enero)(Asamblea Nacional, 2007).

Desde el punto de vista político territorial, está ubicada en el municipio Libertador y pertenece a la parroquia Gonzalo Picón Febres al norte de la ciudad de Mérida, estado Mérida, Venezuela.

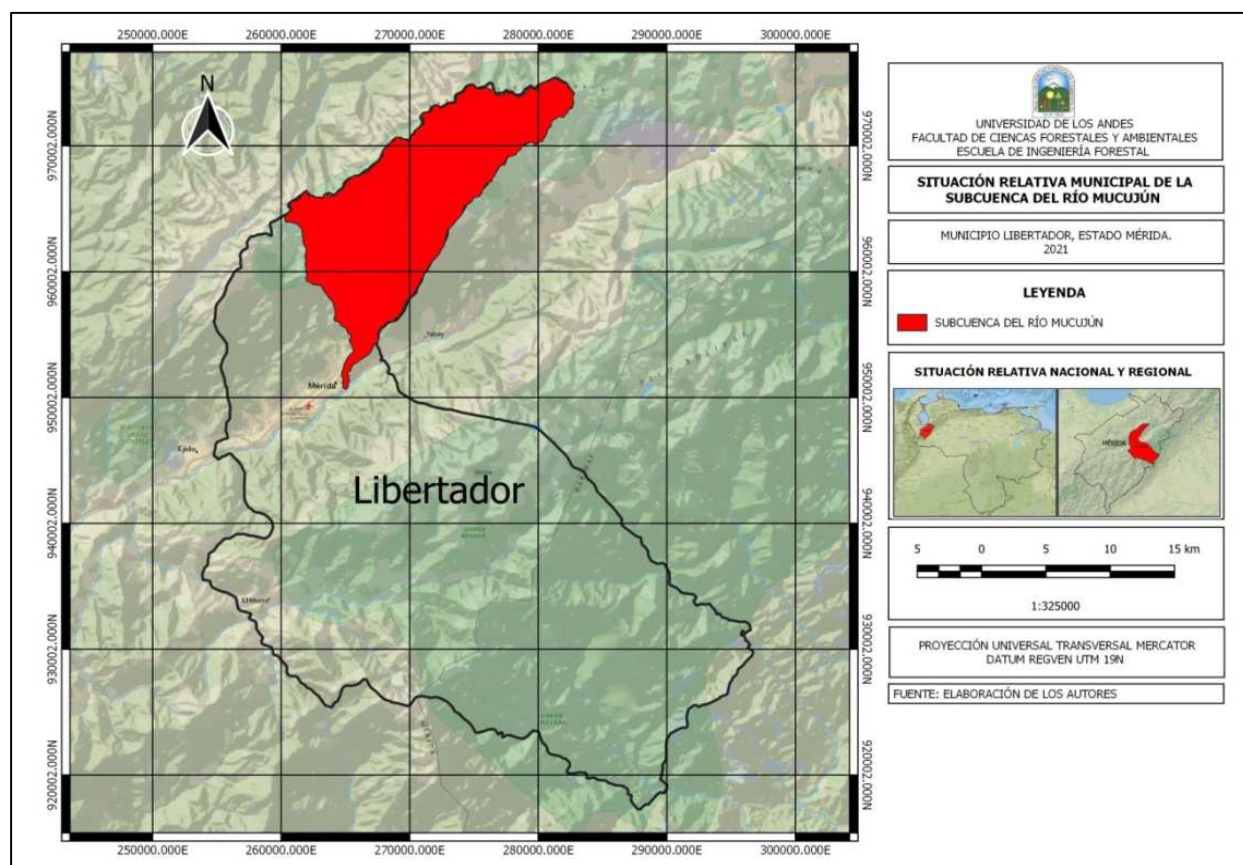


FIGURA 1. Ubicación Relativa subcuenca del río Mucujún, estado Mérida, Venezuela., figura de (Alba y Briceño, 2022).

2.2. Diseño de la investigación

Sé realizó un diseño de investigación documental y descriptiva, basado en la búsqueda de información en fuentes documentales impresas y electrónicas de investigadores vinculados al estudio de la sub cuenca del río Mucujún; así mismo, se compilaron y analizaron los registros históricos de la Empresa Aguas de Mérida C.A. (2015b) del período 2000 -2015, logrando determinar que sólo para el período 2004 – 2012 existe una serie de tiempo estadísticamente válida para su análisis, interpretación y síntesis. Esto representó un procedimiento secuencial y

dinámico de revisión durante un período de quince años, con el fin de interrelacionar, de forma preliminar, cómo influyen los cambios de cobertura y uso de la tierra de la cuenca hidrográfica abastecedora de agua en la demanda promedio de agua para consumo doméstico y en la variación de parámetros básicos físicos y bacteriológicos del agua cruda captada del río Mucujún.

Para lograr establecer una correlación en el análisis de la influencia de la dinámica territorial para uso residencial y su impacto en el recurso hídrico, se elaboraron mapas de cobertura y uso de la tierra de los años 2004, 2008, 2012 y 2015, a través de la interpretación de imágenes de satélite multi espectral Landsat 7 ETM +, con una resolución espacial de 30 m y el uso del sistema de información geográfica (ArcGIS 10.2), bajo una clasificación no supervisada, empleando una proyección UTM, zona 19 Norte, Datum vertical WGS84 y escala gráfica. Esto implicó la realización de varios recorridos de campo para la verificación de las categorías evaluadas asociadas a centros poblados y cambios de uso del suelo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el contexto legal ambiental, la subcuenca del río Mucujún, fue declarada como Zona Protectora (Decreto 773, Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 33.285, Agosto 14) (Congreso Nacional de la República, 1985), dentro del sistema nacional de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), por su importancia como abastecedora de agua para la ciudad de Mérida y por la potencialidad de utilización de los recursos en la cuenca misma, de manera de hacerla compatible con la preservación de su calidad ambiental y conforme a las capacidades y limitaciones de los recursos naturales presentes en ella.

Consecutivamente, se establece el Reglamento de Uso de la Zona Protectora (Decreto 1264, Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 3.922, Octubre 13) (Congreso Nacional de la República, 1986), el cual especifica una zonificación de

cuatro (4) Unidades de Ordenación del Ministerio del Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela (MINAMB, 2007), dentro de las cuales prácticamente en sólo una de ellas (Unidad I) se permite localizar uso residencial rural y actividades económicas productivas (Cuadro 1 y Figura 2).

CUADRO 1. Unidades de ordenación del Reglamento de Uso de la Zona Protectora de la subcuenca del río Mucujún. Fuente: Decreto 773, Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 33.285, Agosto 14. (Congreso Nacional de la República, 1985).

Unidades de Ordenación	Uso de la Tierra
Unidad I	Los usos y actividades permitidos en esta unidad, son los siguientes: agrícola, pecuario, turístico, recreacional, residencial rural, artesanal, de Investigación científica y educacional (Artículo 14, Parágrafo único). Por lo que se encuentra bajo precisas restricciones.
Unidad II	Comprende a la parte más baja de las estribaciones montañosas, comprendiendo aquellas áreas que presentan limitaciones al uso y que han sido intervenidas bajo los diferentes grados de intensidad, por tanto, requieren del establecimiento de medidas que permitan la recuperación de los espacios más afectados y frágiles (Artículo 15). La misma está conformada por seis sectores y en el artículo 16 se especifica la ubicación, usos, medidas y restricciones.
Unidad III	El uso asignado según el artículo 17, Parágrafo Único es el de Protector con grado severo de restricciones. Esta categoría impide cualquier tipo de intervención, permitiéndose solamente actividades de repoblamiento o recuperación de áreas que hayan sido anteriormente deforestadas y que requieran este tipo de tratamiento, así como actividades de investigación científica que no requieran la construcción de instalaciones y la captación de aguas según lo establecido en este Reglamento.
Unidad IV	El uso asignado es el Protector con grado fuerte de restricciones permitiéndose actividades que no impliquen ningún tipo de alteración del paisaje y que puedan ser practicadas a pequeña escala, tales como: excursionismo y andinismo, pesca deportiva, científica y educativa bajo restricciones (Artículo 18, Parágrafo único).

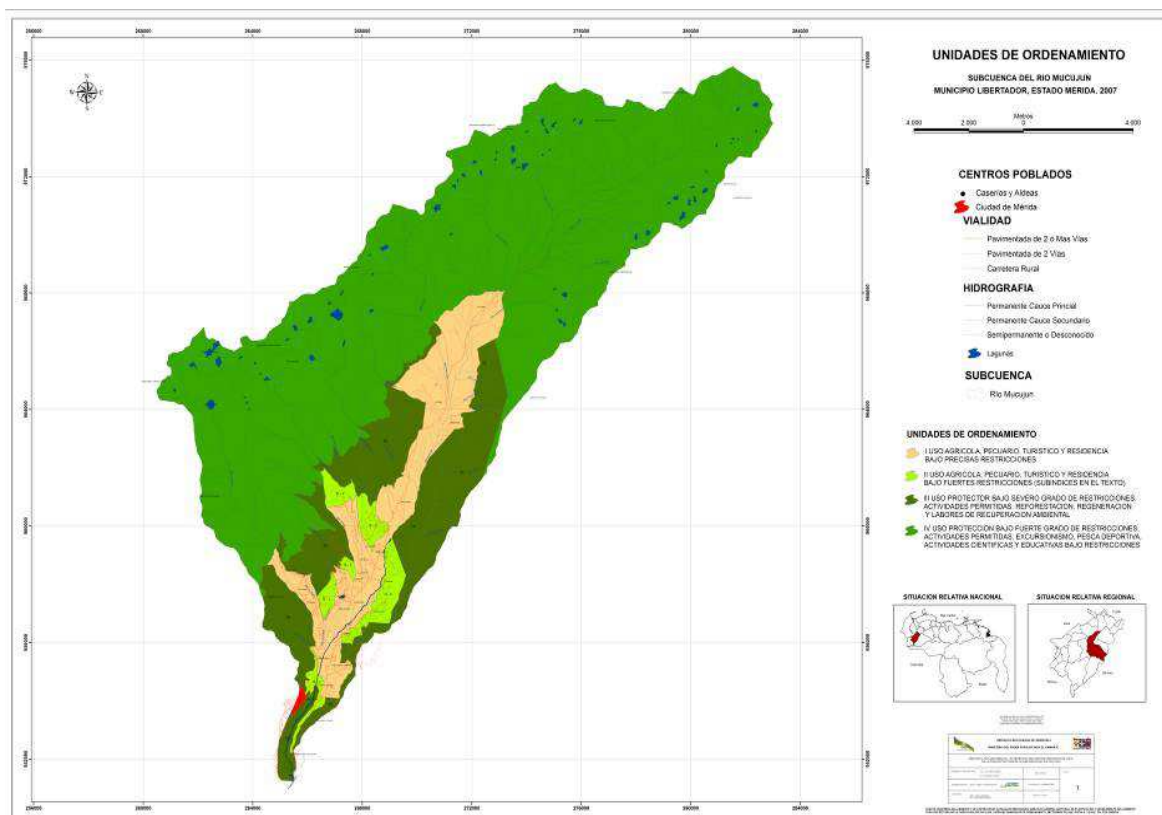


FIGURA 2. Unidades de Ordenamiento de la subcuenca del río Mucujún estado Mérida, Venezuela. Fuente: MINAMB (2007b).

