



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Facultad de Filosofía y Letras

División de Estudios de Posgrado

Posgrado en Geografía

*Calidad del agua y contexto social como base para la
planeación y gestión en cuencas periurbanas. El caso
del río Chiquito, Morelia, Michoacán.*

T E S I S

Que para obtener el grado académico de

MAESTRO EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A

HÉCTOR ULISES SÁNCHEZ SEPÚLVEDA

DIRECTORES DE TESIS

DR. MANUEL MENDOZA CANTÚ DR. ANTONIO VIEYRA MEDRANO

MORELIA, MICHOACÁN

DICIEMBRE, 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis abuelos y abuelas

*Daniel y Roberto que aunque ya no los vea,
los tendré presentes por siempre, pues no se han ido;
y a mis Angelitas que no dejan de sorprenderme día a día
con esa gran fortaleza que las hace únicas.
Gracias a los cuatro por su inmenso amor sin regateo alguno*

José Arcadio Buendía, que era el hombre más emprendedor que se vería jamás en la aldea, había dispuesto de tal modo la posición de las casas, que desde todas podía llegarse al río y abastecerse de agua con igual esfuerzo, y trazó las calles con tan buen sentido que ninguna casa recibía más sol que otra a la hora del calor. En pocos años, Macondo fue una aldea más ordenada y laboriosa que cualquiera de las conocidas hasta entonces por sus 300 habitantes.

Era en verdad una aldea feliz...

Gabriel García Márquez

Cien años de soledad

He sido un niño pequeño que, jugando en la playa, encontraba de tarde en tarde un guijarro más fino o una concha más bonita de lo normal. El océano de la verdad se extendía, inexplorado, delante de mi

Isaac Newton

AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT por la beca otorgada durante dos años, así como a los proyectos PAPIIT “Evaluación espacial y multitemporal de los cambios de cobertura y uso del terreno en la cuenca del lago de Cuitzeo: implicaciones para la sucesión forestal y mantenimiento de la diversidad vegetal” (clave IN304408) y “Urbanización, deterioro ambiental y precariedad urbana en Morelia, Michoacán” (clave IN303309-2) por su apoyo y estímulo material para la realización de los trabajos de campo y de laboratorio para este proyecto de tesis.

A mis tutores Antonio Vieyra y Manuel Mendoza por la confianza que depositaron en mí y por el tiempo y esfuerzo que dedicaron para guiarme durante la realización de esta investigación. En realidad, ha sido una grata experiencia formativa y personal, pues más allá de lo mucho que aprendí de ustedes, he ganado también una valiosa amistad.

A mi sinodal y amiga Rosaura Páez, quien con gran compromiso y absoluta accesibilidad, me apoyó durante incontables –y amenas- horas de laboratorio y me enseñó mucho de Química y Biología. A mis sinodales Isabel Israde y Jesús Rodríguez, quienes también dedicaron su tiempo para hacerme invaluable y acertadas observaciones, mostrando un gran interés por esta investigación.

A Pedro Urquijo –mi gurú académico- por tu genuino interés en mi formación académica y por el apoyo incondicional tanto en este proyecto, como en otros; así como por tu tiempo y paciencia –que vaya que la tuviste-. Te doy infinitas gracias por darme tu confianza y por ser un amigo insustituible.

A Gerardo Bocco -a quién admiro y aprecio mucho-, gracias por su continuo apoyo e interés en mi desarrollo académico y profesional -así como personal- y por sus valiosos consejos. Le agradezco la amabilidad con la que siempre me ha tratado y la sonrisa que siempre me brinda al charlar.

A Jesús Fuentes, por tus consejos -tanto académicos, como personales- y las valiosas recomendaciones para desarrollar esta tesis. Asimismo, te agradezco por los agradables momentos que paso cada que me acerco para hacerte cualquier consulta. Eres un amigo al que admiro y estimo mucho.

A todos mis compañeros del posgrado en Geografía en Morelia, en especial a los de mi generación (Ale, Daniel, David, Iván, Martha, Reyna y Román) con los que compartí muchos días de clase –y de “divertidas” actividades extraescolares-, pero más aún una amistad que aprecio mucho.

A mis colegas y amigos de la licenciatura en Ciencias Ambientales de la UNAM: a María Fernanda Alejandre por su gran apoyo y esfuerzo entregado durante todas las salidas de campo y los análisis de laboratorio; asimismo, a Carina Grajales, Artemio

Montesinos, Jorge Ortiz, Luis Fernando Lara y Álvaro Martínez por su colaboración en el levantamiento de encuestas.

A mis amigos y compañeros en los “quehaceres” geográficos David Flores – “Davuat”- por acompañarme y apoyarme durante las salidas de campo y por sus lecciones prácticas de Botánica y a Teodoro Carlón y a Néstor Corona por los datos e información que amablemente me proporcionaron.

A Antonio Navarrete por sus recomendaciones y apoyo para el análisis espacial en sistemas de información geográfica y a Ernesto Vega por su ayuda y sugerencias para los análisis estadísticos.

Al Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia por la información facilitada.

A Don Jorge, ejidatario de Tumbisca y habitante de la localidad El Laurelito, por su amabilidad e invaluable apoyo para los trabajos de muestreo, así como por los datos e información sobre la cuenca del río Chiquito que me brindó durante diversas pláticas. Asimismo, a Don Damián, encargado del orden de Torrecillas, por su accesibilidad para realizar la toma de muestras de agua en su localidad y por los datos e información que me proporcionó.

A todos los pobladores encuestados –y entrevistados- de las localidades de Jesús del Monte, San Miguel del Monte y San José de las Torres, quienes me compartieron sus opiniones y puntos de vista, así como información elemental para la realización de esta tesis.

A todos mis profesores de la maestría, quienes compartieron desinteresadamente sus conocimientos conmigo, tanto dentro, como fuera del salón de clase. Asimismo, a todo el personal administrativo del posgrado en Geografía y del Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) de la UNAM que hicieron posible la realización de esta tesis.

A mis padres Tere y Ulises y a mi hermana Karina, por el apoyo incondicional que siempre me han dado en todos los aspectos de mi vida. Sin él, este proyecto no habría llegado a su mejor término.

A Itzi, por estar a mi lado durante buena parte del tiempo en que realicé esta tesis, por su interés e incondicional apoyo –y ayuda- en la misma. A la vez por su paciencia y comprensión en los momentos de mayor estrés y por motivarme en todo momento para concluir este proyecto.

A todos mis amigos que de alguna u otra manera mostraron interés por mi tesis –y a los que no también- en esas noches bohemias interminables.

Finalmente, y no por ello menos importante, a mi alma máter la UNAM. Ha sido un honor pertenecer a ella y no existe moneda alguna para pagarle por darme tanto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	13
ÍNDICE DE MAPAS	16
ABREVIATURAS	17
INTRODUCCIÓN	19
Planteamiento del problema y justificación	19
Objetivos	21
<i>Objetivo general</i>	21
<i>Objetivos particulares</i>	22
Estado del arte para el estudio de caso	22
MARCO CONCEPTUAL	24
La Geografía Ambiental como un enfoque para el estudio de la relación sociedad-naturaleza	24
<i>La pertinencia de la Geografía en el estudio del ambiente y en las Ciencias Ambientales</i>	24
<i>La Geografía Ambiental</i>	27
La cuenca hidrográfica y los recursos hídricos	29
<i>La cuenca hidrográfica</i>	29
<i>Entre los conceptos hidráulico, hídrico, hidrológico e hidrográfico</i>	30
<i>El agua como un recurso</i>	32
La calidad del agua	33
La gestión del agua y el manejo de cuencas	41
<i>Entre los conceptos de gestión del agua y manejo de cuencas</i>	43
<i>La gestión en cuencas</i>	45
<i>El manejo de cuencas como el componente pragmático y operativo de la gestión en cuencas</i>	47
La urbanización y las periferias urbanas	52
<i>Los procesos de urbanización hacia la periferia</i>	52
<i>La periferia urbana y el proceso de periurbanización</i>	53

<i>La periurbanización como un proceso que reproduce la segregación social</i>	55
<i>Periurbanización e impacto en el ambiente</i>	57
La gestión en cuencas periurbanas: una propuesta metodológica integradora para el estudio y el manejo ambiental	58
<i>La cuenca periurbana</i>	58
<i>Enfoques para la creación de un marco de gestión en cuencas periurbanas</i>	60
<i>El gobierno local como agente elemental para la gestión de una cuenca periurbana</i>	62
METODOLOGÍA GENERAL	65
AGUA Y URBANIZACIÓN: CONTEXTO DE LA CUENCA DEL RÍO CHIQUITO	66
El agua y su crisis mundial	66
El auge urbano en América Latina y el Caribe y sus consecuencias ambientales	69
Los procesos de urbanización en México	70
La gestión del agua en América Latina y el Caribe: el caso de México	72
Morelia y la cuenca del río Chiquito: contexto histórico, importancia y problemática	77
<i>La época prehispánica y la Conquista española</i>	77
<i>La fundación de Valladolid y el abasto de agua</i>	78
<i>Los conflictos por el aprovechamiento del agua a finales del siglo XIX y principios del XX</i>	79
<i>Las haciendas en la cuenca del río Chiquito</i>	81
<i>Condiciones ambientales de la cuenca del río Chiquito a principios del siglo XX</i>	82
<i>El agua en el siglo XX</i>	84
<i>Llega el siglo XXI</i>	86
ÁREA DE ESTUDIO	89
Ubicación	89
Caracterización biofísica	91
<i>Clima</i>	91
<i>Atributos hidrológicos</i>	92
<i>Formas del relieve</i>	94
<i>Composición litológica</i>	95
<i>Suelos</i>	96
<i>Cubierta vegetal</i>	97

Caracterización demográfica y socioeconómica	98
<i>Demografía y localidades</i>	98
<i>Ejidos</i>	100
<i>Atributos económicos</i>	101
<i>Salud</i>	103
<i>Educación y alfabetismo</i>	104
<i>Vivienda</i>	106
<i>Migración</i>	111
<i>Marginación</i>	112
DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN HIDROLÓGICA	114
Materiales y métodos	114
<i>Delimitación espacial (elección de puntos de muestreo)</i>	114
<i>Temporalidad (años hidrológico y campañas)</i>	117
<i>Parámetros evaluados de calidad del agua</i>	117
<i>Equipos y técnicas utilizadas</i>	118
<i>Índice de calidad del agua (ICA)</i>	129
<i>Análisis estadísticos</i>	134
Resultados y análisis	135
<i>Zona de cabecera de la cuenca</i>	135
<i>Zona de tránsito de la cuenca</i>	141
<i>Zona de emisión de la cuenca</i>	171
<i>Gasto</i>	186
<i>Análisis de componentes principales (ACP) y análisis de agrupamiento -o de clusters- (AC)</i>	188
Discusión y conclusiones	208
PERIURBANIZACIÓN Y AMBIENTE DESDE UNA PERSPECTIVA SOCIAL	213
Metodología	213
Resultados y análisis	215
<i>Información general</i>	215
<i>Contexto laboral y relaciones funcionales con la ciudad de Morelia</i>	218
<i>Migración y economía familiar</i>	225
<i>Agua</i>	229
<i>Ambiente</i>	233
<i>Periurbanización</i>	245

Discusión y conclusiones	255
DISCUSIÓN GENERAL	261
CONCLUSIÓN GENERAL	264
RECOMENDACIONES	266
FUENTES CONSULTADAS	282
Referencias bibliográficas	268
Documentos de archivo	281
Páginas web	281
Software utilizado	281
ANEXOS	282
Anexo I. Formato de encuesta aplicada en JM, SMM y SJT	282
Anexo II. Formato para el levantamiento en campo de datos hidrológicos	286

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Definición de calidad y contaminación del agua.....	34
Cuadro 2. Parámetros físicos de la calidad del agua que fueron evaluados en el presente estudio.....	36
Cuadro 3. Parámetros químicos de la calidad del agua que fueron evaluados en el presente estudio.....	37
Cuadro 4. Parámetros microbiológicos de la calidad del agua que fueron evaluados en el presente estudio.....	40
Cuadro 5. Diferentes vertientes y etapas que pueden tomar la gestión en cuencas de acuerdo a los objetivos deseados.....	46
Cuadro 6. Fuentes de abastecimiento de agua para la ciudad de Morelia.....	86
Cuadro 7. Número de habitantes para las localidades de la cuenca del río chiquito.....	99
Cuadro 8. Sectores económicos de la población ocupada en la cuenca del río chiquito para el año 2000.....	101
Cuadro 9. Ingresos mensuales de la población ocupada en el año 2000.....	102
Cuadro 10. Población desocupada en la cuenca del río chiquito para el año 2010.....	103
Cuadro 11. Población sin derechohabencia a servicio de salud 2000, 2005 y 2010.....	104
Cuadro 12. Escuelas de educación pública en la cuenca del río chiquito.....	105
Cuadro 13. Educación y alfabetismo.....	106
Cuadro 14. Número de viviendas habitadas y de hogares en la cuenca del río chiquito para los años 2000, 2005 y 2010.....	107
Cuadro 15. Número de viviendas en la cuenca del río chiquito para el 2010.....	108
Cuadro 16. Características de las viviendas habitadas en la cuenca del río chiquito para el 2000, 2005 y 2010.....	110
Cuadro 17. Población de 5 años y más de la cuenca del río chiquito en octubre del año 2000.....	111
Cuadro 18. Datos generales sobre los puntos de muestreo.....	115
Cuadro 19. Parámetros de la calidad del agua evaluados.....	118
Cuadro 20. Intervalos de calidad del agua para la confección del ICA.....	133
Cuadro 21. Criterios generales de calidad del agua asociados a diversos usos.....	134
Cuadro 22. Resumen de los datos obtenidos para cada parámetro de calidad del agua en todos los puntos de muestreo.....	179
Cuadro 23. ICA _{FQ} e ICA _{E. coli} para todos los puntos de muestreo.....	181
Cuadro 24. ICAs para cada campaña de muestreo en cada punto (ICA _{c1} , ICA _{c2} , ICA _{c3} e ICA _{c4}).....	183
Cuadro 25. ICA _{c2-E. coli} e ICA _{c4-E. coli} para todos los puntos en las dos campañas en que se realizaron análisis microbiológicos.....	183
Cuadro 26. Compatibilidad de usos de acuerdo a los criterios generales de calidad del agua para cada punto de muestreo en la cuenca del río Chiquito.....	185
Cuadro 27. Gasto en l/s para todos los puntos en las cuatro campañas de muestreo.....	187
Cuadro 28. Matriz de correlación de los parámetros de calidad del agua para la primera campaña de muestreo.....	188
Cuadro 29. Eigenvalores para la primera campaña de muestreo.....	188
Cuadro 30. Eigenvectores para la primera campaña de muestreo.....	189
Cuadro 31. Matriz de correlación de los parámetros de calidad del agua para la segunda campaña de muestreo.....	191
Cuadro 32. Eigenvalores para la segunda campaña de muestreo.....	191
Cuadro 33. Eigenvectores para la segunda campaña de muestreo.....	192
Cuadro 34. Matriz de correlación de los parámetros de calidad del agua para la segunda campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).....	194
Cuadro 35. Eigenvalores para la segunda campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).....	194

Cuadro 36. Eigenvectores para la segunda campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).....	195
Cuadro 37. Matriz de correlación de los parámetros de calidad del agua para la tercera campaña de muestreo.....	197
Cuadro 38. Eigenvalores para la tercera campaña de muestreo.	197
Cuadro 39. Eigenvectores para la tercera campaña de muestreo.....	198
Cuadro 40. Matriz de correlación de los parámetros de calidad del agua para la cuarta campaña de muestreo.....	200
Cuadro 41. Eigenvalores para la cuarta campaña de muestreo.....	200
Cuadro 42. Eigenvectores para la cuarta campaña de muestreo.....	201
Cuadro 43. Matriz de correlación de los parámetros de calidad del agua para la cuarta campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).	203
Cuadro 44. Eigenvalores para la cuarta campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).....	203
Cuadro 45. Eigenvectores para la cuarta campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).....	204
Cuadro 46. Matriz de correlación de los parámetros de calidad del agua para los valores promedio de las cuatro campañas de muestreo (incluye parámetros microbiológicos)..	206
Cuadro 47. Eigenvalores para los valores promedio de las cuatro campañas de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).	206
Cuadro 48. Eigenvectores para los valores promedio de las cuatro campañas de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).	207
Cuadro 49. Edad de los encuestados (incluyendo los que son jefes de familia) para JM, SMM y SJT.	215
Cuadro 50. Edad de los jefes de familia para JM, SMM y SJT.	215
Cuadro 51. Material de construcción para la vivienda encuestada para JM, SMM y SJT..	216
Cuadro 52. Tipo de desarrollo urbano por vivienda encuestada para JM, SMM y SJT.	217
Cuadro 53. Empleo del jefe de familia para JM, SMM y SJT.	219
Cuadro 54. Lugar de trabajo del jefe de familia para JM, SMM, SJT.	220
Cuadro 55. Tipo de traslado al trabajo del jefe de familia para JM, SMM, SJT.....	222
Cuadro 56. Tiempo invertido en el traslado hacia el trabajo en Morelia o de vuelta a la localidad para JM, SMM y SJT.....	223
Cuadro 57. Tiempo total invertido al día en traslados para quien trabaja en Morelia para JM, SMM y SJT.....	224
Cuadro 58. Gasto en el traslado a la semana para quien trabaja en Morelia para JM, SMM y SJT.	225
Cuadro 59. Procedencia del jefe de familia para JM, SMM y SJT.	225
Cuadro 60. Jefes de familia que emigraron y regresaron para JM, SMM, SJT.	226
Cuadro 61. Lugar al que emigró y del cual regresó el jefe de familia para JM, SMM, SJT.	227
Cuadro 62. Familiares originarios de la localidad que hayan emigrado.	228
Cuadro 63. Agua residuales y su tratamiento en la cuenca del río Chiquito.	229
Cuadro 64. Toma de agua por vivienda encuestada para JM, SMM, SJT.	230
Cuadro 65. ¿Considera suficiente la cantidad de agua que recibe?	231
Cuadro 66. ¿Bebe el agua sin purificarla?	231
Cuadro 67. ¿Dejó de consumir el agua por haberse enfermado?	232
Cuadro 68. ¿Considera que el agua es de buena calidad para uso doméstico?.....	233
Cuadro 69. Problema ambiental considerado como el más grave en la localidad para JM, SMM y SJT.	235
Cuadro 70. Principales causas de los problemas ambientales expuestas por los encuestados de la localidad de JM.	236
Cuadro 71. Principales perjuicios de los problemas ambientales expuestos por los encuestados de la localidad de JM.	237
Cuadro 72. Principales causas de los problemas ambientales expuestas por los encuestados de la localidad de SMM.	238

Cuadro 73. Principales perjuicios de los problemas ambientales expuestos por los encuestados de la localidad de SMM.	239
Cuadro 74. Principales causas de los problemas ambientales expuestas por los encuestados de la localidad de SJT.	240
Cuadro 75. Principales perjuicios de los problemas ambientales expuestos por los encuestados de la localidad de SJT.	240
Cuadro 76. Problema ambiental considerado como el más antiguo para JM, SMM y SJT.	241
Cuadro 77. Problema ambiental considerado como el más reciente para JM, SMM y SJT.	242
Cuadro 78. Calificación otorgada al estado de la naturaleza cercana a la localidad para JM, SMM y SJT.	243
Cuadro 79. En cuanto a la lluvia, los encuestados de JM, SMM y SJT consideran que recientemente.....	243
Cuadro 80. Tiempo atrás en que se percataron del cambio en el régimen de lluvias.	244
Cuadro 81. Causas consideradas por los encuestados para el cambio en el régimen de lluvias.	245
Cuadro 82. Perjuicios por los nuevos fraccionamientos para JM, SMM, SJT.	247
Cuadro 83. Algunas respuestas de los encuestados para los perjuicios de los nuevos fraccionamientos.	247
Cuadro 84. Beneficios por los nuevos fraccionamientos para JM, SMM y SJT.	248
Cuadro 85. Algunas respuestas de los encuestados para los beneficios por los nuevos fraccionamientos.	249
Cuadro 86. Efectos perjudiciales de los nuevos fraccionamientos para JM, SMM, SJT.	249
Cuadro 87. Efectos benéficos de los nuevos fraccionamientos para JM, SMM, SJT.	250
Cuadro 88. Perjuicios de los nuevos centros comerciales para JM, SMM y SJT.	251
Cuadro 89. Algunas respuestas de los encuestados para los perjuicios por los nuevos centros comerciales.	252
Cuadro 90. Beneficios por los nuevos centros comerciales para JM, SMM y SJT.	253
Cuadro 91. Algunas respuestas de los encuestados para los beneficios por los nuevos centros comerciales.	253
Cuadro 92. Efectos perjudiciales de los nuevos centros comerciales para JM, SMM, SJT.	254
Cuadro 93. Efectos benéficos de los nuevos centros comerciales para JM, SMM, SJT.	254

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de las bacterias que pueden encontrarse presentes en el agua, orientada al grupo de coliformes.	41
Figura 2. Ubicación del manejo de cuencas dentro de la tercera etapa o fase operativa de la gestión en cuencas.	47
Figura 3. Las tres etapas generales reconocidas dentro un proceso de gestión en cuencas. Cada una a su vez posee diversos procedimientos específicos.....	51
Figura 4. Metodología general.....	65
Figura 5. Porcentajes de agua salada y agua dulce existentes en la Tierra y cantidad de agua dulce accesible (realmente disponible para uso doméstico, agrícola e industrial).	67
Figura 6. Climograma para la estación de Jesús del Monte (1936-2003).	92
Figura 7. Toma de parámetros físicos y químicos en campo.....	119
Figura 8. Estimación del Q por el método de área-velocidad.....	121
Figura 9. Estimación del Q por el método de relación volumen-tiempo.	122
Figura 10. Determinación de los SST por medio de filtrado.	123
Figura 11. Medición de la Tb en un turbidímetro.....	124
Figura 12. Determinación de la DBO ₅	125
Figura 13. Determinación de la DT por el método de titulación con EDTA.	125
Figura 14. Determinación de la concentración de los nutrientes (NO ₃ ⁻ -N, NH ₃ -N y PO ₄ ³⁻) con un espectrofotómetro.....	126
Figura 15. Análisis microbiológicos.....	128
Figura 16. ICA por campaña de <i>La Rosa</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).....	136
Figura 17. Manantial <i>La Rosa</i>	136
Figura 18. ICA por campaña de <i>La Pitahaya</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).	138
Figura 19. Manantial <i>La Pitahaya</i>	138
Figura 20. ICA por campaña de <i>Torrecillas</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$)....	139
Figura 21. ICA por campaña de <i>Agua Zarca</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$)..	141
Figura 22. Corriente tributaria perenne <i>Agua Zarca</i>	141
Figura 23. ICA por campaña de <i>Agua Escondida</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).	143
Figura 24. Corriente tributaria perenne <i>Agua Escondida</i>	143
Figura 25. ICA por campaña de <i>La Cruz</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).....	145
Figura 26. Corriente tributaria perenne <i>La Cruz</i>	146
Figura 27. ICA por campaña de <i>SJT</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).....	148
Figura 28. Corriente tributaria perenne <i>SJT</i>	148
Figura 29. ICA por campaña de <i>SMM</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).....	150
Figura 30. Corriente principal (perenne) <i>SMM</i>	150
Figura 31. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de la planta tratadora de San Miguel del Monte.....	151
Figura 32. ICA por campaña de <i>Planta de tratamiento SMM</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).....	152
Figura 33. <i>Planta de tratamiento SMM</i>	152
Figura 34. ICA por campaña de <i>JM</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).	154
Figura 35. Corriente tributaria perenne <i>JM</i>	154
Figura 36. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de la planta tratadora de la localidad de Jesús del Monte.	155
Figura 37. ICA por campaña de <i>Planta de tratamiento JM</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).....	156
Figura 38. <i>Planta de tratamiento JM</i>	157
Figura 39. ICA por campaña de <i>Manantial Río Bello</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).....	159
Figura 40. <i>Manantial Río Bello</i>	159

Figura 41. ICA por campaña de <i>RB</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).....	161
Figura 42. Corriente tributaria perenne <i>RB</i>	161
Figura 43. ICA por campaña de <i>Carretera JM</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).	163
Figura 44. Corriente principal (perenne) <i>Carretera JM</i>	164
Figura 45. Corriente principal (perenne) <i>Unión: Carretera JM-RB</i>	165
Figura 46. ICA por campaña de <i>Los filtros RB</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).	167
Figura 47. Corriente principal (perenne) <i>Los filtros RB</i>	168
Figura 48. ICA por campaña de <i>Los filtros SJT</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).	169
Figura 49. Corriente tributaria intermitente <i>Los filtros SJT</i>	170
Figura 50. Corriente principal (perenne) <i>Unión: RB-SJT</i>	171
Figura 51. ICA por campaña de <i>Club Campestre</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).	173
Figura 52. Corriente principal (perenne) <i>Club Campestre</i>	174
Figura 53. ICA por campaña de <i>García Obeso</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).	176
Figura 54. Corriente principal (perenne) <i>Club Campestre</i>	176
Figura 55. ICA por campaña de <i>Av. Michoacán</i> con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).	178
Figura 56. Corriente principal (perenne) <i>Av. Michoacán</i>	178
Figura 57. ICA _{FQ} e ICA _{E. coli} para todos los puntos de muestreo con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).....	181
Figura 58. ICA _{FQ} y del ICA _{E. coli} para la corriente principal del río Chiquito.	182
Figura 59. ICA _{ci} para las cuatro campañas en la corriente principal del río Chiquito.	182
Figura 60. Estimación de los gastos para la cuenca del río Chiquito.	187
Figura 61. Gráfico derivado del ACP donde se muestra del primer y segundo componente (eje x y eje y respectivamente) para la primera campaña de muestreo.	189
Figura 62. Dendograma del AC para la primera campaña de muestreo.....	190
Figura 63. Gráfico derivado del ACP donde se muestra del primer y segundo componente (eje x y eje y respectivamente) para la segunda campaña de muestreo.....	192
Figura 64. Dendograma del AC para la segunda campaña de muestreo.	193
Figura 65. Gráfico derivado del ACP donde se muestra del primer y segundo componente (eje x y eje y respectivamente) para la segunda campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).....	195
Figura 66. Dendograma del AC para la segunda campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).	196
Figura 67. Gráfico derivado del ACP donde se muestra del primer y segundo componente (eje x y eje y respectivamente) para la tercera campaña de muestreo.	198
Figura 68. Dendograma del AC para la tercera campaña de muestreo.....	199
Figura 69. Gráfico derivado del ACP donde se muestra del primer y segundo componente (eje x y eje y respectivamente) para la cuarta campaña de muestreo.....	201
Figura 70. Dendograma del AC para la cuarta campaña de muestreo.	202
Figura 71. Gráfico derivado del ACP donde se muestra del primer y segundo componente (eje x y eje y respectivamente) para la cuarta campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).....	204
Figura 72. Dendograma del AC para la cuarta campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).....	205
Figura 73. Gráfico derivado del ACP donde se muestra del primer y segundo componente (eje x y eje y respectivamente) para los valores promedio de las cuatro campañas de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).	207
Figura 74. Dendograma del AC para los valores promedio de las cuatro campañas de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).	208

Figura 75. Localidades de la cuenca del río Chiquito en las que se levantaron encuestas (JM, SMM y SJT).....	213
Figura 76. Edad de los encuestados (incluyendo los que son jefes de familia) para JM, SMM y SJT.....	215
Figura 77. Edad de los jefes de familia para JM, SMM y SJT.....	216
Figura 78. Material de construcción para la vivienda encuestada para JM, SMM y SJT....	216
Figura 79. Tipo de desarrollo urbano por vivienda encuestada para JM, SMM y SJT.....	217
Figura 80. Fraccionamientos privados de reciente construcción en la localidad de JM...	218
Figura 81. Empleo del jefe de familia para JM, SMM y SJT.....	219
Figura 82. Lugar de trabajo del jefe de familia para JM, SMM y SJT.....	220
Figura 83. Tipo de traslado al trabajo del jefe de familia para JM, SMM y SJT.....	222
Figura 84. Tiempo invertido por el jefe de familia en el traslado hacia el trabajo en Morelia o de vuelta a la localidad para JM, SMM y SJT.....	223
Figura 85. Tiempo total invertido por el jefe de familia al día en traslados para quien trabaja en Morelia para JM, SMM y SJT.....	224
Figura 86. Gasto en el traslado a la semana para quien trabaja en Morelia para JM, SMM y SJT.....	225
Figura 87. Procedencia del jefe de familia para JM, SMM y SJT.....	226
Figura 88. Jefes de familia que emigraron y regresaron para JM, SMM y SJT.....	226
Figura 89. Lugar al que emigró y del cual regresó el jefe de familia para JM, SMM y SJT.....	227
Figura 90. Familiares originarios de la localidad que emigraron de JM, SMM y SJT.....	228
Figura 91. Lugar al que emigraron los familiares originarios de la localidad para JM, SMM y SJT.....	228
Figura 92. Toma de agua por vivienda encuestada para JM, SMM y SJT.....	230
Figura 93. ¿Considera suficiente la cantidad de agua que recibe?.....	231
Figura 94. ¿Bebe el agua sin purificarla?.....	232
Figura 95. ¿Dejó de consumir el agua por haberse enfermado?.....	232
Figura 96. ¿Considera que el agua es de buena calidad para uso doméstico?.....	233
Figura 97. Problema ambiental considerado como el más grave en la localidad para JM, SMM y SJT.....	235
Figura 98. Problema ambiental considerado como el más antiguo para JM, SMM y SJT.....	241
Figura 99. Problema ambiental considerado como el más reciente para JM, SMM y SJT.....	242
Figura 100. Calificación otorgada al estado de la naturaleza cercana a la localidad para JM, SMM y SJT.....	243
Figura 101. En cuanto a la lluvia, los encuestados de JM, SMM y SJT consideran que recientemente.....	244
Figura 102. Tiempo atrás en que se percataron del cambio en el régimen de lluvias para JM, SMM y SJT.....	244
Figura 103. Causas consideradas por los encuestados para el cambio de régimen de lluvias en JM, SMM y SJT.....	245
Figura 104. Perjuicios por los nuevos fraccionamientos para JM, SMM y SJT.....	247
Figura 105. Beneficios por los nuevos fraccionamientos para JM, SMM y SJT.....	249
Figura 106. Efectos perjudiciales de los nuevos fraccionamientos para JM, SMM y SJT.....	250
Figura 107. Efectos benéficos de los nuevos fraccionamientos para JM, SMM y SJT.....	250
Figura 108. Perjuicios de los nuevos centros comerciales para JM, SMM y SJT.....	251
Figura 109. Beneficios por los nuevos centros comerciales para JM, SMM y SJT.....	253
Figura 110. Efectos perjudiciales de los nuevos centros comerciales para JM, SMM y SJT.....	254
Figura 111. Efectos benéficos de los nuevos centros comerciales para JM, SMM y SJT.....	254

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Área de estudio.....	90
Mapa 2. La cuenca del río Chiquito en el municipio de Morelia	91
Mapa 3. Red hidrográfica de la cuenca del río Chiquito	93
Mapa 4. Zonas funcionales de la cuenca del río Chiquito	94
Mapa 5. Formas del relieve de la cuenca del río Chiquito	94
Mapa 6. Mapa hipsométrico de la cuenca del río Chiquito	95
Mapa 7. Composición litológica de la cuenca del río Chiquito	96
Mapa 8. Suelos de la cuenca del río Chiquito	97
Mapa 9. Cubierta del suelo para el año 2003 en la cuenca del río Chiquito	98
Mapa 10. Localidades y principales vías de comunicación en la cuenca del río Chiquito	100
Mapa 11. Grado de marginación para el año 2005 en las principales localidades del municipio de Morelia y de la cuenca del río Chiquito	113
Mapa 12. Puntos de muestreo en la cuenca del río Chiquito	116
Mapa 13. ICA en cada punto para las cuatro campañas de muestreo (2010-2011).....	184

ABREVIATURAS

AC	Análisis de <i>clusters</i>
ACP	Análisis de componentes principales
ALC	América Latina y Caribe
ARANDM	Archivo del Registro Agrario Nacional, Delegación Michoacán
ATSDR	Agency For Toxic Substances And Disease Registry
AWW	<i>Alabama Water Watch</i>
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CEAC	Comisión Estatal del Agua y Gestión de Cuencas del Estado de Michoacán
CEPAL	Comisión Económica para América Latina
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CHC	Complejos habitacionales privados
CIDEM	Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán
CIEco	Centro de Investigaciones en Ecosistemas
CIGA	Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental
CNI	Comisión Nacional de Irrigación
COLMICH	El Colegio de Michoacán A. C.
CONACyT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CT	Coliformes totales
DBO₅	Demanda bioquímica que oxígeno a los cinco días
DT	Dureza total
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
EUA	Estados Unidos de América
FCE	Fondo de Cultura Económica
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido
GWP	<i>Global Water Partnership</i>
ICA	Índice de calidad del agua
ICA_{ci}	ICA _{FQ} para cada una de las cuatro campañas de muestreo (ICA _{c1} , ICA _{c2} , ICA _{c3} e ICA _{c4})
ICA_{E. coli}	ICA evaluado con parámetros físicos, químicos y microbiológicos
ICA_{FQ}	ICA evaluado con parámetros físicos y químicos
IG	Instituto de Geografía
IIEc	Instituto de Investigaciones Económicas
IIH	Instituto de Investigaciones Históricas
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPN	Instituto Politécnico Nacional
ITC	International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation
JM	Jesús del Monte
K	Conductividad eléctrica
NH₃-N	Nitrógeno amoniacal
NO₃⁻-N	Nitratos
OD	Oxígeno disuelto
ODO	<i>Oxford Dictionaries Online</i>
OMS/WHO	Organización Mundial de la Salud/ <i>World Health Organization</i>
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OOAPAS	Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia
pH	Potencial hidrógeno

PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA/UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/ <i>United Nations Environment Programme</i>
PO₄³⁻	Ortofosfatos
Q	Gasto
RAE	Real Academia Española
RAFA	Reactor anaerobio
SAG	Secretaría de Agricultura y Ganadería
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SARH	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
SDT	Sólidos disueltos totales
SECUM	Secretaría de Cultura del Gobierno del Estado de Michoacán
SEDAGRO	Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Michoacán
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEDUE	Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología
SEMARNAP	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEP	Secretaría de Educación Pública
SJT	San José de las Torres
SMM	San Miguel del Monte
SPP	Secretaría de Programación y Presupuesto
SRH	Secretaría de Recursos Hidráulicos
SSA	Secretaría de Salud
SST	Sólidos suspendidos totales
SUMA	Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del Estado de Michoacán
T	Temperatura
Tb	Turbidez
TVA	<i>Tennessee Valley Authority</i>
UASLP	Universidad Autónoma de San Luis Potosí
UdG	Universidad de Guadalajara
UFC	Unidades formadoras de colonias
UMSNH	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UNFPA	<i>United Nations Population Fund</i>
UNT	Unidades nefelométricas de turbidez
WWF	<i>World Wide Fund</i>

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema y justificación

La ciudad de Morelia es la capital del estado de Michoacán y actualmente es el asentamiento más grande en éste. De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2011), realizado del 31 de mayo al 25 de junio de ese año, el municipio de Morelia contaba con una población de 729,279 habitantes, de los cuales 597,511 se concentraban en la ciudad del mismo nombre.

La ciudad experimentó un rápido crecimiento poblacional a partir de la segunda mitad del siglo XX, además de la natalidad, éste se fundamentó en tres tipos de inmigración: estudiantil de nivel superior, campesinos en busca de trabajo y personas que llegan de ciudades más grandes del país como la Ciudad de México¹, de las cuales al menos las primeras dos siguen siendo las más importantes. Esto conllevó a un incremento en las actividades productivas del sector terciario y que la sede político-administrativa del estado se afanzara como centro comercial, empresarial, estudiantil y proveedor de servicios (salud, profesionales, inmobiliarios y turísticos), generando un decremento en las actividades de los sectores productivos primarios y secundarios. Éste último ha sido siempre incipiente en comparación con otras ciudades de México con características similares a Morelia (López, 1999; López *et al.*, 2001; Ávila, 2007; Vargas, 2008).

La cuenca del río Chiquito abarca una superficie de casi 6,500 hectáreas y se encuentra ubicada en la periferia suroriente de la ciudad de Morelia, en el municipio del mismo nombre. Es considerada como uno de los sitios de más alta biodiversidad en el municipio (López y Fuentes, 2007) y uno prioritario para su conservación, toda vez que la ciudad de Morelia se abasteció sólo de las aguas de este río desde su fundación, hasta la mitad del siglo XX (Ávila, 2007). Actualmente, provee el 2.59% del abasto de agua a la ciudad (OOAPAS, 2010a).

Una muy pequeña parte de la cuenca (al noroeste) se encuentra en la actualidad en proceso de urbanización, por un lado con el crecimiento del pueblo de Jesús del Monte, y por el otro –aproximadamente desde el año 2000-, por la creación de desarrollos inmobiliarios dirigidos, principalmente, a población de altos ingresos económicos del estado –e incluso gente adinerada del país y potencialmente del extranjero- (por ejemplo: *Altozano*). Lo último ha traído consigo una serie de inversiones tanto gubernamentales como privadas, que han permitido la construcción de grandes plazas comerciales, centros financieros y de oficinas de diversas índoles, así como la creación de lugares de esparcimiento, centros educativos privados,

¹ Con Ciudad de México se hará referencia a lo largo del presente estudio a la ciudad integrada por el Distrito Federal y todas sus zonas conurbadas.

infraestructura de servicios, mejoras viales, etc. Con ello, es inevitable la presión sobre el medio rural que circunda esta zona de la ciudad, traduciéndose en deforestación, disminución de actividades productivas del sector primario y fenómenos como la segregación residencial en aquellos sitios que ya han sido urbanizados, entre otros efectos.

Dicho lo anterior, resulta importante analizar el estado ambiental actual de la cuenca del río Chiquito, toda vez que su importancia para la ciudad es indudable, no sólo por los servicios ambientales que brinda (agua, regulación microclimática, sitios de recreación, entre otros), también por las personas que en ella habitan y que todavía encuentran parte de su sustento económico en las actividades productivas primarias. Cabe mencionar que en Morelia no existe una ley de planeación urbana que haga especial énfasis en el valor de la zona, y peor aún, que se respete. Por ello, vale la pena realizar un estudio que permita conocer (caracterizar y diagnosticar) los problemas ambientales que se presentan en el lugar, tanto ecológicos, como sociales. Desde algunos que son muy evidentes, como la pobreza, la deforestación y la consecuente pérdida de suelos (erosión); hasta otros que no lo son tanto, como la calidad del agua del río Chiquito, la degradación de sus bosques y el posible mal manejo de los recursos naturales por parte de sus habitantes o dueños de las tierras. Asimismo, resulta interesante conocer las condiciones de la población que habita dentro de la cuenca como: la precariedad, el tipo de actividades productivas, la migración, la percepción acerca del entorno ambiental, el acceso al agua y las dinámicas funcionales con la ciudad de Morelia como una fuente de empleos y servicios (de salud, educativos, de venta de productos básicos, entre otros).

Una de las principales amenazas para la degradación futura de la cuenca –a corto y mediano plazo- no lo es sólo el – posible mal- manejo por parte de los campesinos, sino la fuerte presión que ejerce la ciudad de Morelia por su proximidad y su inevitable necesidad de expansión territorial. Por una parte, existen fuertes intereses empresariales sobre la zona para la construcción de fraccionamientos privados, centros comerciales, educativos y de recreación, así como de infraestructura vial “moderna” y rutas de acceso, ya que son escasas (Sánchez, 2009); y por el otro un importante mercado de terrenos (ejidales y pequeñas propiedades) para la construcción de “casas de campo” o de “descanso” de los habitantes de la ciudad.