Posteriormente y solapado parcialmente con la Zona Protectora de la subcuenca del río Mucujún, se creó el Parque Nacional Sierra de La Culata (Decreto 640, Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 34.439, Marzo) (Congreso Nacional de la República, 1990). Seis años después mediante se estableció el Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso de dicha área protegida (Decreto 670, Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 4.907, Mayo) (Congreso Nacional de la República, 1995a), con una superficie total de aproximadamente 200.400

hectáreas (Rincón *et al.*, 2007 citado por Colmenares, 2017) y un área de 13.840 hectáreas de solapamiento con la Zona Protectora (Colmenares, 2018).

Desde el año 2010 hasta la actualidad, la Autoridad Nacional Ambiental realiza la revisión técnica del Reglamento de Uso de la Zona Protectora, llevando un proceso intermitente de discusión con las comunidades e instituciones públicas y privadas, referida a las bases para un Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso de la Zona Protectora, que sustituya al Reglamento vigente y que permita una actualización de la situación del uso de la tierra dentro de la sub cuenca; hasta el año 2022 no se ha publicado por parte del Estado Venezolano ninguna actualización y aprobación de los instrumentos legales, sin embargo, desde la academia merideña destacados investigadores realizan monitoreo y evaluación de la problemática ambiental de la cuenca del río Mucujún, instando a la Autoridad Nacional competente en la materia a la toma de decisiones urgentes ante el acelerado proceso de ocupación del territorio y degradación ambiental de la principal fuente abastecedora del acueducto urbano de la ciudad de Mérida.

Dinámica de ocupación territorial. La ocupación del territorio en América Latina, ha evidenciado en los últimos años el irrespeto al sistema de ordenamiento territorial, establecido para regir la asignación y emplazamiento de los usos del suelo y, por ende, desencadena una serie de problemas ambientales que afecta a corto, mediano y largo plazo la condición ambiental propia de las cuencas, las actividades que allí se desarrollan y a los usuarios de los recursos naturales, especialmente el recurso hídrico como motor del desarrollo sostenible de la humanidad.

De esta situación no ha escapado la subcuenca del Mucujún como principal fuente abastecedora de agua del 80% de la ciudad de Mérida, que originalmente se caracterizó por su carácter rural, donde las actividades económicas predominantes han estado vinculadas al uso agrícola de la tierra, sin embargo,

estas características de la zona han ido cambiando progresivamente en el tiempo, ya que sus actividades agropecuarias han cedido parte de sus espacios para el establecimiento de la actividad residencial y turística, situación que se evidencia con mayor predominancia en la vertiente derecha de la cuenca, debido a las condiciones topográficas favorables.

Esto a pesar de que desde tiempos remotos la protección de los bosques y el agua, fue una visión de los aborígenes al establecer usos de la tierra en la cuenca acorde a principios de preservación del ambiente. Esta actitud conservacionista fue ratificada por los colonos españoles, donde la protección legal de la cuenca se hizo según la cultura jurídica de la corona hispana, por lo que en el año 1860 el Cabildo Merideño, se reservó la propiedad de los bosques de la cuenca del Mucujún para garantizar agua de consumo y regadío (Cabeza, 2007 citado por Ospino *et al.*, 2012).

En el área de estudio se ha realizado numeros estudios en un período de 50 años y todos los autores señalan la vocación hídrica, turística y agropecuaria de la misma y, para la década de 1970, los autores Hernández (1976) y Grimaldo (1978), alertaron sobre los problemas ambientales que pueden llegar a presentarse al seguir la tendencia de ocupación anárquica del territorio y usos no adecuados de las tierras, lo que puede llegar a comprometer la cantidad y calidad del agua de esta cuenca estratégica para la ciudad de Mérida.

Así mismo, Ospino *et al.*, 2012, señalaron en su estudio que el bosque húmedo montano bajo de la zona protectora del río Mucujún se encuentra altamente intervenida y hace especial mención a los abanicos aluviales de las quebradas La Caña, La Vergara, La Carbonera, El Arado, El Robo (1371,88 hectáreas), donde se vienen emplazando de forma anárquica centros poblados de baja a alta densidad poblacional y actividades agropecuarias y turísticas. Situación que se viene incrementado al haber transcurrido diez años de este reporte (Figura 3), todo ello a pesar de que el área cuenta con restricciones legales establecidas en el reglamento de uso vigente.



FIGURA 3. Vista de la dinámica de ocupación del territorio en la parte media de la cuenca del río Mucujún, figura a partir de (Ospino *et al.*, 2012) y la imagen satelital Google Earth: 2022.

Por lo antes descrito y a pesar de las alertas de numerosos científicos y la vigencia del Reglamento de Uso de la Zona Protectora de la subcuenca del río Mucujún desde el año 1986, esta dinámica de cambio de uso del suelo para establecer actividades de carácter residencial, se viene ejecutando de forma anárquica por lo que se observa en los **últimos 36 años** el ir configurándose progresivamente centros poblados a pesar de las restricciones establecidas en este instrumento legal.

En este contexto, Colmenares (2018), señala la existencia de **34 centros poblados** que se han conformado en la cuenca, esto da indicios del incumplimiento del ordenamiento territorial establecido en el Reglamento de Uso de la Zona Protectora, donde el uso residencial se permite sólo en la Unidad I bajo precisas restricciones y en la Unidad II bajo fuertes restricciones, por tanto, sólo permite el desarrollo residencial con restricciones en escasos cuatro (04) centros poblados: El Playón, La Caña, La Culata y El Vallecito en parcelas de 1000 m² de extensión (Figuras 4 a y 4b).

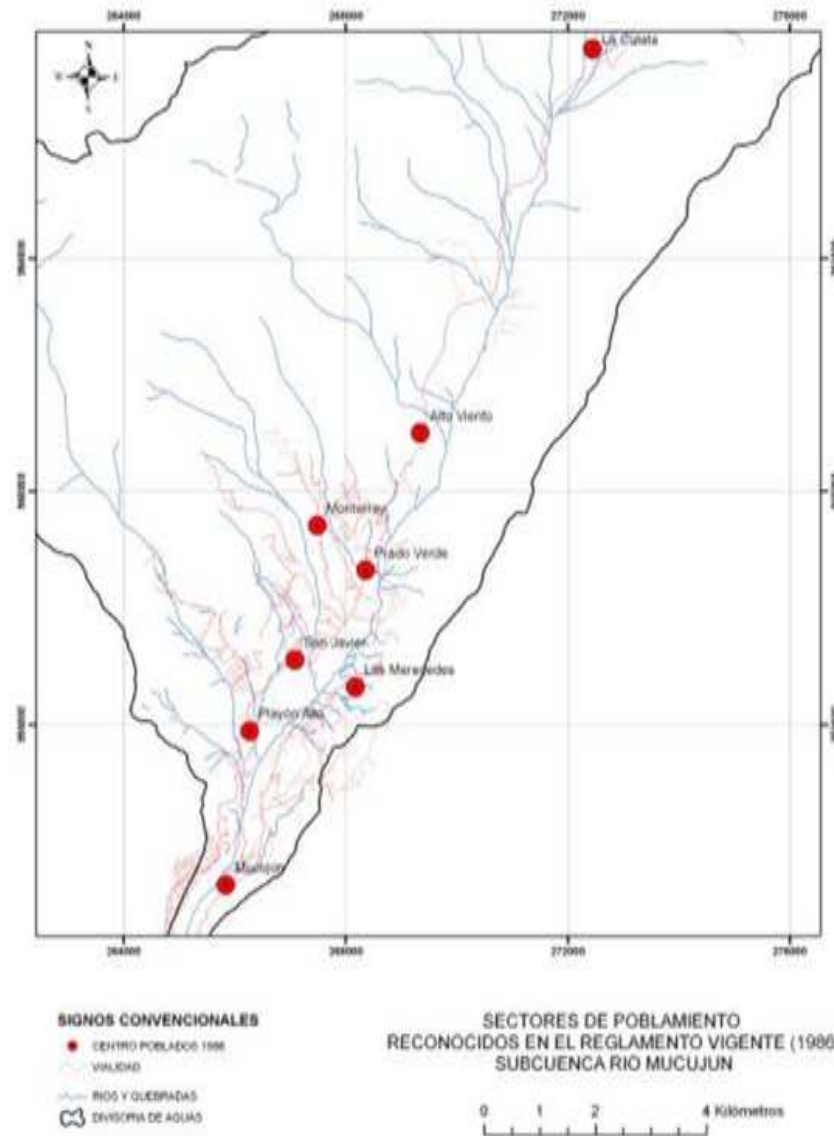


FIGURA 4a. Ubicación relativa de los sectores de poblamiento reconocidos en el Reglamento vigente de 1986 y sectores existentes para el año 2017, figura a partir de (Colmenares, 2018).

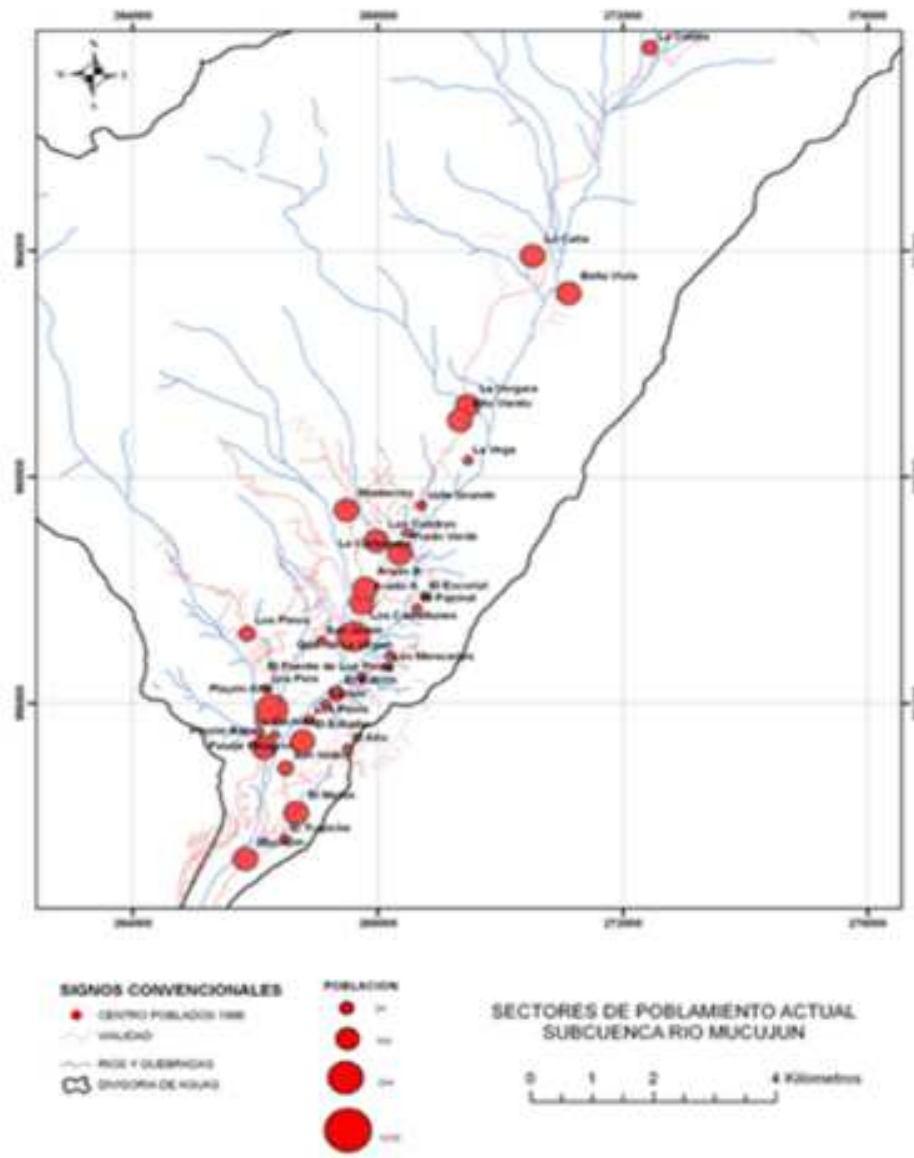


FIGURA 4b. Ubicación relativa de los sectores de poblamiento reconocidos en el Reglamento vigente de 1986 y sectores existentes para el año 2017, figura a partir de (Colmenares, 2018).

Esto evidencia la gran debilidad de la Autoridad Nacional Ambiental, órgano a cargo de la administración de la Zona Protectora, en la fiscalización y hacer dar cumplimiento de los instrumentos jurídicos que regulan las actividades de este territorio, aunado a ello, la falta de monitoreo del Estado y tendencias ambientales de la cuenca hidrográfica que conlleve a generar señales de alerta para la toma de decisiones oportunas que se reflejen en la revisión quinquenal de las normas y planes, la revisión en la aplicación de instrumentos jurídicos vigentes y la actualización de los mismos.

Lo antes descrito conlleva a que la población en la subcuenca hidrográfica del río Mucujún, viene creciendo exponencialmente, ya que existe registros que indica que para el año 1963, habitaban en la cuenca 1.348 habitantes, 2.200 habitantes para el año 1976 y 3.145 para el año 1985 y de acuerdo a los censos poblaciones realizados en los años 1961 y 2001 por el Instituto Nacional de Estadística (INE) se puede observar un incremento poblacional del **71,1%**, en donde la población reportada para el año 2001 es de 5.463 habitantes. Sin embargo, Colmenares (2017), señala que en estudios recientes la población contabilizada de acuerdo a los **censos realizados por 25 consejos comunales de la Parroquia Gonzalo Picón Febres para el año 2017, se registraron 14.910 habitantes** concentrada en centros poblados (Figura 4), de este total 2.353 habitantes se encuentran asentados de forma dispersa (viviendas aisladas) en la cuenca.

Este registro de población real para el año 2017 evidencia que se supera la población proyectada realizada por Alba y Briceño (2022), a partir de los datos oficiales del censo nacional (INE, 2001), se estimó que para el área de estudio existiría una población de **13.053 habitantes para el año 2050**.

Según Sulbarán (2021), esto es producto posiblemente de variables como el crecimiento poblacional local de los habitantes en dicha subcuenca, emigración de pobladores aguas abajo hacia el área de la subcuenca por intereses paisajísticos o socioeconómicos, y la expansión urbanística de los centros poblados existentes en el área.

Lo antes expuesto, también se ve reflejado en el incremento de la superficie de la subcuenca del río Mucujún ocupada por centros poblados en el periodo 2004-2015; esto representa el **6.53 %** de la superficie total de la cuenca (Cuadro 2 y Figuras 5a; 5b; 5c; 5d).

CUADRO 2. Superficie ocupada por centros poblados de la subcuenca del río Mucujún. Fuente: Peña, 2019.

Categoría	Años/hectáreas			
	2004	2008	2012	2015
Centros Poblados	929,1	1.042,0	1.042,0	1.269,2

De acuerdo a los resultados descritos en la tabla 1 y expresados gráficamente en las figuras 5a; 5b; 5c; 5d, se presume que este proceso de ocupación del territorio para establecer centros poblados adyacentes a la vía principal y secundarias, se han ejecutado sin los permisos y autorizaciones de las autoridades nacionales, estatales y locales que les compete, debido a la falta o escasa fiscalización, control y cumplimiento de lo establecido en el Reglamento de Uso de la Zona Protectora de la sub cuenca del río Mucujún.

Cuya zonificación establece restricciones para el uso residencial, por ser ésta la principal fuente abastecedora de agua para el 80% de la ciudad de Mérida, lo que tiende a incrementar los problemas ambientales en el área de estudio, entre ellos la contaminación del agua, debido al incremento de descarga directa de aguas residuales domésticas, sin tratamiento previo, a los afluentes y río principal.

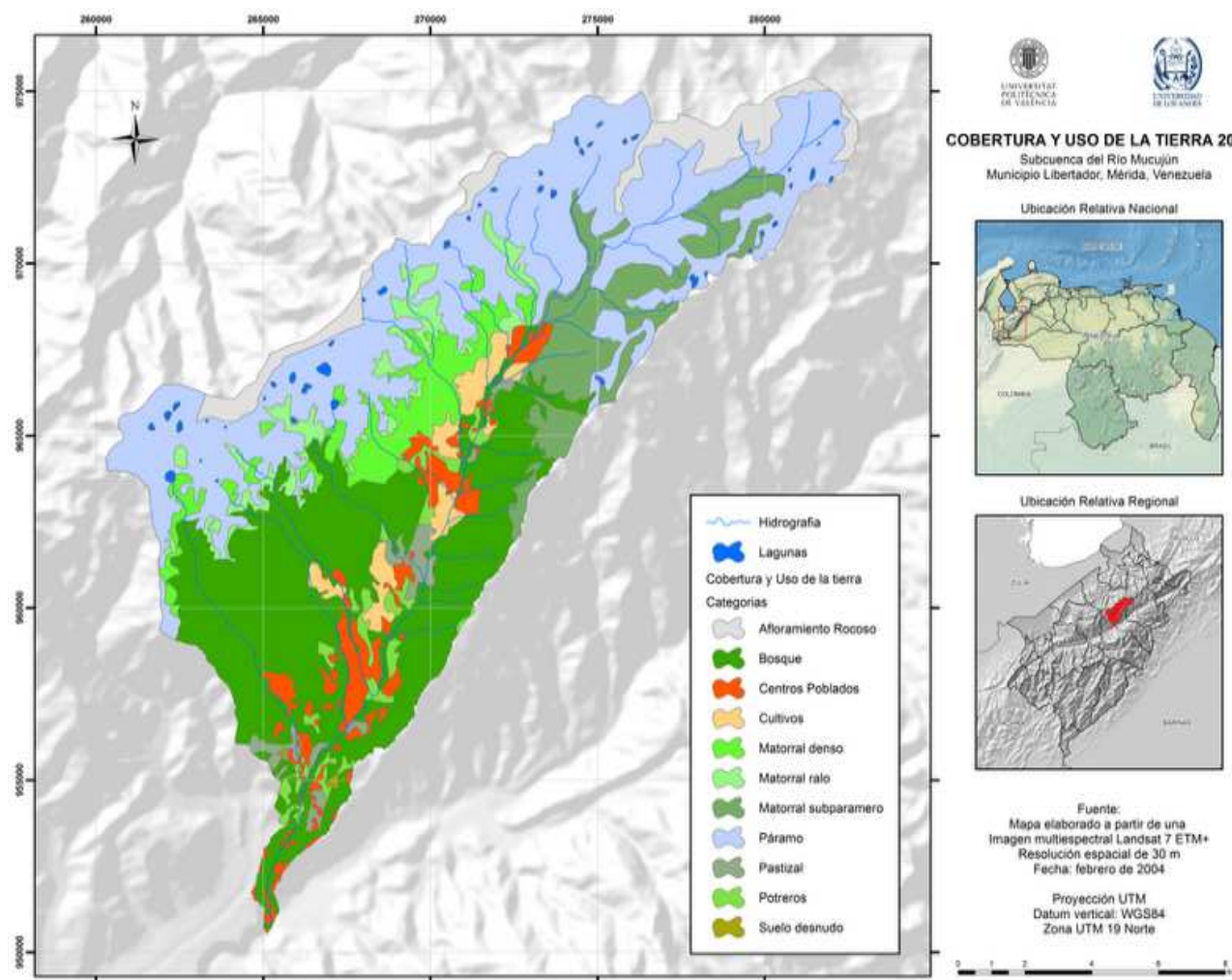


FIGURA 5a. Cobertura y uso de la tierra de la subcuenca hidrográfica del río Mucujún, período 2004 - 2015, figura a partir de (Peña, 2019).