La presente investigación tiene por objeto evaluar la calidad y la dinámica de flujo (cantidad) de las aguas superficiales de la cuenca del río Chiquito, así como establecer su contexto social (precariedad, tipo de actividades productivas, migración, el acceso y uso del agua, relación con la ciudad de Morelia y percepción ambiental). Se considera que desde el enfoque de la Geografía Ambiental donde confluyen diversas disciplinas, es posible abordar la problemática del ambiente de una forma menos parcial. Se parte de la premisa de que los conflictos ambientales y los cambios en el paisaje tienen un origen social, por lo que no deben ser estudiados únicamente por separado –como regularmente se hace-, pues pueden perderse

de vista diversos procesos relevantes. Es importante mencionar que en ningún momento se pretende alcanzar aquí la tan pregonada “integralidad”, ni mucho menos lograr un planteamiento metodológico equilibrado entre diversos campos disciplinarios. Pero el uso de herramientas metodológicas de diferentes áreas de las ciencias biofísicas o naturales y de las ciencias sociales, puede ser de gran ayuda para analizar una realidad que es inherentemente multifactorial y dinámica en el tiempo y el espacio. En este caso interesa evaluar el grado de deterioro o degradación ambiental de la cuenca, en específico y de manera directa, de la erosión y los contaminantes en el agua -y el suelo-, e indirectamente, de la pérdida de cubierta vegetal, el mal manejo agropecuario, el uso inadecuado del suelo, etc. Posteriormente, se realiza una caracterización del contexto social de la población que habita en la cuenca, enfatizando las condiciones económicas de ésta y sus vínculos con el uso del agua; además se estudian algunos procesos periurbanos, en especial cómo es que ocurren diversos tipos de relaciones funcionales entre la cuenca y la ciudad de Morelia -que expande de poco en poco sus fronteras hacia la primera-. En la última parte, se hace una discusión de los resultados en donde se integra la evaluación hidrológica y la caracterización social para determinar los vínculos y procesos espaciales que ocurren en la cuenca desde ambas perspectivas y que tienen efectos en el ambiente, tanto positivos, como negativos.

Por último, este trabajo sienta las bases para realizar procesos de planeación y gestión en esta cuenca de carácter periurbano. Representa una herramienta para tomar decisiones en torno al manejo del agua, pues ubica las fuentes principales de contaminación y los procesos que la ocasionan. Asimismo, brinda información acerca de la población que vive en ella, que puede ser un insumo para diseñar e implementar políticas de administración y gestión del recurso hídrico, así como para mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la cuenca en cuestión. En otro sentido, los resultados de esta investigación permiten desarrollar esfuerzos para la planeación urbana de la ciudad de Morelia y en específico sobre su expansión en la cuenca del río Chiquito.

Objetivos

Objetivo general

Caracterizar, diagnosticar y evaluar el estado actual del ambiente en la cuenca del río Chiquito a partir de un enfoque geográfico ambiental, privilegiando el análisis de las condiciones de sus recursos hídricos y del contexto social en la misma, con el fin de establecer las bases para la planeación dentro del marco de cuencas periurbanas.

Objetivos particulares

1. Caracterizar tanto las condiciones biofísicas (climáticas, hidrológicas, geológicas, geomorfológicas, edafológicas y de la vegetación) de la cuenca, como las circunstancias sociales (demográficas y socioeconómicas) de su población mediante una revisión documental.
2. Diagnosticar y evaluar la calidad general del agua superficial en la cuenca mediante la utilización de un índice de calidad del agua (ICA) que incluya parámetros físicos, químicos y microbiológicos y que sintetice los resultados.
3. Identificar los usos a los que puede destinarse del agua de cada punto de muestreo de la cuenca de acuerdo a los resultados del ICA.
4. Estimar la cantidad de agua superficial en la cuenca determinando los gastos de los diversos puntos de muestreo.
5. Identificar y describir el contexto socioeconómico de la cuenca, mediante los ejes de precariedad (tipos de vivienda y acceso a bienes y servicios), actividades y sectores productivos en que se desempeña la población y migración (tanto emigración, como inmigración), por medio de la consulta a los habitantes de sus tres localidades más pobladas.
6. Identificar y describir la percepción de los habitantes de la cuenca sobre las condiciones ambientales en la misma, priorizando a los recursos hídricos y a los procesos de urbanización –en este caso, propiamente de periurbanización-, mediante la consulta a los residentes de sus tres localidades más pobladas.
7. Identificar y describir las relaciones espaciales-funcionales que ocurren dentro de la cuenca y entre ésta y la ciudad de Morelia, tales como los desplazamientos de la población, los flujos laborales, la migración y el intercambio de recursos naturales (en específico del agua).

Estado del arte para el estudio de caso

En la revisión bibliográfica realizada para la presente investigación, no se encontraron publicaciones que asocien la calidad del agua y el contexto social con una perspectiva geográfica ambiental en una cuenca periurbana como se lleva cabo es este análisis. No obstante, sobre el estudio de caso, es decir la cuenca del río Chiquito se accedió a dos investigaciones de calidad del agua. La primera se trata de una tesis de licenciatura en Biología denominada *Las diatomeas como indicadores de las condiciones trófica del Río Chiquito, Mpio. de Morelia, Michoacán*. En ella Gajón (2005) utiliza la presencia y diversidad de diatomeas como indicadores del calidad del

agua en nueve puntos de muestreo de corrientes superficiales de la cuenca y seis en el cauce – del río Chiquito- que atraviesa la ciudad. La segunda es una tesis de maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental de Molina (2011) titulada *Evaluación de la calidad del agua de la red hidráulica superficial de la parte sur-sureste del municipio de Morelia, Michoacán: hacia un modelo de gestión* que además de evaluar la geomorfología de cauces y la calidad ambiental visual de nueve sitios en corrientes superficiales de la cuenca del río Chiquito, calcula un ICA para diversos parámetros de calidad del agua.

Acercas de investigaciones en la cuenca del río Chiquito con objetos de investigación distintos al de la presente, pero vinculados se revisaron las siguientes: Gómez y Angón (2004) publican un trabajo acerca del manejo de recursos forestales no maderables en la cuenca, en específico para las localidades de Jesús del Monte y San Miguel del Monte. Por otro lado, Guevara (2009) hace un análisis de los cambios en las cubiertas y el uso del suelo para la cuencas del río Chiquito y del río Paredones (ubicada de forma contigua al sur de la primera). Por último, Sánchez (2009) realiza un estudio de corte histórico-ambiental para el ejido de Jesús del Monte - que se ubica casi completamente dentro de la cuenca- enfocándose en los efectos del crecimiento de la ciudad de Morelia hacia éste.

Finalmente, López et al. (2001) realiza un estudio del crecimiento de la ciudad de Morelia de 1975 a 1997. Destacando que la mayor expansión ocurre hacia el sureste de la ciudad –rumbo a la cuenca del río Chiquito, más no dentro de ella, pues hasta cierto punto el crecimiento de la mancha urbana se contuvo en parte del parteaguas de la cuenca, es decir, con la ladera de la loma de Santa María-. Por otro lado, Ávila (2007) lleva a cabo un análisis de la urbanización y los conflictos sociales por el agua en la ciudad de Morelia con un enfoque histórico y sociológico. En él se destaca la importancia del agua proveniente de la cuenca del río Chiquito para dicha urbe desde su fundación. Mientras que Vargas (2008) realiza una investigación histórico-geográfica sobre la urbanización y la configuración territorial de la ciudad de Morelia desde su fundación hasta finales del siglo XX. Ahí incluye datos e información poblacional y biofísica de los alrededores de la misma, considerando a varios poblados y ejidos de la cuenca del río Chiquito, así como la trascendencia del agua y demás recursos naturales de la misma.

MARCO CONCEPTUAL

La Geografía Ambiental como un enfoque para el estudio de la relación sociedad-naturaleza

La pertinencia de la Geografía en el estudio del ambiente y en las Ciencias Ambientales

En la actualidad existe una tendencia por privilegiar visiones holísticas (integrales e interdisciplinarias) en el marco de lo ambiental. Con ello se pretende disminuir las distancias entre los campos del conocimiento biofísicos y socioculturales, reconocidos como interconectados. La preocupación surgida desde las décadas de 1960 y 1970 por la crisis ecológica global y los procesos de deterioro del ambiente, tuvo como respuesta el surgimiento de movimientos sociales, políticas de gobierno y de las denominadas Ciencias Ambientales o disciplinas híbridas (la Historia Ambiental, la Economía Ecológica, la Ecología Política, entre otras como la Geografía Ambiental) (Bocco y Urquijo, 2011).

De acuerdo con Bocco (2010), existen múltiples definiciones de *ambiente* y de *Ciencias Ambientales*. El primero, inherentemente polisémico presenta diferencias que se agrupan en dos grandes corrientes

La primera plantea una ruptura entre organismo (o en su caso sociedad) y entorno (o medio), o si se prefiere entre sujeto y objeto, pero que se reconocen como ligados a partir de procesos o interacciones (en el entorno o medio) mismos que afectan al sujeto. Este enfoque puede asimilarse a un enfoque ecológico o más propiamente ecosistémico. Aquí se encuentran las nociones típicamente biológicas y físicas para el medio u objeto, y organismos para el sujeto. La segunda corriente parte de la inseparabilidad de sujeto y objeto (sociedad y ambiente, a veces aludido como naturaleza), y es utilizada por las aproximaciones desde la ciencias sociales a la noción de ambiente. Aquí se reconoce el ambiente como un producto social a lo largo de un periodo determinado de tiempo. El ambiente es entonces no sólo lo que “rodea” sino también un producto de aquello que es rodeado (Bocco, 2010: 26).

Al respecto de las Ciencias Ambientales, el mismo autor expone que sus distintas acepciones se deben primordialmente a “...la perspectiva disciplinar desde la cual se propone el marco pluri-disciplinar que está presente en cualquier aproximación a este campo de conocimiento (...) [fundamentalmente] la de las ingenierías, la de las ciencias naturales y la de las ciencias sociales” (Bocco, 2010: 26). Dice que tal vez la Ecología y la Geografía son las disciplinas mejor posicionadas en términos conceptuales para enfrentar el reto² (la primera con el estudio de la relación organismo-medio, en sus diferentes niveles de agregación y la segunda, con el análisis del vínculo sociedad-naturaleza). Puesto que no existe un marco teórico propio de las Ciencias

² Aunque no deprecia el valor de la Ingeniería Ambiental para la solución de problemas de esta índole, el autor considera que sus enfoques técnicos derivan de diferentes ramas de la ingeniería y por ende se trata de un campo ajeno al de las Ciencias Ambientales.

Ambientales que vaya más allá de la convergencia disciplinar, parece que éste “...se pide ‘prestado’ a la disciplina que ofrece la perspectiva o enfoque” (Bocco, 2010: 28).

No obstante, la insistencia por una visión integradora prevalece a pesar del enfoque disciplinario que aborde el estudio del ambiente.

Por un lado, especialistas de los campos biofísicos, principalmente biólogos y ecólogos, interesados en las visiones integradas de lo social y lo ambiental -pero distantes de las teorías sociales- han realizado investigaciones del tipo de las crónicas monográficas en las cuales analizan fenómenos sociales. En general, estas investigaciones están sustentadas en información de tipo cuantitativo, y suelen estar bastante cargadas de terminologías biológicas aplicadas de manera más o menos arbitraria a ciertos fenómenos y elementos socioculturales. Este es el caso de la noción de “evolución cultural”, “metabolismo cultural”, “biocultura”, “naturaleza híbrida”, “socioambientes”, entre otras. En estos casos, los análisis de tipo integrador se resuelven con construcciones semánticas [cuestionables] (...) Por otro lado, algunos científicos sociales, más o menos afines a los modelos teóricos construccionistas y al denominado “giro cultural”, han llevado el análisis integral de lo social y lo ambiental al extremo de considerar la existencia de la realidad biofísica en términos prediscursivos y presociales. Dicho de otra forma, han planteado que la naturaleza carece de sentido en sí misma (Bocco y Urquijo, 2011: 315).

Cabe mencionar que estos análisis híbridos no surgen con las Ciencias Ambientales. A pesar de la bifurcación ocurrida en el siglo XX entre la Geografía Física y la Humana, la Geografía tiene más de un siglo proponiendo enfoques ambientales integradores para el estudio de las relaciones entre la sociedad y la naturaleza (Bocco y Urquijo, 2011).

En la segunda mitad del siglo XIX y principios del XX, diversos intelectuales³, vinculados en su mayoría a las ciencias naturales y físicas se interesaron por introducir al hombre en el campo geográfico y vincularlo con su entorno. Surgiría entonces una geografía del hombre, antropogeografía o geografía humana “...concebida en el marco teórico del evolucionismo y formulada como la disciplina científica de las influencias del entorno (*environment*) –es decir, el Medio- sobre el Hombre, esto es, sobre la sociedad” (Ortega, 2000: 264). En estos inicios de la Geografía moderna, la influencia de la naturaleza sobre la sociedad era abordada desde la perspectiva de la causalidad y el ambientalismo, donde el ambiente (factores físicos de suelo y clima) explicaba y determinaba los caracteres humanos y sociales. Aunque no desde la perspectiva determinista, el ambientalismo integró un componente importante de la cultura geográfica actual: el concepto de *medio*. “El ‘medio’ –*milieu* o *environment*- adquiere, en la geografía, una definición específica. Se transforma en *medio geográfico*, entendido como conjunto de factores y elementos físicos que configuran un área determinada. Se convierten en *condiciones geográficas* para los grupos sociales que la ocupan” (Ortega, 2000: 265).

Así, desde la aparición de la Geografía moderna la relación sociedad-naturaleza se había establecido como un eje fundamental y a pesar del distanciamiento entre la Geografía Humana y

³ A. von Humboldt y C. Ritter (naturalistas), V. de la Blanche (historiador), F. von Richthofen y O. Peschel (geólogos), W. M. Davis, E. Hann y W. Köppen (meteorólogos), F. Ratzel (zoólogo), H. J. Mackinder (biólogo e historiador), H. R. Mill (químico) y poco más tarde A. Penck, A. Hettner y C. Sauer (geomorfólogos), entre varios más.

la Geografía Física, ningún campo descartaba totalmente al otro. Sino que se hacía una valoración polarizada de la preponderancia del primero sobre el segundo -y viceversa- en el análisis geográfico. Además, desvincular a la sociedad de la naturaleza ha constituido siempre un problema en la Geografía, pues lo que hoy se considera como medio natural posee una buena porción de historia humana, manifestada en sus territorios y paisajes por las intervenciones e interpretaciones de varias generaciones. “En el momento en que los seres humanos combinan su cotidianeidad con el entorno físico o biológico, la diferenciación entre la historia natural y la historia humana deja de tener sentido” (Bocco y Urquijo, 2011: 317). Por otro lado, el espacio se concibe como un producto cultural, ya que el medio natural no es una realidad única, objetiva o universal y resulta de una construcción humana constante⁴.

La mirada tradicional de la Geografía hacia la relación sociedad-naturaleza, ha sido recientemente de interés para otras disciplinas como la Ecología. La última, en un intento de volcarse hacia el tema ambiental, inevitablemente ha tenido que hacerlo también hacia lo espacial. Sin embargo, su preocupación ha sido fuertemente pragmática, y no se ha encaminado a establecer reflexiones conceptuales rigurosas en ambos sentidos. Con ello, “...se ha confundido el concepto ecosistema con el de paisaje⁵, y se ha manejado el de paisaje -o incluso el de región- como un nivel más de agregación biológica”. Esto sin tomar en cuenta “...las connotaciones territoriales tratadas en diversos sistemas clasificatorios sobre terreno -uso de suelo, por ejemplo- ni la cuestión de la escala, herramienta esencial de la Geografía y que no pocas veces ha sido reducida a un problema matematizable” (Bocco y Urquijo, 2011: 318). La confusión conceptual en áreas ajenas a la Geografía no sólo ha ocurrido entre ecosistema y paisaje o región. Ecosistema y naturaleza frecuentemente son utilizados como sinónimo de ambiente. Partiendo de que el ambiente es un constructo histórico-social -como se mencionó anteriormente-, Aguilar y Contreras (2009) exponen que con este término se alude a la naturaleza transformada mediante la acción humana a través del tiempo, por lo que “...a diferencia de la naturaleza, el sistema biofísico o los ecosistemas, [el ambiente] incluye además las *transformaciones resultantes* de las actividades humanas” (Bocco y Urquijo, 2011: 268). En contraparte de conceptos como “...ecosistema, ecósfera, bioma, comunidad biótica, biogeocenosis o geosistema, cuya función primordial es describir, caracterizar, analizar o explicar la organización, la composición y la dinámica de la naturaleza...”; el concepto de ambiente es sustancialmente distinto pues implica necesariamente un cambio -antropogénico- y por ende “...entraña *intrínsecamente* una toma de posición, una valoración del estado -transformado, regenerado o degradado- de la naturaleza” (Bocco y Urquijo, 2011: 269).

⁴ Bocco y Urquijo apuntan que lo anterior no implica la inexistencia por sí misma de procesos y leyes (como la fotosíntesis y la gravedad, respectivamente), aun sin la presencia humana para nombrarles y explicarles.

⁵ Existen diversas definiciones del concepto *paisaje*, pero por cuestiones prácticas y por no ser el objeto de la presente investigación, se definirá como una porción delimitada del espacio que cuenta con elementos biofísicos y sociales y que es sujeta a ser moldeada por las actividades humanas. Por lo que es reflejo del vínculo sociedad-naturaleza.

La Geografía Ambiental

En la actualidad se ha subestimado el papel de la Geografía frente al estudio y el tratamiento de la problemática ambiental. A diversos niveles gubernamentales y académicos suele asumirse que los científicos naturales son los expertos ambientales. De ahí que la temática en torno al ambiente se relacione sólo con los sistemas biofísicos –como los ecosistemas- y en muchos casos resulte una visión notoriamente descontextualizada, tanto espacial, como temporalmente (Aguilar y Contreras, 2009). Considerando que la sociedad y la naturaleza poseen una relación indisoluble, reflejada en lo que se denomina como ambiente, éste no es sólo el medio físico natural en el cual se desenvuelve el ser humano, sino que también es producto de sus vínculos con él como un medio físico construido, que desplaza más y más al primero. El ambiente es entonces cada vez menos un objeto natural y a veces está localizado, pero con frecuencia es difícil de percibir (Bocco y Urquijo, 2011). No obstante, bien puede ser delimitado espacial -e incluso temporalmente-, por medio de conceptos geográficos como el de paisaje, cuenca o región, los cuales resultan más convenientes que otros (provenientes de otras áreas del conocimiento) como ecosistema, ya que los primeros requieren intrínsecamente la consideración de la sociedad y las actividades humanas en la naturaleza, mientras que –como se mencionó con anterioridad- el segundo alude únicamente a la composición y la dinámica de los sistemas naturales, donde la sociedad y las actividades humanas no son eje medular de su objeto de estudio y difícilmente puede delimitarse y atribuirse a él una escala espacial⁶. Aguilar y Contreras (2009) exponen que estas carencias se vuelven muy relevantes si se considera que los problemas ambientales son resultado de procesos sociales, históricos y culturales en condiciones histórico-geográficas particulares (como ejemplo los tipos de usos del suelo, las formas de tenencia de la tierra, los sistemas económicos y productivos, etc.).

Como se explicó anteriormente, el papel de la Geografía como una ciencia puente entre el estudio de la naturaleza y la sociedad no es reciente y ha estado presente a lo largo de su desarrollo. Aunque no son pocos los geógrafos que prefieren estudiar únicamente uno de los dos campos, otros más –e incluso especialistas provenientes de otras áreas del conocimiento- se han interesado por las relaciones entre el mundo humano y en mundo natural. Este enfoque es lo que se conoce como Geografía Ambiental (también denominada dentro de la Geografía como la tradición *man-land* o *human-environment*) (Castree *et al.*, 2009).

La Geografía Ambiental, es mucho más que una intersección residual entre la Geografía Humana y la Geografía Física. La heterogeneidad de estas dos amplias divisiones implica muchos

⁶ De acuerdo con Bocco (2010) es en la dimensión espacial donde radica la contribución de la Geografía a las Ciencias Ambientales para el estudio del ambiente.

puntos potenciales de contacto entre los campos de una con los de la otra, por lo que la Geografía Ambiental no puede entenderse sólo como un tipo de espacio –delimitado– entre una convergencia horizontal de cada división, ni mucho menos como una aproximación totalmente simétrica (frecuentemente denominada “integral” u “holística” desde otras disciplinas como la Ecología) entre las áreas de estudio humano-sociales y las físico-naturales (Castree *et al.*, 2009). La Geografía Ambiental, **más que una disciplina es un enfoque** orientado a las Ciencias Ambientales, el cual pretende “reubicar lo ambiental como un asunto fundamental para la Geografía Humana, que se vale en buena medida de las herramientas de la Geografía Física y sus técnicas”. Todo el sostén teórico y metodológico desarrollado históricamente dentro de la Geografía, ha sido “...poco socorrido por los enfoques emergentes, dentro y fuera de la Geografía, que muchos casos confunden nuevos rótulos con antiguos conceptos, que ya estaban muy bien establecidos décadas atrás” (Bocco y Urquijo, 2011: 318-319). Así, no se busca que la Geografía, desde su enfoque geográfico ambiental sea una –o la– ciencia para el estudio integral del ambiente, sino una disciplina más que se dedica a su estudio (Aguilar y Contreras, 2009), fortalecida frente a otras -como la Ecología- por su inherente preocupación hacia el vínculo sociedad-naturaleza (desde un marco espacial), presente en ella desde hace más de un siglo.

En algunas ocasiones, la expresión Geografía Ambiental ha fungido como un sustituto de Geografía Física, en otras como un puente entre las dos divisiones de la Geografía, mientras que unas más la asocian a la Geografía Humana. En definitiva, el enfoque de la Geografía Ambiental hace énfasis en el análisis espacial incluyendo la indisoluble relación sociedad-naturaleza, con un respaldo teórico encontrado en la Geografía Humana, en otras ciencias sociales y en las humanidades, mientras que se apoya y hace uso de los postulados y modelos de la Geografía Física y de las tecnologías para el estudio del espacio (Bocco y Urquijo, 2011).

Finalmente, cabe mencionar que al tratarse de un enfoque multi e interdisciplinario y no de una disciplina, la Geografía Ambiental carece de un marco teórico y metodológico único y unificado, pero esto no supone un verdadero problema. En palabras de Castree *et al.* (2009), la diversidad y la riqueza de la Geografía Ambiental “no debe ser sacrificada en el altar de la unidad”, pues sus exponentes han creado y hecho uso de diferentes arreglos cognitivos, evaluativos, expresivos, metodológicos y conocimientos aplicados para distintas escalas espaciales y temporales. Considerando la heterogeneidad y especificidad de muchos de los problemas ambientales, así como los distintos contextos geográficos (históricos, sociales, económicos, culturales y naturales), lo anterior más que ser una debilidad es una fortaleza.

La cuenca hidrográfica y los recursos hídricos

La cuenca hidrográfica

Existen varias definiciones de *cuenca hidrográfica* entre ellas algunas muy concretas como: “área de drenaje de un curso de agua” (Ortiz, 1996: 48); o “área de terreno cuya topografía hace que el agua drene en un punto común” (Maass, 2003: 113). Y otras más explícitas como: “área de terreno que captura agua en cualquier forma, como lluvia, nieve, o rocío, y drena en un cuerpo de agua común, por ejemplo, arroyo, río o lago”⁷, (DeBarry, 2004: 1). En estas sencillas acepciones, se distingue una unidad –la cuenca- con dos componentes: el espacial y el funcional. El primero se refiere a un área de terreno delimitada por el relieve, y al segundo, al flujo del agua en ella, condicionado por la topografía y la orografía –o relieve-. Destaca entonces que las condiciones geomorfológicas son un factor primordial, toda vez que determinan espacialmente a la cuenca. No obstante, el tamaño de una cuenca depende también del factor humano, y no en sentido estricto para su existencia, sino para la escala de trabajo o análisis. Toda vez que estas unidades de terreno varían en dimensiones⁸ y pueden estar contenidas en otras más grandes y a su vez albergar otras más pequeñas. Estas cualidades –de jerarquía y anidación- de la cuenca han permitido que se le asocie con la teoría fractal postulada por Benoit Mandelbrot en 1975, quien expone que los fractales son objetos cuyos patrones geométricos se repiten indefinidamente a diferentes escalas (Mandelbrot, 1983). Diversos estudios han surgido al respecto, entre ellos Sánchez (2000), quién analiza la red fluvial de una cuenca y expone que el concepto de autosemejanza (relacionado con el concepto fractal) confiere una invariabilidad ante cambios multiplicativos, donde estructuras más pequeñas son idénticas a las mayores.

Ante esto, y con fines prácticos, las cuencas pueden subdividirse bajo un esquema

⁷ Traducción del significado de *watershed* en inglés. De acuerdo al diccionario Oxford de inglés en línea (ODO, 2011), desde ésta lengua la palabra *cuenca (basin)* significa “depresión natural en la superficie terrestre que típicamente contiene agua”, la cual hace alusión a un océano (por ejemplo, la cuenca del Océano Pacífico). Otra acepción de su significado, refiere a una cuenca de drenaje (*drainage basin*) como una extensión de terreno que es drenada por un río y sus tributarios hacia un lago u océano. No obstante, en la lengua inglesa suele usarse comúnmente la palabra *watershed* (o simplemente *basin*) como un sinónimo de *drainage basin*, mientras que de acuerdo al mismo diccionario, *watershed* es un “área o cadena montañosa que separa las aguas que fluyen hacia diferentes ríos, cuencas u océanos”. Por ende, éste último término remite a los límites de una cuenca o *drainage basin*, es decir, a la línea divisoria del flujo de aguas, que en castellano es denominada como *parteaguas*. Al respecto, Heathcote (1998) menciona que en años recientes el término *watershed*, ha adoptado el significado de *drainage basin*, equivalente a cuenca en la lengua castellana. También es frecuente encontrar *catchment* o *catchment área* como sinónimo de cuenca (*basin*) aunque acorde a su significado, éste término trata de la colecta del agua de lluvia sobre un área de drenaje (ODO, 2011).

⁸ Sólo como ejemplo, la cuenca del río Amazonas –la más grande del mundo- cuenta con una superficie de más de seis millones de kilómetros cuadrados y abarca porciones de diferentes países (Perú, Colombia, Bolivia, Ecuador, Venezuela y Brasil). Asimismo, la del río Mississippi se extiende por más de tres millones de kilómetros cuadrados ocupando casi la mitad de la superficie de los Estados Unidos de América (sin contar al estado de Alaska). No obstante, así como hay cuencas de este tamaño existen otras más pequeñas, pasando del orden de los miles y centenas hasta las decenas o unos cuantos kilómetros cuadrados. Cuevas *et al.* (2010), encuentran que en México la cuenca más grande es la del río Bravo, con una superficie aproximada de 222,500 kilómetros cuadrados, mientras que la cuenca Caleta el Pando (ubicada en el estado de Sonora) tiene un área de sólo un kilómetro cuadrado.

espacial jerárquico o anidado, donde la cuenca se compone de subcuencas, integradas a la vez por microcuencas. Asimismo, una cuenca (o cualquiera de sus subdivisiones) puede seccionarse de acuerdo a criterios relacionados con su función hidrológica, principalmente en lo que se refiere al transporte de sedimentos. Se reconocen tres zonas funcionales: a) cuenca alta (zona de cabecera o de aporte de sedimentos), b) cuenca media (zona de tránsito o de transporte de sedimentos), y c) cuenca baja (zona de emisión o de depósito de sedimentos) (Schumm, 2005). La primera se encuentra aledaña al parteaguas, formada por sistemas montañosos y lomeríos, corrientes de primer y segundo orden y presenta procesos fluvio-erosivos debido a la gran energía del relieve originada por las altas pendientes; la segunda, ubicada en la zona transicional entre la cuenca alta y baja, se constituye de lomeríos, colinas, valles, planicies intermontanas, partes superiores de abanicos aluviales y rampas de piedemonte; con una energía del relieve media al igual que la pendiente. Posee una mayor integración de la red de drenaje con corrientes de segundo, tercero y cuarto orden; La tercera comprende el área de emisión del sistema de drenaje y se sitúa altimétricamente en la parte más baja de la cuenca. Está compuesta de los sitios aledaños al cauce principal, planicies de inundación, terrazas fluviales y abanicos aluviales. Muestra procesos deposicionales ya que tiene una pendiente nula o mínima del relieve, y por ello, mínima energía (Garrido *et al.*, 2010a).

Entre los conceptos hidráulico, hídrico, hidrológico e hidrográfico

Cuando se habla del manejo de cuencas o gestión del agua es común hablar de cuencas hidrográficas, hidrológicas e incluso hídricas e hidráulicas, asimismo de recursos hídricos, hidráulicos, hidrológicos e hidrográficos; al parecer sin ninguna convención estricta y frecuentemente aludiendo al mismo significado. Cabe mencionar que conceptos en torno al agua, como estos, han derivado de los contextos históricos en los que surgieron y se emplearon, así como los enfoques desde los cuales se abordaron.

De acuerdo al uso vigente de la lengua española los conceptos anteriores se definen de la siguiente manera: a) *hídrico(a)*, “perteneciente o relativo al agua”; b) *hidráulico(a)*, “perteneciente o relativo a la hidráulica”, que es la “parte de la mecánica que estudia el equilibrio y movimiento de los fluidos” o el “arte de conducir, contener, elevar y aprovechar las aguas”; c) *hidrológico(a)*, “perteneciente o relativo a la hidrología”, que es la “parte de las ciencias naturales que trata de las aguas”; y d) *hidrográfico(a)*, “perteneciente o relativo a la hidrografía”, que es la “parte de la geografía física que trata de la descripción de las aguas del globo terrestre” o el “conjunto de las aguas de un país o región” (RAE, 2001).

Como se explicó anteriormente, es frecuente que en la literatura se refiera a cuenca hidrográfica, hidrológica y en menor proporción hídrica e hidráulica, aludiendo al mismo

concepto. En principio se puede descartar el uso de cuenca hídrica, ya que el último término es bastante impreciso, en comparación con los otros tres y sólo hace referencia al agua. Por su parte, es también posible rechazar la utilización de cuenca hidráulica toda vez que la última palabra apunta a la Hidráulica como una rama de la Física que estudia el movimiento de los fluidos, así como el diseño de los mecanismos y dispositivos que se requieren para hacerlo. Así, deja afuera diversos elementos relacionados con el agua presente en una cuenca, tales como sus propiedades químicas y biológicas, las características espaciales de la cuenca como la edafología, la vegetación y la climatología, y más aún los contextos políticos, económicos y culturales, entre otros muchos aspectos que van más allá del propio movimiento o conducción del líquido.

Por lo expuesto, queda entonces la posibilidad de emplear cuenca hidrológica o cuenca hidrográfica, que son en realidad las formas manejadas con más frecuencia. Si se define más especializadamente *Hidrología e Hidrografía* se tiene que la primera es la ciencia que estudia las propiedades, la distribución y la circulación del agua en la superficie del terreno, en el suelo, a través de las rocas y en la atmósfera; mientras que la segunda se encarga de la descripción, el estudio y el análisis de las condiciones físicas y los límites; medición, investigación y control de caudales; y de las características relacionadas con el agua superficial como: ríos, lagos y océanos (DeBarry, 2004). Con lo anterior se tiene que la Hidrología estudia al agua desde una perspectiva funcional y dinámica basada en el ciclo hidrológico y en los distintos depósitos donde ésta se mueve; en tanto que la Hidrografía se preocupa por delimitar los cuerpos de agua superficiales – e incluso representarlos en mapas- y realizar mediciones relacionadas con sus caudales y condiciones físicas.

En realidad, ambas acepciones pueden utilizarse como adjetivo de cuenca, no obstante, cuenca hidrológica denota un sentido más funcional y menos concreto espacialmente, toda vez que implica procesos que ocurren a escalas mayores a la cuenca (como los atmosféricos), y que no se observan solamente a nivel superficial (como los flujos subterráneos), por lo que el interés principal no se encontraría a nivel espacial necesariamente en la unidad de terreno (cuenca), sino en los flujos del agua entre la atmósfera, la superficie terrestre y las zonas subterráneas. Por su parte, cuenca hidrográfica refiere en primera instancia a una rama de la Geografía Física (la Hidrografía), donde el factor espacial está ya implícito. Asimismo, tiene como objeto de estudio a las aguas superficiales, sus caudales, condiciones físicas y sus límites, lo cual puede ser representado cartográficamente al igual que la cuenca y estudiarse sólo dentro de sus demarcaciones, mismo que sería bastante complicado desde un punto de vista funcional como el hidrológico, donde además no es el objetivo principal. Por ello, en la presente investigación se denomina como cuenca hidrográfica, debido a que la cuenca es en principio un área de terreno delimitada por el relieve y el drenaje de sus aguas, y que puede identificarse claramente a nivel espacial.

Cabe aclarar aquí que en este trabajo sólo se consideran los flujos superficiales y subsuperficiales de la cuenca, no obstante podrían también tomarse en cuenta los subterráneos dentro de la cuenca, pero ello rebasaría los alcances de la investigación. Por esto, es importante decir que si se desea estudiar sólo las dinámicas subterráneas del agua se puede definir como cuenca *hidrogeológica*⁹ a la “unidad fisiográfica que contiene un acuífero¹⁰ o varios acuíferos conectados o interconectados” (Ortiz, 1996: 48), la cual no tiene necesariamente los mismos límites espaciales que la cuenca hidrográfica.

El agua como un recurso

Según la RAE (2001), *recurso* es un bien o un medio de subsistencia. A lo largo de la historia el agua ha sido considerada por las sociedades como un bien material necesario para la supervivencia del ser humano, por ello, puede denominársele como un recurso natural. En este sentido, la RAE (2001) define a la palabra recurso en su forma plural como el “conjunto de elementos disponibles para resolver una necesidad o llevar a cabo una empresa” por ejemplo recursos naturales, hidráulicos, forestales, económicos, humanos, etc. De acuerdo con Zaid (2005) el término de recursos *hidráulicos* pudo aparecer en el siglo XX cuando diversos Estados lo utilizaron en sus políticas de control en la gestión del agua. En México, en 1946 se crea la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH), a partir de la Comisión Nacional de Irrigación (CNI) que existía desde 1926.

El término *hídrico* fue aceptado por la RAE hasta 1984 como “perteneciente y relativo al agua”, pero su uso no era vigente para México ni para España en esos momentos. A pesar de que en 1962 en Argentina, el Consejo Federal de Inversiones publicó la serie Evaluación de los Recursos Naturales de la República de Argentina con un tomo llamado Recursos hidráulicos superficiales y otro denominado Recursos hidráulicos subterráneos; en 1970 se estableció en este país la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación y en 1977 se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, lanzando el Plan de Acción de Mar del Plata sobre el Desarrollo y la Administración de los Recursos Hídricos. No existe la certeza total del origen argentino de éste término, pero pudo venir de ahí y pasar posteriormente a otros idiomas (Zaid, 2005).

La RAE (2001) expone que el concepto hídrico fue adoptado por convenio en la nomenclatura química para designar a los ácidos que no contienen oxígeno (por ejemplo, los ácidos *clorhídrico* o *sulfhídrico*). Fue Berzelius quien en 1826 propuso este sufijo pero cometió el

⁹ De acuerdo con Aparicio (1992: 19), una cuenca superficial es aquella “...zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida”, mientras que una cuenca subterránea está asociada a la primera y posee una forma en planta similar, pero implica que la superficie no sea impermeable.

¹⁰ Una definición de acuífero es “unidad geológica capaz de recibir, transmitir y almacenar agua” (Ortiz, 1996: 13).

error de utilizar *hidr* para referirse al hidrógeno (que significa generador de agua) y no al agua. Por lo que al final, el oído se impuso y se independizó primero en tecnicismos de la medicina, luego de la ecología (hábitat hídrico) y finalmente de la hidrología donde recursos hídricos, puede llegar a imponerse sobre recursos hidráulicos (Zaid, 2005).

En la actualidad es frecuente que impere la utilización del término recursos hídricos, por encima del de recursos hidráulicos. Sobre todo en los ámbitos de la gestión gubernamental del agua (por ejemplo en México el Programa Nacional Hídrico 2007-2012) y en los estudios del agua provenientes de las ciencias naturales (como la Geografía Física, la Ecología, la Agronomía, las ciencias Forestales y la Biología) y las ciencias sociales (como la Historia, la Antropología, la Sociología, la Economía y la Geografía Humana). No siempre así para el área de las ingenierías (como la Hidráulica y la Civil), donde el enfoque está más asociado al estudio netamente hidráulico, de conducción y movimiento del agua, así como del desarrollo de infraestructura de éste tipo.

Por conveniencia, se decide utilizar en esta investigación el término de recursos hídricos, ya que a pesar de que la etimología denota un uso inadecuado, la RAE lo aceptó para su empleo en el castellano. Hasta cierto punto esto valió la pena, ya que el auge en su utilización puede deberse a que al oído recursos hidráulicos alude al agua encauzada por la acción humana en obras de infraestructura civil para su aprovechamiento, así como al estudio mecánico del movimiento del líquido. En tanto que recursos hídricos lo hace en un sentido más amplio, donde no necesariamente es primordial el estudio del aspecto hidráulico para el consumo humano, sino la calidad del agua, los ecosistemas acuáticos, el valor estético de un río o lago, etc.

La calidad del agua

El agua no se encuentra en estado puro en la naturaleza, siempre contiene, en diversas concentraciones, sustancias que provienen de distintas fuentes: la precipitación, los procesos erosivos, el viento, etc. Por lo tanto, incluso el agua que no ha recibido descargas residuales de las actividades humanas, posee ciertas cualidades físicas, químicas y biológicas que la determinan y que constituyen su “calidad natural”. No existe una definición universal de *calidad del agua*, toda vez que siempre se asocia al uso o actividad a la que se destinará (por ejemplo, calidad para beber, calidad para riego, calidad para la vida acuática, etc.). Así, un agua que no es apta para un uso, puede serlo totalmente para otro, de ahí que se existan criterios de calidad de acuerdo cada uso (Conesa, 1997).

La calidad del agua se puede definir de manera muy general como las “propiedades físicas, químicas y biológicas del agua” (Ortiz, 1996: 34). Aunque también puede decirse que es “...un término relativo que se utiliza para transmitir la idea de utilidad de las aguas subterráneas

o de las aguas superficiales para un propósito determinado” (Dalence, 2009: 4). A grandes rasgos, la calidad del agua se define en torno a propiedades particulares, para vincularla con un uso o una actividad específica. Se debe tener presente que depende de diversos factores físicos, químicos, biológicos y -cuando se aprovecha y se descarga en ella- también sociales, por lo que su evaluación puede constar de una gran cantidad de variables a considerar. Sólo para generar una idea de la esencia multifactorial de la calidad del agua, DeBarry (2004) expone que es influida en los cuerpos de agua por el caudal de las corrientes, la profundidad del agua, la cantidad de sedimentos suspendidos, el dosel y la porción de luz solar que alcanza al agua, las cargas de nutrimentos y otros contaminantes¹¹.

Por otro lado, no se deben confundir los *requerimientos de la calidad del agua* con los *estándares de la calidad de agua*. Los primeros tienen como base la experiencia de las necesidades para diferentes usos (por ejemplo, doméstico, agricultura, ganadería, pesca, recreación, industria, generación de energía, etc.); mientras que los segundos son los criterios y límites establecidos por instituciones gubernamentales para regular una actividad o uso específico (por ejemplo las Normas Oficiales Mexicanas o la Environmental Protection Agency [EPA] de los Estados Unidos de América [EUA]).

Una vez definido el concepto de calidad del agua es importante distinguirlo de *contaminación del agua*. Ésta última altera la “calidad natural” del agua y es resultado de las actividades humanas (Meybeck y Helmer, 1996; Conesa, 1997). Implica “...la presencia de sustancias u organismos extraños [contaminantes] en un cuerpo de agua en tal cantidad y con tales características que impiden su utilización con propósitos determinados” (Arellano, 2002: 29-30). En el siguiente cuadro se hace más explícita la diferencia entre cada uno y aparecen las acepciones que pueden tomar.

Cuadro 1. Definición de calidad y contaminación del agua.

Concepto	Definición
Calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> - Conjunto de concentraciones, tipos y divisiones físicas de las sustancias inorgánicas u orgánicas - Composición y estado de la biota en un cuerpo de agua - Descripción de las variaciones temporales y espaciales que se deben factores internos y externos de un cuerpo de agua
Contaminación del agua	<p>Introducción antropogénica, directa o indirecta, de sustancias o energía que resulta en efectos deletéreos como:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Daño a los recursos vivientes b) Riesgos a la salud humana c) Impedimentos a las actividades acuáticas como la pesca d) Deterioro en la calidad del agua con respecto a sus usos agrícola, industrial y las actividades económicas e) Reducción de la calidad de vida

Fuente: Modificado de Meybeck y Helmer (1996: documento sin numeración de páginas)

¹¹ Se considera como contaminante a “toda la materia particulada suspendida, solutos (sustancias disueltas) y sustancias inmiscibles que son introducidas en el sistema hidrológico (sin tomar en cuenta el nivel de concentración)...” (Dalence, 2009: 4) y tiene como origen a las actividades humanas (Meybeck y Helmer, 1996; Conesa, 1997).

También es posible definir la *evaluación de la calidad del agua* y el *monitoreo* de la misma. El primero se refiere al proceso completo de la valoración de la naturaleza física, química y biológica con relación a la “calidad natural”, efectos humanos y usos deseados; especialmente con los usos que pueden afectar a la salud humana y al ecosistema acuático. El segundo implica la colecta actualizada de información de un conjunto de sitios en intervalos regulares de tiempo, con la finalidad de obtener datos que permitan explicar las condiciones prevalecientes, establecer tendencias, etc. (Meybeck y Helmer, 1996).