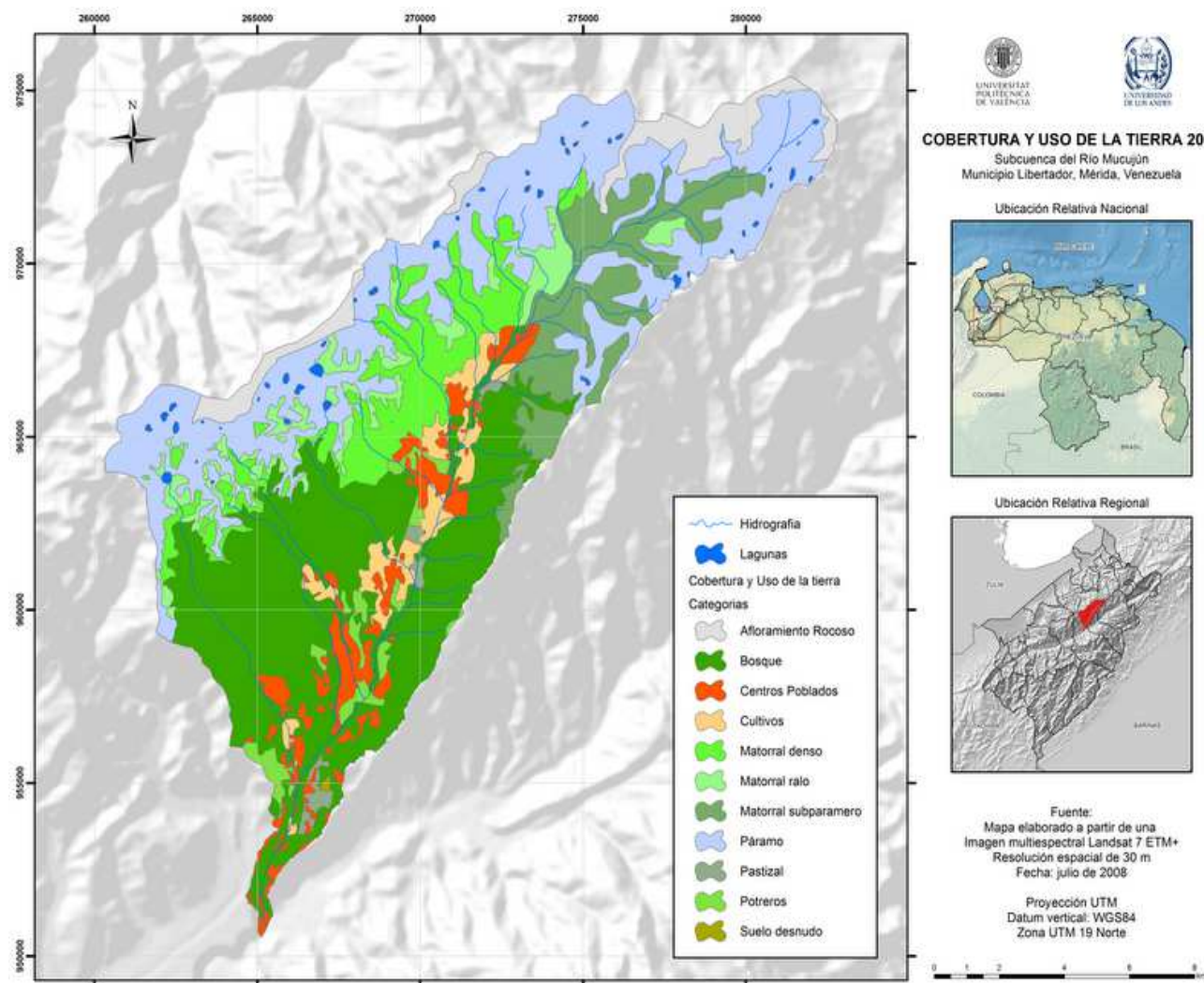


FIGURA 5b. Cobertura y uso de la tierra de la subcuenca hidrográfica del río Mucujún, período 2004 - 2015, figura a partir de (Peña, 2019).

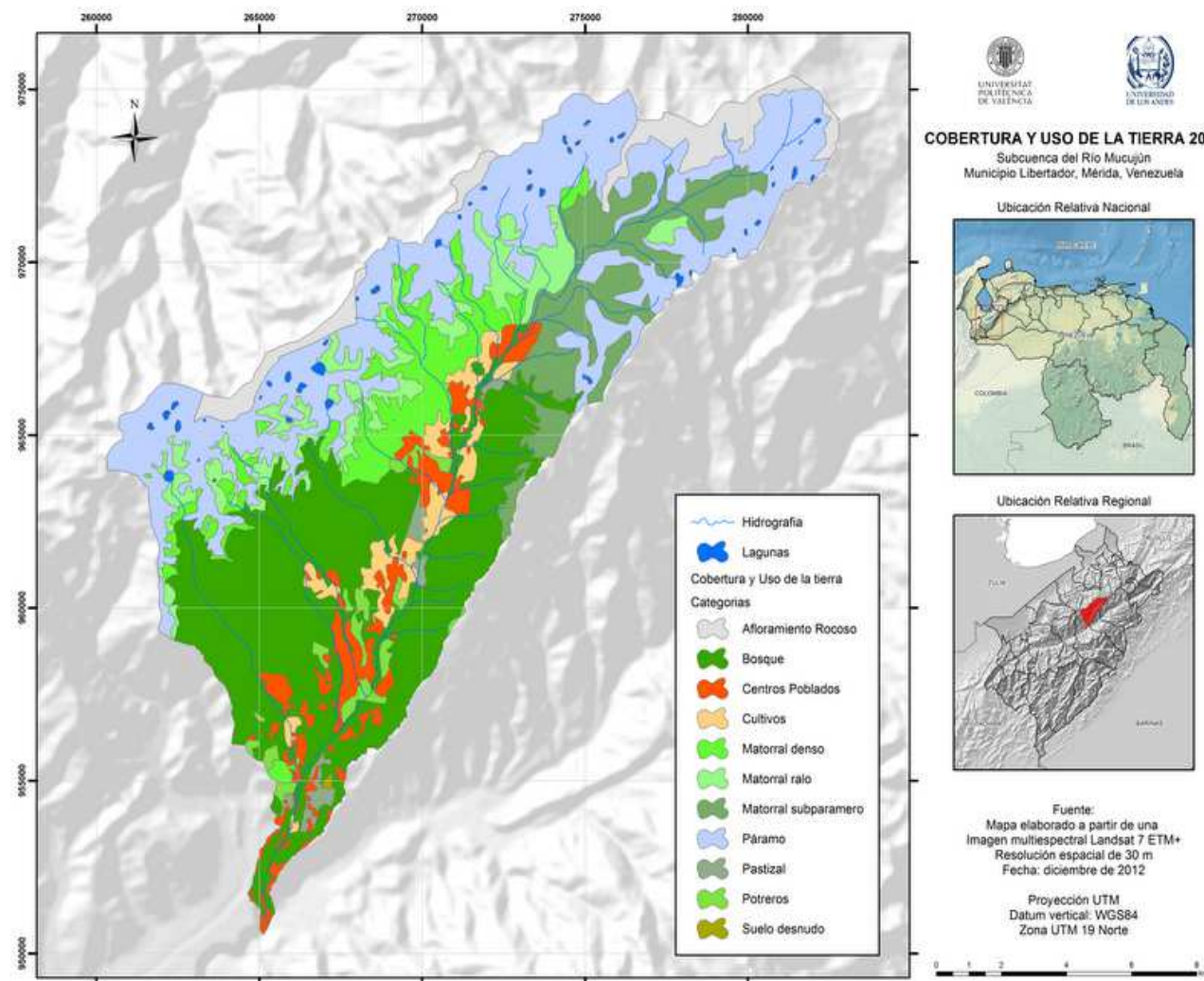


FIGURA 5b. Cobertura y uso de la tierra de la subcuenca hidrográfica del río Mucujún, período 2004 - 2015, figura a partir de (Peña, 2019).

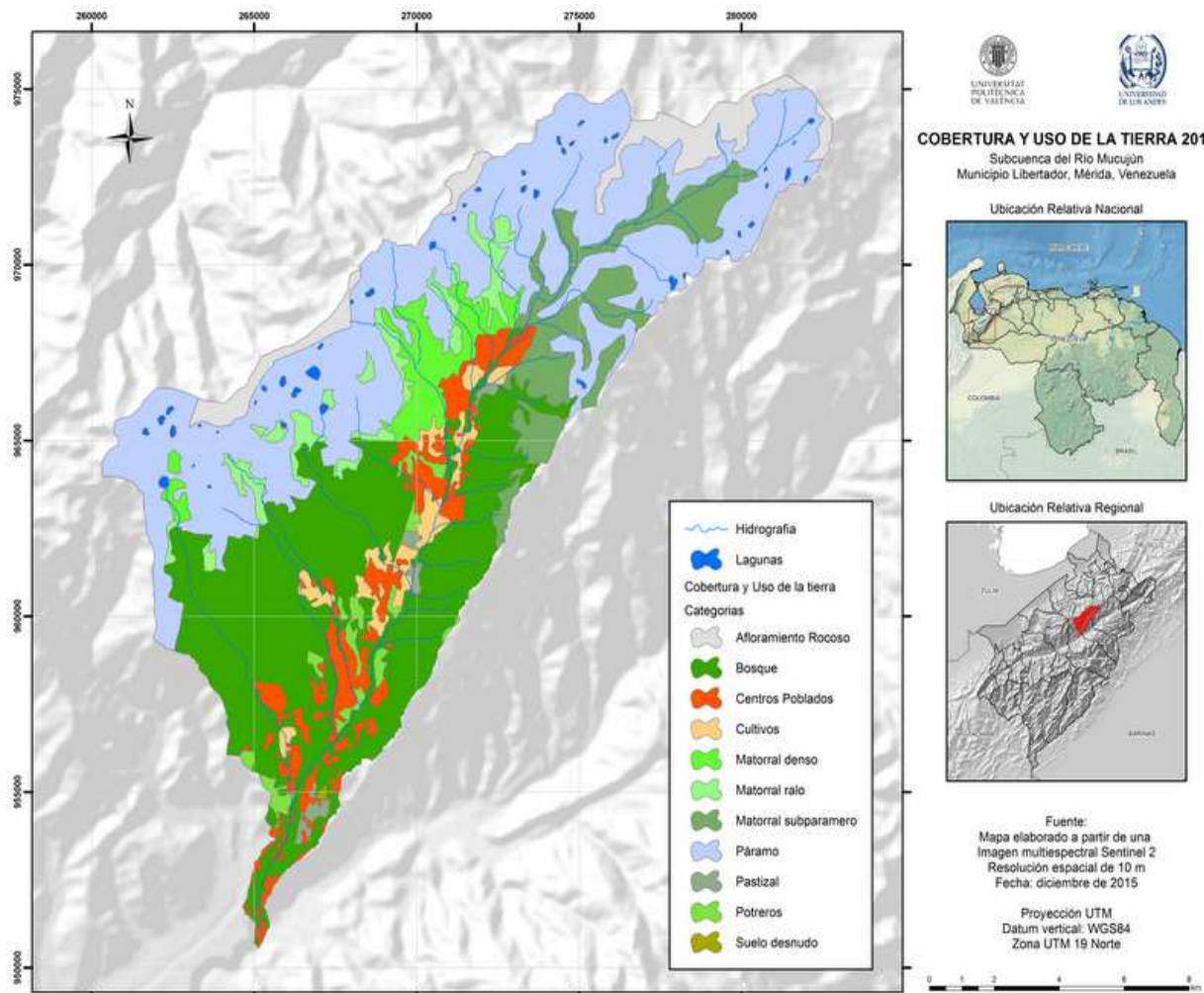


FIGURA 5c. Cobertura y uso de la tierra de la subcuenca hidrográfica del río Mucujún, período 2004-2015, figura a partir de (Peña, 2019).

Por otro lado, al verificar lo antes expuesto con los sectores de poblamiento identificados por Colmenares (2018), se evidencia que la superficie de los sectores de poblamiento reconocidos en el Reglamento de Uso vigente desde el año 1986, abarcan mayor área en relación a la ocupada en el año 1986; y la disminución de las coberturas de la actividad agropecuaria se correlaciona con el incremento de centros poblados determinados en el estudio de Colmenares (2017).

En este caso, es de interés resaltar, que los asentamientos poblacionales y la viviendas aisladas que están ubicadas aguas arriba de la boca-toma del acueducto de Mérida, realizan aprovechamiento hídrico a través de acueductos rurales y tomas artesanales emplazadas en la red hidrográfica de la cuenca.

Esta situación pone en riesgo la sostenibilidad y seguridad hídrica de los usuarios de esta fuente abastecedora de agua, por lo que surgió la interrogante ***¿Cómo estos cambios en el uso de la tierra van a influir en la cantidad y calidad del agua cruda, que puede captar y aprovechar la Empresa Aguas de Mérida C.A. para abastecer la ciudad de Mérida, que depende de este subsistema de producción?***

En este contexto y partiendo de la dinámica antes descrita, es fundamental resaltar la vocación hídrica de la subcuenca del río Mucujún que la caracteriza, esto se evidencia en estudios realizados por la Hidrológica Venezolana (HIDROVEN C.A.) en el año 1998 y Aguas de Mérida C.A. en el año 2013, que señalan que según la estimación de caudales realizada por Aguas de Mérida C.A., presenta una oferta hídrica para caudales mínimos de 540 l/s ($0,54 \text{ m}^3/\text{s}$) y medios 2810 l/s ($2,81 \text{ m}^3/\text{s}$) con una probabilidad de excedencia del 95% y cuyos valores incluyen el descuento por caudal ecológico. En los registros de aforos puntuales que ha realizado la empresa Aguas de Mérida C.A. 50 metros aguas arriba del sitio de captación (Obra de toma) en el período 1995- 2015 (Aguas de Mérida C.A., 2015b), se evidencia de forma referencial un caudal promedio en la fuente abastecedora de 1899,03 l/s ($1.89 \text{ m}^3/\text{s}$) y un caudal mínimo promedio de 786 l/s ($0,78 \text{ m}^3/\text{s}$).

Así mismo, también se ve reflejada en el estudio de rendimiento hídrico, cuyos resultados indican que la Productividad de la subcuenca del río Mucujún es Moderada, es decir, que por cada Km^2 se produce 23,72 l/s; el escurrimiento superficial anual es bueno, en términos de eficiencia, es decir, que el 59 % de la precipitación es escurrida anualmente (Aguas de Mérida C.A., 2013c).

Esta vocación hídrica la convierte en la principal fuente abastecedora de agua superficial del Acueducto Metropolitano de Mérida, lo que corresponde a 187.208 habitantes aproximadamente ubicados en el ámbito de responsabilidad de la Empresa Aguas de Mérida C.A. (Aguas de Mérida C.A., 2015a). Este aprovechamiento del recurso hídrico, se inició en 1973 y a partir de 1986 existe un derecho legal de agua establecido en el artículo 20 del Reglamento de Uso de la Zona Protectora de la subcuenca del río Mucujún, que compromete un caudal de 900 l/s ($0,9 \text{ m}^3/\text{s}$) para abastecer el área Metropolitana de Mérida, lo cual subraya la significación de este uso (Silva, 1988 citado por Aguas de Mérida C.A., 2013 a, b, c y d).

Sin embargo, en vista del crecimiento exponencial y anárquico de la población aguas arriba de la captación del principal acueducto de la ciudad de Mérida, se evidencia que en los próximos años se podrán presentar conflictos en el uso del recurso hídrico entre los usuarios de la cuenca y los suscriptores del acueducto de Mérida que se abastecen del subsistema de producción río Mucujún, esto al incrementarse la demanda para uso residencial, agropecuario y turístico por parte de la población asentada en la cuenca, situación que podrá ser más crítica en épocas de sequías.

Para analizar esta situación y en vista de que a la fecha no se evidenciaron estudios que cuantifiquen la demanda real de agua para uso agrícola, pecuario, turístico, industrial y residencial, se estableció sólo el escenario de balance oferta – demanda de agua para consumo humano según lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 250 l/p/d a pesar que en Venezuela se han registrado, según estadísticas de HIDROVEN C.A. (1998), los consumos promedios son de 424 l/p/d.

En este ejercicio, tomando en consideración la población asentada en la cuenca por año, referida en la cuadro 3, se puede notar el incremento de la demanda de agua para consumo doméstico, en un período de 54 años, que pasa de un volumen promedio de 3,90 l/s a 43,14 l/s, esto considerando el escenario de consumo de la OMS; sin embargo, considerando el mismo cálculo bajo el escenario de HIDROVEN C.A. (2015), la demanda promedio de agua para el año 1963, fue de 6,62 l/s incrementándose a 73,16 l/s para el año 2017.

CUADRO 3. Demanda estimada de la población asentada en la subcuenca del río Mucujún según año del censo y escenario hipotético de consumo de 250 l/p/d. Fuente: Elaboración propia.

Año	Nº de habitantes	Demanda promedio l/s	Demanda máxima diario l/s	Demanda máxima horario l/s
1963	1.348	3,90	4,68	7,02
1976	2.200	6,37	7,64	11,47
1985	3.145	9,10	10,92	16,38
2001	5.463	15,81	18,97	28,46
2011	6.946	20,09	24,11	36,16
2017	14.910	43,14	51,77	77,65

Es importante señalar que, los resultados obtenidos no reflejan la totalidad de la demanda del recurso hídrico en la subcuenca, puesto que los consumos presentados sólo consideran las demandas de uso doméstico, por ende, las demandas definidas sólo sirven de referencia sobre las demandas actuales.

Siguiendo con el ejercicio ilustrativo al sumar los resultados de la demanda promedio de agua (43,14 l/s) de la población asentada para el año 2017 y el caudal que puede extraer de la fuente abastecedora la Empresa Aguas de Mérida C.A. para abastecer a través del subsistema de producción Mucujún al 80% de la ciudad de Mérida (900l/s), se obtiene una demanda total de la fuente abastecedora de agua de 943,14 l/s al año.

Esta demanda total estimada, al compararla bajo el escenario critico que pudiese llegar a presentarse en épocas de sequia, la oferta hidrica está referida al caudal mínimo estimado de 540 l/s, que pudiese llegar a presentarse en un tiempo y

momento determinado con una probabilidad del 95% de excedencia, bajo esta circunstancia, se estaría presentando un déficit de 403, 14 l/s, provocando problemas de seguridad hídrica por escasez física del recurso hídrico.

De acuerdo con los resultados de este ejercicio, es imperante la necesidad de realizar un estudio de línea base sobre el catastro detallado de la población asentada en la subcuenca. Esto permitirá calcular la demanda real del agua por uso que conlleve al registro de usuarios y usuarios de las aguas (artículo 85 Y 86, Ley de Aguas, G.O. 38.595, de 2 de enero) (Asamblea Nacional, 2007; 2018), que conlleve a la planificación y gestión integral de las aguas de la subcuenca hidrográfica del río Mucujún.

Sin embargo, con la dinámica poblacional evidenciada en los censos comunales, se debe generar una alerta temprana en la Autoridad Nacional Ambiental, la Autoridad Nacional de las Aguas y demás entes competentes, ante el inminente conflicto del uso del recurso hídrico que puede llegar a presentarse en tiempos venideros, situación que puede ir agravándose con posibles escenarios de cambio climático con tendencia a presentarse con períodos de sequía prolongados. Esta situación podrá poner en riesgo la seguridad hídrica del 80% de la población de la ciudad de Mérida que se beneficia de esta fuente abastecedora.

Aunado a ello, esta ocupación anárquica del territorio, con el consecuente emplazamiento de actividades residenciales, de desarrollo urbanístico, agropecuario y turístico aguas arriba del sitio de captación, contribuye a alterar la calidad de agua cruda. Es de resaltar que estas actividades, en su mayoría, sólo cuenta con sistemas de recolección de aguas servidas (colectores) y escasa a nula existencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales, previo al vertido al cuerpo de agua receptor, en nuestro caso, el río Mucujún o sus afluentes.

Ante la situación expuesta, y al interrelacionar este incremento de la actividad residencial aguas arriba de la captación del acueducto urbano de la ciudad de Mérida, con los registros históricos de calidad de agua, de Aguas de Mérida C.A. (2012b), suministrados para el período 2004-2012; se denota durante este período de análisis, un comportamiento de tendencia al crecimiento de valores mensuales de los parámetros físico – químicos (turbiedad, color aparente) y

bacteriológicos (coliformes totales) fuera del rango establecido en la norma venezolana vigente. Esta situación se asocia directamente a que se está incrementado el grado de intervención de los recursos naturales y la contaminación aguas arriba de la captación, debido a la degradación de las tierras y los vertidos sin tratamiento previo de aguas residuales residenciales y agropecuarias.

Entre los parámetros físicos y bacteriológicos de calidad de agua, que cuentan con mayor seguimiento rutinario de carácter permanente para activar el tren de tratamiento en atención a la calidad de agua cruda, están referidos a la turbiedad, color aparente y coliformes totales, según lo evidenciado en los informes técnicos 2004 -2012 de la empresa Aguas de Mérida C.A. (2012 b); cuyos reportes permiten establecer correlaciones de la variabilidad del agua cruda en el tiempo, con la influencia de las relaciones tierra – agua en los aspectos físicos y bacteriológicos.

Aspectos físicos del agua cruda

Turbiedad. Los valores de la turbiedad promedio del agua cruda son muy variables, ocasionados por la materia en suspensión que presenten los afluentes que desembocan al río Mucujún, las cuales interfieren el paso de luz a través de la misma. En la figura 6, puede observarse que la mayoría de los registros del período 2004-2012, la turbiedad del agua cruda supera los 15 UNT según lo establecido para aguas crudas tipo 1a (Menor de 25 UNT), sin embargo, aún se encuentra por debajo del rango máximo permisible para aguas tipo 1b (Menor de 250 UNT), este análisis se realiza basados en las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las aguas y vertidos o efluentes líquidos (Decreto 883, Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 5.021, Diciembre)(Congreso de la República de Venezuela, 1995b).

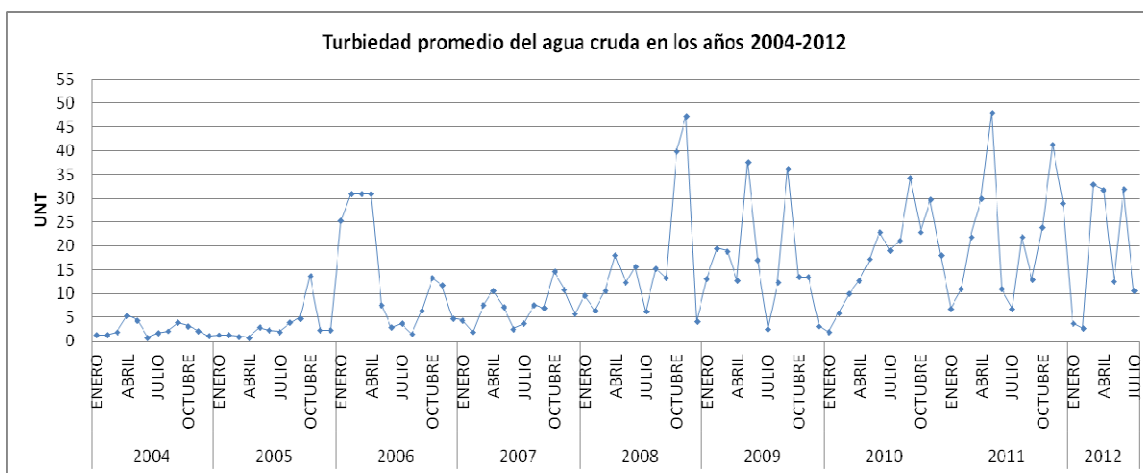


FIGURA 6. Turbiedad promedio del agua cruda río Mucujún, período 2004-2012, figura a partir de (Aguas de Mérida, Datos Dpto. Producción Libertador. 2012b).