Por otro lado, para evaluar la calidad del agua existen diversos tipos de parámetros que pueden determinarse. Un *parámetro* es un “dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación” (RAE, 2001) y para la calidad del agua los hay físicos, químicos y biológicos (o microbiológicos de ser el caso). Casi todos los parámetros físicos del agua son aquellos que responden a los sentidos (vista, olfato, tacto y gusto) como los sólidos suspendidos, la turbidez, el color, el sabor, el olor, la temperatura y la conductividad eléctrica (aunque la última no se reconoce de manera directa por algún sentido, varía de acuerdo al contenido de sales [salinidad] y algunas de ellas son perceptibles al gusto); los parámetros químicos de la calidad del agua están relacionados con la capacidad de éste líquido -como solvente universal- para disolver diversas sustancias, entre ellos se hallan: los sólidos disueltos totales, el oxígeno disuelto, la dureza, los nutrimentos (nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, fosfatos, etc.), la materia orgánica, los metales, los cloruros, los fluoruros, etc.; y los parámetros biológicos están vinculados al agua como un hábitat de miles de especies, desde organismos unicelulares, hasta peces de gran tamaño. Su presencia o ausencia puede servir como indicador de la calidad del agua. Un cuerpo de agua con gran diversidad de especies puede considerarse como un ecosistema saludable (con una buena calidad del agua). Mientras que la presencia de algunos organismos -esencialmente microorganismos- (relacionados con los parámetros microbiológicos), como ciertos tipos de bacterias, virus, algas y protozoarios pueden denotar la existencia de algún contaminante (Arellano, 2002).

En los siguientes tres Cuadros (2, 3 y 4) se definen los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de calidad del agua, que fueron utilizados en la presente investigación.

Cuadro 2. Parámetros físicos de la calidad del agua que fueron evaluados en el presente estudio.

Parámetro	Definición
Temperatura	Su influencia en otros parámetros y procesos acuáticos, hacen que sea imprescindible en las evaluaciones de calidad del agua. Es influido por diversos factores como la latitud, la longitud, la época del año, la hora del día, la circulación del aire, el dosel de las riberas, las condiciones meteorológicas, la disminución del caudal y las descargas de aguas industriales y municipales con altas temperaturas, entre otros. Sus variaciones ocurren estacionalmente y a lo largo del día y noche, afectando procesos físicos, químicos y biológicos, y por tanto la concentración de muchas variables. El agua cálida posee menos oxígeno disuelto que aquella con temperaturas frías, por lo tanto hay menos oxígeno disponible para la respiración de los organismos acuáticos. Asimismo, las altas temperaturas incrementan la tasa de muchos procesos bioquímicos como el metabolismo y la respiración de los seres vivos, permitiendo la rápida descomposición de la materia orgánica y el crecimiento de las poblaciones de microorganismos en tiempos muy cortos, acarreado a su vez más turbidez en el agua. A mayor temperatura diversas sustancias del agua se evaporan o volatilizan, y generalmente suben las tasas de las reacciones químicas. Un cambio repentino en la temperatura de una corriente superficial, puede ser letal para la vida acuática. En resumen, temperaturas muy altas (>30°C) son perjudiciales para la calidad del agua, al igual que aquellas cercanas al punto de congelación (Chapman y Kimstach, 1996; Heathcote, 1998; DeBarry, 2004).
Olor	Usualmente la presencia de olor sugiere una alta actividad biológica. Las temperaturas cálidas incrementan la tasa metabólica y de descomposición de la materia orgánica, aumentando con ello la producción de olor. Asimismo, diferentes niveles de pH pueden afectar la rapidez con que ocurren las reacciones químicas, generando olores (Chapman y Kimstach, 1996).
Conductividad eléctrica	Expresa la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica. La electricidad es conducida por iones en solución e incrementa conforme la concentración de estos es mayor. Es sensible a las variaciones de los sólidos disueltos y de la mayoría de las sales minerales. En la mayoría de los cuerpos de aguas dulce presenta un rango de 10 a 1,000 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Valores mayores se encuentran en aguas contaminadas o en aquellas que reciben escorrentías con grandes cantidades de sólidos disueltos. Es un buen indicador del contenido mineral y suele ser un valioso sustituto de otros parámetros más específicos que requieren de métodos complicados, costosos y que consumen más tiempo (Chapman y Kimstach, 1996; Heathcote, 1998).
Sólidos suspendidos totales	Son limos, arcillas, partículas finas de materia orgánica e inorgánica, compuestos orgánicos solubles, plancton y otros organismos microscópicos. Van de 10nm a 0.1 mm de diámetro (aunque también se acepta toda aquella materia que no pasa a través de un filtro con poros de 0.7 μm de diámetro). Generalmente atribuidos a la escorrentía superficial y se ven exacerbados con la erosión. No obstante, las actividades humanas como la agricultura, las aguas municipales e industriales y los colectores pluviales pueden ser importantes fuentes de sólidos suspendidos. Los sólidos suspendidos incrementan la turbidez, reduciendo la penetración de la luz y ahogando a las plantas acuáticas. Al sedimentarse en el fondo de las corrientes asfixian a los peces (al obstruir sus branquias), arruinan sus huevecillos y perturban o remueven los hábitats de organismos acuáticos. Su acumulación reduce la capacidad de la infraestructura hidráulica y por sus efectos laxantes y apariencia poco atractiva, afectan el aprovechamiento del agua para el consumo humano, por lo que incrementan los costos de tratamiento. Asimismo, los sólidos suspendidos pueden ocasionar procesos de eutrofización, toda vez que los limos y las arcillas fácilmente adsorben en su superficie contaminantes como el fósforo (e incluso otros como los metales pesados y algunos pesticidas) (Chapman y Kimstach, 1996; Heathcote, 1998; DeBarry, 2004).
Turbidez	Es la condición del agua que impide el paso de la luz a través de ella, debido a la presencia de materiales finos en suspensión (Ortiz, 1996). Resulta de la dispersión y absorción de la luz incidente por las partículas. Puede variar estacionalmente de acuerdo a la actividad biológica en el agua y a las partículas de suelo transportadas por las escorrentías superficiales. Es posible relacionarla como los sólidos suspendidos totales, como una medida indirecta de ellos. Sus valores normales van de uno a 1,000 unidades nefelométricas de turbidez (UNT) y los niveles pueden incrementar con la presencia de materia orgánica, el vertido de aguas residuales o las escorrentías con altos contenidos de sólidos suspendidos (Chapman y Kimstach, 1996).

Fuente: Elaboración propia (las fuentes bibliográficas se indican en cada apartado)

Cuadro 3. Parámetros químicos de la calidad del agua que fueron evaluados en el presente estudio.

Parámetro	Definición
Potencial hidrógeno (pH)	<p>Es la medida del balance ácido de una solución y se define como el logaritmo negativo de base 10 de la concentración del ión hidrógeno ($\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$). Adopta un rango de 0 a 14 y permite establecer si una solución es ácida (menor a 7), neutra (igual a 7) o básica (mayor a 7) (Chapman y Kimstach, 1996; Labastida y Ruiz, 2010). El pH es importante para la evaluación de la calidad del agua, influye en diversos procesos biológicos y químicos, dentro de los cuerpos de agua y durante el aprovechamiento y tratamiento del líquido. Además condiciona a la biota acuática, ya que ésta es sensible a los valores extremos de pH. En la mayoría de las aguas naturales va de 6.0 a 8.5, aunque valores más bajos pueden aparecer en aguas con altos contenidos orgánicos diluidos, mientras que valores más altos ocurren en aguas eutrofizadas, aguas subterráneas con altos niveles de salinidad y en lagos salados. En cuerpos de agua poco contaminados, existe un balance natural ácido-base, controlado principalmente por el dióxido de carbono y los iones carbonato y bicarbonato. Éste balance se ve afectado por vertidos industriales o por la depositación atmosférica de sustancias formadoras de ácidos. El pH del agua puede variar a lo largo de las 24 horas del día, por causa de los ciclos fotosintéticos y de respiración de las algas –especialmente en aguas eutrofizadas-; con una tendencia a ser neutro por la noche y a ser ácido durante el día (Chapman y Kimstach, 1996; Manahan, 2007).</p>
Oxígeno disuelto	<p>Es el más importante dentro de los parámetros químicos del agua, ya que es esencial para todas las formas de vida acuática. Varía con la temperatura, la salinidad, la turbulencia, la actividad fotosintética de las algas y la presión atmosférica. Disminuye con el incremento de la temperatura y la salinidad. Sus variaciones ocurren estacionalmente y en las 24 horas del día, principalmente con relación a los cambios de temperatura y a la actividad biológica (fotosíntesis y respiración). Las descargas de aguas residuales (cargadas de materia orgánica y nutrientes) fomentan el incremento de la actividad microbiológica (respiración) y con ello los procesos de descomposición, reduciendo la concentración del oxígeno disuelto. Gran parte del oxígeno proviene de la atmósfera, mientras que el producido por la fotosíntesis de las algas no llega a ser tan importante, ya que se pierde durante la noche cuando éstas lo consumen para sus procesos metabólicos (parecidos a los de los organismos aerobios). Asimismo, la degradación de la biomasa (organismos muertos) requiere de oxígeno para los organismos desintegradores. Por lo tanto, para que se degrade la materia orgánica y ocurra la autopurificación del agua, son importantes los procesos de turbulencia que permiten la transferencia de oxígeno entre la interfase aire-agua. En cuerpos de agua dulce a nivel del mar, este parámetro toma un rango que va de los 15 mg/l a 0°C a los 8 mg/l a 25°C, aunque en aguas no contaminadas usualmente puede disminuir de los 10 mg/l. Concentraciones menores a los 5 mg/l pueden ser adversas al funcionamiento y la supervivencia de las comunidades biológicas; aquellas por debajo de los 2 mg/l ocasionarían la muerte de la mayoría de los peces. Así, la mayor parte de su mortandad no se produce por la toxicidad directa de los contaminantes, sino por el déficit de oxígeno ocasionado por su consumo ante la biodegradación de los contaminantes por bacterias. En casos de concentraciones de oxígeno muy bajas, procesos anaeróbicos pueden ocurrir. Por lo expuesto, la medición del oxígeno disuelto puede indicar el grado de contaminación por materia orgánica (Chapman y Kimstach, 1996; Heathcote, 1998; DeBarry, 2004; Manahan, 2007).</p>
Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO_5)	<p>Se define como la cantidad de oxígeno consumido por la oxidación microbiana de formas orgánicas, bajo condiciones anaeróbicas a 20°C durante cinco días. El consumo o degradación de la materia orgánica por parte de las bacterias, hace que éstas tengan un crecimiento poblacional y durante este proceso agoten el oxígeno que puede ser utilizado para el desarrollo de plantas y animales. Una corriente de agua bien aireada y no contaminada, está relativamente libre de materia oxidable, por lo que su nivel de oxígeno disuelto debe ser alto y la población bacteriana relativamente baja. Este método tiene diversos factores que lo complican, como la demanda de oxígeno por parte de la respiración de las algas presentes en la muestra y la posible oxidación de formas amoniacales (como el nitrógeno amoniacal) si es que están presentes bacterias nitrificantes. Además, la presencia de sustancias tóxicas pueden afectar la actividad microbiológica y reducir el valor del DBO_5. Por ende la interpretación de los resultados debe hacerse con precaución. Aguas no contaminadas suelen presentar valores de 2 mg/l o menores, mientras que aguas residuales pueden superar los 10 mg/l alcanzando mediciones de 600 mg/l y en aguas industriales hasta los 25,000 mg/l (Chapman y Kimstach, 1996; DeBarry, 2004; Manahan, 2007).</p>

Parámetro	Definición
Dureza total	<p>En los cuerpos de agua depende principalmente de la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio. El contenido total de estas sales se denomina como dureza total y se expresa por convención en miligramos de carbonato de calcio, ya que generalmente es este elemento el que se halla en mayor proporción (más de del 70%), aunque en ocasiones la dureza por magnesio puede alcanzar el 50 o 60%. Este parámetro puede variar en un amplio rango, especialmente debido a la estacionalidad: alcanza sus valores más altos cuando los caudales de las corrientes de agua son pequeños y los valores más bajos cuando son grandes -debido a la disolución-. Aguas muy duras pueden dañar a la infraestructura hidráulica, por la incrustación de sales y la -consiguiente- obstrucción de las tuberías, reduciendo la presión del agua. Además acortan el tiempo de vida de calentadores de agua y disminuyen la efectividad de los productos domésticos de limpieza (ya que consumen el jabón) (Chapman y Kimstach, 1996; Heathcote, 1998; Dalence, 2009). Aunque sus efectos en la salud humana son discutidos, autores como Mora y Chamizo (2007) encuentran que el consumo de aguas duras y muy duras (mayores a 120 mg/l como CaCO_3) pueden ser un factor de riesgo para la formación de cálculos renales (masas duras semejantes a piedras que se forman en las vías urinarias).</p>
Nutrimentos	<p>Aunque la mayor parte del nitrógeno (N_2) se halla en estado gaseoso en la atmósfera (78% de su volumen), sus formas oxidadas (NO_2^- y NO_3^-) dentro de los suelos y sustancias orgánicas (tejidos vegetales y animales que lo obtienen del aire para su metabolismo) representan una fracción importante, mientras que en las rocas sólo es un elemento minoritario. Las formas reducidas del nitrógeno son el NH_3^+ (amoníaco no ionizado) y el NH_4^+ (ion amonio), que por oxidación pueden fácilmente transformarse en NO_2^- (ion nitrito) y después en NO_3^- (ion nitrato) -la forma más usual y estable-. El nitrógeno amoniacal comprende las formas NH_3^+ y NH_4^+. Ambas se encuentran en equilibrio en solución acuosa, pero su porcentaje con respecto de una a la otra depende principalmente del pH, de la temperatura y del amoníaco total (suma de NH_3^+ y NH_4^+). A un pH de 9.25 dicha proporción es idéntica, pero a pH de 8.25 y 7.25, el 90 y 99% del amoníaco no ionizado -respectivamente- reaccionará con el ion hidronio (H^+) y formará iones amonio. De ahí que la mayor parte del amoníaco en el agua esta presente como NH_4^+ y no como NH_3^+. El NH_3^+ es tóxico para el humano y lo es en extremo para la vida acuática, pudiendo ser letal, -no así el NH_4^+-, por lo que un pH ácido no es deseable. El amoníaco no ionizado se disuelve fácilmente al disminuir el pH y se volatiliza al aumentar el pH. Aguas dulces no contaminadas contienen pequeñas cantidades de nitrógeno amoniacal -generalmente menores a 0.1 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$- que sirven como un nutriente prioritario para las plantas, mientras que concentraciones mayores pueden indicar contaminación orgánica proveniente de descargas domésticas e industriales, de excretas de la biota y de la escorrentía de fertilizantes, promoviendo condiciones eutróficas y en consecuencia anóxicas. Dada su inestabilidad, la presencia de nitrógeno amoniacal puede representar contaminación orgánica reciente y su paso a otras formas (oxidación a nitritos y luego a nitratos) requiere también de oxígeno para las bacterias nitrificantes. Fluctuaciones estacionales también ocurren en aguas superficiales debido a la muerte y el decaimiento poblacional de organismos acuáticos, particularmente de fitoplancton y de bacterias (Chapman y Kimstach, 1996; Heathcote, 1998; ATSDR, 2002; DeBarry, 2004; Manahan, 2007; Dalence, 2009).</p>
	<p>El ion nitrato (NO_3^-) es la forma común del nitrógeno combinado en los cuerpos de agua. Se puede reducir bioquímicamente a ión nitrito (NO_2^-) por procesos de desnitrificación, generalmente en condiciones anaerobias. Éste último ion puede ser rápidamente oxidado a nitrato. Las fuentes naturales del nitrato son las rocas ígneas, el drenaje en el terreno y los restos de animales y plantas. El nitrato es un nutriente esencial para las plantas acuáticas y sus fluctuaciones estacionales pueden estar causadas por el crecimiento y decaimiento de sus poblaciones. En altas concentraciones (incluso apenas mayores a los 0.2 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$) indica posibles condiciones de eutrofización y de disminución de oxígeno. En aguas superficiales rara vez excede de 0.1 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$, aunque las actividades humanas, pueden elevarlo por arriba de los 5 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$. Ello puede indicar contaminación por aguas municipales (primariamente por heces humanas), actividades ganaderas (heces animales), fertilización agrícola, vertido de aguas industriales y lixiviados de rellenos sanitarios, con casos extremos que alcanzan los 200 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) el límite máximo para agua de consumo humano es de 11.3 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$, mayores niveles representan un significativo riesgo para la salud (en niños puede ocasionar metahemoglobinemia, cuando la hemoglobina se vuelve incapaz de transportar oxígeno en el cuerpo). Cabe mencionar que la aplicación de fertilizantes no es la única fuente de nitratos que se lixivian a las aguas subterráneas. La vegetación natural y pastizales no fertilizados poseen una lixiviación de nitratos mínima, aunque en suelos ricos en materia orgánica existe una alta probabilidad de que bacterias nitrificantes produzcan lixiviados de este ion. Asimismo, las actividades de labranza, incrementan la aireación del suelo, promoviendo la acción de este tipo de bacterias. Finalmente, el proceso de conversión de las formas amoniacales a NO_2^- y luego a NO_3^-, consume oxígeno, por lo que puede disminuir la concentración de éste gas en disolución (Chapman y Kimstach, 1996; Heathcote, 1998).</p>
Nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$)	

Parámetro	Definición
Nutrimientos Ortofosfatos (PO_4^{3-})	<p>El fósforo es considerado como el “nutrimento limitante” para el crecimiento de las plantas, de manera que, controla la productividad primaria de un cuerpo de agua. Por ello, sus concentraciones en las aguas dulces raramente son altas y experimentan fluctuaciones estacionales, pues es utilizado por las plantas en forma de fosfatos. El fósforo suele formar diversos compuestos y en el agua se encuentra en su forma soluble (ion fosfato PO_4^{3-}), como ortofosfatos y polifosfatos (ambos son tipos de fosfatos y los primeros son los más comunes). Las principales fuentes naturales de fósforo son el intemperismo de rocas que lo contienen y la descomposición de la materia orgánica. Por otro lado, las actividades humanas proveen una cantidad importante de fosfatos al agua, con aquellos presentes en fertilizantes, detergentes (polisfosfatos), desechos orgánicos y aguas industriales. Estos fosfatos son adsorbidos por los sedimentos que llegaron al agua durante los procesos de erosión y sedimentación. Las concentraciones de fósforo en las aguas dulces raramente son altas, pues es utilizado por las plantas (en forma de fosfatos). Las altas concentraciones de fosfatos en el agua indican presencia de contaminación y son responsables de condiciones eutróficas, disminuyendo el oxígeno disuelto (Chapman y Kimstach, 1996; Heathcote, 1998; DeBarry, 2004; Manahan, 2007).</p>

Fuente: Elaboración propia (las fuentes bibliográficas se indican en cada apartado)

Cuadro 4. Parámetros microbiológicos de la calidad del agua que fueron evaluados en el presente estudio.

Parámetro	Definición
Coliformes totales	<p>La presencia en el agua de microorganismos causantes de enfermedades es el principal riesgo para la salud humana. Por ello, el monitoreo de los agentes patógenos es un componente esencial para cualquier evaluación de la calidad del agua -sin importar el tipo de uso para el que ésta se piense destinar-, pues directa o indirectamente, puede ser ingerida por el ser humano (agua para: el consumo, el higiene personal, la recreación [por ejemplo, la natación o la navegación], el riego agrícola, la pesca y el lavado y procesamiento de alimentos). Incluso el sólo contacto con aguas contaminadas por este tipo de organismos, llega a ocasionar infecciones en los ojos, los oídos, la nariz y la piel (Chapman y Kimstach, 1996; Heathcote, 1998). En condiciones naturales, las corrientes superficiales de agua suelen llevar partículas de plantas y materia animal (partes muertas o heces) en distintos estados de descomposición. Dentro de ellas, pueden coexistir organismos autóctonos como bacterias, hongos, protozoarios, algas y virus; de los cuales, algunos producen toxinas y transmiten o causan enfermedades. No obstante, mucha de la contaminación por este tipo de patógenos proviene de aguas contaminadas con heces humanas (y de otros seres vivos de “sangre caliente”, como mamíferos y aves), las cuales contienen una variedad de microorganismos intestinales, como bacterias causantes de padecimientos que en ocasiones llegan a ser fatales: gastroenteritis (por <i>Salmonella spp.</i>, <i>Escherichia spp.</i>, <i>Shigella spp.</i>, entre otras especies), disentería (por <i>Shigella spp.</i>), cólera (por <i>Vibrio cholerae</i>) y tifoidea (por <i>Salmonella spp.</i>). (Chapman y Kimstach, 1996; DeBarry, 2004).</p> <p>Las bacterias coliformes son miembros de la familia <i>Enterobacteriaceae</i>. Varias de las especies de esta familia son de vida libre –y se conocen como coliformes no fecales-, se encuentran comúnmente en el agua y el suelo y no son de carácter patógeno (Figura 1); mientras que otras, denominadas coliformes fecales, suelen vivir en los intestinos de los humanos y de los animales de “sangre caliente” (mamíferos y aves), y por ende también en sus heces (Deutsch y Busby, 1999). El parámetro de coliformes totales, incluye ambas (coliformes no fecales y coliformes fecales) y son una buena alerta de contaminación, sin identificar el origen. Ingerir agua con muy altas concentraciones puede ser nocivo para la salud humana.</p>
<i>Escherichia coli</i> (indicador de coliformes fecales)	<p>La <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) es la principal especie de bacteria coliforme fecal (representa aproximadamente el 95% de las existentes en las heces). Se conocen alrededor de 700 cepas de este tipo de bacteria y la mayoría son inofensivas para la salud humana. Sin embargo, su presencia sugiere que otras potencialmente peligrosas como <i>Salmonella spp.</i> y <i>Shigella spp.</i> (bacterias no coliformes) y algunos virus (agentes considerados como altamente infecciosos), pueden hallarse presentes. El análisis de estos otros patógenos resulta mucho más complejo, costoso y tardado que el de grupos indicadores como la <i>E. coli</i> (Heathcote, 1998; Deutsch y Busby, 1999). Por otra parte, las descargas de drenaje municipal llegan a contener de 1 a 50 millones de colonias de <i>E. coli</i> por cada 100 ml de agua, mientras que los cuerpos naturales de agua -sin impacto por descargas-, tienen una cantidad mínima de bacterias fecales. La OMS recomienda que la concentración de éstas en el agua para consumo humano sea de cero colonias por cada 100 ml. Las principales fuentes de bacterias y virus de origen fecal en un cuerpo de agua son: los vertidos directos de aguas negras, las escorrentías urbanas, las fugas de fosas sépticas y de tuberías de drenaje, los desechos de las plantas de tratamiento de aguas, el estiércol del ganado y de los animales salvajes que se acercan a beber agua a manantiales, ríos y lagos; y los lixiviados y escorrentías de rellenos sanitarios y de sitios en que se disponen los residuos sólidos urbanos (que contienen heces de animales domésticos y humanas). Cabe mencionar que las concentraciones de este tipo de contaminación se ve afectada por los eventos de precipitación y por la supervivencia y reproducción de los patógenos microbiológicos (la cual depende primordialmente de la turbidez, los niveles de oxígeno disuelto y la temperatura). Una vez en el cuerpo de agua, los microorganismos son frecuentemente adsorbidos por las arenas, arcillas y partículas de sedimentos (la rapidez con que se fijan dependen de la velocidad del agua y de la turbulencia), y a su vez, algunos son depredados por el microzooplancton. Debido a todos estos factores altamente dinámicos, es difícil correlacionar los parámetros microbiológicos con otros de distinto tipo, pues se trata de entidades vivientes que nacen, crecen, se reproducen y mueren; y que si se dan las condiciones, pueden sobrevivir retenidos en los sedimentos a cambios estacionales y a eventos meteorológicos de gran magnitud (Chapman y Kimstach, 1996; Heathcote, 1998; Deutsch y Busby, 1999; Campos, 2003).</p>

Fuente: Elaboración propia (las fuentes bibliográficas se indican en cada apartado)

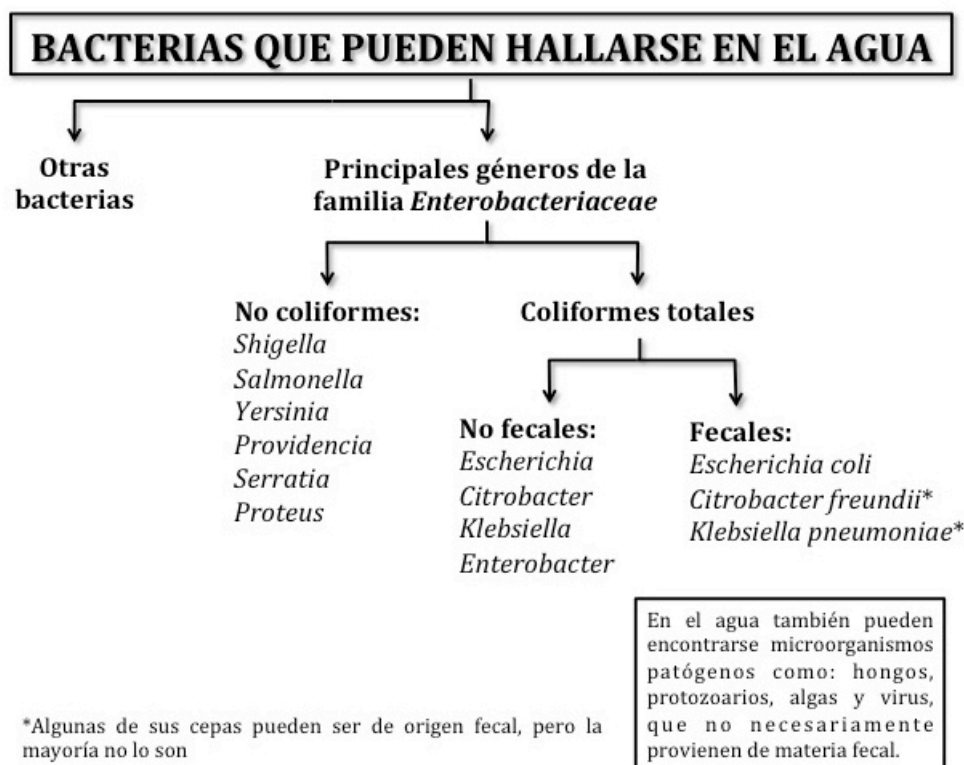


Figura 1. Clasificación de las bacterias que pueden encontrarse presentes en el agua, orientada al grupo de coliformes.

Fuente: Modificado de Deutsch y Busby (1999: 39)

La gestión del agua y el manejo de cuencas

En diversas conferencias internacionales¹² donde se aborda la temática de los recursos hídricos se ha reconocido a la cuenca como la unidad territorial más conveniente para la gestión del agua y de los recursos naturales asociados por las siguientes tres razones: a) Las propiedades físicas del agua generan un alto nivel de interrelación e interdependencia entre los usos y los usuarios de una cuenca, b) en la cuenca convergen e interactúan los sistemas físicos con los bióticos, y c) hay además un sistema socioeconómico constituido por los usuarios de la cuenca, el cual coexiste y se relaciona con dichos sistemas. No obstante, la cuenca no es el único espacio posible para la gestión de los recursos naturales o la gestión ambiental. En muchas ocasiones, los límites naturales superficiales de una cuenca no coinciden con los de los límites de las aguas

¹² Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua (Mar del Plata, Argentina, 14 al 25 de marzo de 1977), Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente “El Desarrollo en la Perspectiva del Siglo XXI” (Dublín, Irlanda, 26 al 31 de enero de 1992), Capítulo 18 “Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce” del Programa 21, aprobado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Rio de Janeiro, 3 al 14 de junio de 1992), Conferencia Internacional sobre Agua y Desarrollo Sostenible (París, Francia, 19 al 21 de marzo de 1998), Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce “El Agua: Una de las Claves del Desarrollo Sostenible” (Bonn, Alemania, 3 al 7 de diciembre de 2001) y la Unión Europea, en su reciente Directiva Marco – Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 23 de octubre de 2000.

subterráneas¹³, y en el mayor de los casos tampoco con los de las jurisdicciones político-administrativas, ni con los ámbitos territoriales de acción de las instituciones¹⁴, tanto públicas como privadas, por ende la toma de decisiones sobre ellas y los habitantes de su territorio genera conflictos. Esto ocurre en buena medida debido a que una visión externa y fragmentada impide el entendimiento de las interrelaciones que ocurren entre el ciclo hidrológico, el aprovechamiento del agua y los habitantes de la cuenca (Dourojeanni *et al.*, 2002).

Comúnmente la gestión del agua suele estar fragmentada por sectores responsables de su control y aprovechamiento (cuando se trata de una cuenca, muchas veces exógenos a ella), por sus diferentes usos, por la fuente donde es captada y distintas arbitrariedades similares. “Se administra un sistema integrado y un recurso compartido en forma parcelada y en consecuencia se crean mayores situaciones de conflicto con relación al aprovechamiento del agua en lugar de evitarlas, minimizarlas o solucionarlas” (Dourojeanni *et al.*, 2002: 7). Generalmente, a los usuarios del agua de las zonas altas de las cuencas poco les interesan las repercusiones de sus acciones y decisiones en los usos y usufructuarios del agua aguas abajo, por lo que suelen aprovechar los privilegios de su ubicación “...la gestión del agua es equivalente a la gestión de conflictos entre seres humanos, quienes queriéndolo o no compiten entre sí para aprovechar espacios y recursos naturales escasos y vulnerables alterando sus relaciones con el entorno que los sustenta” (Dourojeanni *et al.*, 2002: 15).

La gestión en ámbitos territoriales de cuencas implica la coordinación entre múltiples actores, los cuales se encuentran vinculados por un recurso común: el agua. Por ello, es innegable la importancia de la participación activa, no sólo de las autoridades de las demarcaciones político-administrativas, de las instituciones públicas o privadas, como la academia, las organizaciones no gubernamentales y necesariamente de los usuarios del recurso hídrico y de los habitantes de la cuenca. A pesar de los obstáculos, la intención por crear entidades u organismos de cuenca que involucren a los diversos actores en torno a una cuenca, participativos y multisectoriales, ha estado presente en los países de América Latina y el Caribe (ALC) desde finales de la década de 1930 y con el auge de lo ambiental ha cobrado mayor fuerza en los años recientes. Diversos especialistas, autoridades y defensores del ambiente coinciden en que la cuenca representa un posible punto de partida para coordinar acciones encaminadas a la gestión ambiental, sobre todo si ya han sido creadas organizaciones para la gestión del agua a nivel de cuencas. No obstante, diversos autores afirman que no es adecuado fusionar las

¹³ Algunos países han definido como unidad de gestión distritos de manejo de aguas subterráneas, delimitados por los contornos de los acuíferos, así como regiones o subregiones hidrológicas con características productivas y ecológicas compartidas (Dourojeanni *et al.*, 2002).

¹⁴ Muchas de las decisiones tomadas para una cuenca, provienen de actores ajenos a ella. Por lo que con frecuencia ocurren conflictos originados por la intervención vertical en asuntos locales por parte de organismos dependientes de gobiernos nacionales o centrales. Asimismo, por el cruce de funciones entre actores públicos o privados que también son exógenos a la cuenca. Lo anterior llega a resultar incluso más conflictivo que la discordancia entre los límites naturales de una cuenca con los político-administrativos (Dourojeanni *et al.*, 2002).

funciones de gestión del agua con las de la gestión ambiental bajo la misma autoridad. Pues no se pueden adquirir capacidades para gestionar el ambiente sin –necesariamente- gestionar bien el agua, los suelos, los bosques, la fauna y demás recursos naturales. El intento por abarcar tanto al mismo tiempo y con tan pocos recursos, corre el riesgo de perderse en el esfuerzo por hacer una gestión ambiental integral. Además, -un problema común- es que la injerencia en el proceso de gestión del agua por organizaciones regionales en el ámbito de cuencas, interesadas en la explotación y aprovechamiento de los recursos naturales, como el agua, desdibuja la separación entre reguladores y regulados, ubicándolas en una posición contradictoria como juez y parte. Por un lado como administrador del recurso y por el otro como usuario y fomento de su aprovechamiento. Por ello, en la actualidad existe un consenso mundial de que las funciones y responsabilidades en torno a la gestión de los recursos hídricos debe concentrarse en entes desvinculados a usos específicos con capacidad operativa e independencia. Lo anterior se ha resuelto asignando dichas atribuciones a los organismos encargados del ambiente (como el caso de México), aunque sus intereses sectoriales pueden no coincidir con las necesidades de aprovechamiento óptimo del agua, además de que muchas veces se tiene la intención de manejar el ambiente de manera integral, cuando no se tiene ni siquiera la capacidad para gestionar bien un solo recurso natural (Dourojeanni *et al.*, 2002).

Entre los conceptos de gestión del agua y manejo de cuencas

Impera una ambigüedad entre los conceptos asociados al agua y a la cuenca, lo cual se debe en gran medida a los diversos enfoques provenientes de diferentes áreas del conocimiento que estudian esta temática. Es frecuente encontrar en la literatura un uso equivalente entre la expresión *gestión del agua y manejo de cuencas*. Para mantener una coherencia conceptual a lo largo del presente trabajo, así como evitar confusiones relacionadas con la traducción al español de la palabra inglesa *management*, se delimitarán las acepciones de gestión –o administración- y manejo, relativos a las cuencas y a los recursos hídricos.

En palabras de Faustino (1996: 29) la gestión se refiere a “realizar actividades y crear medios para lograr un fin o negocio”. En términos del manejo de cuencas plantea que el ser humano ha de “...desarrollar y participar acciones en los diferentes procesos del manejo de cuencas, tiene que integrarse en la planificación y sobre todo en cómo lograr los medios y recursos para garantizar la implementación y seguimiento de los planes de manejo”.

De acuerdo con la RAE (2001), la palabra *gestión* implica la “acción o efecto de administrar”, es decir de “suministrar, proporcionar o distribuir algo” o “gobernar, ejercer la autoridad o el mando sobre un territorio y sobre las personas que lo habitan”; mientras que la palabra *manejo* alude a la “acción y efecto de manejar”, donde *manejar* se refiere a usar o utilizar

y a gobernar o dirigir. Destaca que ambas definiciones son prácticamente idénticas. No obstante, en general la bibliografía especializada en temas del agua, recursos naturales y ambiente denota ciertas diferencias.

Se suele atribuir a la palabra gestión una amplia connotación administrativa en torno a uno o varios recursos (*gestión del agua, gestión de recursos hídricos, gestión de recursos naturales, gestión ambiental*, entre otras expresiones), donde no necesariamente se enmarca dentro de un enfoque territorial de cuenca (en lo que se denominaría como *gestión en cuencas hidrográficas*, la cual se define más adelante), sino que puede ser en otros como las denominadas regiones y subregiones hidrológicas, distritos de aguas subterráneas (de acuerdo a los contornos de los acuíferos, que muchas veces no coinciden con los límites de una cuenca de aguas superficiales), distritos de riego, etc. Incluso –y no en pocas ocasiones- en los de carácter político-administrativo (municipio, estado, país) o definido por otras razones (ciudad, región, etc.). Por otro lado, el manejo de cuencas, se asocia mayormente con actividades o acciones pragmáticas de intervención en cuencas y su manipulación (*manejo de cuencas hidrográficas*) para el aprovechamiento y la preservación del agua –en calidad y cantidad- o de otros recursos naturales –en las visiones más ecológicas, de la biodiversidad-. Es decir, apunta al aspecto netamente operativo de la gestión del agua, donde se establecen los denominados *planes de manejo* de una cuenca o de un recurso en particular en ella (hídrico, forestal y otros recursos) y las *prácticas de manejo* (construcción de infraestructura y fomento de técnicas agropecuarias y forestales para el control de la erosión, conservación de los suelos, protección de cauces y cuerpos de agua, tratamiento de aguas contaminadas, rehabilitación y recuperación de zonas degradadas, entre otras). Asimismo, también se puede hablar del manejo de sólo uno o de todos los recursos naturales en conjunto (*manejo del agua, manejo de recursos hídricos, manejo de recursos forestales, manejo del suelo*, etc. o *manejo de recursos naturales*), sin asociarse necesariamente a una perspectiva territorial de cuenca.

Por otra parte, a su vez es posible referirse a la gestión o el manejo ambiental –o del ambiente-, dentro y fuera de la visión de cuencas, cuando se toman en cuenta, no sólo todos los recursos naturales, sino también los factores humanos y sociales (economía, cultura, historia y otros) que han propiciado cambios en la naturaleza. A continuación se hace una delimitación conceptual más específica a partir del marco de la gestión en cuencas, aunque cabe mencionar que ambos conceptos, tanto gestión como manejo, están fuertemente vinculados y son interdependientes.

La gestión en cuencas

Según Dourojeanni *et al.* (2002) la gestión a nivel de cuencas o gestión en cuencas suele dividirse en tres etapas (Cuadro 5). La primera, denominada etapa previa es en la que se desarrollan los estudios, formulación de planes y proyectos. La segunda, nombrada como etapa intermedia implica la inversión para habilitar una cuenca para el aprovechamiento de sus recursos naturales. Esta etapa en inglés se asocia con la palabra *development* (*river basin development* o *water resources development*), traducido al español como *desarrollo de cuencas* o *desarrollo de los recursos hídricos*. Finalmente, la tercera conocida como etapa permanente involucra la operación y mantenimiento de obras de infraestructura y de los recursos naturales de la cuenca. En el inglés esta etapa se relaciona con el término *management* que en el español ha tomado cuatro acepciones: gestión, administración, ordenamiento y manejo. Generalmente se traduce como *gestión de los recursos hídricos* (*water resources management*) y como *manejo de cuencas* (*watershed management*).

Dicho todo lo anterior, en la presente investigación se entenderá por gestión -y administración- de los recursos hídricos, a todas las acciones orientadas a administrar el agua para su aprovechamiento, distribución y preservación -en calidad y cantidad-. Hablar de la gestión del agua no requiere necesariamente de un enfoque territorial a partir de la cuenca, pero -cuando es el caso- se halla presente a lo largo de todo el proceso de la gestión en cuencas y no puede asociarse -sólo por traducción- únicamente a su última etapa. Pues como expone González (2007: 31), este concepto destaca el “conseguir los medios y recursos para...”, en este caso administrar una cuenca desde la fase de planeación hasta la de operación. Por otro lado, el ordenamiento, de una cuenca no será sino la evaluación de la aptitud del territorio para elaborar una propuesta -cartográfica-, que determine el uso más adecuado de éste en términos ambientales. Se ubica en la primera etapa -fase previa- de la gestión en cuencas, aunque puede realizarse fuera de este marco, de manera independiente y no es sinónimo de manejo de cuencas (aunque a veces así se utiliza). Finalmente, el manejo de cuencas (definido más a fondo posteriormente) consistirá en la tercera etapa del proceso de la gestión en cuencas y “...viene a ser una subrutina o parte de este enfoque integral de gestión de elementos y recursos naturales” (Dourojeanni y Jouravlev, 1999: 31). Implica una fase de carácter operativo y de intervención con prácticas concretas, para el aprovechamiento y conservación de los recursos naturales existentes en la cuenca y del agua para diversos usos -en sentido multisectorial-. Mientras que el manejo de los recursos hídricos -incluido en la etapa de manejo de cuencas-, también de tipo pragmático, involucra todas aquellas las actividades -de orden práctico- relacionadas con el usufructo y la preservación del agua -en cantidad y calidad- destinada a un determinado uso -de forma sectorial- (*manejo de recursos hídricos* y *manejo del agua*: para consumo humano, para

riego, para conducción y tratamiento de aguas contaminadas; para rehabilitación y preservación de los ecosistemas acuáticos; para la pesca, para actividades recreativas como la natación, para la navegación, entre otros usos más). El manejo del agua o de los recursos hídricos, aunque es recomendable, no debe tener obligatoriamente una visión de cuenca, pues puede darse fuera de la gestión en cuencas en ámbitos muy específicos (como en la gestión municipal del agua, en la administración del agua dentro de un ejido, en los distritos o zonas de riego, entre otros). En el Cuadro 5 se muestra el marco de la gestión en cuencas y en la Figura 2 la ubicación del manejo de cuencas dentro de la fase operativa de dicho marco.

Cuadro 5. Diferentes vertientes y etapas que pueden tomar la gestión en cuencas de acuerdo a los objetivos deseados.

		OBJETIVOS DE LA GESTIÓN EN CUENCAS			
		a. Aprovechar y manejar integralmente (el ambiente)	b. Aprovechar y manejar todos los recursos naturales	c. Aprovechar y manejar sólo los recursos hídricos	
				Multisectorialmente	Sectorialmente
ETAPAS DE LA GESTIÓN	1. Previa (caracterización, diagnóstico y planeación)	Estudios, planes y proyectos (ordenamiento de cuencas)			
	2. Intermedia (inversión para la habilitación de la cuenca)	Desarrollo regional (<i>river basin development</i>)	Desarrollo o aprovechamiento de recursos naturales (<i>natural resources development</i>)	Desarrollo o aprovechamiento de recursos hídricos para diversos usos (<i>water resources development</i>)	Desarrollo o aprovechamiento de recursos hídricos de acuerdo a usos específicos (<i>water resources development</i>)
	3. Permanente (operación y mantenimiento, manejo y conservación, seguimiento y monitoreo)	Manejo ambiental (<i>environmental management</i>)	Manejo de recursos naturales (<i>natural resources management</i>)	Manejo de recursos hídricos para diversos usos (<i>water resources management</i>)	Manejo de recursos hídricos de acuerdo usos específicos (<i>water resources management</i>)
		Manejo de cuencas (<i>watershed management</i>)			

Fuente: Modificado de Dourojeanni *et al.* (2002: 18)

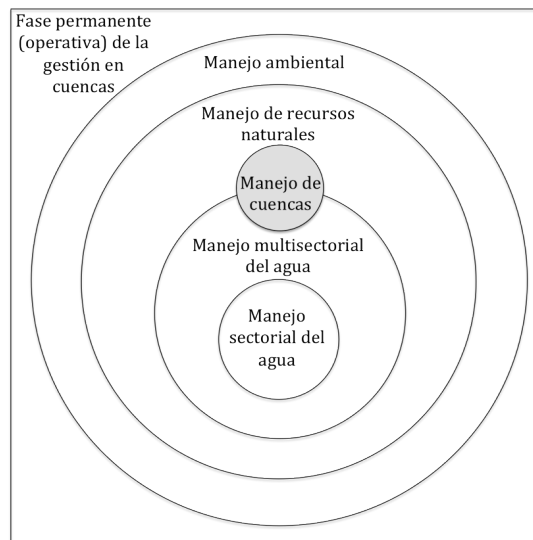


Figura 2. Ubicación del manejo de cuencas dentro de la tercera etapa o fase operativa de la gestión en cuencas.

Fuente: Modificado de Dourojeanni *et al.* (2002: 18)

El manejo de cuencas como el componente pragmático y operativo de la gestión en cuencas

De acuerdo con Dourojeanni *et al.* (2002) el concepto clásico de manejo de cuencas (*watershed management*) proviene de las escuelas forestales estadounidenses y se refería a manejar o manipular la cuenca para regular la descarga de agua proveniente de ella. En la mayoría de los casos para usar la cuenca como captadora de agua (*catchment area*) para diferentes usos, en especial, para el consumo humano. Posteriormente se incorporó la visión de la protección de los recursos naturales y la mitigación del efecto de los fenómenos naturales extremos (control de erosión y contaminación, conservación y rehabilitación de suelos y áreas degradadas) y más adelante el mejoramiento de la producción forestal y agropecuaria (agroforestería o agrosilvopastoril). En las últimas décadas el término original de manejo de cuencas se ha orientado al manejo integral e integrado de los recursos naturales en una cuenca (lo cual se define más adelante) y recientemente a la gestión ambiental integrada. Asimismo se añade un énfasis por mejorar la calidad y no sólo la cantidad y el tiempo de descarga del agua. Los enfoques pueden variar, desde aquellos que privilegian aspectos estructurales menores (construcción de terrazas, conservación del suelo, retención del agua, entre varios más) hasta otros –más actuales- que enfatizan la inclusión, mediante técnicas participativas, de la población local y de diversos sectores (gubernamentales, privados y académicos) vinculados con la cuenca. Por ello, el manejo de cuencas que de inicio fue desarrollado por hidrólogos forestales, al paso del tiempo fue incluyendo la participación de agrónomos, geógrafos, geomorfólogos, geólogos, ingenieros civiles e incluso especialistas de las ciencias sociales como antropólogos, sociólogos y últimamente economistas, entre otros más.

Faustino (1996: 7) define al manejo de cuencas como “una ciencia o arte que trata de lograr el uso apropiado de los recursos naturales en función de la intervención humana y sus necesidades, propiciando al mismo tiempo la sostenibilidad, la calidad de vida y el equilibrio medioambiental”. La definición anterior es de carácter general, no obstante como se dijo en el párrafo anterior, con el auge de lo ambiental y las visiones integradoras¹⁵, recientemente han surgido diversos conceptos como *manejo integral de cuencas*, *manejo integrado de cuencas* y *manejo sectorial de cuencas*. De acuerdo con González (2007), el primero de ellos es de carácter estratégico y posee una visión integral o de conjunto (también denominada holística), donde se tiene la perspectiva de todos los sectores y factores (recursos naturales y humanos, actividades socioeconómicas, ambiente, instituciones, entre otros) y puede constituir un objetivo de la gestión. Este tipo de manejo es incipiente en la actualidad. Por su parte, el manejo sectorial de cuencas, es también estratégico e involucra a un sólo sector (*manejo de los recursos hídricos*, *manejo forestal*, *manejo de suelos*, *manejo ambiental* y demás sectores). Es el tipo de manejo más común y para que sea exitoso debe tomar en cuenta a los demás componentes o sectores, aunque no los trate a nivel de manejo. Finalmente, el manejo integrado de cuencas es de índole táctica y operativa –no estratégica- y puede aplicarse sólo a un área específica o a uno o varios recursos de la cuenca (por ejemplo *manejo integrado de la actividad forestal y agrícola* o *manejo integrado de los recursos hídricos*) pero –a diferencia del sectorial- debe lograr una integración de los componentes de la cuenca (recursos, factores, entre otros) y es asociado con la noción de uso múltiple. Es una herramienta técnico-operativa que no representa un objetivo de la gestión, pero siempre se halla presente tanto en el manejo integral como en el sectorial.

Dentro del manejo de cuencas existen diversos enfoques provenientes de distintas disciplinas. Algunos plenamente técnicos de corte ingenieril basados en la construcción de obras de infraestructura hidráulica y de tratamiento de aguas contaminadas, así como en la transferencia de tecnologías a la población para un aprovechamiento de los recursos hídricos con un bajo impacto ambiental. Otros más, derivan de los ámbitos forestales y agronómicos con propuestas técnicas para desarrollar prácticas de manejo sectorial que reducen los daños ambientales. Ambos son planteamientos bastante parciales, que aunque útiles y necesarios

¹⁵ Estas visiones también han generado la aparición de conceptos relativos a la gestión del agua, como el de la *gestión integrada de los recursos hídricos*. Ésta se define como “...un proceso que promueve el desarrollo y la gestión coordinada del agua, la tierra y los recursos relacionados para maximizar el bienestar económico y social de forma equitativa sin comprometer las sostenibilidad de ecosistemas vitales” (Global Water Partnership, 2006: 3). Este enfoque de política pública se basa en los siguientes criterios: a) manejar los recursos hídricos a nivel de cuencas; b) establecer objetivos de corto y largo plazo en las políticas hídricas por medio de estrategias de planeación; c) establecer una política hídrica transversal, con la cuál los demás sectores consideren al agua dentro de sus propuestas y actividades de gobierno; d) involucrar a todos los actores sociales de una cuenca donde el Estado es sólo un facilitador de recursos y coordinador de las actividades de gestión con el apoyo de la sociedad civil organizada; e) generar instancias para la generación de concesos y la negociación de conflictos; f) descentralizar el papel del Estado y fortalecer instituciones participativas y empoderadas, como los organismos de cuenca, comités de microcuenca y comités de aguas subterráneas (Valencia *et al.* 2007).

dentro del manejo de una cuenca, suelen no considerar los distintos contextos histórico-geográficos presentes en ella, así como aspectos culturales de la población que determinan las formas de usos del agua y de los demás recursos naturales. Por lo que, muchas veces impuestos verticalmente por actores externos (como instancias de gobierno de los diferentes niveles, organismos internacionales, consultoras, entidades académicas y organizaciones no gubernamentales), terminan por no ser adoptadas y apropiadas por los habitantes y usuarios de la cuenca, resultando en fracasos con grandes pérdidas económicas¹⁶. Por lo anterior, han surgido diversas visiones que optan por privilegiar los enfoques participativos para la inclusión de los diversos actores de una cuenca, en especial a su población local. En este sentido, ha habido un fuerte auge dentro de la Ecología y la Geografía, así como en otras ciencias sociales como la Antropología, la Sociología y la Economía. La perspectiva ecológica ha desarrollado por su cuenta un marco basado en el manejo de ecosistemas, que -como se mencionó anteriormente- este concepto no posee una clara definición espacial, ya que está intrínsecamente enfocado en la dinámica y composición de la naturaleza. Esta propuesta brinca arbitrariamente a la unidad de cuenca como delimitación del ecosistema, por lo que llega a ser bastante ambigua tanto a nivel conceptual (con la frecuente utilización de términos como socioambiente y socioecosistema), como a nivel práctico, donde se promulga una denominada “acción participativa” de los involucrados. La formación de estos especialistas, ajena a la teoría social, ha ocasionado que muchas veces sólo se sustente en talleres educativos o de consulta pública que derivan en estrategias de manejo con intervenciones –igualmente- técnicas basadas en procesos ecológicos, más que aquellos propios de la cuenca como una elemento primordialmente espacial (Maass y Cotler, 2007). Asimismo, otros expertos de otras áreas como la Economía (desde sus ramas Ambiental y Ecológica) y de la Geografía Física (geólogos, hidrólogos, geomorfólogos y edafólogos), sin hacerse mayores cuestionamientos al respecto, han sido parte de esta corriente ecológica del manejo de cuencas. Los primeros, con el auge en la temática de los servicios

¹⁶ Se podrían citar aquí diversos casos ejemplares del manejo de cuencas. Como el de la cuenca del lago de Pátzcuaro, cuyo cuerpo de agua sufre fuertes procesos de contaminación y eutrofización. A partir del 2003 se creó el Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro como un proyecto conjunto entre el gobierno federal (a través de SEMARNAT, CONAGUA y el IMTA), el gobierno estatal (por medio de SUMA), diversos gobiernos municipales de la cuenca y organizaciones no gubernamentales como la Fundación Río Arronte. Los resultados alcanzados son bastante loables, pues de acuerdo a la memoria ilustrada del programa (García, 2009), entre otros logros, llevaron el índice de calidad del agua de un 54.5% a un 68.0% en el 2007, aunque para el 2008 desciende a un 63.4%. No obstante, a pesar de los esfuerzos en el ámbito de la educación ambiental, la principal apuesta ha sido técnica dentro de las prácticas de manejo de recursos y en la transferencia de tecnología. Mientras que la toma de decisiones es prácticamente exógena a la población local, ya que la comisión de cuenca del lago se integró por cinco vocales de aguas nacionales, cuatro presidentes municipales y sólo tres personas de la sociedad (del sector forestal, indígena y ambiental). A reserva de una evaluación e investigación más exhaustiva, en una visita de campo al lugar en el 2010, pudo observarse que alguna de la infraestructura generada no funciona adecuadamente o sencillamente está en desuso. Por otro lado, de manera muy general -pues sólo se consultaron a pocos habitantes- parte de la población local desconoce del proyecto o no muestra interés por él, a la vez de que algunos opinaron que muchas de las obras eran insuficientes y atacan sólo de manera parcial el problema de la contaminación al lago (que aun presenta una gran cantidad de lirio en sus aguas). Destaca que la inversión ha sido bastante alta y que será necesario continuar haciéndola durante más tiempo.

ambientales y su valoración económica (Saldívar, 2007), y los segundos, con aportes desde su área de especialización biofísica. A pesar de ello, la contribución de la Ecología desde aspectos netamente ecológicos, es de gran importancia para el entendimiento de los sistemas naturales presentes en una cuenca, esencialmente en lo que respecta a los flujos de materia y energía, y no puede pasar desapercibida en un estudio de cuencas. Finalmente, algunos científicos sociales han desarrollado diversas metodologías para involucrar a la sociedad en el manejo de cuencas. Desde la Geografía Humana ha existido un fuerte impulso de técnica de mapeo participativo, mientras que desde la Antropología y la Sociología del análisis etnográfico y de la investigación de los grupos humanos. Ambas significan herramientas valiosas para la inserción del sector social local en el manejo de cuencas, aunque la primera, a pesar de lo importante que es al enmarcarse territorialmente, muchas ocasiones pierde de vista distintos procesos sociales, que son mejor percibidos por los antropólogos y los sociólogos. Empero, la frecuente preocupación discursiva de los últimos, no pocas veces deja sin contexto espacial a sus investigaciones.

Independientemente del enfoque aplicado al manejo de cuencas, se reconocen diversas etapas previas a éste y otras que se realizan durante su implementación. De manera general pueden resumirse en tres fases dentro del marco de la gestión en cuencas (Figura 3). 1) Los estudios previos (denominada como etapa previa por Dourojeanni *et al.* [2002]) en los que se integra información biofísica y social, de acuerdo a los objetivos planteados. Aquí se encuentra el ordenamiento de la cuenca e incluye estudios de caracterización (¿qué se tiene?, ¿cuánto se tiene? y ¿dónde se tiene?), diagnóstico (evaluar el estado de lo que se tiene) y planeación (¿cómo se va a llevar a cabo el proyecto?: formular los planes para conseguir y aplicar los recursos económicos y los planes de manejo ambiental, de recursos naturales o de un determinado recurso. Asimismo se definen los roles para cada actor involucrado); 2) En la segunda fase (nombrada como etapa intermedia por Dourojeanni *et al.* [2002]), se ejecuta la inversión para habilitar la cuenca con fines de aprovechamiento de los recursos naturales. Es el preámbulo de la etapa de manejo y en él se pretende generar la condiciones en la cuenca, tanto de infraestructura y organización social e interinstitucional, para que pueda llevarse a cabo el manejo; 3) La tercera y última etapa es en la que tiene espacio el manejo de cuencas. Se lleva a cabo la operación y mantenimiento de las obras construidas y se ponen en marcha los planes de manejo. A su vez, se realiza un constante seguimiento y monitoreo para evaluar el cumplimiento de los objetivos para -al paso de este proceso- hacer las debidas modificaciones en la planeación que permitan adecuarse a nuevas necesidades o a aspectos no contemplados anteriormente (como la construcción de más infraestructura, la inclusión de tecnologías y de otros tipos prácticas de menor impacto ambiental, la redefinición de responsabilidades, entre otros). Como la define Dourojeanni *et al.* (2002), esta fase es de tipo permanente y debe estar orientada a que los usuarios y la población local puedan apropiarse en el mayor grado posible del manejo. Sin

desconsiderar que hay diversos aspectos técnicos y financieros que deben ser supervisados y subsanados por otras entidades (gubernamentales, académicas o privadas), aunque dando, en la medida de lo posible, la mayor autonomía a los organismos encargados de la administración de la cuenca (donde se incluyen todos los actores), procurando su capacidad autogestiva.

ETAPAS DE LA GESTIÓN EN CUENCAS

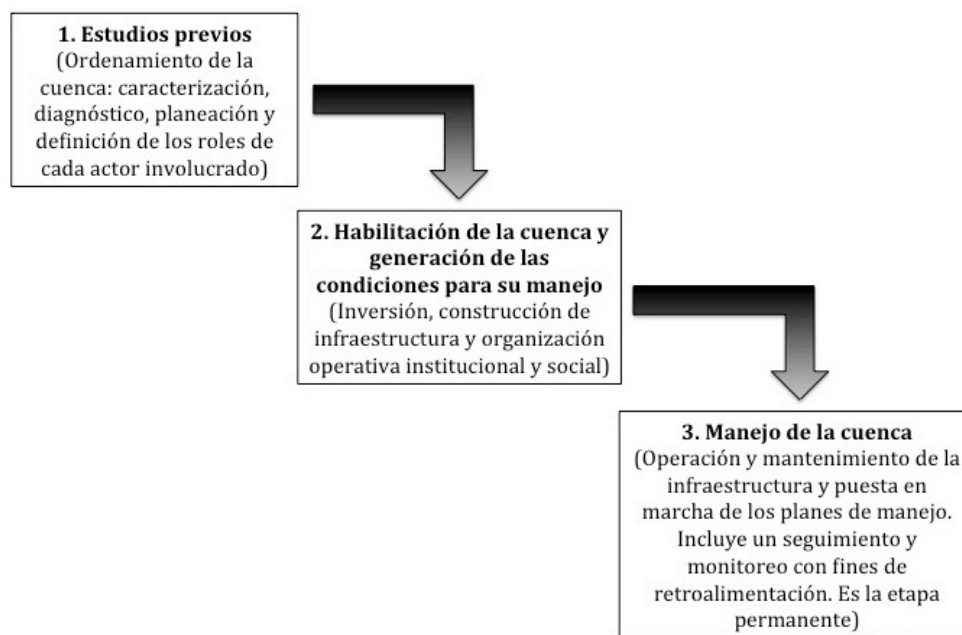


Figura 3. Las tres etapas generales reconocidas dentro un proceso de gestión en cuencas. Cada una a su vez posee diversos procedimientos específicos.

Fuente: Con base al planteamiento de Dourojeanni *et al.* (2002)

Regularmente se considera de vital importancia que durante los tres momentos debe siempre incluirse a los diversos actores relacionados con la cuenca (habitantes, usuarios de los recursos, gobierno en sus diferentes niveles, organizaciones no gubernamentales, entidades académicas, entre otros), desde la definición de los objetivos y planes en la primera etapa, hasta la operación, implementación y seguimiento de los planes en las subsiguientes. Pues por experiencia, la gestión en cuencas con toma de decisiones exógenas y verticales ha demostrado no tener éxito o ser efectiva sólo de manera parcial y temporal.

En definitiva, se debe tener en cuenta que una perspectiva adecuada para el manejo de cuencas -intrínsecamente espacial- debe partir de sólidas bases teóricas y metodológicas para el estudio del territorio y del vínculo sociedad-naturaleza como las que ofrece todo el bagaje de la Geografía, desde su enfoque geográfico ambiental (como se abordó anteriormente). Ello no pone en tela de juicio la importancia y el valor de los avances en la materia desarrollados en otras disciplinas preocupadas por el estudio del ambiente, tanto fuera como dentro de las Ciencias Ambientales, que deben ser igualmente tomados en cuenta.

La urbanización y las periferias urbanas

Los procesos de urbanización hacia la periferia

Actualmente, más de la mitad de los habitantes del planeta viven en zonas urbanas. Según el Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA por sus siglas en inglés) (2007), durante el siglo XX la población mundial que habita en ciudades aumentó más de doces veces (de 220 a 2800 millones de habitantes) y ello implica necesariamente la expansión de este tipo de asentamientos humanos, pero este proceso ha tenido sus diferencias entre los países denominados industrializados y los que se les denomina en desarrollo. Algo compartido, es que las densidades promedio de los centros urbanos ha disminuido a una tasa anual de 2.2% en los primeros y de 1.7% en los últimos. Este fenómeno tiene sus orígenes en los EUA después de la segunda guerra mundial, cuando el “modo americano de vida” se basó en el crecimiento de zonas residenciales o urbanizaciones a las afueras de las ciudades –denominadas como suburbios-. En buena medida se debió al uso cotidiano del automóvil y a las políticas de vivienda que promovían la ocupación espacios de baja densidad. Este ideal suburbano planteaba la búsqueda de una mejor calidad de vida al habitar cerca de sitios naturales, incluso cuando los sobrecargó y generó diversos impactos sobre ellos.

En este contexto, durante la década de los 1940 literatura anglosajona describía los espacios del *commuting*, es decir en los que ocurren los traslados de la residencia a los lugares de empleo, así como los propios del comercio. En EUA, la megalópolis de las costa este y las grandes ciudades californianas, expresaban intensamente este proceso -asociado a la *suburbanización*- con el alejamiento de las clases medias y altas de los centros urbanos. Este fenómeno, que también se identificaba como “franja urbano-rural” se valía del desarrollo de los medios automotrices y de las carreteras y autopistas que ocupaban el paisaje rural; presentándose a la vez en las grandes ciudades de Europa, así como en Canadá, Japón, Australia y los países latinoamericanos más importantes como México, Brasil y Argentina (Ávila, 2004). Por su parte, la pobreza y desigualdad de los países en desarrollo hizo que la cultura del automóvil llegara más tarde y de manera restringida a la mayoría. Las condiciones precarias de los transportes e infraestructura públicos han impedido un éxodo importante de la población de mayores ingresos hacia zonas residenciales periféricas (UNFPA, 2007).

A mediados del decenio de 1970, ocurrió en los países desarrollados una tendencia regresiva del crecimiento de las ciudades. Este “regreso” de los flujos poblacionales al ámbito rural –“retorno al campo”- se denominó en Inglaterra y EUA como *contraurbanización*. Esta ruptura del proceso de urbanización, que en EUA ya existía tiempo atrás -y de manera similar en

varios países de Europa occidental-, se trató en primera instancia de un fenómeno demográfico, pero también de carácter económico. Con fenómenos paralelos relacionados con la descentralización industrial hacia los ámbitos rurales, el establecimiento de jubilados en el campo, la expansión de universidades y de las actividades de esparcimiento en estos espacios (Ávila, 2001). De acuerdo con Ávila (2004: 101) los diferentes enfoques de estudio reconocían "...una fase de transición de una sociedad industrial a una post-industrial, donde los espacios rurales pueden ser 'favorecidos' y en los cuales es posible observar una urbanización difusa, y donde se pueden identificar los espacios *rural-urbanos* o *periurbanos*". En cuanto a América Latina, en este mismo contexto temporal la expansión hacia las periferias urbanas ocurrió de otra manera, pues las clases alta y media se apropiaron de los espacios urbanos centrales y expulsaron a la población más pobre hacia zonas periféricas (UNFPA, 2007). Hacia la década de 1980, en los países en desarrollo, la migración continua de habitantes rurales hacia las urbes, ocasionó que éstas expandieran sus zonas periféricas, pues podían ser ocupadas legal o ilegalmente, debido al bajo costo del suelo. La urbanización avanzó a lo largo de las vías de salida de las ciudades, generando poblamientos difusos (Ávila, 2004).

La periferia urbana y el proceso de periurbanización

Actualmente, los procesos de difusión territorial de las ciudades hacen cada vez más difícil el tratar de definir sus límites. Con el surgimiento de la denominada "ciudad difusa" las definiciones antiguas de ciudad han sido relegadas y consideradas como no válidas (Entrena, 2004).

De acuerdo con la RAE (2001), el concepto de *periferia* se refiere al "espacio que rodea un núcleo cualquiera". De manera intuitiva y general, la *periferia urbana* sería aquél espacio que está alrededor a una ciudad, aunque de manera inmediata. Aguilar y Escamilla (2009: 7-8) resaltan que la periferia "...no es una zona independiente de la ciudad sino una parte integral de toda la estructura urbana. Las transformaciones que suceden en la ciudad central o de toda la zona urbana o metropolitana tienen repercusiones directas o indirectas en la zona peri-urbana".

La dispersión de las ciudades sobre territorios rurales ocurre desde la orilla o frontera de su mancha urbana y tiende a formar un espacio rural-urbano de límites difusos entre ambas realidades. Este proceso y su territorio correspondiente tiene diferentes acepciones: periurbanización, periferia metropolitana, interfase rural-urbana, franja rural-urbana, corona o espacio periférico concéntrico, territorio periurbano, espacios suburbanos o *exurbia* (en la literatura anglosajona), entre otros (Ávila, 2004; Ruiz y Delgado, 2008; Aguilar, 2009). Diversos autores reconocen la falta de una definición universal, tanto conceptual, como espacial para este territorio, por lo que Aguilar (2009) considera que es más adecuado adoptar un enfoque de un

continuum, pues es difícil definir con claridad sus límites, que además –por su dinamismo– cambian constantemente. Asimismo, Entrena (2004) explica que las características sociales y económicas de dichos territorios se encuentran comúnmente en proceso de cambio y redefinición. Además, en espacios que conservan características eminentemente rurales, sus habitantes no necesariamente dependen económica o socialmente de él.

El concepto de periurbanización se define de diversas formas, a continuación se mencionan algunas. Ávila (2001: 124) expone que la *periurbanización* se refiere “...a la extensión continua de la ciudad y a la absorción paulatina de los espacios rurales; se trata del espacio donde se desarrollan prácticas agrícolas (agricultura urbana y periurbana) y pecuarias ligadas a los mercados urbanos y donde se incorporan otras actividades, no necesariamente de carácter primario”. Por su parte, el UNFPA (2007: 48) expone que la periurbanización es un “...proceso de crecimiento urbano, en especial en zonas de transición no contiguas entre el campo y la ciudad”. Desde una visión más espacial, Ruiz y Delgado (2008: 86) consideran que este concepto alude “...a la emergencia y consolidación de un cinturón rural-urbano, que implica cambios en el uso del suelo y nuevas configuraciones de transportes y comunicaciones”, donde –de forma creciente– la gente de poblados rurales, trabaja en la ciudad central. Asimismo, desde un enfoque más sociológico, la periurbanización puede ser vista como “...una disputa por un espacio, entre los habitantes de dos ámbitos territoriales diferentes, el rural y el urbano: ambos poseen inicialmente, formas distintas de vivir, de producir, de pensar, es decir, formas diferentes de aprehender el espacio que ocupan (Ávila, 2004: 107).

En la bibliografía suele hacerse una referencia indistinta entre periurbanización y *rurbanización*, no obstante existen diferencias entre ambos conceptos. El último se refiere a un momento específico en que se expresa la expansión del hábitat urbano, es justo la etapa intermedia del proceso en que ocurre el cambio de las funciones del territorio en las zonas rurales (que van perdiendo sus componentes, siendo reemplazados por otros de índole urbana) y se acompaña de la implantación de equipamiento y actividades de carácter urbano ajenos al ámbito rural. Por otro lado, que el proceso de periurbanización sucede sobre un territorio en el que avanza la urbanización, pero en el que permanecen las condiciones y prácticas rurales. Sin embargo está expuesto a la presión urbana y es posible que sea transformado y ocupado (Ávila, 2004).

Por una parte, en el espacio rururbano coexisten e interaccionan elementos urbanos y rurales dentro del mismo territorio, como resultado de la llegada de actividades y población urbana a las zonas rurales que rodean a la ciudad, pero sin que éstas pierdan totalmente sus características económicas, sociales o territoriales, como sucede con la *conurbación*. Por la otra, el espacio periurbano rodea a cualquier ciudad independientemente de la función de su

territorio, su tipo de ocupación o de actividades. Cualquier sitio ubicado alrededor de una urbe es periurbano, pero no todos son rururbanos (Delgado, 2003 en Galindo y Delgado, 2006).

Algunos factores que han promovido la periurbanización en EUA y en Francia -en buena medida también en otras partes del mundo- son resumidos por Ávila (2001) y Ruiz y Delgado (2008): a) la contraurbanización (migración intraurbana del centro a la periferia); b) el desarrollo de los medios de transporte y de la infraestructura vial como carreteras y autopistas; c) los grandes centros comerciales (*malls*); d) la descentralización de las universidades por medio de *campus* y centros o institutos de investigación; e) la creación de las denominadas “tecnópolis” o parques tecnológicos; f) el crecimiento de zonas suburbanas donde habitan familias jóvenes (investigadores y técnicos ligados a empresas de alta tecnología); g) la preferencia por un hábitat natural; y h) la consolidación de sitios turísticos y recreacionales. Algunas otras causas de la periurbanización más propias de los países en desarrollo son: la especulación del suelo en la parte más central de la urbe y por ende un valor más bajo de éste en las periferias; y los asentamientos ilegales en sitios periurbanos que proporcionan vivienda a la población pobre y a los migrantes (UNFPA, 2007).

Finalmente, es importante mencionar que la ciudad y sus territorios periurbanos se hallan funcionalmente estrechamente vinculados, pues muchas de las actividades y usos del suelo en los últimos (agricultura, ganadería, forestería y demás usos) están fuertemente determinados por los requerimientos de la población urbana. Incluso, muchas veces el sector productivo se especializa a tal grado que genera relaciones económicas –y de otros tipos- de interdependencia, lo cual no sólo ocurre con la producción, sino con las fuentes de empleo y los servicios que provee la ciudad (Ávila, 2004). Existen flujos de personas, bienes e información entre los espacios urbanos y los rurales, donde los primeros dependen de los segundos para el abastecimiento de alimentos y materias primas como agua, madera y materiales de construcción, así como mano de obra. Esta dinámica ha ocasionado una sobreexplotación de los recursos naturales, así como procesos de deterioro y contaminación de tales recursos (Aguilar y Vieyra, 2006), como se explica con mayor detalle más adelante.

La periurbanización como un proceso que reproduce la segregación social

La perirurbanización da lugar a diversos procesos de segregación social (Aguilar, 2009), entre ellos, los de tipo residencial (la segregación residencial se define en el siguiente párrafo). Esta es mayor en las zonas habitacionales periurbanas, que en el centro de la ciudad o en los barrios tradicionales (Ávila, 2001). La segregación social supone amenazas para el mantenimiento de la seguridad, la calidad de vida y la justicia social (Entrena, 2004).

La segregación residencial puede definirse como la distribución desigual de grupos de población en el territorio y se expresa por la aglomeración de familias de un mismo grupo social, sea que éste se defina en términos socioeconómicos, étnicos, religiosos, etarios, etc. Cuando es de origen socioeconómico se le llama segregación residencial socioeconómica (SRS) y se caracteriza por ser un mecanismo de reproducción de las inequidades socioeconómicas (de las que ella misma es una manifestación), además de que se le relaciona al deterioro de la vida comunitaria y la capacidad de acción colectiva, la violencia y la desconfianza (Rodríguez y Arriagada, 2004). Tal fenómeno se expresa en México en ciudades medias como Morelia, la cuál es el objeto de estudio de ésta investigación. Asimismo, está presente y se ha estudiado en otras ciudades –tanto medias, como grandes metrópolis- latinoamericanas, por mencionar algunas: Buenos Aires (Janoschka, 2002); Córdoba (Marengo, 2004); Lima, Santiago y Ciudad de México (Rodríguez y Arriagada, 2004); Cuernavaca (Alvarado *et al.*, 2008); Chillán y Los Ángeles (Chile) (Henríquez y Arenas *et al.*, 2009).

La SRS, entendida como una concentración espacial de grupos de población que comparten un ingreso o posición económica similar, no sólo reproduce las desigualdades sociales, sino que también genera una redistribución espacial en las ciudades: “...cada vez más ciudadanos buscan una organización privada y eficiente de su vecindario que les provea de los servicios que antes eran públicos. El abandono de la gestión y control del desarrollo urbano por parte del Estado y su apropiación por parte de actores privados dio como resultado la aparición de formas urbanas comercializables, redituables y valiosas para el mercado” (Janoschka, 2002: 12).

Estas nuevas formas dirigidas a los “ganadores” de las transformaciones económicas son los centros comerciales, áreas de entretenimiento, las escuelas privadas y complejos residenciales cerrados, vigilados y de entrada restringida al público en general. La tendencia a la vivienda cerrada y vigilada, ha traído consigo la aparición de fraccionamientos privados, así como complejos habitacionales cerrados (CHC). Los CHC, totalmente nuevos a las afueras de las ciudades, funcionan como pequeñas urbes y concentran la provisión de servicios comunes de una ciudad, como instalaciones de compras, sitios culturales y de esparcimiento, así como escuelas, oficinas empresariales, entre otros. Donde la gente de altos ingresos y en creciente medida clase media, encuentra un aparente “espacio público”, que paradójicamente se desarrolla, explota y controla de manera privada (Janoschka, 2002).

Cabe mencionar que los procesos de SRS han aparecido durante las últimas décadas y han tenido su mayor expresión en ciudades estadounidenses como Los Ángeles y Las Vegas, así como en algunas de Europa. Sin embargo, desde la década de 1990, éste fenómeno se ha difundido cada vez más en América Latina.

Aunque no existe ninguna evidencia empírica, estudios de SRS alrededor del mundo llegan inductivamente a la conclusión de que la tendencia a vivir en complejos residenciales

privados se explica de forma automática por el incremento de la inseguridad o criminalidad (Janoschka, 2002); sin embargo, podría deberse también a razones culturales como el *status* social o de mera búsqueda de comodidad en las formas de vida.

Periurbanización e impacto en el ambiente

La periurbanización tiende a fragmentar el espacio. Produce núcleos o zonas de diferentes usos del suelo y en distintos tamaños y densidades (Aguilar, 2009). Como se explicó anteriormente, procesos como el anterior es causa de formas de segregación social en el territorio, pero también lo es de impactos en el ambiente.

En las periferias urbanas existe una intensa dinámica en el cambio del uso del suelo, propia de estos sitios, pero muchas veces por falta de planeación urbana o poca efectividad de la misma. Ello genera importantes cambios en el paisaje, desplazando usos rurales por otros de carácter urbano. Tal dinamismo se debe a las ventajas que estos sitios ofrecen frente a los urbanos. Menor costo del suelo, suficiente accesibilidad y cercanía, así como mejores condiciones ambientales que la ciudad (Aguilar, 2009; Vieyra, 2009). Vieyra (2009) expone que los espacios periurbanos están sometidos a una fuerte presión por modificar los patrones de consumo del suelo, pues los usos con mayor renta económica son los que derivan del procesos de urbanización, como el residencial, el comercial y el industrial. Con ello se ven amenazados los entornos naturales y los usos de tipo rural como el agrícola, el pecuario y el forestal. Así, “...el espacio rural, en cuanto a sus funciones, las de sus habitantes y sus paisajes, es efectivamente un territorio vulnerable (Ávila, 2004: 107).

La descarga y disposición de desechos líquidos, sólidos y peligrosos en el agua y en los suelos es poco controlada y representa fuertes riesgos para la salud humana y la integridad de los ecosistemas. Suelen proliferar basureros que generan lixiviados –contaminantes de los suelos y el agua-, así como aromas –como contaminación del aire-. Asimismo, las descargas de aguas residuales domésticas y el uso inapropiado o excesivo de insumos químicos en la agricultura van en detrimento de la calidad del agua y del suelo. El aprovechamiento de los recursos naturales, muchas veces orientado a la extracción de materiales para la construcción en la ciudad, como los minerales o rocas, la madera, el suelo y otros, alteran el paisaje y los sistemas ecológicos. Ocurre también una sobreexplotación de las corrientes de agua superficiales y se alteran los cursos de los ríos con diversos fines como el abasto para consumo humano, el riego y el drenaje. Es común –mayormente en los países en desarrollo- que en los espacios periurbanos aparezcan condiciones precarias de vida y de dotación de servicios (Ávila, 2004; Aguilar, 2009).

La periurbanización también promueve el cambio en los estilos de vida y en el comportamiento de los habitantes en zonas rurales. Sus patrones de producción y consumo

muchas veces cambian y tienden a asimilarse a los propios de las zonas urbanas. La mecanización de procesos y desarrollo de sistemas intensivos de producción, uso cotidiano del automóvil y por ende mayor consumo energético; la conformación de un pensamiento técnico y un importante contacto con medios de comunicación masiva; mayor adquisición de productos tecnológicos, entre otros cambios. Lo anterior no implica necesariamente una pérdida identitaria territorial y colectiva, pero si una reconstrucción de la misma (Ávila, 2001). De acuerdo con Aguilar y Vieyra (2006), a pesar de que la ciudad integra a los espacios periurbanos en su lógica de producción, algunos de ellos se han resistido a tal embate y han logrado preservar algunas de sus funciones, tanto económicas, como de formas de vida. Suele producirse una sobreposición de lo urbano con expresiones de contextos rurales, lo que se manifiesta en formas particulares de las actividades productivas, la cultura de los habitantes, la propiedad de la tierra y el ambiente.

A pesar de lo anterior, según Ávila (2004) los espacios periurbanos también pueden tener prácticas eficientes y de bajo impacto ambiental. Existen productores agrícolas que realizan prácticas intensivas en pequeñas parcelas, haciendo un uso eficiente de los recursos.

En buena medida, la problemática ambiental en las periferias urbanas se debe a una visión parcial y de corto plazo. Muchas veces sólo se atienden los problemas más inmediatos como el abastecimiento del agua, el saneamiento y la disposición de desechos (Aguilar y Escamilla, 2009). Además, a falta de un enfoque integral de la planeación urbana, los territorios periurbanos suelen verse como ajenos a la ciudad y no como parte de ella, cuando en realidad existen varios elementos de vinculación: “abastecimiento de productos agropecuarios, dotación de agua; áreas recreativas para habitantes urbanos; desplazamiento de mano de obra; explotación de materiales de construcción; especulación del suelo periférico para usos urbanos” (Aguilar, 2009: 27).

La gestión en cuencas periurbanas: una propuesta metodológica integradora para el estudio y el manejo ambiental

La cuenca periurbana

Hasta aquí se abordaron temáticas relacionadas con la gestión del agua, la gestión en cuencas y su fase de manejo, así como los procesos de periurbanización. El objeto espacial de estudio de la presente investigación es una *cuenca periurbana* y en la revisión bibliográfica desarrollada no se encontró ninguna definición para ésta, por lo que, a partir de lo expuesto en apartados anteriores se construyó la siguiente.

La *cuenca periurbana* es aquella donde ocurren procesos de periurbanización, con todo lo que estos implican tanto social, como ecológicamente. La periferia de la ciudad se encuentra dentro o colindando con ella y es un espacio de transición entre lo urbano y lo rural. En estas unidades territoriales es frecuente encontrar actividades productivas y extractivas de recursos naturales que son netamente rurales, pero vinculadas al abasto del centro urbano. Así como desarrollos de vivienda de diferente nivel socioeconómico y un mercado de tierras para la expansión urbana. Convergen ahí la población campesina, con personas provenientes de la ciudad y de otros lugares que se han mudado a estos sitios por diversas razones. Por un lado, los que buscan una residencia de menor costo -o incluso un asentamiento ilegal-, y por el otro los que pretenden asentarse en complejos habitacionales (privados y cerrados, con todos los servicios), con la intención de acercarse a condiciones más “naturales” o “tranquilas”. Mucha de esta gente -inclusive los campesinos- suelen estar fuertemente vinculados a la urbe, pues encuentran en ella fuentes de empleo y de otros servicios (educativos, de salud, comerciales, entre otros). Por lo que muchas de las casas son sólo utilizadas como dormitorio. No es raro tampoco que habitantes de la ciudad construyan ahí su segunda residencia o casa de campo, la cual habitan temporalmente durante sus tiempos de descanso.

Autores como Ávila (2001) y Aguilar y Vieyra (2006) coinciden que en países como México hay una agenda, tanto política, como académica para los estudios y la administración de los espacios periurbanos, especialmente en lo que se refiere al tema ambiental, pues la presión de la ciudad sobre los medios rurales circundantes -entre otras cosas- eleva las tasas de cambio de uso del suelo, conllevando una ruptura de los paisajes y un inadecuado manejo y aprovechamiento de los recursos naturales. Ello se refleja en la intensa degradación de los cuerpos de agua y los suelos, el deterioro de la vegetación y pérdida de fauna, entre otros daños de tipo ecológico. A nivel mundial han habido importantes esfuerzos para el análisis de los espacios periurbanos y para el caso de México, ha sido ampliamente estudiada la Ciudad de México como una megalópolis de ámbito regional (sólo por mencionar algunas investigaciones recientes: Aguilar y Vieyra, 2006; Galindo y Delgado, 2006; Aguilar, 2009; López, 2009; Santos *et al.*, 2009; Vieyra, 2009), pero en menor medida asentamientos humanos más pequeños y no desde un marco espacial de cuenca periurbana. Lo anterior es comprensible, pues una delimitación natural como la cuenca es integradora social y ecológicamente, pero desde una perspectiva del análisis social puede ocultar diversos procesos que rebasan sus límites o poco tienen que ver con ellos. No obstante, los procesos de las periferias urbanas “...se presentan indistintamente en el espacio periurbano de zonas metropolitanas, ciudades medias o aun pequeñas” (Galindo y Delgado, 2006) y la urbanización tiene lugar en unidades territoriales como la cuenca, que es reconocida -como ya se explicó anteriormente- como la unidad territorial más conveniente para la gestión del agua y de los recursos naturales. Así, para efectos

de la gestión de los recursos hídricos y demás naturales que existen dentro de ella, la cuenca periurbana puede representar un potente enfoque si es integrado también con todo el bagaje conceptual y metodológico de los procesos de periurbanización. Tal y como se propone en la presente investigación.