Como puede notarse en la figura 6, estos valores se presentan en época de precipitaciones en el área de estudio ocurridas en los meses de abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre. Durante este período, se registra también la ocurrencia frecuente de crecidas torrenciales del río Mucujún, lo que influye notablemente en este parámetro. Todo ello, permite inferir que esta variabilidad es asociable a los cambios de cobertura y uso de la tierra -suelo, debido al arrastre de sedimentos en cada eventualidad de crecidas torrenciales, y con más frecuencia la condición ambiental obliga al prestador a la suspensión temporal de la entrada de agua cruda a la planta potabilizadora, ya que excede la capacidad máxima con que fue diseñada para su tratamiento.

Por lo tanto, la variabilidad en los rangos de registros para este parámetro, se vincula a que el río Mucujún es una fuente de agua cruda intervenida, sin embargo, aún puede ser tratada para que sea apta para el consumo humano (Aguas de Mérida C.A., 2012b y 2013a).

Además es importante mencionar que estas variaciones en la turbiedad promedio, implican realizar un control más estricto de este parámetro a través de las pruebas de jarras y el uso más intensivo de sustancias químicas (sulfato de aluminio) en los tratamientos, los cuales se incrementan hasta de forma horaria por un período prolongado en épocas de lluvia, esto para poder cumplir lo establecido por la Organización Mundial para la Salud [OMS] y las normas vigentes venezolanas, lo que conlleva a que se incrementen los costos de tratamiento del agua cruda para transformarla en agua potable apta para el consumo humano.

Color aparente. El color es un parámetro vinculado con la turbiedad pero puede llegar a presentarse como característica independiente de ella y se denomina color aparente a aquel que presenta el agua cruda o natural (Castro, 1988).

Este parámetro cuenta con registros continuos y Aguas de Mérida C.A. (2012b) reporta que los valores del color aparente promedio del agua cruda son muy variables, sin embargo, la mayoría de los valores supera a 50 U Pt-Co (Figura 7), según lo establecido para aguas crudas tipo 1a (Menor de 50 U Pt-Co), sin embargo, aún se encuentra por debajo del rango máximo permisible para aguas tipo 1b (Menor de 150 U Pt-Co), esta análisis comparativo se realiza basados en las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las aguas y vertidos o efluentes líquidos (Decreto 883, Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 5.021, Diciembre) (Congreso de la República de Venezuela, 1995).

Los registros representados en la figura 7, evidencian que esta variabilidad en el parámetro, están ocasionados por los materiales disueltos y en suspensión de diferente naturaleza, tanto orgánica como inorgánica que puede originarse por los vertidos de las actividades turísticos, residenciales y agropecuarios que llegan a los tributarios y cauce principal del río Mucujún.

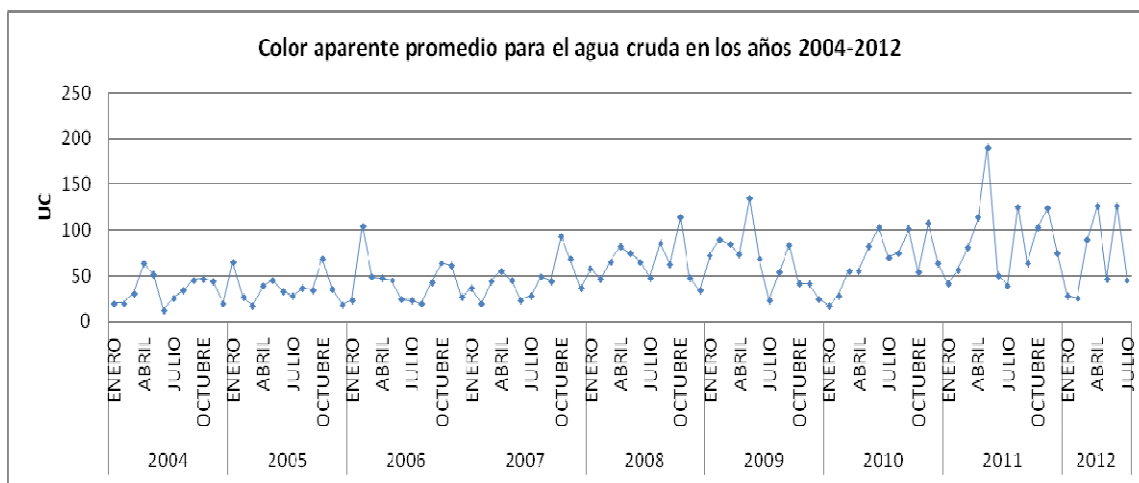


FIGURA 7. Color aparente promedio del agua cruda río Mucujún, período 2004-2012, figura a partir de (Aguas de Mérida, Datos Dpto. Producción Libertador, 2012b).

La situación antes descrita, conlleva a que el operador del servicio de agua utilice métodos de remoción de color antes del proceso de desinfección para ajustarla al valor guía (15 U Pt-Co) de la Organización Mundial de la Salud [OMS] y máximo aceptable por la norma sanitaria venezolana de calidad de agua potable (Resolución N° SG-018-98, Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 36.395, Febrero) (Congreso de la República de Venezuela, 1998). La aplicación del método de remoción de color conlleva al incremento de los costos de la empresa Aguas de Mérida C.A. para el tratamiento del agua cruda y lograr la producción de agua potable de calidad según las normas vigentes.

Aspectos bacteriológicos del agua cruda. En cuanto a los aspectos bacteriológicos, el prestador del servicio de agua potable en busca de dar garantía de la inocuidad microbiana del agua de consumo, se basa en la selección y aplicación correcta de una serie de operaciones de tratamiento al agua cruda, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada, todo ello para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud (OMS, 2006).

En este contexto, Aguas de Mérida C.A. monitorea el parámetro coliformes totales en agua cruda, por ser el principal estándar para el agua potable en el mundo, ya que es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas residuales u otro tipo de desechos en descomposición.

El método utilizado para la determinación de este parámetro, es el de número más probable (NMP) y los resultados promedios mensuales para aguas crudas, indican que este parámetro presenta valores mayores a 2000 NMP por cada 100 ml para aguas destinada al consumo humano sub-tipo 1a (Promedio mensual menor a 2000 NMP por cada 100 ml.), según lo establecido la norma para la Clasificación y el Control de la Calidad de las aguas y vertidos o efluentes líquidos (Decreto 883, Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 5.021, Diciembre) (Congreso de la República de Venezuela, 1995).

En este contexto, los registros de Coliformes totales promedio del agua cruda del río Mucujún disponibles para el período 2004-2010 (Figura 8), reflejan que los valores reportados llegan a superar los límites máximos en la norma antes citada (10.000 NMP por cada 100 ml) para aguas sub-tipo 1b, sin embargo, aún estas aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración (artículo 3, Decreto N° 883, Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 5.021, Diciembre) (Congreso de la República de Venezuela, 1995).

La situación antes descrita, también se evidencia, en los registros puntuales del monitoreo de calidad de agua del río Mucujún para los años 2011, 2012 y 2014, cuyos valores obtenidos son mayores a 20.286 NMP/100 ml, observando con gran preocupación la tendencia al incremento de la contaminación bacteriológica al registrar para el año 2014, promedios mensuales de 110.000 NMP/100 ml (Aguas de Mérida C.A., 2014). Es importante destacar, que este rango de valores no existía en años anteriores al año 2011, donde las fluctuaciones, se venían presentando por aumento puntual de la actividad turística en épocas vacacionales; ahora estos valores ocurren en toda el año oscilando entre 2500 y 24.000 NMP/100 ml. (Aguas de Mérida C.A., 2012b).

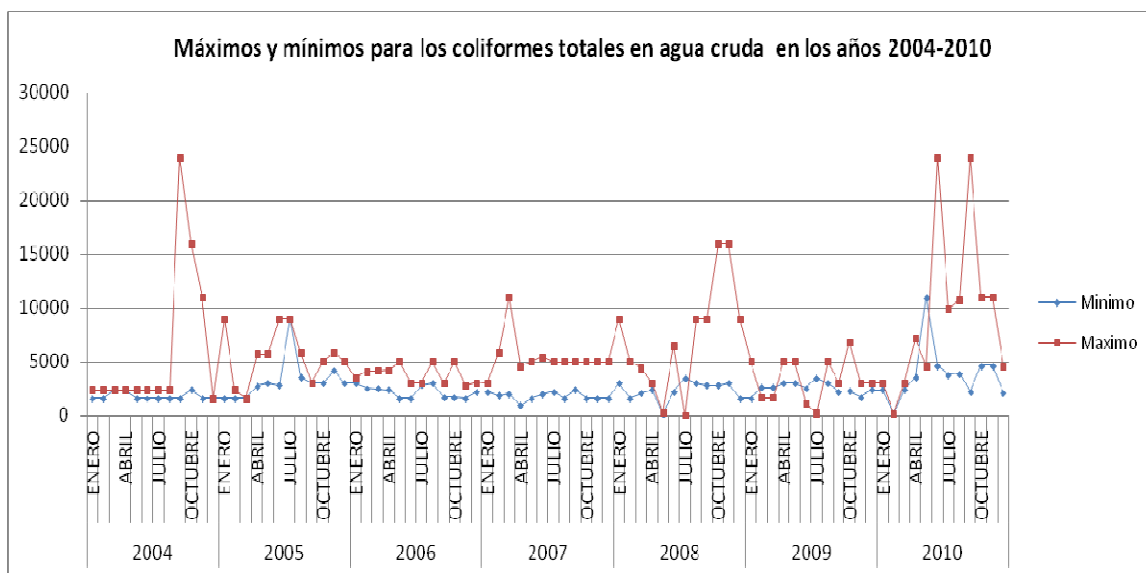


FIGURA 8. Coliformes totales del agua cruda río Mucujún, período 2004-2010, figura a partir de (Aguas de Mérida, Datos Dpto. Producción Libertador. 2012b).

Al realizar un análisis retrospectivo, los coliformes totales reportados en la boca de toma INOS denominada actualmente obra captación de la Empresa Aguas de Mérida C.A. para el año 1978 era 1400 NPM/100 ml y luego transcurrido nueve años, Molina (1988) reportó que los coliformes totales presentaron un valor de 8400 NPM/100 ml, por lo que se evidencia la tendencia al deterioro de la calidad del agua del río Mucujún y que viene agravándose hacia una contaminación microbiológica muy alta al presentar para el año 2012 registros de este parámetro bacteriológico mayores a 20.286 NMP/100 ml y para el año 2014 es superado al contar con registros puntuales promedios mensuales de 110.000 NMP/100 ml.