Enfoques para la creación de un marco de gestión en cuencas periurbanas

Podría decirse de manera simple que la gestión en una cuenca periurbana no es sino el marco de la gestión en cuencas aplicado a una cuenca de la periferia de una ciudad. No obstante, aunque es su base más importante, pues se trata de la administración y aprovechamiento de los recursos naturales en una cuenca, esta concepción dejaría a un lado todos los procesos implicados en la periurbanización, la cual ha sido ya estudiada e incluso con perspectiva de gestión. En este sentido, los espacios periurbanos son una de las manifestaciones de lo que se ha denominado *nueva ruralidad*, definida como la descripción genérica

...de las maneras de organización y el cambio en las funciones de los espacios tradicionalmente “no urbanos”: aumento en la movilidad de personas, bienes y mensajes, deslocalización de actividades económicas, nuevos usos especializados (maquilas, segunda residencia, sitios turísticos, parques y zonas de desarrollo) surgimiento de nuevas redes sociales, así como la diversificación de usos (residenciales, de esparcimiento y productivos), que los espacios rurales ejercen de manera creciente (Ruiz y Delgado, 2008: 78).

De acuerdo con Ruiz y Delgado (2008), existen cuatro enfoques para el estudio de la nueva ruralidad. El primero (“sociológico analítico”), de corte sociológico y cultural se centra en los actores y procesos. El segundo (“sociológico normativo”), de perfil multidisciplinario está basado en el desarrollo rural y la intervención. El tercero (“modelos espaciales”), del modelaje espacial de la dinámica urbana-regional y los espacios periféricos. Y el cuarto (“neomarxista”), de ensayos neomarxistas sobre la desagrarización del campo. De estos, son el segundo y el tercero los que interesan y se relacionan con el presente trabajo por las siguientes razones.

El enfoque sociológico normativo, estudia los nuevos procesos que ocurren en espacios rurales no sólo desde su génesis y características propias, como lo hace el sociológico analítico, sino que además propone programas y formas alternativas de intervención para la gestión de territorios rurales, con la intención de enfrentar problemas de pobreza, inequidad y degradación ambiental. Se basa en la importancia del mejoramiento del ámbito productivo y el uso de los recursos naturales, aunque a veces el contexto espacial está ausente o es muy general. Por otro lado, los modelos espaciales estudian la relación espacial entre el campo y la ciudad, a través de mecanismos como la distancia, el precio y uso del suelo, pero suelen descuidar los procesos

sociales claves. Además poseen carencias teóricas y metodológicas para definir apropiadamente las escalas, causas y características propias de territorios como los periurbanos.

Para efectos de la gestión en cuencas periurbanas se requiere conocer a los actores involucrados y generar en conjunto planes de intervención, tal y como lo hace el enfoque sociológico normativo. No obstante, el ámbito territorial no puede quedar ajeno, pues es en sí la base para utilizar un marco de cuenca, que requiere necesariamente del uso de perspectivas de análisis espacial, como lo hacen los modelos espaciales.

En definitiva, el enfoque sociológico normativo es un medio valioso que puede incorporar el estudio social y cultural a la gestión en cuencas periurbanas, pues considera a sus actores para generar la planeación y política que se instaurará en la cuenca –durante la fase permanente de manejo de cuencas- con la finalidad de mejorar las condiciones de vida de sus habitantes, a la par de hacer frente al deterioro ambiental. A diferencia de la “acción participativa” -de los ecólogos y otros especialistas de las ciencias naturales-, donde se pretende incorporar el “factor” social o antropogénico, la perspectiva sociológica emana de las ciencias sociales, en la cual existen herramientas metodológicas más robustas y propias del estudio de la sociedad. Por un lado, las entrevistas y las encuestas –método empleado en la presente investigación-, no sólo son utilizadas dentro de los campos sociales del conocimiento, pero representan uno de los principales medios de estas disciplinas para la obtención de datos de insumo del análisis económico y cultural de la población. Por otro lado, la etnografía –también empleada en este trabajo, aunque menor medida- como complemento no sólo de dicho análisis, sino también del biofísico, permite un acercamiento menos rígido al dato y mayor amplitud o especificidad de la información según se requiera. Finalmente, la consulta de documentos de archivo –realizada en esta tesis para referencias del contexto histórico de la cuenca-, brinda datos e información que al paso del tiempo, pudieron haberse perdido de la memoria histórica de la gente. En su conjunto, estas técnicas ofrecen sólidos argumentos para el estudio de la sociedad en un contexto determinado, así como para la implementación de acciones concretas, pues no es menor la complejidad de los procesos sociales que tienen lugar en un territorio periurbano. En palabras de Ávila (2004: 103) en este espacio

...ocurren nuevas expresiones de organización [social, política, productiva, comercial y de otros tipos] (...) toda vez que ahí se conjuntan situaciones y procesos que emanan tanto de lo urbano como de lo rural. El periurbano tiene también enorme importancia en la construcción y puesta en práctica de políticas y estrategias del “desarrollo local”, como alternativa de grupos de campesinos urbanos y periurbanos que continúan con la práctica de las actividades agrícolas y pecuarias, aun en la crisis en que se encuentran.

Por otra parte, el modelado espacial, aunque parece implícito en la gestión en cuencas, cobra relevancia cuando se involucran no sólo a los sistemas naturales, sino también las relaciones

funcionales existentes dentro de la cuenca y de ésta –considerada como un espacio periurbano- con la ciudad. Ya que si sólo se depende del análisis sociológico se corre el riesgo de perder el contexto donde ocurren los procesos sociales, mientras que si únicamente se considera el espacio, es posible que se pierdan de vista sus actores.

El gobierno local como agente elemental para la gestión de una cuenca periurbana

Generalmente, es la autoridad municipal quien debe administrar, fomentar y proteger los intereses locales. Entre sus responsabilidades se encuentra mejorar la calidad de vida de su población mediante el desarrollo integral de sus circunscripciones territoriales, la preservación ambiental, la adecuada prestación de servicios públicos, entre muchos otros. Respecto a la gestión del agua y de cuencas, sus atribuciones principales son la preservación del ambiente y la participación ciudadana para el fomento de un uso eficiente y racional de los recursos hídricos y de los demás recursos naturales. La prestación de servicios como el abastecimiento de agua potable y su saneamiento son elementales, pues afectan la calidad del agua disponible para usuarios de cuenca abajo (Dourojeanni y Jouravlev, 1999).

De acuerdo con Dourojeanni y Jouravlev (1999), la participación de los gobiernos locales es fundamental en la gestión del agua y de cuencas por diversas razones: a) regularmente tienen a su cargo la elaboración, aprobación y fiscalización de diversos instrumentos relacionados con el ordenamiento territorial (por ejemplo: los planes de desarrollo urbano, la regulación del uso del suelo, reglamentación de la construcción, delimitación de áreas de expansión urbana e industrial y de preservación ecológica). Como el agua interrelaciona a los recursos naturales, el ambiente y la actividad humana, debe existir una coherencia y correlación entre tales instrumentos y la gestión de los recursos hídricos; b) la mayor parte de los efectos, tanto negativos como positivos, ocasionados por el uso del agua tienen un impacto local, lo cual es un incentivo para fomentar su uso eficiente y mejorar la calidad de vida de los habitantes; c) cumplen funciones –que valdría la pena incluir en los planes de manejo en cuencas- relacionadas con el abastecimiento de agua potable y saneamiento, la recolección y tratamiento de residuos, la fiscalización sanitaria y ambiental, el aseo y el manejo de áreas verdes; d) poseen personal que conoce el entorno local y sus actores, por lo que puede sensibilizar y consultar a la población para crear entidades de cuenca (como consejos o comités) y desarrollar una interacción fluida orientada a propósitos comunes en el marco de gestión en cuencas; e) los gobiernos municipales que comparten una cuenca pueden asociarse para construir obras y prestar servicios, así como desarrollar planeación conjunta, lo cual ha ocurrido en diversas experiencias en los países de ALC.

En la región de ALC, el hecho de que la autoridad municipal participe en los asuntos de la gestión en cuencas ha sido motivo de un abierto temor a la politización del sistema gestión, de cierta forma comprensible por los antecedentes históricos. Aunque el no incluirlo, no es la solución más adecuada. Pues existen experiencias en EUA (con las denominadas “cuencas municipales”¹⁷) y en Europa que han demostrado la eficacia para que el gobierno local y la población participen activamente en el proceso de gestión en cuencas (Dourojeanni y Jouravlev, 1999).

Finalmente, hay que reconocer que existen diversas dificultades para que pueda ocurrir una gestión de cuencas periurbanas por parte de las autoridades locales, la sociedad y otras entidades (como universidades y organizaciones no gubernamentales). Muchas veces tienen que ver con diversos factores que impiden una visión integral entre la periferia y la ciudad central, así como de la cuenca como unidad territorial. A continuación se enlistan algunas razones hechas explícitas por Dourojeanni y Jouravlev (1999) y Aguilar (2009).

- Frecuentemente la información estadística, cartográfica y técnica no cubre los espacios periféricos o de toda la cuenca, porque no coincide con sus límites, varía en calidad y especificidad, o sencillamente se tiene un acceso restringido, pues es manejada por instancias del gobierno central.
- La visión sectorial, parcial y de corto plazo de la problemática vinculada al agua y a la cuenca, se limita muchas veces a obras de infraestructura hidráulica y a enfocar la atención sólo en los ríos.
- La cobertura y el mantenimiento de la infraestructura y los servicios son responsabilidad de varios organismos gubernamentales en escalas local, estatal y federal, por lo que es común su sobreposición, falta de coordinación, indefinición de funciones y responsabilidades y desconocimiento normativo.
- Dificultades para la cooperación entre municipios que comparten una misma cuenca.
- Escasos recursos económicos y técnicos para implementar acciones.
- Poca capacidad para negociar con grandes empresas que operan en estos territorios y que generan impactos en el ambiente.
- Mínima gobernanza (expresada en desconfianza e indiferencia de la población hacia las autoridades) y cambios frecuentes de los alcaldes que impiden la continuidad de la gestión en cuencas.

¹⁷ Este concepto se originó en EUA. Se refiere a aquellas cuencas –generalmente pequeñas- cuyo fin primordial se orienta a captar agua para uso humano y mantener su calidad. Por ello, normalmente no se permite la utilización de ningún químico nocivo, ni descargar residuos dañinos en el agua, incluso en algunos casos ni siquiera bañarse en el río. No obstante, en la medida que se cumpla con las normas de calidad ambiental, está permitido el uso productivo (Dourojeanni y Jouravlev, 1999).

- Poco interés de los habitantes de la cuenca por participar en el proceso de gestión a nivel de cuenca, pues su identidad está más vinculada a localizaciones específicas o a conservar aspectos culturales relacionados con la historia del lugar, tradiciones e identidades.
- Los funcionarios del gobierno municipal tienden a focalizarse en los límites de la mancha urbana y a evitar las discusiones referentes a sus responsabilidades acerca de procesos relacionados con la periurbanización como la explotación de los recursos naturales, la disposición de la basura y los daños ambientales.
- Generalmente la población y los gobiernos locales tienen una visión de aspectos muy domésticos y de corto plazo, como la distribución, la calidad y el costo del agua; sólo se preocupan del tratamiento de aguas si hay un aroma pestilente o se genera una epidemia; si hay demasiado tránsito vehicular se opta por techar los ríos y convertirlos en cloacas por donde pasan vías de circulación; las zonas de drenaje natural son ignoradas y muchas veces desviadas o canalizadas, así mismo las áreas de infiltración son asfaltadas y se construye por encima de ellas; en definitiva, debe ocurrir una catástrofe mayor (con frecuencia denominada “desastre natural”), como inundaciones, deslizamientos o contaminación masiva para que se expanda el pensamiento del agua doméstica al río, al lago y a la cuenca como un todo.

METODOLOGÍA GENERAL

En la Figura 4 se muestran los pasos metodológicos que se recorrieron para llevar a cabo la presente investigación. La metodología particular tanto del diagnóstico y evaluación hidrológica de la cuenca del río Chiquito, como de la periurbanización y ambiente desde una perspectiva social en algunas localidades de la misma, se muestran en los capítulos correspondientes.

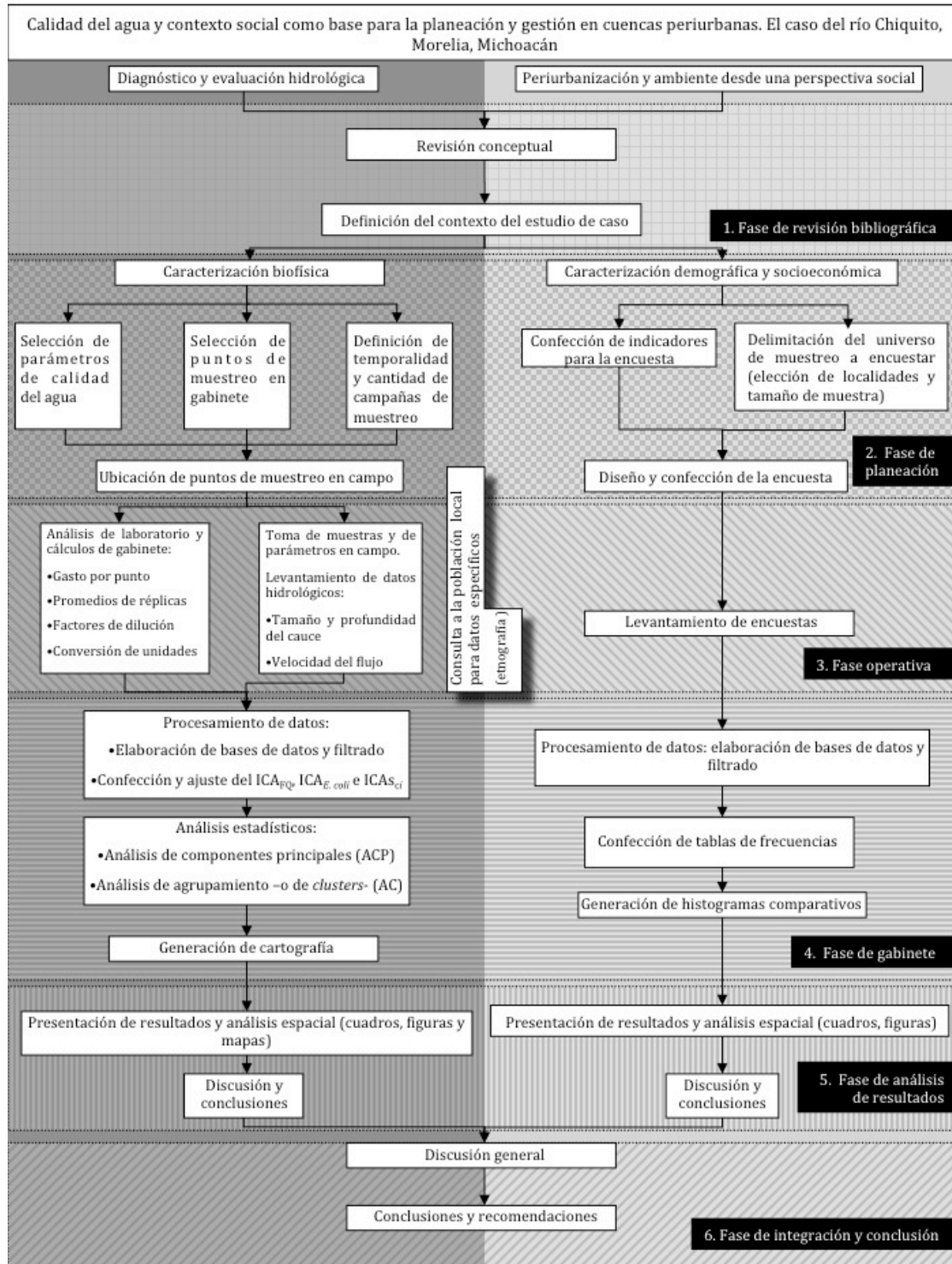


Figura 4. Metodología general.

AGUA Y URBANIZACIÓN: CONTEXTO DE LA CUENCA DEL RÍO CHIQUITO

El agua y su crisis mundial

El 28 de julio del 2010 la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2010a) “reconoce que el derecho al agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos” (ONU, 2010b: 3). La Asamblea expone en la resolución que se encuentra “profundamente preocupada porque aproximadamente 884 millones de personas carecen de acceso a agua potable y más de 2.600 millones de personas no tienen acceso a saneamiento básico, y alarmada porque cada año fallecen aproximadamente 1,5 millones de niños menores de 5 años y se pierden 443 millones de días lectivos a consecuencia de enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento” (ONU, 2010b: 2). Además exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a cooperar con recursos financieros y transferencia de tecnología para que los países en desarrollo puedan garantizar este derecho y toda la población pueda tener un acceso económico al agua potable y al saneamiento.

De acuerdo con el Informe sobre Desarrollo Humano 2006 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que aborda especialmente la crisis mundial del agua, la inseguridad del agua está definida por su escasez¹⁸ -aunque también por su mala calidad, ya que aunque no falte el líquido, hay limitaciones para ser usado o serias consecuencias de salud tras su consumo-. El informe expone que la mayoría de los países cuentan con la suficiente cantidad de agua para satisfacer sus necesidades (domésticas, industriales, agrícolas y ambientales), el verdadero problema radica en la gestión del líquido -de lo cual se hablará con mayor profundidad más adelante-.

La Tierra es llamada “el planeta azul” debido al color reflejado por sus vastos océanos que ocupan el 70.8% de la superficie mundial (Skinner *et al.*, 1999). Se calcula que en el planeta hay aproximadamente 1,360 millones de kilómetros cúbicos de agua, de la cual la mayor parte se encuentra en los océanos (97.2%); los casquetes polares y glaciares poseen otro 2.15%, y el resto -sólo un 0.65%-, se divide entre lagos, corrientes de agua, aguas subterráneas y la atmósfera (Tarbuck y Lutgens, 1999). A groso modo, el 97% del total del agua es salada y se halla en mares y océanos, mientras que el 3% restante es agua dulce. Sin embargo, de la última, el 87% se concentra en los casquetes polares y glaciares y el 13% restante -que representa sólo el 0.4% del total mundial- está accesible para el uso y consumo humano (doméstico, agrícola,

¹⁸ La escasez del agua puede ser propiamente física (inexistencia) o tener causas económicas (altos costos o incapacidad para ser pagada) o institucionales (falta de entidades que la administren y distribuyan). A la vez, depende estrechamente de las variaciones temporales y espaciales en la oferta natural del líquido y de la demanda del mismo (PNUD, 2006).

industrial y otros) (Figura 5) (Nebel y Wright, 1999). Aunque autores como Enkerlin y Cano (1997) exponen que el agua dulce “lista para usarse” (que no requiere de procedimientos complejos y costosos para su acceso) es de en realidad el 0.003% del total del planeta (menor a una centésima parte del 0.4% referente al agua dulce accesible).

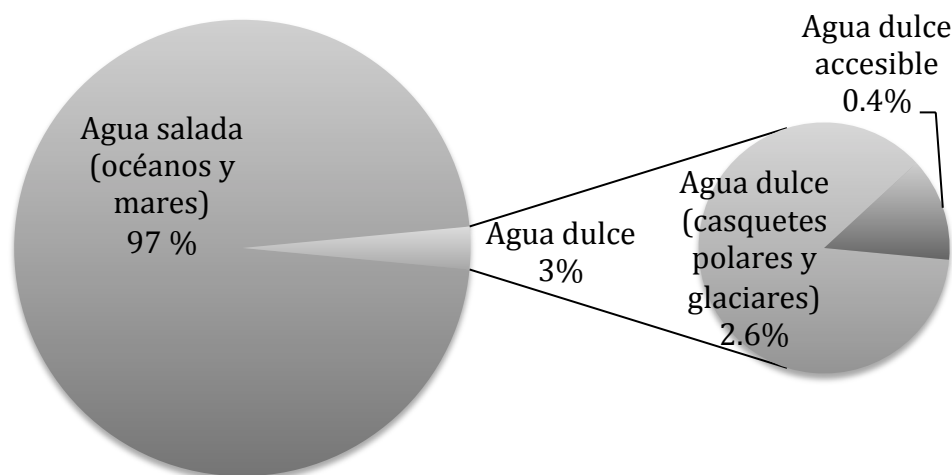


Figura 5. Porcentajes de agua salada y agua dulce existentes en la Tierra y cantidad de agua dulce accesible (realmente disponible para uso doméstico, agrícola e industrial).
Fuente: Modificado de Nebel y Wright (1999: 264)

Aunque el agua es un recurso infinitamente renovable, su oferta es finita. El verdadero problema mundial del agua no es la cantidad –ya que existe suficiente-, sino su distribución, pues algunos países cuentan con mayor cantidad de agua que otros. Como ejemplo, casi la cuarta parte de la oferta de agua dulce mundial se halla en el Lago Baikal, ubicado en -la apenas poblada- Siberia. El problema prevalece al cambiar de escala, América Latina cuenta con el 31% del agua dulce del mundo, que corresponde a una cantidad por persona 12 veces mayor que la del sur de Asia. Por su parte Brasil y Canadá poseen mucha más agua de la que podrían usar, mientras que algunos países del Medio Oriente cuentan con mucha menos de la que necesitan. Asimismo, el norte de China tiene menos de la cuarta parte de la disponibilidad per cápita de agua que hay en el sur (PNUD, 2006). Lo mismo podría extrapolarse a escalas mucho más grandes, por ejemplo, entre municipios o entre microcuencas.

Por otro lado, no sólo los factores espaciales determinan la disponibilidad, de agua sino también los temporales. Promedios a escala nacional de la cantidad de agua disponible pueden dar una visión desproporcionada de la realidad, toda vez que hay varios países que dependen de monzones o cortas estaciones de lluvias. En Asia gran parte de las precipitaciones anuales caen en menos de 100 horas, lo cual trae consigo otros problemas como riesgos de inundaciones en parte del año y sequía prolongada en el resto. Así la disponibilidad real de agua depende

únicamente de cuanto llueva, sino de cuanto puede almacenarse y la capacidad de los ríos y las aguas subterráneas para recuperarse (PNUD, 2006).

De acuerdo con el indicador Falkenmark, también llamado “índice de estrés de agua”, al año se requieren de 1,700 metros cúbicos de agua por persona para satisfacer sus requerimientos domésticos, agrícolas, industriales, energéticos y necesidades del ambiente. Un suministro menor a 1,000 metros cúbicos representa un estado de estrés por escasez de agua y por debajo de 500 significa escasez absoluta (Rijsberman, 2004). Según el PNUD (2006) en 43 países se concentran alrededor de 700 millones de personas que tienen una disponibilidad media anual de agua de 1,200 metros cúbicos per cápita, principalmente en naciones del Medio Oriente (sólo con excepción de Irak, Irán, Líbano y Turquía), siendo los palestinos habitantes de Gaza quienes se encuentran en una de las situaciones más críticas del mundo, con sólo 320 metros cúbicos del vital líquido por persona. Por otro lado, dentro del África subsahariana se halla la mayor cantidad de países con estrés de agua, donde casi una cuarta parte de la población lo padece y la proporción va en aumento. Lo mismo se puede pronosticar para otras regiones del mundo donde las tasas de crecimiento demográfico van en incremento.

A pesar de que la agricultura sigue siendo el sector que mayor cantidad de agua utiliza (más del 80% en los países en desarrollo), desde principios del siglo XX el uso internacional de agua por la industria y los municipios ha incrementado y con ello el consumo correspondiente de cada habitante. Basta decir que en los últimos 300 años – desde poco antes de la Revolución Industrial-, la población del planeta se cuadruplicó y con ello el uso del agua incrementó por siete (PNUD, 2006). De cualquier modo, Rijsberman (2004) expone que la escasez del agua mundial, a esa escala, no impacta ni lo hará dramáticamente en lo que al agua de uso doméstico se refiere, sino que será la agricultura, como el mayor consumidor, la que se verá más mermada. Al respecto el Informe sobre Desarrollo Humano 2006 ejemplifica esto claramente diciendo que

Las personas tienen una necesidad básica mínima de agua de entre 20 y 50 litros por día. Comparemos esta cifra con los 3,500 litros necesarios para producir los alimentos que permitan obtener el mínimo diario de 3,000 calorías (producir alimento suficiente para una familia de cuatro integrantes requiere una cantidad de agua tal que llenaría una piscina de natación olímpica). En otras palabras, para producir alimentos se requiere una cantidad de agua que es aproximadamente 70 veces mayor que la que la gente usa para fines domésticos. El cultivo de un solo kilo de arroz requiere entre 2,000 y 5,000 litros de agua. Pero algunos alimentos piden más agua que otros. Por ejemplo, se necesita una cantidad de agua ocho veces mayor para cultivar una tonelada de azúcar que una tonelada de trigo. La producción de una sola hamburguesa demanda alrededor de 11,000 litros, aproximadamente la cantidad diaria disponible para 500 personas que viven en un barrio pobre urbano con viviendas sin conexión a la red de abastecimiento de agua. Estos hechos ayudan a explicar por qué el aumento en el nivel de ingresos y los cambios en la dieta -cuando las personas disponen de más dinero consumen más carne y más azúcar- mantienen el crecimiento del uso del agua por encima del crecimiento demográfico. (PNUD, 2006: 137).

Con ello puede afirmarse que la crisis mundial del agua puede desembocar en un futuro, no sólo en graves consecuencias ambientales estudiadas y previstas ya por muchos especialistas, sino que también en implicaciones netamente sociales como una crisis alimentaria en el planeta.

Finalmente, no se deben ignorar los efectos del cambio climático. Con el calentamiento global ocurrirá un declive en la esorrentía de aguas superficiales en algunas regiones del planeta, amenazando con ello la producción agrícola. Los eventos climáticos extremos serán capaces de modificar las épocas de lluvia en algunos lugares del mundo, disminuyendo la cantidad de días lluviosos e incrementando en magnitud la cantidad de precipitación en ellos. El derretimiento de glaciares y el consecuente aumento del nivel del mar afectará sitios poblados y influirá en la salinización del agua (PNUD, 2006). Estos y otros efectos más del cambio climático se reflejarán en problemas sociales como: disminución de agua para el consumo humano, insuficiencia alimentaria -en un mundo interdependiente y globalizado-, daños en la infraestructura civil y en ecosistemas por inundaciones -y de no implementarse medidas oportunas ante los resultados del cambio climático-, altas probabilidades de decesos en la población por desastres naturales.

El auge urbano en América Latina y el Caribe y sus consecuencias ambientales

De acuerdo con el UNFPA (2007), durante el siglo XX la población urbana mundial aumentó drásticamente, pasando de 220 millones de habitantes a 2800 millones y en la actualidad más de la mitad de los habitantes del planeta viven en zonas urbanas. Según ésta agencia de cooperación internacional, América Latina y el Caribe (ALC) es la región del mundo en desarrollo con la mayor proporción de habitantes en ciudades. En un periodo de casi 40 años (1970-2009) se ha duplicado en ella la población urbana, aumentando en 295 millones de personas (un 51%) para alcanzar los 581 millones, y se estima que actualmente alrededor del 80% de la población (más de 470 millones de personas) habita en espacios urbanos (PNUMA, 2010)¹⁹.

El desarrollo de megaciudades (con más de 10 millones de habitantes y núcleos financieros, políticos, administrativos, industriales/comerciales y educativos) ha sido un fenómeno importante a nivel mundial. De un total de 21 megalópolis, cuatro se hallan en ALC: Ciudad de México, Sao Paulo, Río de Janeiro y Buenos Aires. No obstante, el auge de ciudades medias²⁰ ha sido también un fenómeno creciente en ALC. En la actualidad más del 60% de la

¹⁹ El UNFPA (2007) declaraba que para 2008, por primera vez, más de la mitad de la población (3,300 millones de habitantes) vivirá en zonas urbanas.

²⁰ La definición de ciudad media es aún un tema en discusión para diferentes autores especialistas en temas de población y asentamientos humanos. Algunos toman como principal factor de definición a la cantidad de población, otros la economía y el tipo de actividades productivas y unos más la importancia funcional de la urbe en el territorio.

población de la región habita en ciudades con menos de un millón de habitantes. Lo anterior se debe a que éstas concentran actividades nuevas de importancia económica como la maquila y el turismo o la cercanía a ciudades de mayor tamaño (UNFPA, 2010).

El crecimiento de las ciudades en ALC está fuertemente determinado por la inmigración proveniente de zonas rurales, motivada por el deterioro de los medios de subsistencia, inseguridad, desempleo y falta de servicios como los educativos, entre otras causas. Paradójicamente, muchas veces la búsqueda de mejores condiciones de vida termina por verse frustrada, toda vez que alrededor del 40% de los migrantes de origen rural en la ciudad de México y 30% en Sao Paulo viven en condiciones de pobreza, patrón que se repite en todas las grandes ciudades de la región, dando origen a condiciones urbanas de inequidad. En países como Chile y México la desigualdad en zonas rurales y urbanas es prácticamente idéntica, ocurriendo condiciones semejantes a lo largo de toda la región, que es única en esta característica (UNFPA, 2010). De acuerdo con la UNFPA (2010:151) “la desigualdad es al mismo tiempo causa y expresión de los problemas ambientales de las ciudades, y es sin duda una de las prioridades a atender en todos los asentamientos urbanos de la región”. Así, en ALC estas desigualdades no sólo se ven reflejadas en la segregación socio-espacial (como se hablará más adelante), la demanda de agua en la región se incrementó en un 76% de 1990 al 2004, teniendo como causas el crecimiento demográfico (principalmente urbano), la expansión de la actividad industrial y el requerimiento de agua para riego. Asimismo, la calidad del recurso se ha visto deteriorada por su contaminación y el bajo porcentaje de aguas residuales que son tratadas. Finalmente, puede establecerse que el consumo *per cápita* para la región es de aproximadamente 150 litros al día, en un rango que va de los 80 a los 250 dependiendo del lugar.

Los procesos de urbanización en México

Durante el siglo XX México pasó por dos transiciones, una demográfica y otra urbana. La primera, basada en la disminución acelerada de los niveles de mortalidad y luego, de fecundidad, lo que tuvo como resultado un aumento nunca antes visto en la población total del país, pasando de 13.6 millones de habitantes en 1900 a 97.5 millones en el 2000. La segunda transición, fue ocasionada por la intensa migración del campo a las ciudades, lo que generó un incremento de la proporción de población que habita en zonas urbanas durante esos 100 años. En 1900 el país contaba con 32 localidades de 15 mil habitantes o más, ocupadas por una población de 1.4

No obstante, pueden considerarse estos parámetros en conjunto o por separado e incluso otros más. Por no hallarse dentro de los objetivos de la presente investigación, la definición de ciudad media se acotará a aquel asentamiento urbano con una población que va de los 100 mil a un millón de habitantes.

millones (10.4% de la población total), mientras que en el año 2000 había 366 localidades de este tamaño, que albergaban a 61.7 millones de personas (63.3% de la población total) (Anzaldo y Barrón, 2009).

Además de este par de transiciones, la urbanización en México puede dividirse en tres periodos diferentes: 1) de 1900 a 1940 con una urbanización lenta y predominio rural; 2) de 1940 a 1980 con una urbanización acelerada (principalmente en la Ciudad de México que pasó de 1.6 a 13.3 millones de habitantes, mientras que Guadalajara y Monterrey superaron el millón, la primera aumentó su población de 241 mil a 2.2 millones y la última de 190 mil a 1.9 millones; y finalmente) 3) de 1980 a la actualidad con una urbanización moderada y más diversificada (hacia otras metrópolis que alcanzaron más de un millón de habitantes como Puebla, Tijuana, Ciudad Juárez, León y Toluca, además de otras ciudades medias que también crecieron sin rebasar esa cantidad de población) (Anzaldo y Barrón, 2009).

En la actualidad, el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2011) registró que más del 76.8% (86,287,410 de personas) de la población de México (112,336,538 de personas) habita en localidades de más de 2,500 habitantes, límite utilizado por el INEGI para definir localidades urbanas. Autores como Gutiérrez (2003), Aguilar y Graizbord (2001) y Anzaldo y Barrón (2009) han utilizado en sus análisis otras cantidades para referirse a asentamientos urbanos, 10,000 habitantes el primero y 15,000 los últimos, toda vez que la propuesta por el INEGI es considerada como arbitraria y en el país la mayor parte de las localidades menores a 15,000 habitantes están dedicadas predominantemente al sector económico primario y carecen muchas veces servicios públicos básicos. No obstante, aún tomando en cuenta el mínimo de 10,000 y 15,000 habitantes, se tiene que para el primer caso el 65.7% (73,844,723 de personas) de los habitantes de México viven en espacios urbanos, en tanto que para el segundo es el 62.5% (70,179,777 de personas). Así, la mayoría de la población está claramente concentrada en pocas ciudades y la menor parte dispersa en muchas localidades rurales pequeñas (188,593 localidades menores a 2,500 habitantes, 191,314 menores a 10,000 habitantes y 191,614 menores a 15,000, destacando que para todo el país existe un total de 192,244 localidades), por lo que puede decirse que en estos tiempos México es un país eminentemente urbano si se habla de población, empero si se habla del tipo de localidades en su territorio, es una nación rural²¹. Por otro lado, poco más de la tercera parte de la población de México (38,869,026 de personas que representan el 34.6% de la población total) vive en 120 ciudades de 100,000 a 999,999 habitantes -las cuales pueden denominarse como ciudades medias-, mientras que el 13.2%

²¹ Se observó en los datos del Censo de Población y Vivienda del 2010 que el INEGI considera como localidad a nuevos fraccionamientos que surgen incluso en condiciones urbanas, ya sea en periferias o en zonas metropolitanas. Por ello, es importante tener presente que algunas localidades menores a 2,500 habitantes pueden estar siendo registradas como rurales, cuando en realidad son eminentemente urbanas, incluso desde su origen mismo y no por haber sido alcanzadas por la mancha urbana de una ciudad cercana.

(14,829,346 de personas) habita en sólo 11 grandes ciudades con más de un millón de habitantes (principalmente en tres: la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey con sus respectivas zonas metropolitanas). En conjunto se tiene que casi la mitad de la población del país se encuentra distribuida en ciudades medias y en grandes metrópolis²².

Aguilar y Graizbord (2001) exponen que esta distribución geográfica de la población es resultado de las diversas decisiones que toman los individuos y las familias para enfrentar desigualdades sociales, crisis económicas y cambios políticos; en definitiva, responde a una búsqueda de oportunidades (económicas, sociales, políticas, culturales y actualmente por razones de seguridad) que se ofrecen sólo en algunos lugares, ciudades o regiones. De manera que resulta inadecuado pensar que sólo los factores físico-geográficos expliquen los patrones de poblamiento, ya que estos se encuentran interrelacionados con otros de índole económico, cultural, histórico y político, cuyos efectos varían en el espacio y el tiempo.

Finalmente, cabe resaltar que actualmente buena parte de la población urbana sigue concentrándose en el centro del país en la -mega- Ciudad de México y ciudades cercanas, mientras que los patrones de movilidad espacial de la gente reflejan un desplazamiento de ciudades grandes a ciudades medias y pequeñas y una expansión de zonas urbanas a zonas con características rurales (Aguilar y Graizbord, 2001). La cercanía con la Ciudad de México y Guadalajara, así como ambos esquemas de movimiento espacial de la población, inciden en una ciudad media como Morelia; por un lado con la llegada de población, y por el otro con el desarrollo de sus periferias en zonas eminentemente rurales. En este último proceso se profundizará más adelante.

La gestión del agua en América Latina y el Caribe: el caso de México

Con el éxito estadounidense alcanzado por el proyecto del *Tennessee Valley Authority* (TVA) creado en 1933, a partir de finales de esa década, éste obtuvo importantes seguidores en ACL, entre ellos México, Colombia, Brasil y Perú. Con una gestión de corporaciones o comisiones de cuenca se basaba en grandes proyectos de inversión que apostaban a la infraestructura hidráulica como parte del desarrollo regional. Este enfoque que pretendía –entre otras cosas– mitigar los efectos de las inundaciones y generar energía eléctrica, no consideraba la interdependencia entre los usos del agua, aún cuando la cuenca era la base de trabajo. Dichas

²² Según Aguilar y Graizbord (2001), en México -como parte de un ajuste estructural en la economía hacia un “modelo exportador”-, durante las últimas décadas se apostó por la apertura comercial y la privatización de empresas públicas. Esto ha traído consigo una redistribución espacial de la población y con ello la consolidación de un sistema nacional formado por una cantidad importante de ciudades medias y grandes metrópolis, que en conjunto concentran la mitad de la población del país. Por lo que destaca que la población migrante ya no privilegia a la ciudad primaria o localidades más grandes, sino que busca instalarse en ciudades medias que se hallan en una dinámica sectorial particular dentro de una región (como el turismo o la industria del petróleo).

visiones -de corte ingenieril y tecnológico- tuvieron diversas dificultades y para el caso de México cambiaron al paso del tiempo por otras relacionadas con el manejo de los recursos naturales y más recientemente con el del ambiente, aunque algunas ideas de esta índole todavía permean en los enfoques actuales de gestión en la región de ALC (Dourojeanni y Jouravlev, 1999; Dourojeanni *et al.* 2002).

En México, el modelo de desarrollo regional del TVA y de otras comisiones de cuencas creadas posteriormente en los EUA tuvo un fuerte impacto. A partir de 1943 se crearon diversas comisiones de cuenca en el país (de los ríos Papaloapan, Tepalcatepec, Balsas, Lerma-Chapala-Santiago, Grijalva, Pánuco, Fuerte, entre otros) que tuvieron un gran auge durante la década de 1950 y 1960 y en las dos décadas subsiguientes desaparecieron y fueron absorbidas por otras instituciones del gobierno federal y de los gobiernos estatales (Dourojeanni *et al.*, 2002; Durán y Torres, 2005).

Con excepción de Brasil y México, la gestión del agua en los países de ALC no ha sido un tema prioritario en la agenda política de sus gobiernos. La gestión de los recursos hídricos generalmente se comparte entre el Estado, las organizaciones de usuarios, las grandes corporaciones de cuencas (con la ejecución de proyectos hidráulicos), las empresas de agua potable, de saneamiento e hidroelectricidad y los gobiernos municipales y estatales. Ello ha generado en muchas ocasiones una superposición de funciones y responsabilidades poco definida, sumada a la indefinición de lo que significa la gestión del agua y de las cuencas. Tal confusión, reflejada en interminables debates y postergaciones para actualizar las leyes de agua, han permitido –entre otras cosas- que presiones externas intervengan para asignar o aumentar la oferta de agua a sectores económicamente más rentables –muchas veces desconociéndose la cantidad de recurso disponible-, dejando a un lado los efectos económicos, sociales y ambientales de dichas acciones. Asimismo, hay un fuerte retraso en temáticas tales como el control de la contaminación, el drenaje de los sitios urbanos, la conservación de cauces y la toma de medidas en cuanto a riesgos. Finalmente, en la región, sólo Brasil y México poseen una ley nacional de aguas que estipula la necesidad de crear y reforzar organismos de cuenca (Dourojeanni y Jouravlev, 2003).

En 1992, la *Ley de aguas nacionales* de México creó los Consejos de Cuenca²³ como instancias de coordinación y concertación entre la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA²⁴), las

²³ Las funciones principales de los Consejos de Cuenca son: (i) lograr el equilibrio entre oferta y demanda de agua en la cuenca para sus diversos usos; (ii) el saneamiento de las cuencas para prevenir o corregir su contaminación; (iii) la conservación, preservación y mejoramiento de los ecosistemas de las cuencas; (iv) el uso eficiente y sustentable del agua; y (v) impulsar una cultura del agua que considere a este elemento como un recurso vital y escaso. Para operativizar sus acciones, los Consejos de Cuenca tienen organizaciones auxiliares que están subordinadas jerárquicamente a sus decisiones y acuerdos: (i) el Grupo de Seguimiento y Evaluación (GSE) que tiene como objetivo dar seguimiento y evaluar los avances en la ejecución de las acciones y acuerdos que toma el Consejo; y (ii) organizaciones a nivel de subcuenca, microcuenca y acuífero, denominadas respectivamente Comisiones de Cuenca, Comités de Cuenca y Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS), que se crean en donde sea necesario

dependencias y entidades de los tres niveles de gobierno y los representantes de los usuarios de la cuenca. Con estos consejos se pretende formular programas y llevar a cabo acciones para una mejor administración del agua, el desarrollo de infraestructura hidráulica y los servicios respectivos y la conservación de los recursos de la cuenca. Mientras que para el caso de Brasil, en 1997 se modificó la ley para establecer que la cuenca es la unidad territorial donde se implementará la Política Nacional de Recursos Hídricos y las acciones del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, instaurándose los Comités de Cuencas y las Agencias de Aguas²⁵. Ambos países han logrado separar la actividad de regulación de la actividad de protección ambiental, pues un denominador bastante común en ALC son las dificultades que genera el mezclar en una misma autoridad las actividades correspondientes a la gestión del agua con fines productivos (“industria del agua”) con los roles de protección y preservación pertenecientes al sector ambiental (que persigue la preservación, conservación y recuperación de los recursos hídricos) (como se explica en el subcapítulo del marco conceptual *La gestión del agua y el manejo de cuencas*) (Dourojeanni y Jouravlev, 2003).

De acuerdo con Dourojeanni *et al.* (2002), desde 1992 en México, con la creación de los Consejos de Cuenca, la CONAGUA ha creado un sistema participativo de gestión en cuencas sin precedente alguno, tanto en el país, como en el mundo (seguido, como se dijo por Brasil). Además, la preocupación por desvincular del sector usos a la autoridad de los recursos hídricos, como un ente autónomo, no sectorial, con capacidad operativa y legal y especializado en la gestión de las aguas superficiales y subterráneas, por encima de visiones parciales; fue concretada en 1989 cuando es creada la CONAGUA como un organismo desconcentrado de la

concentrar la atención a la resolución de problemas específicos o propiciar la participación en territorios de menor tamaño al definido para el Consejo” (Dourojeanni y Jouravlev, 2003: 350).

²⁴ También puede encontrarse con las siglas CNA, pero actualmente sus documentos y página de internet suele utilizar CONAGUA.

²⁵ “Los Comités de Cuencas tienen por misión actuar como parlamentos de las aguas de las cuencas, pues son los foros de decisión en el ámbito de cada una de ellas. Se crean en cuerpos de agua de dominio federal por decisión del Presidente de la República y están conformados por los las organizaciones civiles relacionadas con los recursos hídricos. El número de los representantes de los gobiernos del nivel federal, estadual y municipal no puede superar la mitad de todos los miembros de un comité. Las principales funciones de los Comités de Cuencas son las siguientes: (i) promover el debate sobre temas relacionados con el agua y coordinar las acciones de las entidades con injerencia en la materia; (ii) arbitrar, en primera instancia administrativa, los conflictos relacionados con los recursos hídricos; (iii) aprobar el plan de recursos hídricos de la cuenca, seguir su ejecución y proponer las medidas necesarias para el cumplimiento de sus metas; (iv) establecer los mecanismos de cobro por el uso del agua y sugerir los valores a ser cobrados; y (v) establecer criterios y promover la asignación de costos de las obras de uso múltiple, de interés común o colectivo. Las Agencias de Aguas son las secretarías ejecutivas de los Comités de Cuencas. Tienen la misma jurisdicción que uno o más Comités de Cuencas. Su creación debe ser solicitada por uno o más Comités de Cuencas y debe ser autorizada por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos o por los Consejos Estaduales de Recursos Hídricos. Las Agencias de Aguas pueden crearse sólo en las cuencas donde ya existen los Comités de Cuencas y cuando su viabilidad financiera está asegurada por cobros por el uso de agua en su área de jurisdicción. Sus principales responsabilidades son las siguientes: (i) mantener actualizado el balance de disponibilidad de los recursos hídricos en su área de jurisdicción; (ii) mantener el catastro de usuarios de agua; (iii) efectuar cobros por el uso del agua; (iv) opinar sobre los proyectos y obras a ser financiados con recursos generados por cobros por el uso del agua; (v) administrar el Sistema de Información sobre Recursos Hídricos en su área de jurisdicción; (vi) promover la realización de los estudios necesarios para la gestión del agua en su área de jurisdicción; y (vii) elaborar el Plan de Recursos Hídricos para consideración del Comité de Cuencas respectivo” (Dourojeanni y Jouravlev, 2003: 349).

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)²⁶. Y cinco años más tarde -en 1994- fue trasladada -conservando su carácter desconcentrado- del sector agrícola a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), que en el 2000 se reestructura para quedar como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). No obstante, a pesar de que este movimiento de la CONAGUA a una entidad ambiental, ha fortalecido su autoridad como reguladora del sector usos, también ha traído consigo nuevos dilemas en torno a la distribución de competencias y funciones entre la política ambiental y la política del agua, así como entre la gestión de la cuenca y la gestión del agua, cuyas delimitaciones no siempre se hallan definidas claramente, ocasionando muchas veces ineficiencias institucionales y operativas. Este tipo de desplazamientos institucionales de entes sectoriales (responsables para usos como el riego, la energía hidroeléctrica, los servicios de agua potable y alcantarillado o de otras actividades económicas discretas) a otros multisectoriales (como los responsables del manejo y conservación del ambiente), ha sido parte de un proceso creciente al cual se han sumado también países como Brasil, Chile, Colombia y Jamaica.

De acuerdo a Cotler et al. (2007), México cuenta con 1,471 cuencas principales de una gran variabilidad en tamaños, desde miles hasta un kilómetro cuadrado. Más de la mitad de ellas (54.00% que corresponde a 807 cuencas) tienen una superficie menor a 50 km², el 12.30% (181 cuencas) van de los 51 a los 100 km², el 15.57% (229 cuencas) de los 101 a los 500 km² y sólo el 0.14 (dos cuencas) tienen más 100,001 km². El 17.99% restante (252 cuencas) se hallan en distintos rangos entre los 501 hasta los 100,000 km², de las que 14 cuencas (38.79%) que tienen de 20,001 a 100,000 km², sumadas a las dos mayores a 100,001 km² ocupan el 56.05% del área total del país. Mientras que las menores a 50 km² y las de 51 a 100 km² representan el 0.76 y 65.00% respectivamente de la extensión del mismo. Cabe mencionar que la mayoría de las cuencas más pequeñas se hallan en las líneas costeras (Cotler *et al.*, 2007).

De acuerdo a la reforma de la Ley de aguas nacionales (Poder Ejecutivo Federal, 2008) “la cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas por microcuencas”, donde los Consejos de Cuenca se auxilian de las Comisiones de Cuenca (ámbito de acción

²⁶ Los antecedentes de la SARH se remontan a 1926 cuando se creó la CNI. Con ella se pretendía construir grandes obras de infraestructura hidráulica y hacer uso del agua a escalas sin precedentes, de manera tal que se consolidara el control sobre las principales corrientes del país. En 1946 surge la SRH con la intención de dar un mayor impulso de corte científico e ingenieril a la innovación hidráulica de alta tecnología y así estimular el “progreso nacional”. Sin alcanzarse los resultados esperados, aunado a los efectos ambientales de estos modelos de desarrollo económico basados en las políticas hidroagrícolas, a finales de 1976 la SRH se une con la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) para dar origen a la SARH (Aboites, 2002). Con la ley de 1992 la CONAGUA adquiere como función principal la administración de los recursos hídricos y en ocasiones la transferencia de funciones a los niveles estatal y municipal, por lo que suspende la construcción y operación directa de grandes obras hidráulicas, para sólo encargarse de infraestructura estratégica y del apoyo técnico a las autoridades locales para la ejecución de acciones operativas. Por otra parte, cede la operación de las presas con plantas hidroeléctricas a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y de la misma manera hace entrega de los Distritos de Riego a los usuarios organizados. En 1994 la CONAGUA se integra como órgano desconcentrado a la nueva SEMARNAP, que en el año 2000 es reestructurada como la SEMARNAT (Birrichaga, 2009).

comúnmente a nivel de subcuenca o grupo de subcuencas correspondientes a una cuenca hidrológica), de los Comités de Cuenca (operan regularmente a nivel de microcuenca o grupo de microcuencas de una subcuenca) y de los Comités Técnicos de Aguas del Subsuelo o Subterráneas (desarrollan sus actividades en relación con un acuífero o grupo de acuíferos).

Para febrero del 2008 México contaba con 25 Consejos de Cuenca (dentro de las 13 regiones hidrológicas a nivel nacional) que han dado origen a varios órganos auxiliares que atienden problemáticas específicas de territorios más pequeños: 17 Comisiones de Cuenca que sobre subcuencas, 22 Comités de Cuenca que hacen los propio en microcuencas, 31 Comités de Playas Limpias, 76 Comités Técnicos de Aguas Subterráneas y 41 gerencias operativas para el apoyo técnico y administrativo de los anteriores organismos (CONAGUA, 2008).

Según lo expuesto en la Agenda del Agua 2030 publicada por la CONAGUA (2011), los principales problemas que enfrenta el sector hídrico en México están relacionados con “la desigual disponibilidad del agua en el territorio nacional, la dinámica poblacional, el desarrollo de las actividades económicas, los asentamientos urbanos desordenados, la degradación de las cuencas, la sobreexplotación de los acuíferos y los efectos de las sequías e inundaciones...” (CONAGUA, 2011: 16). Respecto a la calidad del agua, el 36.00% de los ríos, lagos y embalses poseen distintos grados de contaminación, en especial de materia orgánica, nutrimentos (nitrógeno y fósforo) y microorganismos patógenos, y con menor frecuencia, metales pesados y compuestos orgánicos. La cuenca del lago de Cuitzeo, de CASI 4,000 km² de superficie (donde se ubica la microcuenca del río Chiquito, objeto del presente estudio), se halla dentro de las 14 más contaminadas del país (CONAGUA, 2008; 2010) y de las siete con mayor alteración eco-hidrológica²⁷ (Garrido, 2010b). La mayoría de los puntos de monitoreo en ella muestran una mala calidad del agua (en términos de la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos suspendidos totales), presenta severos problemas de disponibilidad de agua (todas sus fuentes de agua superficial y subterránea están concesionadas) ya que de los 653 acuíferos del país, es uno de los 101 sobreexplotados, así como una alta pérdida de bosques y de erosión de los suelos (CONAGUA, 2009; 2010). De acuerdo con Aguilar *et al.* (2010), la cuenca del lago de Cuitzeo se halla dentro de las 17 más impactadas en su biodiversidad por las acciones humanas, a pesar de que en su análisis resulta de una prioridad alta para la conservación de su biodiversidad terrestre y 124 sitios de prioridad extrema para conservar su biodiversidad acuática. Pues, al igual que otras cuencas endorreicas (como las de los lagos de Pátzcuaro y Zirahuén) se reconoce

²⁷ Para este modelo eco-hidrológico de evaluación se consideraron tres aspectos: a) Impacto en la red fluvial (calidad del agua, impacto de la infraestructura e impacto en la biodiversidad); b) Impacto en la zona riparia (uso del suelo y vegetación, impacto de la población y modificación a la estructura física del hábitat ripario); c) Impacto en la cuenca hidrográfica (degradación de suelos, índice de urbanización, agua subterránea, contaminación potencial difusa y caracterización de la vegetación).

su gran diversidad de ecosistemas, hábitats y especies, alto nivel de endemismos y la importancia de sus humedales.

Por otro lado, la cuenca Lerma-Chapala era para el 2005 la segunda más poblada del país con 9,829,860 habitantes (9.52% del total de México), sólo después de la cuenca de México que contaba con 19,609,728 pobladores (18.99% del total de la nación). Aunque en la primera se distribuyen en 12,363 localidades (6.58% del total) y en la segunda en 2,464 asentamientos (1.31% del total) (Ruiz, 2010). Cabe mencionar, que en la última se encuentra la ciudad de México con sus áreas conurbadas.

Morelia y la cuenca del río Chiquito: contexto histórico, importancia y problemática

La época prehispánica y la Conquista española

Aunque no propiamente dentro de la cuenca –como es delimitada para la presente investigación²⁸, existen pruebas de ocupación prehispánica en el valle del río Chiquito, justo en la parte baja de la loma de Santa María, donde se muestra una depresión horizontal²⁹. Restos de cerámica y obsidias, permiten datar a este asentamiento indígena no grande (vinculado al parecer con pueblos teotihuacanos y del bajío³⁰), entre el siglo IV y el X, durante el periodo clásico y epiclásico. Una vez abandonado, quizá por decaimiento natural o tal vez ante el sometimiento por otros pueblos, no fue hasta los siglos XIV Y XV cuando vuelve a ser habitado por los indígenas matlatzincas (Herrejón, 2000).

Denominados por los pueblos tarascos como pirindas, que quiere decir “los de en medio” en la lengua purépecha (porque se asentaron entre sus poblados), los matlatzincas eran originarios del valle de Toluca. En algún momento, se aliaron con un rey tarasco “Characu”, para someter a pueblos enemigos que habitaban al poniente del territorio purépecha. Una vez alcanzada la victoria, fueron recompensados con una porción de las tierras que van de Tiripetío a Indaparapeo, en las cuales formaron poblados donde hoy existe Charo, Jesús del Monte, Santa María y Santiago Undameo (Basalencue, 1989; Herrejón, 2000; Martínez, 2002). Puede decirse que la cuenca del río Chiquito correspondió a una parte de su territorio.

Aún dicho lo anterior, actualmente no existen en la cuenca pobladores con linaje matlatzinca directo, por diversos factores detonados durante la conquista: a) la política de

²⁸ Ver nota al pie 40 en el capítulo Área de estudio.

²⁹ Loma que por ser alargada y chata permitió el acomodo etimológico de *Guayangareo* en lengua purépecha, el cual no sólo se atribuye al valle donde se fundaría en la Colonia la ciudad de Valladolid sino también al río, al poblado indígena, al lugar, a la loma de la ciudad y a la ciudad misma (Herrejón, 2000).

³⁰ No se cuenta con suficiente información al respecto, ya que una vez que ocurre el hallazgo arqueológico y sus exploraciones a finales de 1970, se autorizó la urbanización en la zona. No obstante, de acuerdo a Herrejón (2000) a principios del siglo XX todavía era posible encontrar “a flor de tierra” restos prehispánicos que solían atribuirse a momentos posteriores donde el lugar tuvo asentamientos pirindas o matlatzincas.

reducciones o congregaciones (que conglomeraba y ubicaba a los grupos indígenas en lugares predestinados, con la finalidad de que vivieran “ordenados” a la visión europea y así evangelizarlos más fácilmente), b) la reducción de la población debida a los maltratos, c) las enfermedades traídas por los conquistadores, d) los suicidios colectivos, e) la abstinencia sexual y f) el mestizaje que se dio con europeos, negros, mulatos y otros grupos indígenas; entre otros factores más (Martínez, 2002; Vargas, 2008).

Según Martínez (2002), durante el siglo XVIII los indios matlatzincas de Jesús del Monte, quienes eran leñadores y carboneros, fueron constantemente maltratados por los arrendatarios de las haciendas cercanas (El Rincón y La Huerta) y del convento de San Agustín (ubicado en la ciudad pero tenía propiedades en la zona). Generalmente vaqueros mulatos, eran mandados por los hacendados y Agustinos para impedir que cortaran maderas de los montes: “les quitaban las hachas, les impedían el corte de leña y madera, aún para uso propio, los golpeaban y los detenían” (Martínez, 2002: 74). Éstas presiones cercaron a la población nativa y generaron una reducción de su número. Sin embargo, no todas las relaciones con los mulatos arrendatarios de las haciendas y el convento fueron malas, varios de ellos formaron amistad con los indígenas e incluso se casaron con indias con las que se formaron familias denominadas por el autor como “afromatlatzincas”. Además, en la pequeña localidad El Rincón (donde habitaban indígenas) “...se favorecía el contacto con los negros y mulatos esclavos que trabajaban para la hacienda del mismo nombre” (Martínez, 2002: 88) e incluso sus “afrodescendientes” tenían buenas relaciones con los indios de Jesús del Monte. Lo anterior, aunado a las familias de la antigua nobleza purépecha que se avicindaron en el pueblo en ese mismo siglo, ocasionó que a finales de éste la población fuera notablemente mestiza.

La fundación de Valladolid y el abasto de agua

La cuenca del río Chiquito ha provisto del vital líquido a la ciudad de Morelia desde su fundación como Valladolid en 1541 (Herrejón, 2000). Un siglo más tarde, Diego de Basalanque (1989) señalaba que de las siete condiciones que Platón aseguraba debía tener una ciudad, el sitio en el que este asentamiento se encontraba cumplía con todas, menos con la séptima, porque ni era puerto, ni poseía minas. Respecto a las fuentes de agua comentaba que “Tiene dos ríos, que es de tercera calidad para la buena ciudad, y de tanto provecho, que pueden entrar como entra el uno por la ciudad, y puede en sus haldas y bajíos tener lindas huertas” (Herrejón, 2000: 112). Por otro lado, este cronista hacía alusión a los bosques que rodeaban la ciudad, entre ellos los de la cuenca del río Chiquito³¹ (que se ubicaban dentro de este perímetro), cuando exponía que “Tiene

³¹ Autores como Martínez (2002) y Vargas (2008)

asimismo cuarta calidad, mucha leña, pues a dos leguas tiene montes inagotables para ciudades muy grandes” (Herrejón, 2000: 112). Esto permite generar una idea acerca del contexto privilegiado en el que se encontraba Valladolid, con recursos hídricos y forestales en cantidad y calidad.

Sólo para esbozar un poco la calidad que pudieron tener las aguas que corrían por el río Chiquito (que se une al río Grande, para luego éste último desembocar más adelante en el lago de Cuitzeo) basta con mencionar a Vargas (2008) quién expone que algunos cronistas del siglo XVIII, aseguraban que en Valladolid había un río de aguas cristalinas donde vivían bagres, carpas, truchas y otras especies. Si bien parecen hacer alusión al río Grande, este autor en su explicación pluraliza refiriéndose también al río Chiquito. De todas formas, éste último aporta su caudal al primero, dando un parámetro de la calidad que pudo tener al verter sus aguas en un río que criaba peces, aunque de ninguna manera se descarta la posibilidad de que pudiese también estar presente este tipo de vida acuática en él.

En 1549, ocho años después de la fundación de Valladolid, comenzó la construcción de un acueducto de madera para llevar el agua del río Chiquito hasta la ciudad. Esta tecnología, mal vista por los españoles por ser de origen indígena y por poseer fallas técnico-constructivas, hizo que a finales del siglo XVI se hicieran diversas solicitudes al virrey para resolver el abasto de agua, lo cuál tuvo como consecuencia la construcción de un acueducto. Pero no fue sino a principios del siglo XVIII, después de una centuria de malos manejos en la administración del agua por parte del ayuntamiento, el uso de materiales poco resistentes en la infraestructura hidráulica y errores de diseño, cuando se creó un ambicioso proyecto para construir un nuevo acueducto de cantera (así como una red subterránea en la ciudad que sustituiría a los canales y tomas en pequeños acueductos), el cuál quedó concluido para 1731 (Ávila, 2007). De éste, hoy sobrevive una parte, aunque ya en desuso y sólo como monumento histórico.

Los conflictos por el aprovechamiento del agua a finales del siglo XIX y principios del XX

El agua proveniente de la cuenca del río Chiquito por el acueducto no sólo atendía el consumo doméstico de la población de Morelia, sino que también era cedida por su ayuntamiento como mercedes de agua a privados para el riego de huertos y solares. Situación que generó un conflicto a finales del siglo XIX entre el primero –el ayuntamiento- y el dueño de la hacienda El Rincón, propiedad donde nacían algunos de los manantiales que formaban el caudal del río Chiquito y por donde éste mismo atravesaba antes de llegar a la ciudad. El hacendado Pascual Ortiz, tenía títulos virreinales que databan del siglo XVII, en los cuales se concedían como merced de agua los manantiales y arroyos que pasaban por la hacienda, de manera tal que podía usufructuar el agua sin ninguna restricción, previo a su llegada a la ciudad. Con el tiempo y la

necesidad vital del líquido para la ciudad, fue otorgada una servidumbre al ayuntamiento, siempre y cuando el agua se utilizara sólo para uso doméstico. Por ello, Ortiz alegaba que no tenían porque introducirse al acueducto 5400 l/min., cantidad que (según un ingeniero enviado por el gobierno durante el conflicto) duplicaba la que necesitaba la ciudad para el abasto de la población, mientras que la diferencia se estaba empleando para otros usos, dejando para la hacienda –según su dueño– sólo el agua que se desbordaba de la presa de la cual partía el acueducto hacia Morelia. La hacienda El Rincón utilizaba una parte del agua del río Chiquito para el uso doméstico, regar sus cultivos de trigo, mover un molino y dar de beber al ganado; otra parte fluía por el acueducto y el resto lo hacía libremente por el cauce del río (Ávila, 2007; Pérez, 2007). La queja del terrateniente pudo sustentarse, además de la molestia por el incumplimiento del ayuntamiento de los lineamientos respecto a la servidumbre, en que su predio se extendía hacia tierras más delante de la presa, por lo que el problema principal sería entonces que se estaba disminuyendo el caudal del río Chiquito una vez que el acueducto tomaba parte de él. De forma tal que decrecía la cantidad de agua que podía ser usada para otras actividades de la hacienda.

El surgimiento del levantamiento armado revolucionario de 1910 aplazó la solución de este conflicto, pero con base a éste y a otros similares, en 1882 el gobierno estatal propone la creación de la junta de vigilancia de agua y en 1894 un reglamento sobre el vital líquido, apareciendo en 1906 la *Ley sobre el uso y aprovechamiento de aguas de Michoacán* y el primer reglamento de uso de aguas de Morelia (Ávila, 2007). Por su parte, Pascual Ortiz Rubio hijo del dueño de la hacienda El Rincón se convirtió en gobernador del estado para 1917 y en presidente de México en 1930. A pesar de sus cargos, éste no pudo sostener todos los privilegios sobre los usos del agua del río Chiquito, ya que los cambios plasmados en la Constitución Política de 1917, -a los cuales ya se hizo alusión anteriormente- afectaron la propiedad y la supremacía sobre el aprovechamiento del agua en esa hacienda, al igual que en muchas otras del país.

Por otro lado, y en relación a la calidad del agua del río Chiquito, en los años de 1903 y 1904 se construyeron unos filtros (actualmente denominados “Los filtros viejos”) que purificarían el agua proveniente de éste justo antes de introducirse por el acueducto y dirigirse a la ciudad. Esta agua había sido causa de enfermedades en la población de la ciudad, se encontraba azolvada y poseía una gran cantidad de materia orgánica, entre otras razones, por la deforestación que sufría la parte alta de la cuenca del río Chiquito. De acuerdo con Martínez (2002) y Vargas (2008) esta situación fue descrita para los pueblos de Jesús del Monte y de San Miguel del Monte (ambos dentro de la cuenca) por Martínez de Lejarza en 1882, quién exponía que sus pobladores, con vocación única de leñadores y carboneros casi habían agotado los bosques y vivían en condiciones precarias, pues no tenían otra fuente de ingresos. A su vez, más de cien años atrás, ya se hablaba de una pérdida de la calidad en las aguas del río en cuestión,

pues en 1792 varias personas se quejaron ante el cabildo de Valladolid de que el nacimiento de agua de “San Miguel” estaba sucio por el carbón que ahí se producía, además de que ahí nacía el “río Chico”, del cual bebía una parte de la ciudad (Martínez, 2002). Sin embargo, la tecnología novedosa utilizada en los filtros comenzó a funcionar en 1906 y dejó de usarse cuatro años más tarde, pues los procedimientos químicos para la potabilización implicaban riesgos a la salud por el uso de “alumbre”³² (Ávila, 2007). Cabe decir, que cuatro años más tarde -en 1910-, el acueducto dejó de usarse y el envío del agua a la ciudad se realizó por tubería subterránea (Morales, 1984).

Las haciendas en la cuenca del río Chiquito

Desde la fundación de Valladolid en el siglo XVI ya existían mercedes de tierras en la cuenca³³. Para 1714, Herrejón (2000) hace alusión a Carlos de Tagle, dueño de la hacienda El Rincón de Guayangareo, quién había puesto una cerca en perjuicio de algunos indígenas. Por su parte, Martínez (2002) expone que en el siglo XVIII los problemas por tierras entre los pueblos indios y los hacendados de esta zona seguían presentes. Principalmente, entre los indígenas de Jesús del Monte y Santa María con las haciendas El Rincón, La Huerta y el convento de San Agustín. Sin embargo, vale la pena referirse aquí únicamente a los latifundios que existieron a finales del siglo XIX y principios del XX. Toda vez que es durante este periodo cuando surgen los conflictos por el agua y cuando se reconfigura -con la Revolución agraria- la tenencia de la tierra y los esquemas de administración del vital líquido.

Durante dicho periodo existieron dos haciendas en la cuenca del río Chiquito: El Rincón y La Cuadrilla. La primera localizada en la parte noreste y la segunda al suroeste, abarcando de manera simultánea alrededor de la mitad de la superficie de la cuenca.

La hacienda porfiriana El Rincón abarcó aproximadamente 6,165 hectáreas comprendiendo las siguientes categorías de calidad de tierra: riego, temporal, pastal cerril y agostadero (Aguilar, 1999). Como se expuso anteriormente, a finales del siglo XIX hubo

³² Sustancia química astringente, compuesto de sulfato doble aluminio y potasio (Ávila, 2007).

³³ Para estos tiempos -más precisamente en 1578- la ciudad de Valladolid contaba sólo con alrededor de sesenta habitantes. El alcalde ordinario Diego Sánchez Caballero hizo la petición al virrey para llevar a cabo el reparto de tierras, pues ya era inminente el traslado de la catedral y la capitalidad civil -de Pátzcuaro a Valladolid-, y por ende, se hacía necesario poblarla. En este contexto, se solicitó a los dueños de tierras cercanas a Valladolid que exhibieran sus títulos de propiedad. Para los terrenos de la cuenca del río Chiquito se presentó Luis de la Cerda, diputado del Colegio de San Miguel, quién exhibió dos mercedes, una de estancia de ganado menor y otra de suerte de tierra, la primera sobre la loma de Santa María (una estancia de ovejas cerca de Jesús del Monte) y la segunda en el valle -del río Chiquito-, al sur de la ciudad. No obstante, dentro de los que no se presentaron se encontraba Antonio Ruiz, quien era propietario desde 1548 de la estancia de Guayangareo, en su rincón sureste (a los pies de la loma de Santa María) y donde se cultivaba principalmente trigo (está documentación sería presentada un año después en 1579); por otra parte, tampoco se hizo presente el convento de San Agustín, que como ya se mencionó poseía tierras sobre la loma (de Santa María). No se cuentan aquí las pertenencias de los pueblos indígenas de Jesús y San José -del Monte- (Herrejón, 2000).

conflictos entre el ayuntamiento y el dueño de esta hacienda Pascual Ortiz, porque de ella provenía el agua del río Chiquito que era llevada a la ciudad de Morelia mediante el acueducto. Para 1912 la propietaria era su hija María Ortiz Rubio de Roch. Durante el reparto agrario, en el periodo de 1929 a 1939, esta hacienda dotó tierras a ejidos formados dentro de la cuenca del río Chiquito, tales como Jesús del Monte, San Miguel del Monte, San José de las Torres y Tumbisca (aunque algunos recibieron polígonos fuera), mientras que varias porciones –principalmente fuera de la cuenca- se conservaron como propiedad privada (pequeña propiedad), donde la ciudad se expandió a partir de la mitad del siglo pasado. Previo al inicio de sus afectaciones por el reparto agrario, la hacienda fue dividida en tres fracciones entre los años de 1920 y 1926 (Sánchez, 2009).

Aunque mucho más pequeña que la antigua hacienda El Rincón, La Cuadrilla se ubicó casi en su totalidad dentro de la cuenca del río Chiquito, para ser precisos al centro y suroeste. Para 1929 su dueño era Austreberto Gómez y la propiedad contaba con 2,087 hectáreas de tierra de temporal, pastal cerril y agostadero. De los ejidos ubicados dentro de la cuenca, esta hacienda dotó una parte al de Jesús del Monte en ese mismo año, en tanto que permanece sin afectaciones hasta 1970 cuando es afectada totalmente para dotar a los ejidos de La Cuadrilla y El Durazno (que también reciben tierras de un polígono de la hacienda existente fuera de la cuenca) (ARANDM³⁴, La Cuadrilla y el Durazno, exp. 1745; Sánchez, 2009). Cabe mencionar que en un plano del Archivo del Registro Agrario Nacional Delegación Michoacán (ARANDM) elaborado en 1930 (La Cuadrilla y el Durazno, exp. 1745) puede observarse que posee algunas tierras de riego y una buena parte de monte –actualmente existen algunos bosques en esa zona donde nacen algunos manantiales que surten de agua al río Chiquito-.

Una vez descritas las haciendas existentes en la cuenca del río Chiquito a principios del siglo XX, es importante mencionar que el resto de la cuenca estaba ocupada por algunos poblados como Jesús del Monte, San Miguel del Monte y San José de las Torres (entre otros caseríos de menor tamaño), además de propiedades privadas como ranchos y fincas que por sus dimensiones no fueron sujetos a afectación durante el reparto agrario.

Condiciones ambientales de la cuenca del río Chiquito a principios del siglo XX

Es posible inferir algunas condiciones ambientales prevalecientes en la cuenca del río Chiquito a finales de la década de 1920. Esto puede hacerse mediante algunos documentos del Archivo del Registro Agrario Nacional Delegación Michoacán.

En un informe realizado por Sadot Ocampo, quien fuese enviado por la Comisión Nacional

³⁴ Archivo del Registro Agrario Nacional Delegación Michoacán.

Agraria de la Delegación Michoacán en el año de 1927 para realizar los trabajos de planificación de la dotación de tierras al ejido de Jesús del Monte. El ingeniero expone que el clima del lugar es templado y que las lluvias comienzan en junio y terminan en octubre, y aunque son irregulares, llueve lo suficiente para el cultivo de maíz. En cuanto a la vegetación y el relieve, explica que los terrenos de la hacienda La Cuadrilla, que se ubican más cercanos al pueblo de Jesús del Monte son "...accidentados y están desprovistos de vegetación y sólo cuentan con pastos", mientras que el resto "...también es accidentado pero cuenta con monte". También explica que los terrenos de la fracción San José Aserradero son también "accidentados" y cuentan "...con algo de monte". Al respecto de las fracciones El Rincón y El Molino dice que poseen terrenos planos y accidentados, habiendo pasto como "vegetación espontánea" y monte muy bajo en otros sitios. Acerca del pueblo de Jesús del Monte señala que se ubica en una loma, rodeada por otras de poca altura "sin vegetación", únicamente con pastos y que sus habitantes cultivan principalmente maíz y trigo (ARANDM, Jesús del Monte, exp. 244, General Dotación: foja 25).

Un año después, un topógrafo enviado por la misma instancia expresa las condiciones de pobreza en las que vivían los habitantes de Jesús del Monte –que bien podría extenderse a los demás moradores de los poblados de la cuenca en ese tiempo-, mencionando que la mayoría de ellos "...se dedican al corte de leña y labrado de madera, de lo cual apenas sacan para el sustento, ya que tienen que trabajar por cuenta de los propietarios, en su mayoría los mismos terratenientes y algunos otros vecinos de San Miguel del Monte, de lo cual se deduce la imperiosa necesidad que tienen los vecinos de que se les dote lo más pronto posible con terrenos propios para la agricultura..." (ARANDM, Jesús del Monte, exp. 244, General Dotación: foja 88).

Asimismo, a principios de 1929 el ingeniero Sadot Ocampo es comisionado de nuevo, pero ahora para efectuar los estudios del ejido definitivo de Jesús del Monte. En el informe pertinente expone que la hacienda La Cuadrilla no cuenta con terrenos de labor y el monte está muy talado (ARANDM, Jesús del Monte, exp. 244).

Finalmente, se pudo constatar en visitas de campo que a más de 80 años de lo expuesto en las líneas anteriores, muchos de los paisajes mencionados continúan deteriorados. Sin vegetación, con grandes cárcavas y con fuertes procesos erosivos, los cuales se ven reflejados en el alto contenido de sólidos en suspensión del agua y los grandes niveles de turbidez que ésta presenta³⁵. Por su parte, algunos pobladores de la cuenca aún se dedican a la agricultura de subsistencia cultivando principalmente maíz de temporal y la pobreza sigue siendo patente. Todavía se practica el corte de leña (para el abastecimiento de la gente que ahí vive) y suele producirse carbón. Cabe mencionar que el aprovechamiento forestal maderable existe, aunque

³⁵ Ver fotos de la época de lluvias de los puntos muestreados en el capítulo Diagnóstico y evaluación hidrológica.

restricciones como la veda de 1936³⁶ y preferencias culturales de manejo parecen haberlo aminorado y fomentado a la vez la recuperación de la masa forestal, pero no en aquellos sitios degradados donde el suelo ya se perdió o donde imperan procesos importantes de erosión.

Al respecto, Guevara (2009) encuentra que aunque la superficie de la cuenca con bosques de pino y bosques de encino ha disminuido dramáticamente de 1975 al 2007, los bosques mixtos se han incrementado de manera sustancial en ese periodo. Estos últimos correspondían a más de la tercera parte del área de la cuenca en 1975 (2,371.6 hectáreas) y a más de la mitad en el 2007 (3,632.5 hectáreas); mientras que los primeros alcanzaban a penas la cuarta parte del área de la cuenca en 1975 (1,503.6 hectáreas) y para el 2007 cubrían sólo una porción cercana a la vigésima parte del terreno (324.4 hectáreas). Este autor atribuye el decremento en los bosques de pino al aprovechamiento forestal maderable y la disminución en los de encino al aprovechamiento para la producción de carbón. En tanto que los bosques mixtos aumentan debido a la preferencia de los habitantes por aprovechar sitios con presencia exclusiva de uno u otro género -*Pinus* y *Quercus*, respectivamente-. Por su parte Sánchez (2009) encuentra que para el ejido de Jesús del Monte la cubierta de vegetación forestal ha incrementado en 287.7 hectáreas, pasando de 477.2 (27.9%) en 1939 a 764.3 (44.9%) en 2005. No obstante, -al menos por lo que se observó en campo- éste análisis no expresa la calidad de los bosques, donde la veda pudo haber propiciado una sobreexplotación de resina y tala “clandestina”.

El agua en el siglo XX

A finales de la década de 1930 y durante las cuatro siguientes, con la consolidación en el país del vínculo entre la élite gobernante y la visión ingenieril, se llevaron a cabo grandes obras de infraestructura hidráulica y Morelia no fue la excepción. Entre 1935 y 1939, los cauces del río Grande y del río Chiquito fueron rectificadas, éste último desde el lugar donde se hallaba la toma del acueducto, hasta su unión con el primero, creando un canal recto de entre 200 y 500 metros respecto al antiguo. No obstante, el lecho original siguió corriendo con un caudal menor, hasta que en los cincuentas fue entubado como drenaje de aguas negras (Herrejón, 2000). Con las obras de rectificación y entubamiento se pretendía evitar la formación de ciénegas e inundaciones.

La CNI construyó en el periodo de 1936 a 1939 la presa de Cointzio, la cual fue inaugurada por la SRH en 1940. Construida en la zona alta de la cuenca del lago de Cuitzeo (sobre el río Grande antes de llegar a la ciudad), ésta obra hidráulica (proyectada en 1932 por el entonces gobernador del estado de Michoacán, Lázaro Cárdenas) pretendía en principio

³⁶ Implantada durante el gobierno federal de Lázaro Cárdenas y publicaba en el Diario Oficial como el *Decreto que declara la zona protectora forestal vedada, la cuenca hidrográfica del río Chiquito de Morelia, Mich.*

controlar las avenidas de agua, aunque fue también la base para la creación del distrito de riego Morelia-Queréndaro. No obstante, el crecimiento demográfico de la población de Morelia al doble (pasando de 31,148 habitantes en 1921 a 63,245 en 1950), hizo que a finales de la década de 1940 la misma secretaría iniciara la construcción de una toma en la nueva presa que habría de aportar a la población moreliana un gasto extra de 300 l/s, ya que el único que existía para ese momento -el del río Chiquito- proveía sólo 81.7 l/s (un promedio de 112 l/hab./día) (Ávila, 2007).

Junto con las obras anteriores, es también construida la planta potabilizadora en Vista Bella (muy cerca del poblado de Santa María), que en 1952 es inaugurada para tratar el agua que provendría de la presa de Cointzio, pero no la del río Chiquito, ya que ésta se hallaba conectada directamente a la red de abastecimiento domiciliario. Con ello el agua en la ciudad se tornó parcialmente potabilizada, ya que ambas se mezclaban en la ciudad. No sería sino hasta a mediados de la década de los sesenta que se modificaría la planta potabilizadora para tratar una parte del agua procedente de la ex-hacienda El Rincón. Cabe mencionar que las medidas de potabilización fueron sumamente pertinentes, toda vez que de acuerdo con Vargas (2006), durante la etapa posterior a la Revolución, la calidad del agua del río Chiquito continuaba viéndose mermada, en esencia por la deforestación y la consecuente erosión que dejaba la tala (principalmente “clandestina”) de los bosques de Jesús del Monte y de San Miguel del Monte. Lo anterior se traducía en altos contenidos de sólidos en suspensión en el agua y por lo tanto en turbidez de la misma. Asimismo las aguas provenientes de la presa de Cointzio era también muy turbias (Ávila, 2007). La mala calidad del agua -como se apuntó párrafos arriba-, existía -al menos para el río Chiquito- desde hacía más de 150 años. Éste problema continúa en el presente, aunque las técnicas de potabilización y filtrado implementadas desde hace más de medio siglo han sido efectivas para hacer frente a este problema.

Por otra parte, para 1967 surgió un proyecto por cooperación para entubar el río Chiquito en el tramo urbano, pues éste ya era considerado como de “aguas negras” (por las descargas de aguas residuales). Sin embargo, dicha iniciativa no se ejecutó por la inconformidad de los vecinos de algunas colonias, ante el alto costo que representaba (Ávila, 2007).

Para 1969, con la creación de la *Ley estatal para el abastecimiento de agua potable y alcantarillado en el medio rural* y otros programas federales de dotación de agua promovidos por la Secretaría de Salud (SSA), se posibilitó la distribución del vital líquido a la poblaciones periféricas de la ciudad de Morelia, en distintas tenencias y localidades rurales, entre ellas Jesús del Monte. Durante la década siguiente se construyeron alrededor de doce pozos profundos para el abastecimiento urbano, que añadirían un gasto de 925 l/s a los 420 provenientes de la planta potabilizadora de Santa María y a los 159 que se aprovechaban de la cuenca del río Chiquito. Esta inercia de aprovechamientos del agua subterránea continuó para el abasto de la mayoría de

las nuevas colonias surgidas en las décadas de 1980 y de 1990, toda vez que las fuentes de aguas superficiales, díganse los manantiales y la presa, surtían del líquido a la parte antigua de la ciudad. En 1992 ya se contaba con 45 pozos profundos para el abasto de la urbe que con las demás fuentes de agua (presa de Cointzio, manantial La Mintzita, manantial de San Miguel –de la cuenca del río Chiquito- y el manantial El Salto y La Quemada) brindaban un volumen de 1,969 l/s (61.5% de aguas superficiales y 38.5% de aguas subterráneas), no obstante alrededor del 40% se perdía por fugas y tomas “clandestinas” (Ávila, 2007).

Llega el siglo XXI

Según el Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (OOAPAS, 2011a), en la actualidad la ciudad de Morelia cuenta con cinco fuentes principales de abastecimiento de agua. Cuatro de tipo superficial: el manantial La Mintzita, la presa de Cointzio, manantiales y arroyos de San Miguel (de la cuenca del río Chiquito) y otros manantiales (La Quemada, El Salto, entre otros); y de tipo subterránea 114. Tal y como se muestra en el siguiente Cuadro 6.

Cuadro 6. Fuentes de abastecimiento de agua para la ciudad de Morelia.

	Fuente	Volumen (Hm³/año)	Porcentaje del abasto total (%)
Superficial	Manantial La Mintzita	28.32	32.82
	Presa de Cointzio	20.28	23.50
	Manantial y arroyos de San Miguel (cuenca del río Chiquito)	2.24	2.59
	Otros manantiales (La Quemada, El Salto, entre otros)	1.49	1.72
	Subtotal	52.33	60.63
Subterránea	Pozos	33.97	39.37
	Total	86.30	100.00

Fuente: OOAPAS (2011a)

De acuerdo con el OOAPAS (2011a), el agua proveniente de la cuenca del río Chiquito y que es conducida hacia la planta potabilizadora denominada San Miguel del Monte (ubicada en “Los filtros viejos”) es tomada de diversos manantiales y arroyos situados dentro de la misma. Las estacionalidad genera efectos tanto en la cantidad, como en la calidad del agua que llega a dicha planta. En su conjunto alcanza un gasto de hasta 131 l/s durante la época de lluvias, mientras que en pleno estiaje disminuye hasta 62 l/s. Asimismo, a lo largo del año sufre de importantes cambios principalmente en la turbidez, el color y los sólidos –disueltos y suspendidos- presentes en ella. Por ello, la planta potabilizadora cuenta con un sistema de filtración con pretratamiento, diseñado para una capacidad de 130 l/s, pero por restricciones hidráulicas sólo se filtra en promedio 75 l/s (cuando existe un excedente el agua sale por una válvula *-by-pass-*, aunque se

instaló un sistema de bombeo para que toda el agua se filtre en la planta). Una vez potabilizada el agua da abasto a 15 colonias del sureste de la ciudad de Morelia³⁷.