Lo antes descrito, y a aunque no se pudo no lograr acceder a registros de monitoreo de la calidad de las aguas crudas antes del sitio de captación de la Empresa Aguas de Mérida C.A., refleja el alto grado de contaminación bacteriológica del agua del río Mucujún, asociado al incremento de la población que se viene asentando aguas arriba de la captación principal del acueducto de la

ciudad de Mérida, cuyas aguas residuales domésticas son vertidas directamente al río o a sus afluentes, sin tratamiento previo.

A pesar de este incremento en los niveles de contaminación bacteriológica, estas aguas crudas aún pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración para llevarla a agua potable, pero para ello el prestador del servicio de agua potable, incrementa las operaciones de monitoreo para evaluar y ajustar de forma permanente los procesos de tratamiento del agua cruda, a fin de garantizar que luego del proceso de potabilización, esta sea apta para el consumo humano y cumpla con los rangos establecidos en las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable vigentes en el país (Resolución N° SG-018-98, Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 36.395, Febrero) (Congreso de la República de Venezuela, 1998).

Esta situación, traerá como consecuencia que de forma mensual el prestador del servicio se evalúe los procesos de tratamiento del agua cruda, a fin de garantizar que luego del proceso de potabilización sea apta para el consumo humano y cumpla con los rangos establecidos en las normas venezolanas, sin embargo, esta situación le generará un incremento en los gastos por la adquisición de sustancias químicas (Kilogramos de Sulfato de Aluminio y Cilindros de Gas Cloro) en la Planta de Potabilización “Enrique Bourgoin”, el cual debe prever en su presupuesto anual para cumplir con la responsabilidad legal y social con los suscriptores del servicio de agua potable de la ciudad de Mérida (Aguas de Mérida C.A., 2012a y 2012b).

Reflexiones:

Seguir atacando el efecto, o comenzar a atacar la causa

Tal como se desprende de la información que aquí se ha revisado, el proceso de ocupación ilegal de la subcuenca del río Mucujún, a niveles actuales que comprometen la sostenibilidad ambiental de la misma, es un hecho irrefutable, como es irrefutable es que el abastecimiento de agua potable para la ciudad de Mérida está amenazado en similar medida. Los esfuerzos de la Empresa Aguas de Mérida C.A. por potabilizar, ante los niveles crecientes de contaminación, tiene un costo que en algún momento se hará económicamente insostenible.

La tendencia parecen irreversibles, especialmente si la inversión apunta exclusivamente a la cura y no a la prevención; valga decir a los efectos y no a las causas.

Ya que aún se evidencia que sigue prevaleciendo la importancia económica y social en la prestación del servicio de agua potable, donde el parámetro ambiental de interés, sólo corresponde a la disponibilidad y calidad del agua proveniente de la fuente abastecedora, obviando, que las condiciones ambientales de la fuente abastecedora de agua va influir directamente y de manera significativa, quizás vital, en los aspectos técnicos, operativos, económicos y sociales del servicio. Por ende, la situación actual del recurso hídrico exige un análisis integral en las dimensiones de la sostenibilidad, por lo que amerita que también se incluya variables ambientales en la evaluación de la prestación del servicio de agua potable, que reflejen el estado de conservación de la fuente abastecedora, a fin de que exista un mayor cuidado en el desarrollo de procesos de planificación, gestión y monitoreo del recurso hídrico y su transformación en el producto final agua potable, a fin de que se de garantía en el ajuste de los procesos de potabilización y por ende se resguarde la salud pública a la población usuaria del sistema de abastecimiento en el ámbito urbano (Peña, 2019).

En este contexto, se debe resaltar, que a nivel mundial existen notables iniciativas que buscan la sostenibilidad y sustentabilidad del recurso hídrico vinculado a su aprovechamiento para la prestación del servicio de agua potable y saneamiento a la población, que reflejan que el uso eficiente del agua, trae consigo múltiples

beneficios para los diferentes sectores usuarios del agua, que viene rompiendo los paradigmas tradicionales de varias décadas que impide trascender a una gestión sostenible del agua potable enmarcada en los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS).

Por tanto estas acciones estratégicas internacionales y nacionales, dan pie para que se incorpore por parte de las empresas prestadoras del servicio de agua potable la gestión ambiental de las cuencas hidrográficas abastecedoras en los procesos de planificación y gestión, desde la disponibilidad y captación hasta la red final de distribución del agua potable y el saneamiento, a fin de que la organización no concentre sólo sus actividades a partir de la obra de captación, sino contar con una visión integral desde la cuenca hidrográfica abastecedora para incorporarse como un actor activo en este sistema ambiental. Para ello, se considera indispensable que se incorpore la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental como un cuarto pilar de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento, con el fin de que se logre un óptimo desempeño ambiental de la empresa prestadora u operadora del Servicio de Agua Potable y Saneamiento (SAPyS).

Por tanto, es hora que la Empresa Aguas de Mérida C.A. y el Ministerio que tiene la competencia en materia de las Aguas en el país, actual Ministerio para la Atención a las Aguas (MINAGUAS) en atención a los compromisos de país en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), reviertan en la cuenca el beneficio que ella le aporta al generar materia prima “agua cruda” que procesa para transformarla en agua potable para la prestación del servicio a las comunidades, realizando inversiones en la cuenca aguas arriba del dique toma, en la conservación ambiental, en educación ambiental y promoción del respeto a las normas de ordenación del territorio, en programas por servicios ambientales, en recuperación ambiental de espacios degradados, en la promoción y ejecución de obras de saneamiento ambiental que incluya el tratamiento de las aguas residuales y, finalmente, en el apoyo institucional para frenar la ocupación ilegal.

Al respecto, a nivel de Iberoamérica, existen experiencias locales exitosas y lecciones aprendidas en la planificación, ordenación y gestión de cuencas abastecedoras de agua que sirven de referencia que lo planteado es posible. Caso contrario, el ciudadano verá el incremento sostenido del costo de la factura por servicio de agua potable, sin que tal aumento signifique una inversión destinada a garantizar, en el abastecimiento seguro de agua potable en cantidad, calidad y continuidad del servicio vital para el desarrollo de la humanidad.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis preliminar de la dinámica territorial en la subcuenca del río Mucujún y su impacto en el recurso hídrico, permitió obtener una visión general de la problemática ambiental y su influencia en el servicio de agua potable para la población de la ciudad de Mérida.

Desde la década de 1970, diversos estudios alertan sobre los problemas ambientales que pueden llegar a presentarse al seguir la tendencia de ocupación anárquica del territorio y usos no adecuados de las tierras, comprometiendo la cantidad y calidad del agua de esta cuenca hidrográfica estratégica para la ciudad de Mérida.

Pese a la vigencia del Reglamento de Uso de la Zona Protectora de la subcuenca del río Mucujún (1986), cuando existían cuatro centros poblados, la dinámica de cambio de uso del suelo para establecer centros poblados ha incrementado su cobertura en un **6.53 %** para el período 2004-2015. Para el 2021, existían 34 centros poblados, situación que también se refleja en la población, que para el año 2017 superaba la proyección intercensal 2001-2011 para el año 2050.

Estos cambios de usos del suelo, se evidencian predominantemente hacia la margen derecha del río Mucujún donde, en 11 años, disminuye la ocupación por

cultivos, matorrales y pastizales, cambiando el uso a centros poblados en un área de 340,1 ha.

Visto el crecimiento exponencial y anárquico del uso residencial y, consiguientemente de la población, aguas arriba de la captación del acueducto de la ciudad de Mérida, es de presumir que en el corto plazo se presentarán conflictos por el uso del agua entre los usuarios de la cuenca y los suscriptores del acueducto de Mérida, al incrementarse la demanda local para uso residencial, agropecuario y turístico. Situación que podrá ser más crítica en épocas de sequías, situación que puede ir agravándose con posibles escenarios de cambio climático que se presenten con períodos de sequía prolongados.

La ocupación anárquica de la cuenca: emplazamiento de centros poblados o viviendas aisladas, desarrollos urbanísticos, agropecuarios y turísticos aguas arriba de la captación, alteran la calidad de agua cruda porque; generalmente, sólo cuentan con sistemas de recolección de aguas servidas (colectores) y escasos o inexistentes sistemas de tratamiento de aguas residuales, previos al vertido al cuerpo de agua receptor.

Al interrelacionar el incremento de la actividad residencial aguas arriba de la captación del acueducto de Mérida, con los registros históricos de calidad de agua de Aguas de Mérida C.A. para el período 2004-2012, se denota una tendencia al crecimiento de valores mensuales de los parámetros físico – químicos (turbiedad, color aparente) asociables a los cambios de cobertura y uso de la tierra, por arrastre de sedimentos en cada crecida torrencial, obligando frecuentemente a Aguas de Mérida C.A. a suspender temporalmente la entrada de agua cruda a la planta potabilizadora, al excederse la capacidad máxima de tratamiento con la que fue diseñada. Es de resaltar que no se logró profundizar los análisis de la influencia territorial y el agua cruda disponible del río Mucujún debido a la posibilidad de acceder a estadísticas actualizadas de la Empresa Aguas de Mérida C.A.

Por similares causas, la contaminación del agua, se agrava desde el punto de vista bacteriológico, y la tendencia al deterioro de la calidad del agua del río Mucujún se incrementa con muy altos valores de contaminación microbiológica, debido a que, comúnmente, las aguas residuales domésticas son vertidas directamente al río o a sus afluentes, sin tratamiento previo, esto a pesar de que el artículo 24 del Reglamento de Uso de la Zona Protectora establece “...quedan prohibidas las descargas de aguas servidas sin previo tratamiento”.

Los resultados obtenidos evidencian la ausencia, de hecho, de las autoridades responsables de la gestión de conservación ambiental de la Zona Protectora, especialmente en la fiscalización y cumplimiento del Reglamento de Uso de la misma y otras normas vinculadas para regular las actividades en este territorio, así como la falta de seguimiento y actuación de las instituciones del Estado (nacionales, estatales y municipales) con competencias en la garantía de protección de este territorio, en función de la garantía de los derechos ambientales de la población local y la de la ciudad de Mérida, ante las evidentes señales de grave deterioro de los valores naturales y culturales de la cuenca del Mucujún.

De manera particular, esta situación debe llevar a la empresa Aguas de Mérida C.A. a incrementar las labores de monitoreo de la cantidad y calidad de aguas que tratan, evaluando permanentemente las dosificaciones de gas cloro y sulfato de aluminio para potabilizar el agua, optimizando los procesos de la planta “Enrique Burgoin”.

Ante la evolución desordenada y creciente de la ocupación de la cuenca del Mucujún, la empresa Aguas de Mérida C.A. debe invertir sustancial y permanentemente en la conservación ambiental de la misma, aguas arriba del dique de captación, como garantía de sustentabilidad en obtención y tratamiento de agua potable para la ciudad de Mérida.