Observando el Cuadro 6 destaca que la cuenca del río Chiquito sólo aporta el 2.59% del volumen total de agua potable que requiere la ciudad de Morelia. Considerando que la planta recibe como mínimo un gasto de 62 l/s de agua (en la época de estiaje), esto equivale a 5,356,800 l/día cuando menos. Si se considera por un lado, que cada persona requiere entre 20 y 50 litros de agua al día para satisfacer sus necesidades básicas (PNUD, 2006), y por el otro, que en ciudades como Morelia existe un consumo de entre 150 a 250 l/hab./día (Ávila, 1991). Puede calcularse para ambos casos los volúmenes promedio de agua potable que la cuenca del río Chiquito provee a la ciudad³⁸.

Para el primer escenario, tomando el valor máximo de 50 l/hab./día, se brindaría virtualmente abasto a 107,136 personas de la ciudad de Morelia, no obstante, para hacer la cifra más real puede restársele un 40% por pérdida en fugas, quedando un total de 42,854 habitantes que verían satisfechas sus necesidades básicas de agua. Considerando los datos del Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2011), el cual expone que en la ciudad hay 597,511 habitantes, el resultado obtenido representaría el 7.17% de la población total y un suministro aproximado a 11,152 viviendas habitadas de 155,532 que hay en la urbe³⁹. Es evidente que el cálculo anterior sobreestima la cantidad de gente que podría dotarse de agua de la fuente en cuestión, ya que se tomó en cuenta la cantidad mínima *per cápita* de requerimientos de agua al día. Por otra parte, si tomamos el segundo caso para realizar los mismos cálculos y utilizamos una cantidad promedio de 200 l/hab./día, el abastecimiento virtual sería para 26,784 habitantes, que al reducir en 40% por fugas, se obtendrían 10,713 colonos provistos de agua suficiente por día, lo cual significa el 1.79% de la gente que vive en la ciudad y alrededor de 2,784 viviendas.

Considerando ambos escenarios, se observa que al hacer la equivalencia de un volumen mínimo de agua con la cantidad de personas y viviendas a las que puede ser suministrada, se hace evidente que por pequeño que parezca el gasto aprovechado de la cuenca del río Chiquito, tanto relativa -en porcentaje del total- como totalmente -en litros por segundo-, no es para nada despreciable. Ahora bien, en población, significa para el escenario de menor abasto -guardando proporciones entre contextos culturales y de uso del agua-, lo necesario para abastecer fácilmente a una localidad urbana pequeña -aún considerando una pérdida del 40% en fugas-.

³⁷ Las Camelinas, Club Campestre, Ejidal Ocolusen, Bosque Camelinas, Terrazas del Campestre, Prados del Campestre, Prados del Campestre (Cundagua), Residencial Acueducto, Residencial Bugambilias, Francisco Javier Clavijero, Villas Ciprés (Poblado Ocolusen), Poblado de Ocolusen, Cumbres de Morelia, Real Mil Cumbres y Américas Britania.

³⁸ Hay que tomar en cuenta que estos cálculos, son realizados a partir de un gasto promedio y no precisamente del gasto mínimo que se obtiene durante todo el año. Sin embargo, sólo se pretende esbozar un par de escenarios para dimensionar la importancia del agua aprovechada de la cuenca del río Chiquito.

³⁹ Si se divide la población total de la ciudad de Morelia (597,511 habitantes) entre el total de viviendas habitadas (155,532), se obtiene que en Morelia hay un promedio de 3.84 personas por vivienda habitada.

Inclusive, no debería menospreciarse, ni siendo un sólo individuo el abastecido por el vital líquido, ya que como se mencionó anteriormente, el acceso al agua potable es un derecho humano esencial reconocido por la ONU.

ÁREA DE ESTUDIO

Ubicación

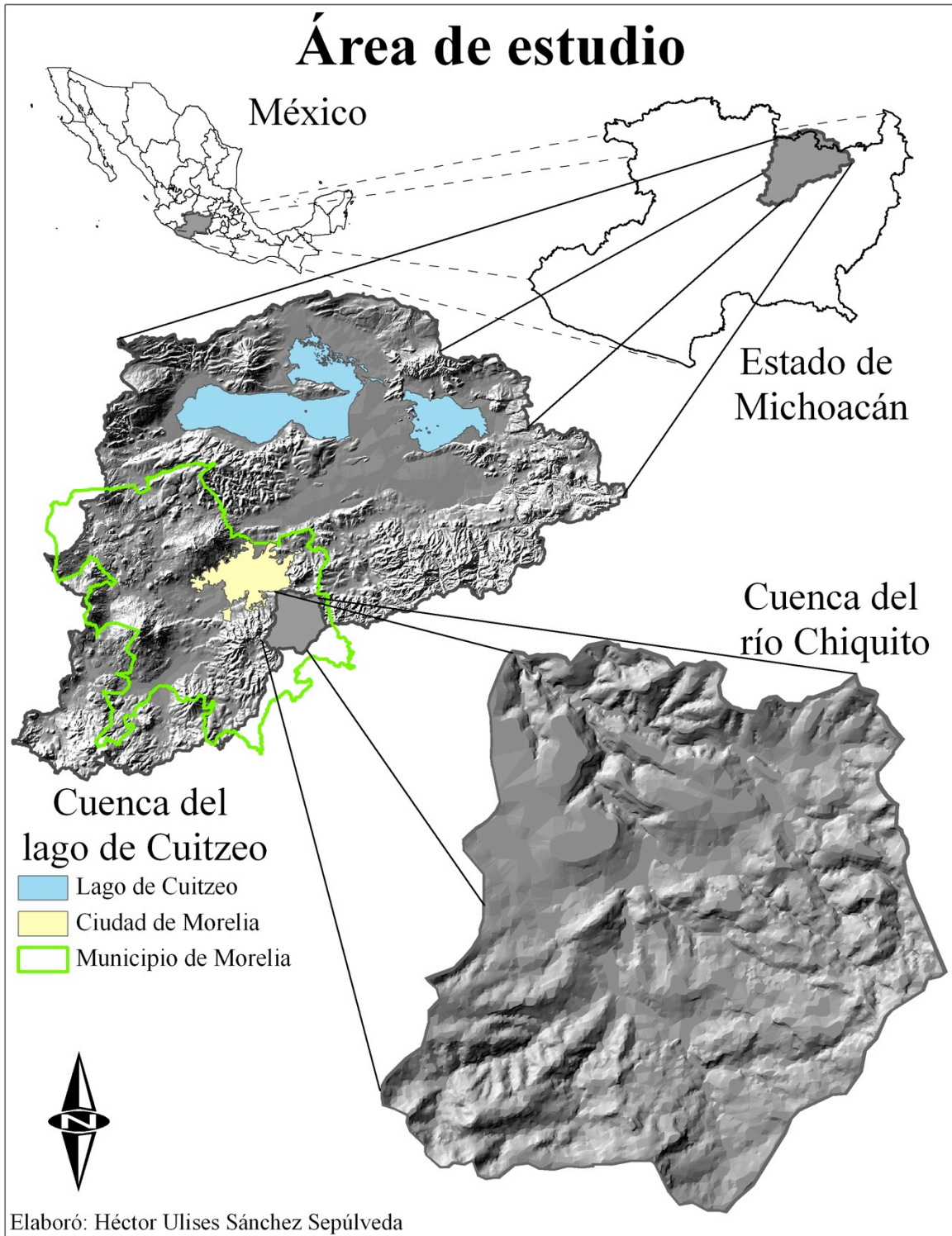
La cuenca del río Chiquito⁴⁰ se ubica entre las coordenadas 19°35'25" y 19°41'01" latitud norte y 101°10'46" y 101°05'03" longitud oeste. Posee una superficie de 66.04 km² –ó 6,604 hectáreas- y una altitud que va de los 1,940 msnm en la parte más baja a los 2,620 msnm en las partes más alta. Se encuentra –en su totalidad- dentro del municipio de Morelia, al sureste del mismo y colinda por el noroeste con la ciudad de igual nombre (Mapa 1 y 2).

De acuerdo a una de las clasificaciones hidrográficas que se han realizado por el gobierno de México, la cuenca del río Chiquito es considerada por su tamaño como una microcuenca⁴¹. Jerárquicamente, de una escala mayor a una menor, esta microcuenca está ubicada en la subcuenca Lago de Cuitzeo, dentro de la cuenca Lago de Pátzcuaro-Cuitzeo y Lago de Yuriria que forma parte de la región hidrológica no. 12 Lerma-Santiago (INEGI, 1983). Por cuestiones prácticas, en adelante se referirá a la primera sólo como cuenca -del río Chiquito-, pues en última instancia, la categorización en microcuenca –subcuenca, cuenca e incluso megacuenca- no implica que esta unidad espacial –la cuenca- pierda sus características y procesos hidrológicos elementales; ya que gracias a sus cualidades de jerarquía y anidación, éstas y estos se mantienen al cambiar la escala de análisis –como se explica más adelante en el capítulo del Marco conceptual-.

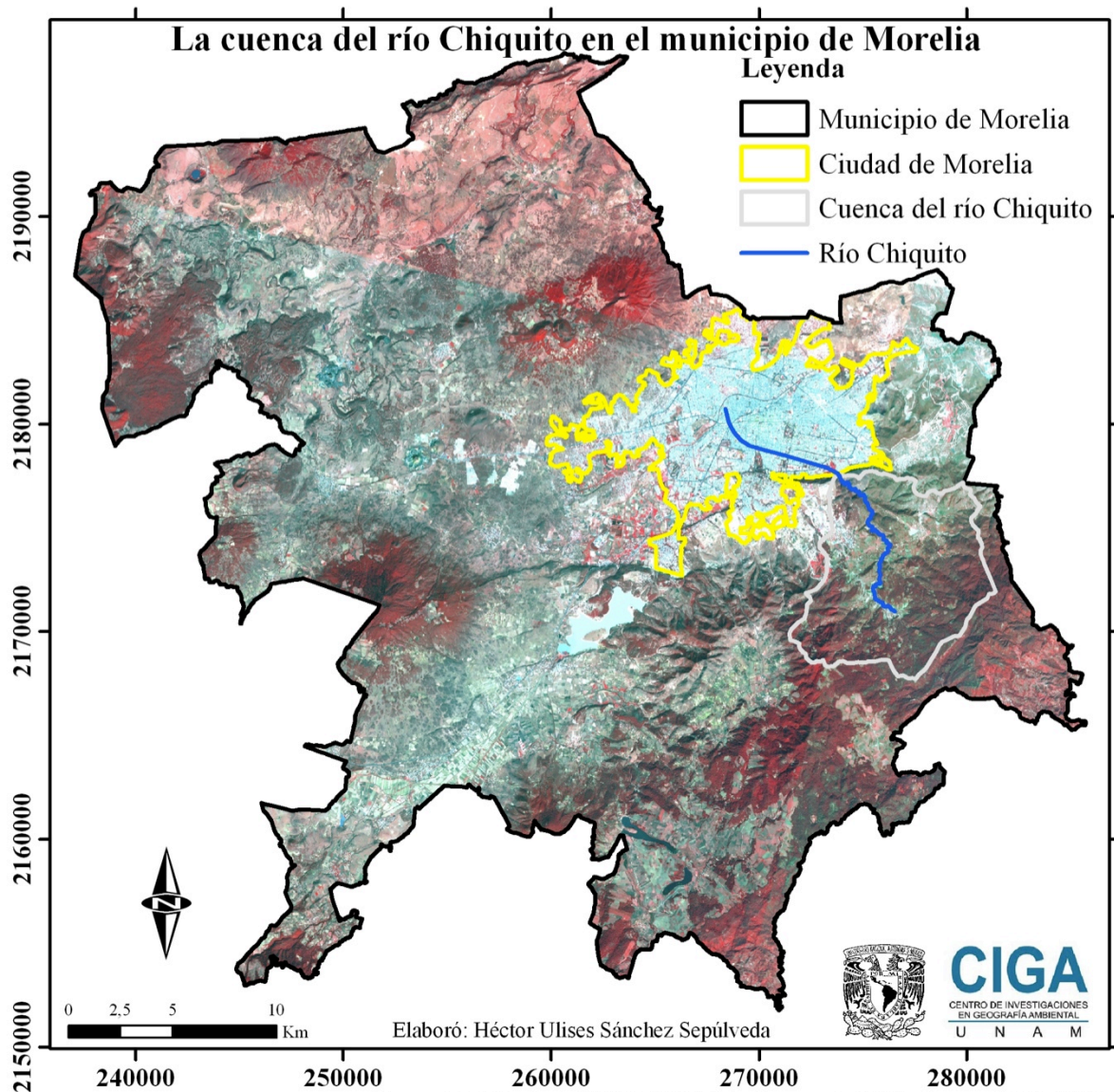
Basta con remitir que la cuenca del río Chiquito se sitúa al sur de la cuenca endorreica del lago de Cuitzeo (esta última está ubicada casi en su totalidad al norte del estado de Michoacán y una muy pequeña parte en el sur del estado de Guanajuato). Cabe señalar que el parteaguas sur de la primera -que conforma a su vez parte del de la segunda- es el límite con la cuenca del Balsas.

⁴⁰ Por cuestiones prácticas en el análisis periurbano del presente estudio, los límites de la cuenca –periurbana- del río Chiquito fueron establecidos hasta la zona de emisión justo a los pies de la ladera de la loma de Santa María (en la entrada del Club Campestre). No obstante, desde el punto de vista geomorfológico, la cuenca se extiende de manera formal hasta el punto donde el río Chiquito se une con el río Grande, sitio que se halla aproximadamente a seis kilómetros de distancia sobre el cauce –rectificado- y que cruza por parte de la ciudad de Morelia. Sólo en el Diagnóstico y evaluación hidrológica se consideran dos puntos de muestreo fuera de la cuenca periurbana (en las intersecciones con la calle García Obeso y la avenida Michoacán), pero se consideran sólo de referencia como sitios contaminados por descargas de aguas residuales domésticas.

⁴¹ En la Ley de aguas nacionales -publicada en 1992 en el Diario Oficial de la Federación y reformada por última vez en el 2008- se expone que “la cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas por microcuencas” (Poder Ejecutivo Federal, 2008). De acuerdo a la clasificación del Programa Nacional de Microcuencas -del 2002- una cuenca hidrográfica menor a 6,000 hectáreas –preferentemente con más de cuatro comunidades- es considerada como una microcuenca (SAGARPA-FIRCO, 2004). Existen otras delimitaciones para el tamaño de una microcuenca, por ejemplo Faustino (1996) expone que tienen una superficie entre las 1,000 y las 10,000 hectáreas.



Mapa 1. Muestra la localización de la cuenca del río Chiquito tanto dentro de la cuenca del lago de Cuitzeo, como dentro del municipio de Morelia.



Mapa 2. Muestra la ubicación de la cuenca del río Chiquito tanto dentro del municipio de Morelia.

Caracterización biofísica

Clima

Dentro de la cuenca del río Chiquito (al noroeste) a una altitud de 2,151 msnm se encuentra la estación meteorológica de Jesús del Monte. Registra una precipitación y una temperatura con medias anuales de 805.6 mm y 17.3°C respectivamente, y se clasifica con un clima Cb(w1)(w)(i')g. Lo último implica que el clima de la zona es templado con lluvias en verano (Cb), con un régimen de lluvias que presenta 10 veces más lluvia en el mes más húmedo del año que en el mes más seco y la temperatura media de un mes, por lo menos, desciende por debajo de los 18°C. Su régimen térmico es de una temperatura de cuatro meses o más superior a 10°C (w) y la

temperatura del mes más cálido es inferior a 22°C. El verano es templado y presenta poca oscilación en un intervalo entre 5 y 7°C (i'), los porcentajes de precipitación invernal respecto a la total es menor de 5, la relación precipitación-temperatura es mayor a 3.2 y menor a 55 ($3.2 < P/T < 55$) (w1) y el mes más cálido es anterior al solsticio de verano (g) (García, 2004; Carlón y Mendoza, 2007). Por su parte, Guevara (2009) expone que los climas predominantes en la cuenca son de tipo templado subhúmedo con lluvias en verano, donde las mayores precipitaciones ocurren de junio a agosto y las menores en enero y febrero. En la Figura 6 se muestra el climograma para la estación meteorológica en cuestión, elaborado a partir de las precipitaciones y temperaturas promedio mensuales.

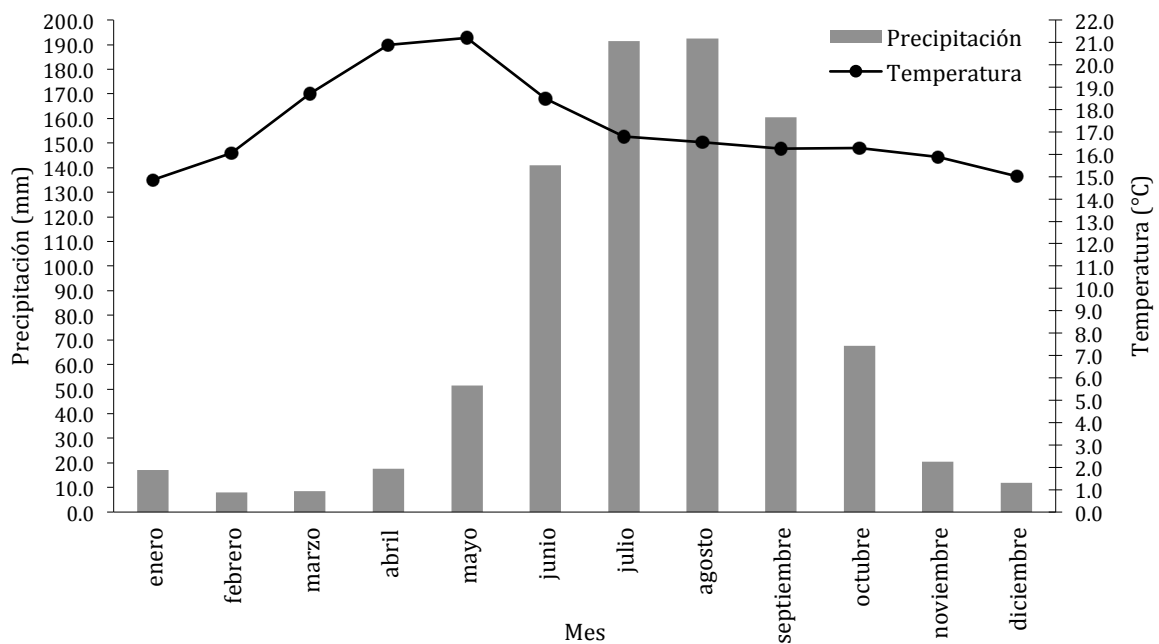
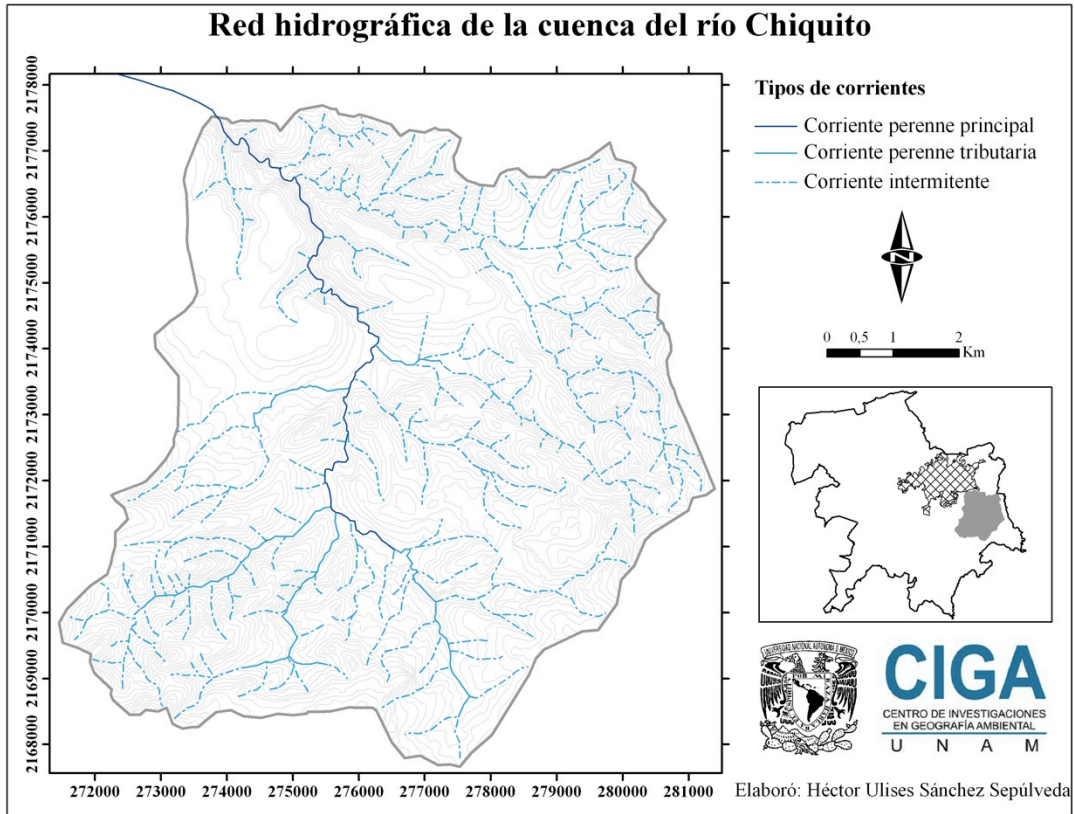


Figura 6. Climograma para la estación de Jesús del Monte (1936-2003).
Fuente: Carlón y Mendoza (2007)

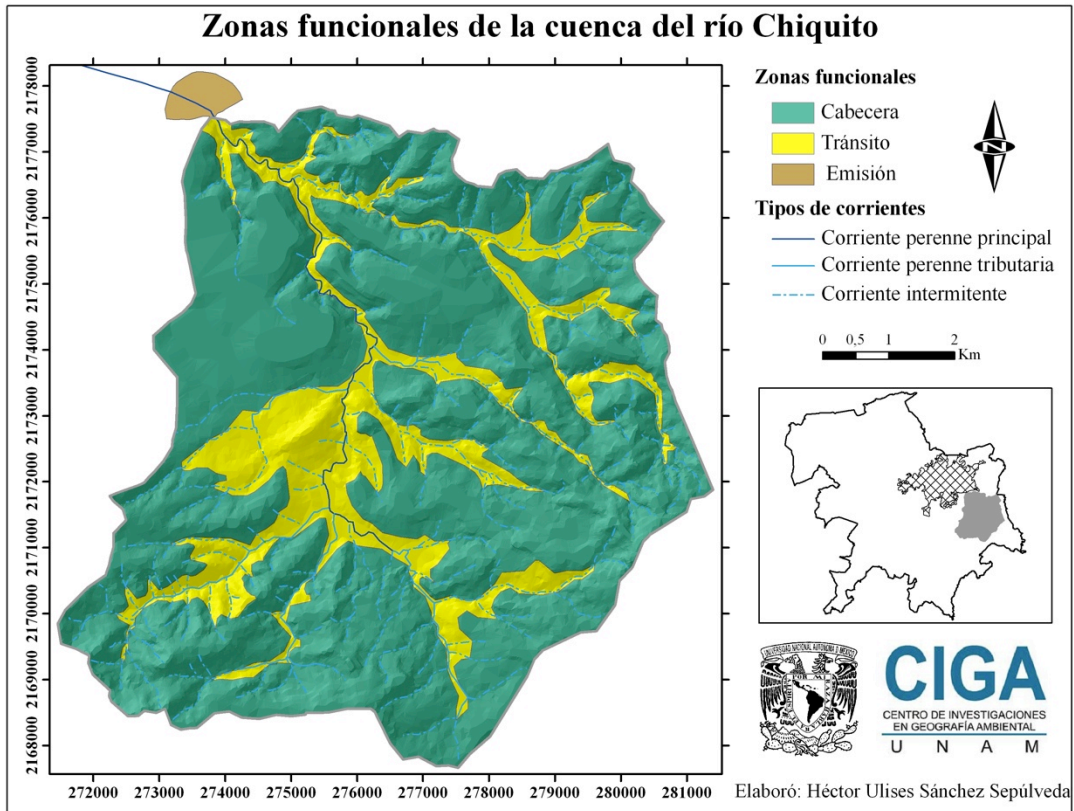
Atributos hidrológicos

El río Chiquito es la corriente superficial principal –y por ende perenne- de la cuenca del mismo nombre. Tiene una longitud aproximada de 10 kilómetros (que al alcanza los 16.7 kilómetros si se suma con el cauce rectificado que cruza dentro de la ciudad de Morelia hasta unirse con el río Grande). La red de drenaje es de tipo dendrítico y posee un quinto orden (Mapa 3). Por otro lado, en el Mapa 4 se pueden observar las zonas funcionales de la cuenca del río Chiquito: cabecera, tránsito y emisión.



Fuente: Modificado de INEGI (1998)

Mapa 3. Se muestra la red hidrográfica de la cuenca del río Chiquito y sus tipos de corrientes superficiales.

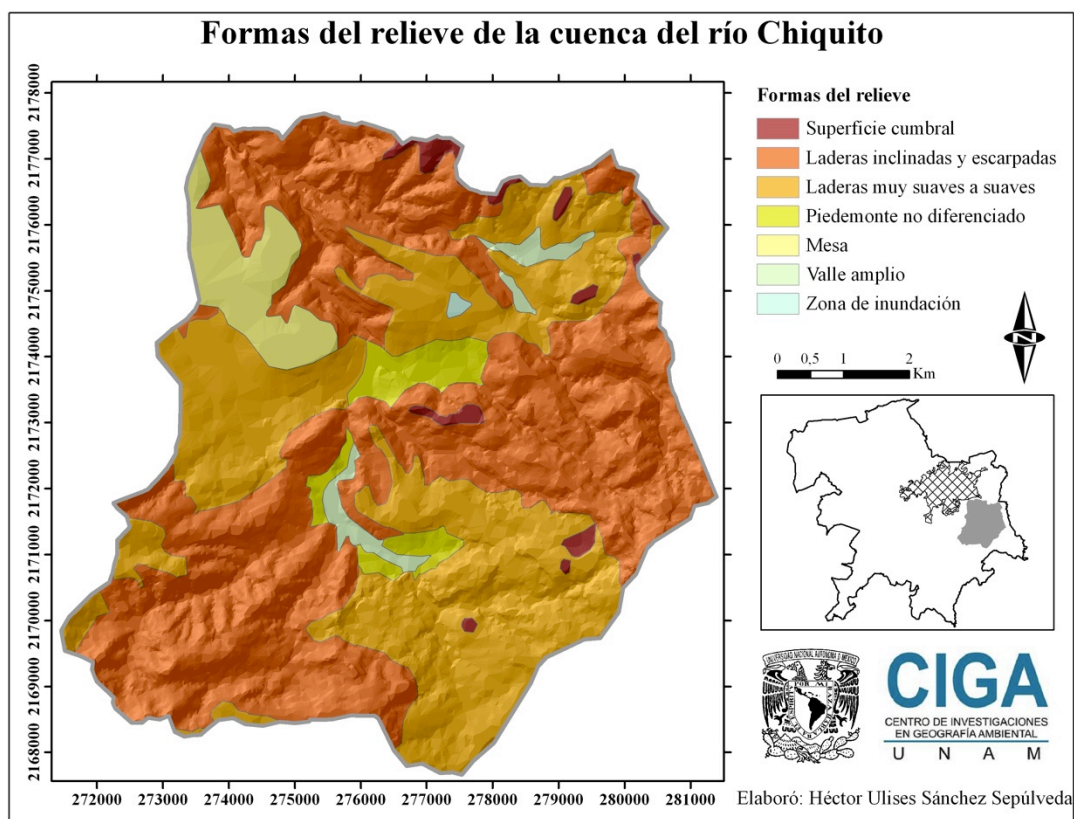


Fuente: Modificado de INEGI (1998); Mendoza *et al.* (2006)

Mapa 4. Aparece la cuenca del río Chiquito dividida en sus tres zonas funcionales: cabecera, tránsito y emisión.

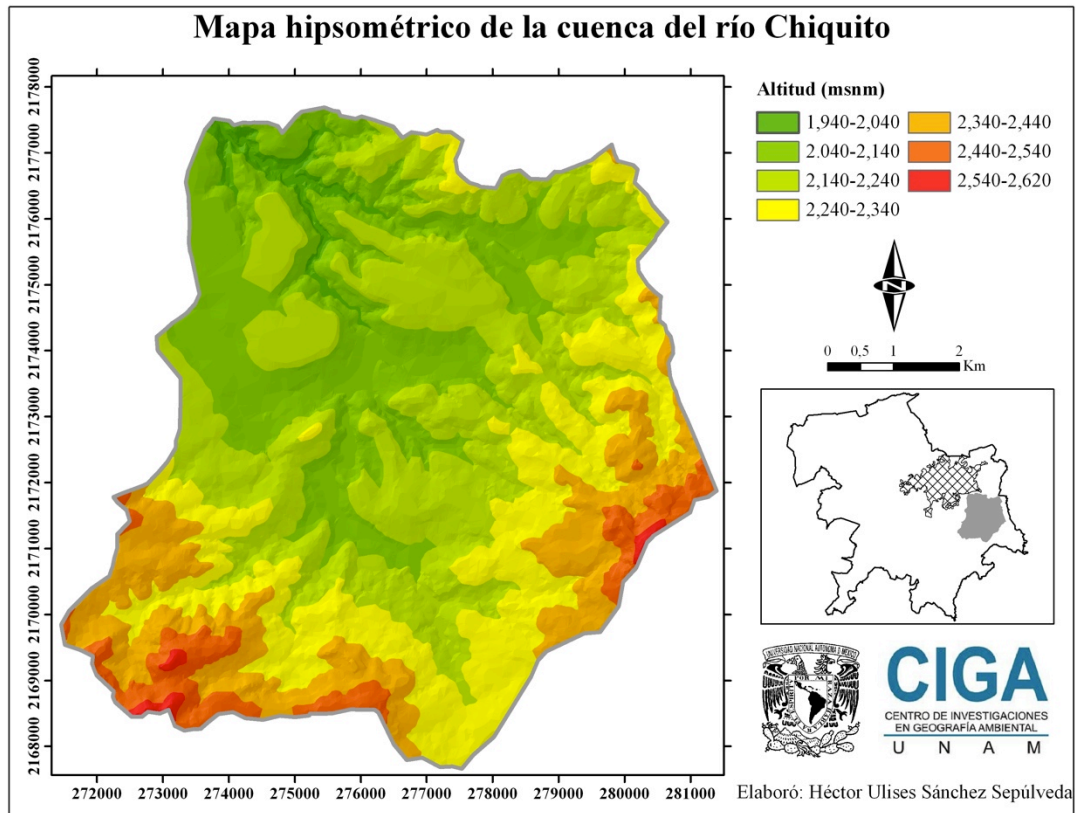
Formas del relieve

En el Mapa 5 se observa que la cuenca del río Chiquito posee un relieve poco plano. Poco más de la mitad de su superficie presenta laderas inclinadas y escarpadas, con un 53.1% que equivale a 35.04 km² –ó 3504 ha-. Con un 35.3%, en más de la tercera parte del terreno se hallan laderas muy suaves a suaves, lo que significa 23.28 km² –ó 2328 ha-. Cuenta con una mesa relativamente plana de 3.18 km² –ó 318 ha- ubicada al noroeste, la cual constituye el 4.8% del área de la cuenca. A su vez, con piedemontes no diferenciados al centro de la misma, los cuales la cubren en un 3.4% con 2.25 km² –ó 225 ha-. La extensión restante, menor al 4.0% -poco más de 3 km²- se conforma de superficies cumbreales y valles amplios, así como de una zona de inundación que en realidad es un pequeña presa (contigua a la localidad de San José de las Torres) la cual no alcanza las 10 ha de extensión (Mendoza *et al.*, 2006).



Mapa 5. Se muestran las diferentes geofomas de la cuenca del río Chiquito.

La mayor altitud del terreno de la cuenca se encuentra al suroeste y al este de la misma, cerca del parteaguas, mientras que la menor se extiende del centro y el noreste hacia el noroeste donde se haya la zona de emisión (Mapa 6).

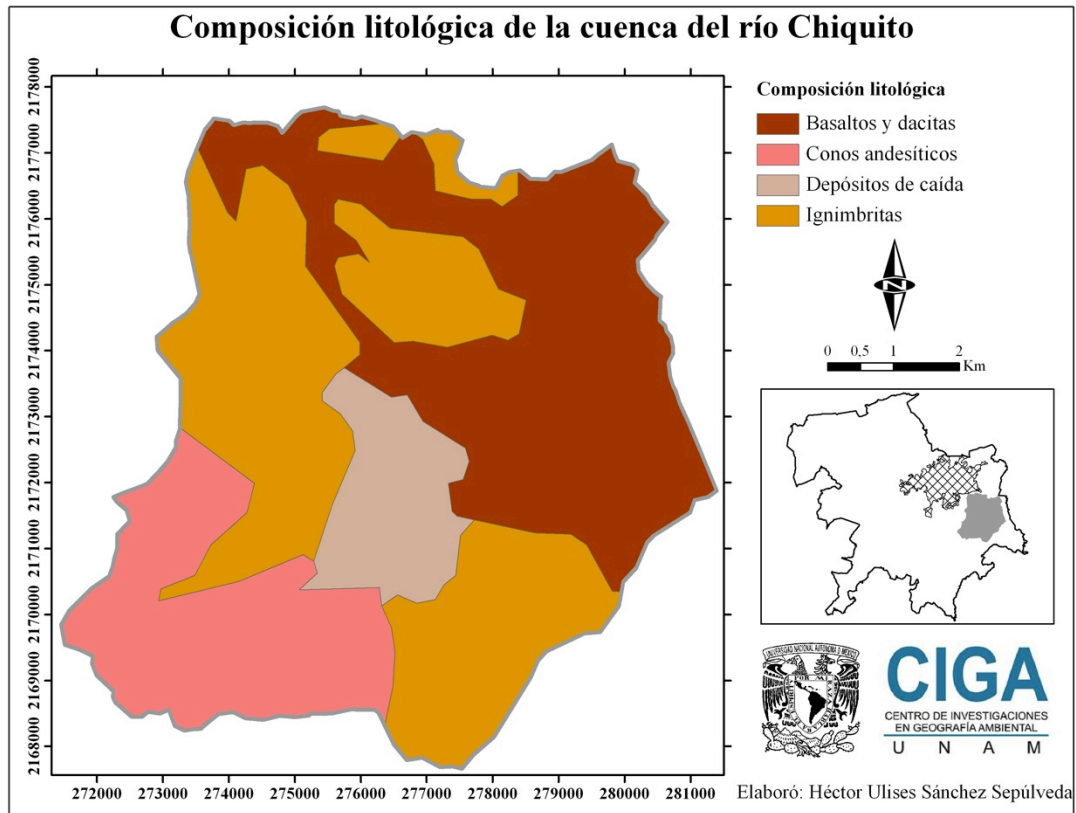


Fuente: Mendoza *et al.* (2006)

Mapa 6. Aparecen siete intervalos de altitud para toda la cuenca del río Chiquito.

Composición litológica

La cuenca del río Chiquito es eminentemente volcánica y forma parte del Sistema Volcánico Transversal. Según Mendoza *et al.* (2006) el noreste de la cuenca está conformada por basaltos y dacitas, ambas rocas ígneas extrusivas; las primeras básicas, compuestas de plagioclasa cálcica y las segundas ácidas, conformadas de cuarzo y plagioclasa sódica. Por otro lado, casi la mitad de la cuenca -al oeste, al sureste y al centro-norte- está compuesta de ignimbritas. Este tipo de rocas ígneas están constituidas por tobas de origen explosivo que se formaron con material volcánico como cenizas que más tarde se consolidaron. Al suroeste de la cuenca se hallan conos andesíticos -las andesitas son rocas ígneas extrusivas intermedias que consisten de plagioclasa sódica- (INEGI, 2009). Finalmente, al centro-sur de la cuenca se observan depósitos de caída (Mapa 7), así como materiales aluviales.



Fuente: Mendoza *et al.* (2006)

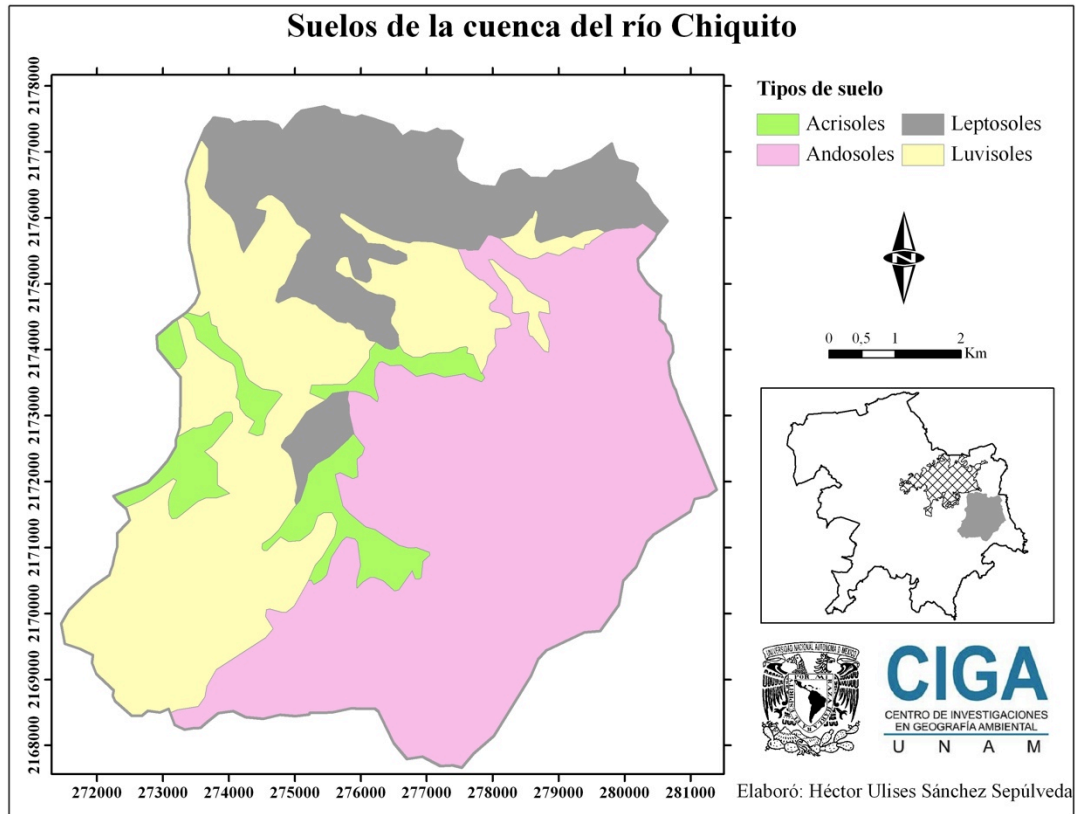
Mapa 7. Se muestra la composición litológica de la cuenca del río Chiquito.

Suelos

La cuenca presenta cuatro diferentes grupos de suelos (Mapa 8). Casi la mitad de la cuenca posee andosoles y se ubican hacia el este. Una buena parte de la cuenca posee luvisoles, principalmente en su lado oeste extendiéndose un poco hacia el norte y centro de la cuenca. Al norte se encuentran leptosoles y en menor proporción al centro-oeste acrisoles (Mendoza *et al.*, 2006).