Por lo antes mencionado, se comprobó que es imprescindible interrelacionar la sostenibilidad de cuencas abastecedoras de agua y los procesos de la gestión del agua potable rompiendo el paradigma de visionarlo desde la infraestructura de captación (dique – toma), por lo que se considera pertinente:

- Realizar un catastro detallado de la población asentada en la subcuenca hidrográfica del río Mucujún.
- Realizar catastro de acueductos rurales que abastecen los centros poblados asentados en la subcuenca del río Mucujún.
- Realizar diagnóstico detallado de los usos del agua aguas arriba de la captación del acueducto urbano, a fin de determinar la relación oferta hídrica – demanda y los conflictos de uso. *Esto como paso inicial para desarrollar una línea de investigación referida a la sostenibilidad de cuencas hidrográficas de montaña, bajo la concepción de diseño ambientalmente integrado.*
- Revisión y actualización urgente del Reglamento de Uso de la Zona Protectora de la subcuenca del río Mucujún.
- Mejorar el control legal, fiscalización y regulación efectiva del uso de suelo por las Autoridades Ambientales competentes.
- Establecer un programa de monitoreo permanente de calidad de agua para el cálculo del índice de calidad de agua.
- Establecer un programa de medición de caudales de carácter permanente, que permitan realizar un estudio detallado de la oferta hídrica según lo establecido en el artículo 20 del Reglamento de Uso de la Zona Protectora del río Mucujún.
- Desarrollar un plan de saneamiento ambiental en la subcuenca del río Mucujún, que conlleve a incrementar la cobertura de recolección y sistemas de tratamientos de aguas servidas para los vertidos aguas arriba de la captación del sistema de acueducto urbano.
- Incluir la sostenibilidad de las cuencas abastecedoras de agua (dimensión territorial) como un eje transversal en la gestión del agua potable en ámbito urbano, esto dará garantía de mantener el servicio de calidad de generación

en generación, por ello se demuestra con el análisis preliminar realizado que es indispensable incorporar la dimensión ambiental en los pilares de la prestación del servicio de agua potable.

- En vista de que la subcuenca del río Mucujún cuenta con información científica de aproximadamente 60 años, es de interés la aplicación de herramientas para el análisis de la gestión de cuencas, en este caso se recomienda el software AQUATOOL y sus módulos desarrollados por la Universidad Politécnica de Valencia – España o desarrollar un software similar, ya que es un entorno de desarrollo de sistemas de soporte a la decisión (SSD) para planificación y gestión de cuencas o de sistemas de recursos hídricos, ya que esta proporciona recursos para ayudar al análisis de diversos problemas relacionados con la gestión del agua.

5. AGRADECIMIENTO

A la Empresa Aguas de Mérida C.A. por autorizar el suministro de algunos registros de calidad de agua cruda y los informes técnicos con fines de investigación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBA, X. y BRICEÑO, G.** 2022. *Aplicación del modelo de indicadores ambientales EPIR. Caso de estudio: subcuenca hidrográfica del río Mucujún parroquia Gonzalo Picón Febres, municipio Libertador, estado Mérida.* Trabajo de Grado. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 146 p.
- ASAMBLEA NACIONAL.** 2018. *Reglamento de la Ley de Aguas. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela*, 41.377, Abril 13, 2018. Caracas, Venezuela.
- CONGRESO NACIONAL DE LA REPÚBLICA.** 1985. Decreto N° 773. Creación de la Zona Protectora de la Subcuenca del Río Mucujún. (1985, Agosto 14) *Gaceta Oficial de la República de Venezuela*, 33.285, Agosto 14, 1985. Caracas, Venezuela.

- CONGRESO NACIONAL DE LA REPÚBLICA.** 1986. Decreto N° 1.264. Reglamento de la zona protectora de la subcuenca del río Mucujún. (1986, Octubre 13) *Gaceta Oficial de la República de Venezuela*, 3.922, Octubre 13, 1986. Caracas, Venezuela.
- CONGRESO NACIONAL DE LA REPÚBLICA.** 1990. Decreto N° 640. Creación del Parque Nacional Sierra de La Culata. (1989, Marzo 29). *Gaceta Oficial de la República de Venezuela*, 34.439, Marzo, 1990. Caracas, Venezuela.
- CONGRESO NACIONAL DE LA REPÚBLICA.** 1995b. Decreto N° 883. Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad del Agua y vertido o efluentes líquidos. *Gaceta Oficial de la República de Venezuela*, 5.021 (Extraordinaria), Diciembre 18, 1995. Caracas, Venezuela.
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP [GWP].** 2000. *Integrated Water Resources Management*. Paper No. 4. En línea: <https://www.gwp.org> [Consultado: 12/09/2021].
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP [GWP].** 2012. *Rio+20: La seguridad hídrica para el crecimiento y la sostenibilidad. Resumen de Política*. En línea: <https://www.gwp.org> [Consultado: 03/05/2021].
- HIDROVEN.** 2015. *Empresas Hidrológicas de Venezuela período 2009- 2015*. (Informe Núm. 01). Gerencia de planificación y desarrollo, HIDROVEN C.A. Hidrológica Venezolana C.A. Caracas, Venezuela.
- HIDROVEN.** 1998. *Plan Maestro de la Ciudad de Mérida*. Volumen 1. Tahal Consulting Engineers [TAHAL]. Hidrológica Venezolana C.A. Caracas, Venezuela.
- MINAMB.** 2007. *Cobertura vegetal y uso de la Tierra, Subcuenca del río Mucujún. Año 2007*. (Informe Núm. 01). Ministerio del Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela [MINAMB]. Dirección Estatal. Mérida, Venezuela.
- MOLINA, Y.** 1988. *Estudio de la calidad de agua del río Mucujún en base a la determinación de características físicas, químicas y bacteriológicas*. Tesis. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 153 p.
- NORMAS SANITARIAS DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE** (Resolución SG-018-98, Ministerio de Sanidad y Asistencia Social) (1998, Febrero 13). *Gaceta Oficial de la República de Venezuela*, 36.395, Febrero 13, 1998.

- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS [ONU].** 2014. Un Objetivo Global para el Agua Post-2015: Síntesis de las Principales Conclusiones y Recomendaciones. En línea: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html> [Consultado: 04/02/2022].
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD [OMS].** 2006. *Guía para la calidad del agua potable*. Ginebra: OMS. En línea: <http://www.who.int> [Consultado: 25/06/2021].
- OSPINO, H., D. PAREDES, K. PEÑA, M. RUJANO y L. VERGARA.** 2012. Aproximación de unidades ambientales y determinación de la capacidad de acogida, como ejercicio de planificación territorial en la sub-cuenca del río Mucujún, parroquia Gonzalo Picón Febres del municipio Libertador del Estado Mérida, Venezuela. *Ecodiseño & Sostenibilidad* 4(1): 32-92. En línea: <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/ecodiseno/article/download/4768/4558> [Consultado: 01/11/2020].
- PEÑA, K.** 2019. *Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A.* Venezuela. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- HERNÁNDEZ, E.** 1976. *La Contaminación del agua de abastecimiento en la ciudad de Mérida*. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- CASTRO, M.** 1988. *Guía "Control de calidad analítica de laboratorios: Parámetros físico – químicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua"*. Perú: Organización Panamericana de la Salud & Servicio Nacional de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado.
- CONGRESO NACIONAL DE LA REPÚBLICA.** 1995a. Decreto N° 670. Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso del Parque Nacional Sierra de La Culata. (1995, Mayo 26) *Gaceta Oficial de la República de Venezuela*, 4.907 (Extraordinaria), Mayo 26, 1995. Caracas, Venezuela.
- ASAMBLEA NACIONAL.** 2007. *Ley de Aguas*. 2007, Enero 2) *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela*, 38.595, Enero 2, 2007. Caracas, Venezuela.
- AGUAS DE MÉRIDA C.A.** 2012a. *Ficha técnica de las plantas de potabilización del estado Mérida*. (Informe Núm. 03). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- AGUAS DE MÉRIDA C.A.** 2012b. *Registros de calidad de agua de la planta de potabilización Dr. Enrique Burgoin del período 2004-2012*. (Informe Núm. 1-500). Mérida, Venezuela: Departamento de producción, Aguas de Mérida C.A.

- AGUAS DE MÉRIDA C.A.** 2012c. *Diagnóstico de la empresa Aguas de Mérida C.A.: Plan Estratégico, Fase II.* (Informe Núm. 01-10). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- AGUAS DE MÉRIDA C.A.** 2013a. *Cuencas hidrográficas abastecedoras del acueducto de Mérida.* (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Departamento de proyectos, Aguas de Mérida C.A.
- AGUAS DE MÉRIDA C.A.** 2013b. *Esquema general del acueducto de Mérida.* (Informe Número 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- AGUAS DE MÉRIDA C.A.** 2013c. *Aspectos hidrológicos de la cuenca de río Mucujún orientado al estudio del rendimiento hídrico.* (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- AGUAS DE MÉRIDA C.A.** 2013d. *Caudales de la cuenca de río Mucujún orientado al estudio del rendimiento hídrico.* (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- AGUAS DE MÉRIDA C.A.** 2014. *Fuentes abastecedoras y acueductos del estado Mérida: RENUFA.* (Informe Núm. 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación y Departamento de proyectos, Aguas de Mérida C.A.
- ÁVILA, J.** 2014. *Generación de mapas básicos y temáticos de dos zonas protectoras del estado Mérida, Venezuela.* (Informe de pasantías). Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 182 p.
- AGUAS DE MÉRIDA C.A.** 2015a. *Informe de gestión Aguas de Mérida C.A., año 2015.* (Informe Número 01). Mérida, Venezuela: Unidad de planificación, Aguas de Mérida C.A.
- AGUAS DE MÉRIDA C.A.** 2015b. *Reporte del Programa de Medición de Caudales de Aguas de Mérida C.A.* (Libro de aforos). Mérida, Venezuela: Departamento de Proyectos, Aguas de Mérida C.A.
- COLMENARES, M.** 2017. *El sistema de centros poblados Subcuenca del río Mucujún-Estado Mérida: Una propuesta de estructuración con fines de ordenamiento territorial. Informe final.* Seminario de Estudios Regionales. Postgrado en Análisis Espacial y Gestión Territorial. IGyDR Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- COLMENARES, M.** 2018. *Diagnóstico evaluativo con fines de ordenamiento territorial de la red de asentamientos de la Zona Protectora Subcuenca Río Mucujún – Estado Mérida.*

Universidad Central de Venezuela. Facultad de Humanidades y Educación. Comisión de Estudios de Postgrado. Caracas, Venezuela.

SULBARÁN, E. 2021. *Agua en tiempos de pandemia de COVID-19 La cuenca del Mucujún, un debate entre el bien común y la rapiña económica.* Observatorio de Ecología Política de Venezuela. En línea: <https://www.ecopoliticavenezuela.org/2021/11/08/la-cuenca-del-mucujun-un-debate-entre-el-bien-comun-y-la-rapina-economica/>[Consultado: 12/04/2022].