Los andosoles son suelos de origen volcánico, generalmente presentan colores oscuros y tienen una alta capacidad de retención de humedad. Comúnmente poseen bajos rendimientos agrícolas y el uso más favorable para su conservación es el forestal. Son fácilmente erosionables por el aire. Por otro lado, los luvisoles son suelos con acumulación de arcilla, frecuentemente rojos, amarillentos o de tonos pardos, pero no llegan a ser oscuros. Su uso para la agricultura muestra rendimientos moderados y pueden dar buenas utilidades con pastizales para la ganadería. No obstante, son suelos con alta susceptibilidad a la erosión. Los leptosoles son suelos muy delgados donde la roca madre se ubica a menos de 25 centímetros. Pueden perderse fácilmente por erosión y no son aptos para un manejo agrícola o pecuario. Finalmente, los acrisoles son suelos que acumulan arcillas y de colores rojos, amarillos o amarillos claros con manchas rojas. Son muy ácidos y pobres en nutrientes. Generalmente ofrecen rendimientos

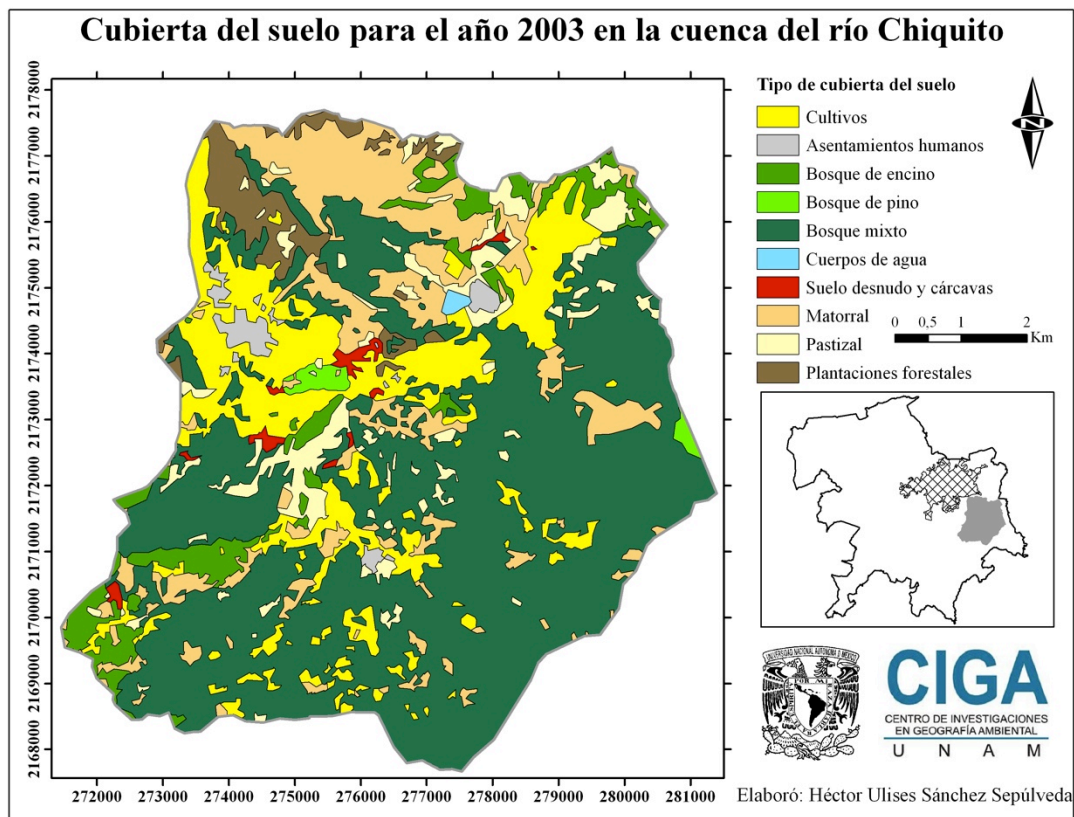
bajos en la agricultura, pero pueden usarse para pastizales pecuarios y aunque son moderadamente susceptibles a la erosión su uso más adecuado para la conservación es el forestal (INEGI, 2008).



Mapa 8. Aparecen los diferentes tipos de suelo presentes en la cuenca del río Chiquito.

Cubierta vegetal

Más de la mitad (aproximadamente el 60.0% con 39.34 km² –ó 3934 ha-) de la cuenca del río Chiquito está cubierta por bosques (de encino, de pino y mixtos), siendo con un 53.5% los bosques mixtos de encino y pino su categoría más representativa, ubicados al sureste de la misma (35.27 km² –ó 3527 ha-, que representan casi la mitad de la superficie de la cuenca). Los cultivos se distribuyen principalmente en la parte norte y centro de la cuenca donde se encuentran las zonas más planas, en su mayoría son estacionales y abarcan el 15.7% con 10.34 km² –ó 1034 ha-. Existe una importante extensión de matorrales al norte de la cuenca que alcanzan el 13.1% con 8.6 km² –ó 867 ha-. Por otro lado, a lo largo de la cuenca hay también pastizales para uso pecuario, los cuales representan el 5.8% con 3.8 km² –ó 385 ha-, situados mayormente al centro-oeste y al noreste de la misma. Finalmente, por toda la cuenca existen varias áreas dispersas con suelo desnudo las cuales suman en conjunto alrededor de 46 ha (Mendoza *et al.*, 2006) (Mapa 9).



Fuente: Mendoza *et al.* (2006)

Mapa 9. Se muestran las cubiertas de suelo existentes en la cuenca del río Chiquito durante el año 2003.

Caracterización demográfica y socioeconómica

Demografía y localidades

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2011), para ese año la cuenca contaba con un total de 6,543 habitantes distribuidos en 11 localidades de diversos tamaños poblacionales. En orden descendente –de mayor a menor cantidad de habitantes- son las siguientes: Jesús del Monte, San Miguel del Monte, San José de las Torres, Río Bello, El Laurelito, El Agua Escondida, Planchapón, El Alacrán, Agua Zarca, El Caracol⁴² (véase su ubicación en el Mapa 10). Cabe mencionar que existen algunas viviendas dispersas en la cuenca que permanecen solas la mayor parte del tiempo. Esto se debe a que sólo son utilizadas como casas descanso por personas –en su mayoría- que residen en la ciudad Morelia. Asimismo, aquí no se

⁴² De esta localidad no se cuenta con el número de habitantes ni para 2010, ni para 2005. No obstante, el Censo General de Población y Vivienda 2000 (INEGI, 2001) expone que para ese año contaba con tres pobladores, lo cual quiere decir que debe de ser un asentamiento muy pequeño –seguramente de una vivienda-. Podría pensarse que pudieron abandonar la vivienda y dejarla sola, sin embargo, el INEGI –aunque no presenta el dato de residentes- sigue contemplándola para el Censo de Población y Vivienda 2005 y para el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2006; 2011).

consideran los habitantes de una pequeña porción del CHC *Altozano* ubicada apenas dentro de la cuenca (incluso en el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI este CHC denominado como *Punta Altozano* o *Montaña Monarca* aparece como una localidad distinta).

En los últimos diez años la población de la cuenca ha incrementado de 4,399 habitantes a 6,543, principalmente en las localidades que cuentan con una mayor cantidad de pobladores. Entre ellas destaca el caso de Jesús del Monte que aumentó 1,517 habitantes del año 2000 al 2010, pero sólo del año 2005 al último pasó de 2,989 a 4,182 residentes, ganando en términos absolutos 1,193 habitantes, lo que representa un crecimiento de más de un tercio de la población con la que contaba (Cuadro 7). Este asentamiento se halla en la actualidad prácticamente conurbado con la ciudad de Morelia y justo hace una década comenzó en él y en sus alrededores la construcción de desarrollos habitacionales privados. Tiempo que coincide con el inicio de la edificación del CHC *Altozano*, aunque no precisamente en la localidad (pero sí cerca de ella, en parte de lo que fuesen terrenos del ejido que lleva por nombre el mismo de dicho poblado. El poblado de Jesús del Monte no se encuentra sobre tierras ejidales).

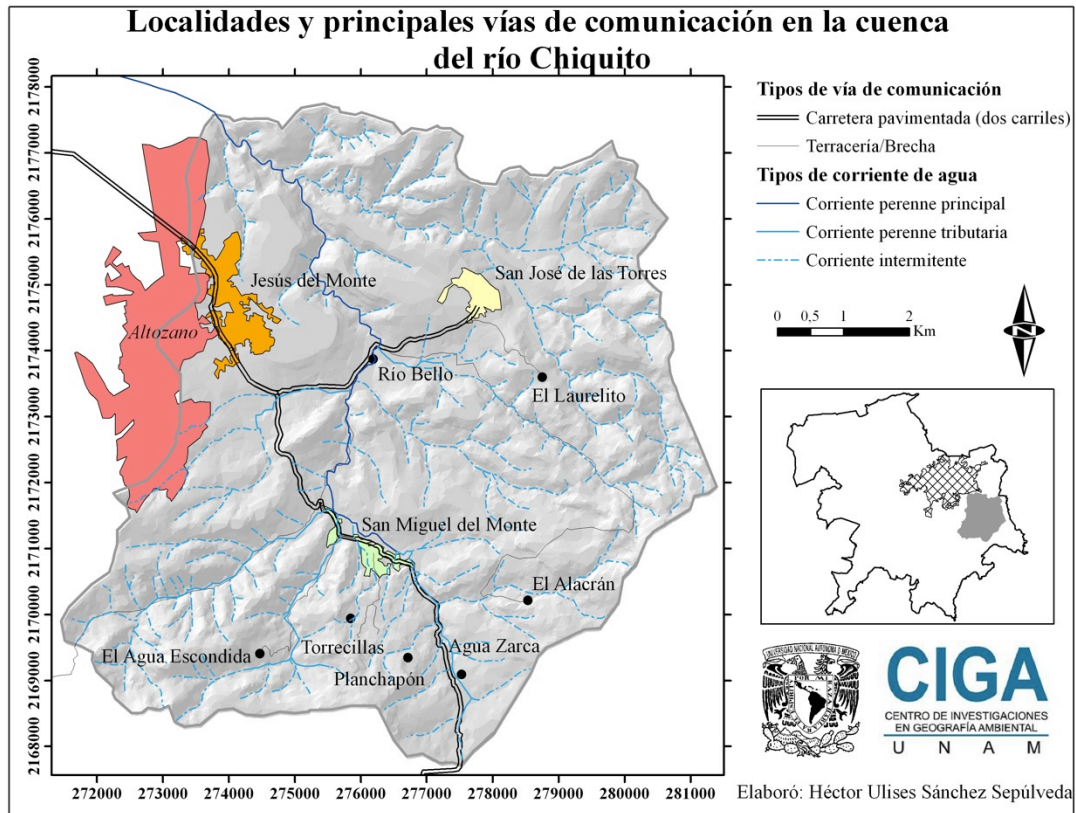
Según los datos del censo del 2010 (INEGI, 2011), la cuenca del río Chiquito, que representa el 5.4% de la superficie del municipio de Morelia, alberga cerca del 0.9% de la población del mismo. No obstante, si se excluyen los 597,511 habitantes (que significan el 81.9%) que habitan en la ciudad de Morelia, los pobladores de la cuenca representan alrededor del 5.0% de la población rural del municipio.

Cuadro 7. Número de habitantes para las localidades de la cuenca del río chiquito.

Localidad	Año		
	2000	2005	2010
Jesús del Monte	2,665	2,989	4,182
San Miguel del Monte	662	726	892
San José de las Torres	507	600	729
Río Bello	370	344	433
El Laurelito	103	92	131
Torrecillas	27	sd	108
El Agua Escondida	45	3	45
Planchapón	9	11	16
El Alacrán	6	7	5
Agua Zarca	2	2	2
El Caracol	3	sd	sd
Total (en la cuenca)	4,399	4,774	6,543
<i>*Altozano</i>	na	sd	1,128

sd: sin dato, na: no aplica (en ese momento apenas iniciaba la construcción del CHC *Altozano*), *El CHC *Altozano* sólo aparece como referencia, pues únicamente una muy pequeña porción de éste se halla dentro de la cuenca del río Chiquito.

Fuente: INEGI (2001; 2006; 2011)



Mapa 10. Se muestran las localidades presentes dentro de la cuenca del río Chiquito y las principales vías de comunicación en la misma. Aparece el CHC *Altozano* y se distingue que parte de este se encuentra dentro de la cuenca.

Ejidos

Dentro de la cuenca del río Chiquito coexisten dos tipos de tenencia de la tierra: propiedad privada y ejidal. Alrededor de la mitad de la cuenca es propiedad privada y la otra mitad es ocupada por parte del territorio de ocho ejidos. Los que tienen mayor superficie dentro de la cuenca son los ejidos de Jesús del Monte, San José de Las Torres, Tumbisca, El Durazno, La Cuadrilla y San Miguel del Monte (información obtenida de la consulta a los mapas del ARANDM). No obstante, el tipo de tenencia ejidal puede estar sufriendo un decremento y la tenencia de propiedad privada un incremento debido a la constante oferta de terrenos para urbanizar o construir casas de campo.

Atributos económicos

En el año 2000⁴³, la población ocupada⁴⁴ en la cuenca del río Chiquito era de 1,333 personas (30.3% de la población total), lo cual significa que de los 2,839 habitantes con 12 años y más, el 47.0% tenían un empleo, ya sea remunerado o no. En general, casi la mitad de los residentes desempeñan sus labores en el sector económico⁴⁵ secundario –como se expone más adelante, de acuerdo a los resultados de la presente investigación, esto está vinculado a las actividades de la construcción-, principalmente en las localidades de Jesús del Monte, San José de las Torres y Río Bello, que son las que se hallan espacialmente más cercanas a la ciudad de Morelia. Mientras que los habitantes de los poblados que están más alejados de la misma o que son más inaccesibles como San Miguel del Monte, El Laurelito, Torrecillas y El Agua Escondida se desenvuelven principalmente en el sector primario como campesinos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Sectores económicos de la población ocupada en la cuenca del río chiquito para el año 2000.

Localidad	Población total ocupada		Población ocupada en el sector primario		Población ocupada en el sector secundario		Población ocupada en el sector terciario	
	VA	% ¹	VA	% ²	VA	% ²	VA	% ²
Jesús del Monte	822	46.4	97	11.8	443	53.9	274	33.3
San Miguel del Monte	201	50.0	111	55.2	46	22.9	43	21.4
San José de las Torres	159	48.3	44	27.7	88	55.3	25	15.7
Río Bello	110	47.2	29	26.4	60	54.5	19	17.3
El Laurelito	22	37.3	9	40.9	8	36.4	5	22.7
Torrecillas	5	33.3	5	100.0	0	0.0	0	0.0
El Agua Escondida	14	46.7	13	92.9	1	7.1	0	0.0
Total (en la cuenca)	1,333	47.0	308	23.1	646	48.5	366	27.5

VA: valor absoluto (número de habitantes ocupados –con empleo-), %: valor relativo expresado en porcentaje (número de habitantes ocupados –con empleo-), ¹Porcentaje de la población total ocupada con respecto a la población de 12 y más años de edad, ²Porcentaje de la población ocupada de cada sector económico con respecto a la población total ocupada.

Nota: El Censo General de Población y Vivienda 2000 (INEGI, 2001) no presenta datos de estos indicadores para las localidades de Planchapón, El Alacrán, Agua Zarca y El Caracol. Por otra parte, debido al manejo de datos por el INEGI, el total de los porcentajes puede –en algunos casos- no sumar exactamente el 100%, aunque si alcanza valores muy cercanos.

Fuente: INEGI (2001)

⁴³ Cuando se presentan datos sólo para este años es debido a que no se encontraron otros más recientes para estos indicadores –ni en el Censo de Población y Vivienda 2005, ni en el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI 2006; 2011)-.

⁴⁴ El glosario del Censo General de Población y Vivienda 2000 (INEGI, 2001) define a alguien ocupado como: “Persona de 12 y más años que realizó alguna actividad económica, al menos una hora en la semana de referencia, a cambio de un sueldo, salario, jornal u otro tipo de pago en dinero o en especie. Incluye a las personas que tenían trabajo pero no laboraron en la semana de referencia por alguna causa temporal, sin que hayan perdido el vínculo con su trabajo (vacaciones, licencia por maternidad, enfermedad, mal tiempo o porque estaban en espera de iniciar o continuar con las labores agrícolas, etcétera). También están incluidas las personas que ayudaron en el predio, fábrica, tienda o taller familiar sin recibir un sueldo o salario de ninguna especie, así como a los aprendices o ayudantes que trabajaron sin remuneración”.

⁴⁵ Según el glosario del Censo General de Población y Vivienda 2000 (INEGI, 2001), los sectores de las actividades económicas contemplados por dicho censo se definen de la siguiente manera: “el sector primario comprende la agricultura, la ganadería, el aprovechamiento forestal, la caza y la pesca; el secundario incluye la minería, la extracción de petróleo y gas, la industria manufacturera, la generación y distribución de electricidad, la distribución de agua y la construcción y el terciario engloba las actividades de comercio, transportes, gobierno y otros”.

Sobre los ingresos económicos de la población ocupada de la cuenca del río Chiquito, en el año 2000 casi la mitad (45.8%) recibía de uno a dos salarios mínimos al mes y sólo un 0.4% más de 10. Un 7.7% no recibe ingresos por su trabajo. Con excepción de Río Bello, las localidades que se hallan más lejos de la ciudad de Morelia o más inaccesibles (San Miguel del Monte, El Laurelito, Torrecillas y El Agua Escondida) son en las que se presenta una mayor proporción de habitantes con empleos remunerados con menos de un salario mínimo (Cuadro 9).

Cuadro 9. Ingresos mensuales de la población ocupada en el año 2000.

Localidad	No recibe ingreso		Menos 1 salario mínimo		De 1 hasta 2 salarios mínimos		Más de 2 y hasta 5 salarios mínimos		Más de 5 y hasta 10 salarios mínimos		Más de 10 salarios mínimos	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
Jesús del Monte	32	3.9	109	13.3	366	44.5	276	33.6	20	2.4	3	0.4
San Miguel del Monte	36	17.9	59	29.4	75	37.3	26	12.9	1	0.5	1	0.5
San José de las Torres	21	13.2	13	8.2	97	61.0	21	13.2	1	0.6	1	0.6
Río Bello	4	3.6	31	28.2	58	52.7	15	13.6	0	0.0	0	0.0
El Laurelito	2	9.1	7	31.8	11	50.0	2	9.1	0	0.0	0	0.0
Torrecillas	0	0.0	3	60.0	0	0.0	2	40.0	0	0.0	0	0.0
El Agua Escondida	7	50.0	4	28.6	3	21.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Total (en la cuenca)	102	7.7	226	17.0	610	45.8	342	25.7	22	1.7	5	0.4

VA: valor absoluto (número habitantes ocupados -con empleo-), %: valor relativo expresado en porcentaje (número de habitantes ocupados -con empleo-)

Nota: El Censo General de Población y Vivienda 2000 (INEGI, 2001) no presenta datos de estos indicadores para las localidades de Planchapón, El Alacrán, Agua Zarca y El Caracol. Por otra parte, debido al manejo de datos por el INEGI, el total de los porcentajes puede -en algunos casos- no sumar exactamente el 100%, aunque si alcanza valores muy cercanos.

Fuente: INEGI (2001)

Según el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2011) para ese año en la cuenca del río Chiquito, un 4.0% (181 personas) de la población de 12 y más años de edad se encontraba desocupada⁴⁶, es decir, sin empleo. El porcentaje más alto se presentó en la localidad de San José de las Torres con un 7.0%, el más bajo en el poblado de El Agua Escondida con 0.0% (Cuadro 10).

⁴⁶ El glosario del Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2011) define a una persona desocupada como: "personas de 12 y más años de edad que en la semana de referencia buscaron trabajo porque no estaban vinculadas a una actividad económica o trabajo".

Cuadro 10. Población desocupada en la cuenca del río chiquito para el año 2010.

Localidad	VA	%
Jesús del Monte	105	3.6
San Miguel del Monte	22	3.7
San José de las Torres	33	7.0
Río Bello	15	5.2
El Laurelito	3	3.3
Torrecillas	3	4.4
El Agua Escondida	0	0.0
Total (en la cuenca)	181	4.0
<i>*Altozano</i>	4	0.7

VA: valor absoluto (número habitantes desocupados –sin empleo–), %: valor relativo expresado en porcentaje (número de habitantes desocupados –sin empleo–), *El CHC *Altozano* sólo aparece como referencia, pues únicamente una muy pequeña porción de éste se halla dentro de la cuenca del río Chiquito.

Nota: El Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2011) no presenta datos de estos indicadores para las localidades de Planchapón, El Alacrán, Agua Zarca y El Caracol. Por otra parte, debido al manejo de datos por el INEGI, el total de los porcentajes puede –en algunos casos– no sumar exactamente el 100%, aunque sí alcanza valores muy cercanos.

Fuente: INEGI (2011)

Salud

La cuenca del río Chiquito cuenta con tres unidades médicas de consulta externa a cargo del ayuntamiento del municipio de Morelia. Se ubican en las tres localidades más grandes: Jesús del Monte, San Miguel del Monte y San José de las Torres (páginas web del Ayuntamiento de Morelia y de la SSA).

Por otro lado, en el Cuadro 11 se observa la población que no es derechohabiente a servicios de salud en la cuenca del río Chiquito para los años 2000, 2005 y 2010. Aunque el total para la misma repuntó en valores absolutos en el año 2000 al 2005, pasando de 3,864 a 4,005 personas que no tenían cubierto su derecho a servicios médicos, la cantidad tiende a disminuir a 3,205 en el 2010. Este mismo proceso se presenta para las localidades de Jesús del Monte y San José de las Torres. No obstante, en términos relativos, en todos los poblados hay un descenso para los dos periodos (2000-2005 y 2005-2010), lo cual se hace patente en los porcentajes totales de la cuenca que pasan de un 87.8% en el 2000 a 83.9% en el 2005 y a 49.0% en el 2010.

Cuadro 11. Población sin derechohabiencia a servicio de salud 2000, 2005 y 2010.

Localidad	Año	Número de habitantes	
		VA	%
Jesús del Monte	2000	2,203	82.7
	2005	2,429	81.3
	2010	2,035	48.7
San Miguel del Monte	2000	642	97.0
	2005	621	85.5
	2010	380	42.6
San José de las Torres	2000	481	94.9
	2005	565	94.2
	2010	405	55.6
Río Bello	2000	365	98.6
	2005	325	94.5
	2010	274	63.3
El Laurelito	2000	102	99.0
	2005	65	70.7
	2010	52	39.7
Torrecillas	2000	27	100.0
	2005	sd	sd
	2010	26	24.1
El Agua Escondida	2000	44	97.8
	2005	sd	sd
	2010	33	73.3
Total (en la cuenca)	2000	3,864	87.8
	2005	4,005	83.9
	2010	3,205	49.0
*Altozano	2000	na	na
	2005	sd	sd
	2010	240	21

VA: valor absoluto (número habitantes sin derechohabiencia a los servicios de salud), %: valor relativo expresado en porcentaje (número habitantes sin derechohabiencia a los servicios de salud), sd: sin dato, na: no aplica (en ese momento apenas iniciaba la construcción del CHC *Altozano*), *El CHC *Altozano* sólo aparece como referencia, pues únicamente una muy pequeña porción de éste se halla dentro de la cuenca del río Chiquito.

Nota: El Censo General de Población y Vivienda 2000, el Conteo de Población y Vivienda 2005 y el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2001; 2006, 2011) no presentan datos de estos indicadores para las localidades de Planchapón, El Alacrán, Agua Zarca y El Caracol.

Fuente: INEGI (2001; 2006; 2011)

Educación y alfabetismo

La cuenca del río Chiquito cuenta con siete escuelas preescolares, ocho primarias y tres secundarias, todas son públicas. La mayoría de las escuelas y de los alumnos se concentran en las localidades de mayo población. Jesús del Monte cuenta con un preescolar, dos primarias y una secundaria; en San Miguel del Monte hay un preescolar, una primaria y una telesecundaria y San José de las Torres posee un preescolar, una primaria y una telesecundaria (Cuadro 12). Cabe mencionar que las localidades de Planchapón, El Alacrán, Agua Zarca y El Caracol no cuentan con ningún tipo de escuela.

Cuadro 12. Escuelas de educación pública en la cuenca del río chiquito.

Localidad	Preescolar			Primaria			Secundaria		
	Cantidad	Profesores	Alumnos	Cantidad	Profesores	Alumnos	Cantidad	Profesores	Alumnos
Jesús del Monte	1	6	154	2	13 10	369 115	1	15	156
San Miguel del Monte	1	3	57	1	7	137	1*	3	66
San José de las Torres	1	3	50	1	7	132	1*	4	53
Río Bello	1	1	9	1	2	61	0	0	0
El Laurelito	1	1	5	1	1	19	0	0	0
Torrecillas	1	1	5	1	1	16	0	0	0
El Agua Escondida	1	1	4	1	1	11	0	0	0

*Telesecundaria

Fuente: página web de la Secretaría de Educación Pública (SEP)

Si se consideran como analfabetas –tal y como lo hace el INEGI- a las personas de 15 años y más que no saben leer ni escribir (no menores, pues aún siguen en edad escolar), en la cuenca del río Chiquito se tendría una tendencia a su disminución tanto en términos absolutos, como relativos. En el año 2000 el 8.4% (368 habitantes) era analfabeta, en el 2005 el 7.0% (333 residentes) y en el 2010 el 4.5% (296 habitantes), por lo cual se observa una tendencia a disminuir (Cuadro 13).

Por otro lado, si se obtiene la media del grado promedio de escolaridad⁴⁷ para toda la cuenca, se tiene que ha ido incrementando aproximadamente en un grado por cada periodo. Pasó de 4.29 en el año 2000 a 5.35 en el 2005 y de esa cifra a 6.24 en el 2010, pero no llega a la media estatal que es de 7.40. En todas las localidades se observa un incremento del mismo, no obstante, el grado mayor aparece para Jesús del Monte en el año 2010, llegando a 8.46 que significa un nivel promedio de poco más de segundo de secundaria concluido. Aunque supera la media estatal, no lo hace con la media nacional que es de 8.60 (INEGI, 2011). Sólo como referencia, el CHC *Altozano* cuenta con un grado promedio de escolaridad de 14.87, que significa un segundo año –casi un tercero- aprobado de carrera universitaria (Cuadro 13).

⁴⁷ De acuerdo al glosario del Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2011), el grado promedio de escolaridad es el “número de años que en promedio aprobaron las personas de 15 y más años de edad en el Sistema Educativo Nacional” y comienza a contarse a partir de la primaria.

Cuadro 13. Educación y alfabetismo.

Localidad	Año	Población de 15 años y más analfabeta		Grado promedio de escolaridad
		VA	%	
Jesús del Monte	2000	190	7.1	5.84
	2005	168	5.6	6.91
	2010	159	3.8	8.46
San Miguel del Monte	2000	51	7.7	5.01
	2005	66	9.1	5.99
	2010	44	4.9	6.59
San José de las Torres	2000	47	9.3	4.37
	2005	41	6.8	5.10
	2010	34	4.7	5.73
Río Bello	2000	49	13.2	3.90
	2005	40	11.6	4.47
	2010	43	9.9	5.34
El Laurelito	2000	17	16.5	3.60
	2005	18	19.6	4.26
	2010	11	8.4	5.53
Torrecillas	2000	3	11.1	4.50
	2005	sd	sd	sd
	2010	4	3.7	5.56
El Agua Escondida	2000	11	24.4	2.81
	2005	sd	sd	sd
	2010	1	2.2	6.44
Total (en la cuenca)	2000	368	8.4	4.29 ²
	2005	333	7.0	5.35 ²
	2010	296	4.5	6.24 ²
*Altozano	2000	na	na	na
	2005	sd	sd	sd
	2010	1	0	14.87

VA: valor absoluto (número de habitantes 15 años y más analfabetas), %: valor relativo expresado en porcentaje (número habitantes de 15 años y más analafabetas), sd: sin dato, na: no aplica (en ese momento apenas iniciaba la construcción del CHC *Altozano*), ²Media para los tres años en del grado promedio de escolaridad en todas las localidades, *El CHC *Altozano* sólo aparece como referencia, pues únicamente una muy pequeña porción de éste se halla dentro de la cuenca del río Chiquito.

Nota: El Censo General de Población y Vivienda 2000, el Censo de Población y Vivienda 2005 y el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2001; 2006, 2011) no presentan datos de estos indicadores para las localidades de Planchapón, El Alacrán, Agua Zarca y El Caracol.

Fuente: INEGI (2001; 2006; 2011)

Vivienda

En el Cuadro 14 se observa que la cantidad de viviendas habitadas, al igual que la de hogares⁴⁸ en la cuenca del río Chiquito incrementa del año 2000 al 2005 y del 2005 al 2010. En comparación con las demás localidades de la cuenca, este mismo proceso ocurre de manera mucho más dramática en el asentamiento de Jesús del Monte durante el periodo 2005-2010. En ese lapso de tiempo la cantidad de viviendas habitadas casi se duplica, pasando de 594 a 1,004, en tanto que el número de hogares cambia de 622 a 946. Lo último puede estar relacionado con

⁴⁸ De acuerdo a los documentos metodológicos y conceptuales -de los censos 2000 y 2010 y del conteo 2005-, los hogares son considerados en el censo del 2010 como un conjunto de residentes de una vivienda sin importar sus vínculos de parentesco, en tanto que para el censo 2000 y para el conteo 2005 se considera el gasto común. El hogar es entonces una unidad conformada por la relación entre personas que habitan en una misma vivienda y que satisfacen necesidades cotidianas en conjunto. Está asociado a la familia, aunque no implica necesariamente relaciones de parentesco (INEGI, 2001; 2006; 2011).

la construcción en la última década de nuevos desarrollos residenciales dentro de ese poblado y a sus alrededores.

Cuadro 14. Número de viviendas habitadas y de hogares en la cuenca del río chiquito para los años 2000, 2005 y 2010.

Localidad	Año	Total de viviendas habitadas	Total de hogares
Jesús del Monte	2000	491	503
	2005	594	622
	2010	1,004	946
San Miguel del Monte	2000	98	102
	2005	121	124
	2010	183	183
San José de las Torres	2000	93	106
	2005	122	128
	2010	169	169
Río Bello	2000	65	66
	2005	66	67
	2010	96	96
El Laurelito	2000	20	20
	2005	14	15
	2010	27	27
Torrecillas	2000	6	6
	2005	sd	sd
	2010	23	23
El Agua Escondida	2000	6	6
	2005	2	sd
	2010	8	8
Planchapón	2000	1	sd
	2005	1	sd
	2010	1	sd
El Alacrán	2000	1	sd
	2005	2	sd
	2010	1	sd
Agua Zarca	2000	1	sd
	2005	1	sd
	2010	2	sd
El Caracol	2000	1	sd
	2005	sd	sd
	2010	sd	sd
Total (en la cuenca)	2000	783	809
	2005	923	956
	2010	1,514	1,452
*Altozano	2000	na	na
	2005	sd	sd
	2010	353	242

sd: sin dato, na: no aplica (en ese momento apenas iniciaba la construcción del CHC *Altozano*), *El CHC *Altozano* sólo aparece como referencia, pues únicamente una muy pequeña porción de éste se halla dentro de la cuenca del río Chiquito.

Fuente: INEGI (2001; 2006; 2011)

Para el año 2010 había en la cuenca del río Chiquito un total de 1,872 viviendas, de las cuales 1,514 se encontraban habitadas y 358 no lo estaban. Este 19.1% de viviendas deshabitadas en la cuenca se debe principalmente a la localidad de Jesús del Monte donde había 326 viviendas sin habitar, es decir, un 24.5% para ese poblado (Cuadro 15). Esta cuarta parte de viviendas sin habitar se debe en buena medida a casas nuevas que aún no se venden o no se ocupan. También a algunas otras que sólo se usan temporalmente como casas de descanso –o de campo- por

habitantes provenientes de la ciudad de Morelia, situación que también se presenta en el pueblo de San José de las Torres.

Cuadro 15. Número de viviendas en la cuenca del río chiquito para el 2010.

Localidad	Total	Habitadas	Deshabitadas	
			VA	%
Jesús del Monte	1,330	1,004	326	24.5
San Miguel del Monte	184	183	1	0.5
San José de las Torres	198	169	29	14.6
Río Bello	96	96	0	0.0
El Laurelito	27	27	0	0.0
Torrecillas	23	23	0	0.0
El Agua Escondida	10	8	2	20.0
Planchapón	1	1	0	0.0
El Alacrán	1	1	0	0.0
Agua Zarca	2	2	0	0.0
El Caracol	sd	sd	sd	sd
Total (en la cuenca)	1,872	1,514	358	19.1
<i>*Altozano</i>	503	353	150	29.8

VA: valor absoluto (número de viviendas deshabitadas), %: valor relativo expresado en porcentaje (número de viviendas deshabitadas), sd: sin dato, *El CHC *Altozano* sólo aparece como referencia, pues únicamente una muy pequeña porción de éste se halla dentro de la cuenca del río Chiquito.

Fuente: INEGI (2011)

Por otro lado, en el Cuadro 16 se muestran diversos indicadores relativos a las viviendas habitadas de la cuenca para los años 2000, 2005 y 2010, tales como: promedio de ocupantes por cuarto en viviendas, viviendas habitadas con piso de tierra, viviendas habitadas que no disponen de algunos servicios (ya sea de agua entubada de la red pública, de drenaje o de luz eléctrica), viviendas habitadas sin ningún bien (radio, televisión, refrigerador, lavadora, automóvil, computadora, teléfono fijo, celular, ni internet), viviendas habitadas que disponen de automóvil propio y viviendas habitadas que disponen de computadora.

Con excepción de los últimos dos indicadores mencionados en el párrafo anterior, en términos relativos, los demás tienden a disminuir en ese periodo de diez años, con ciertos repuntes en algunos para el año 2005. El porcentaje del indicador que prácticamente se mantiene a lo largo de esa década –y que incluso incrementa para el 2005- es el de viviendas habitadas que no disponen de agua entubada de la red pública que para el año 2000 era del 10.9%, para el 2005 del 14.6% y para el 2010 del 10.0%. Tal aumento ocurre en todas las localidades, con excepción de Jesús del Monte.

En su conjunto, la disminución del promedio de ocupantes por cuarto en viviendas, de las viviendas habitadas con piso de tierra, de las viviendas que no disponen de ciertos servicios y de la viviendas sin ningún bien; aunado al incremento en valores de indicadores como viviendas habitadas que disponen de automóvil propio y que disponen de computadora, permite suponer –con sus debidas precauciones y de manera muy simplista quizá- que las condiciones de vida de la población de la cuenca del río Chiquito han tendido a mejorar en la última década. Por lo

anterior, quizá el nivel de marginación pudo disminuir del 2005 al 2010 y por ende el grado de marginación también (refleja el nivel de marginación al obtenerse de un índice que agrupa ocho indicadores diferentes, como se explica en la nota al pie 49) (véase Mapa 11), aunque tal aseveración no puede hacerse con certeza sólo con los datos aquí expuestos.

Cuadro 16. Características de las viviendas habitadas en la cuenca del río chiquito para el 2000, 2005 y 2010.

Localidad	Año	Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas	Viviendas habitadas con piso de tierra		Viviendas habitadas que no disponen de agua entubada de la red pública		Viviendas habitadas que no disponen de drenaje		Viviendas habitadas que no disponen de luz eléctrica		Viviendas habitadas sin ningún bien		Viviendas habitadas que disponen de automóvil propio		Viviendas habitadas que disponen de computadora	
			VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
Jesús del Monte	2000	2.37	145	29.5	56	11.4	123	25.1	14	2.9	19	3.9	93	18.9	sd	sd
	2005	1.45	111	18.7	27	4.5	37	6.2	41	6.9	18	3.0	sd	sd	54	9.1
	2010	1.09	96	9.6	41	4.1	21	2.1	4	0.4	3	0.3	534	53.2	243	24.2
San Miguel del Monte	2000	3.34	64	65.3	6	6.1	38	38.8	11	11.2	8	8.2	20	20.4	sd	sd
	2005	2.14	65	53.7	18	14.9	50	41.3	6	5.0	16	13.2	sd	sd	3	2.5
	2010	1.62	50	27.3	29	15.8	30	16.4	11	6.0	7	3.8	83	45.4	8	4.4
San José de las Torres	2000	2.61	74	79.6	5	5.4	44	47.3	8	8.6	5	5.4	3	3.2	sd	sd
	2005	1.62	70	57.4	28	23.0	39	32.0	7	5.7	9	7.4	sd	sd	0	0.0
	2010	1.41	32	18.9	28	16.6	48	28.4	5	3.0	3	1.8	39	23.1	1	0.6
Río Bello	2000	3.41	60	92.3	13	20.0	61	93.8	4	6.2	5	7.7	1	1.5	sd	sd
	2005	1.78	53	80.3	48	72.7	39	59.1	6	9.1	12	18.2	sd	sd	0	0.0
	2010	1.62	40	41.7	33	34.4	48	50.0	4	4.2	2	2.1	20	20.8	2	2.1
El Laurelito	2000	3.68	19	95.0	2	10.0	19	95.0	1	5.0	3	15.0	0	0.0	sd	sd
	2005	2.3	14	100.0	14	100.0	14	100.0	3	21.4	4	28.6	sd	sd	0	0.0
	2010	1.38	11	40.7	8	29.6	15	55.6	0	0.0	1	3.7	3	11.1	0	0.0
Torrecillas	2000	2.7	6	100.0	0	0.0	5	83.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0	sd	sd
	2005	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
	2010	1.59	5	21.7	11	47.8	3	13.0	3	13.0	0	0.0	8	34.8	0	0.0
El Agua Escondida	2000	3.75	6	100.0	3	50.0	4	66.7	6	100.0	1	16.7	2	33.3	sd	sd
	2005	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
	2010	1.88	3	37.5	2	25.0	4	50.0	1	12.5	0	0.0	5	62.5	0	0.0
Total (en la cuenca)	2000	3.12 ²	374	47.8	85	10.9	294	37.5	44	5.6	41	5.2	119	15.2	sd	sd
	2005	1.86 ²	313	33.9	135	14.6	179	19.4	63	6.8	59	6.4	sd	sd	57	6.2
	2010	1.51 ²	237	15.7	152	10.0	169	11.2	28	1.8	16	1.1	692	45.7	254	16.8
<i>*Altozano</i>	2000	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
	2005	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
	2010	0.65	1	0.3	5	1.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	237	67.1	221	62.6

VA: valor absoluto (número de viviendas habitadas para determinado indicador), %: valor relativo expresado en porcentaje (número de viviendas habitadas para determinado indicador), sd: sin dato, na: no aplica (en ese momento apenas iniciaba la construcción del CHC *Altozano*), ²Media para los tres años del promedio de opupantes por cuarto en viviendas en todas las localidades*El CHC *Altozano* sólo aparece como referencia, pues únicamente una muy pequeña porción de éste se halla dentro de la cuenca del río Chiquito.

Nota: El Censo General de Población y Vivienda 2000, el Conteo de Población y Vivienda 2005 y el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2001; 2006, 2011) no presentan datos de estos indicadores para las localidades de Planchapón, El Alacrán, Agua Zarca y El Caracol.

Fuente: INEGI (2001; 2006; 2011).

Migración

El indicador más reciente sobre emigración con el que se cuenta para la cuenca del río Chiquito, es la población de cinco años y más residente fuera de la entidad -en otra o en los EUA- para octubre del 2000. Dicho de otra manera, aquellas personas de ese grupo etario que residieron fuera de sus localidad en el mes de octubre del año 2000 y que regresaron a habitar a la misma antes o durante el momento en que se realizó el Censo de Población y Vivienda 2005 (INEGI, 2006) (Cuadro 17).

En el Cuadro 17 se observa que la población de cinco años y más de la cuenca que residía en otro entidad federativa para octubre del 2000 fue de 47 personas, es decir 1.2% del total de población de ese grupo etario. Comparado con los valores relativos de los emigrantes que regresaron al municipio de Morelia (3.1%) a la ciudad del mismo nombre (3.3%), este dato se halla por debajo de la mitad. En tanto que apenas por debajo del valor para Michoacán (1.7%) y poco arriba de la mitad de la cifra para el país (2.7%). Son únicamente las localidades de Jesús del Monte y de San José de las Torres en las que se presentó este fenómeno, con 40 personas (1.5%) para la primera y siete (1.4%) para la segunda.

Con apenas 26 emigrantes de la cuenca a los EUA, aparentemente la emigración a ese país no era tan significativa para ese momento. No obstante, tal cifra representa un 0.6% de sus pobladores de cinco años y más, porcentaje que se halla por encima de los valores para el municipio y la ciudad de Morelia (0.5 y 0.4% respectivamente), es idéntico con el de Michoacán (0.6%) y duplica el del país (0.3%). La cantidad absoluta de personas que migraron a la nación vecina se divide en 23 de Jesús del Monte, dos de San Miguel del Monte y uno de San José de las Torres. De tal manera que la primera localidad tiene una magnitud relativa bastante alta (0.9%) en comparación con las ya mencionadas.

Cuadro 17. Población de 5 años y más de la cuenca del río chiquito en octubre del año 2000.

Localidad	Total	Residente en otra entidad		Residente en EUA	
		VA	%	VA	%
Jesús del Monte	2,592	40	1.5	23	0.9
San Miguel del Monte	609	0	0.0	2	0.3
San José de las Torres	507	7	1.4	1	0.2
Río Bello	279	0	0.0	0	0.0
El Laurelito	82	0	0.0	0	0.0
Total (en la cuenca)	4,069	47	1.2	26	0.6
Morelia	522,001	17,074	3.3	2,335	0.4
Municipio de Morelia	588,340	18,034	3.1	2,824	0.5
Michoacán	3,495,742	59,098	1.7	21,399	0.6
México	90,266,425	2,410,407	2.7	244,244	0.3

VA: valor absoluto (habitantes de 5 y más años), %: valor relativo expresado en porcentaje (habitantes de 5 y más años)

Nota: El Censo de Población y Vivienda 2005 (INEGI, 2006) no presenta datos de estos indicadores para las localidades de Torrecillas, El Agua Escondida, Planchapón, El Alacrán, Agua Zarca y El Caracol.

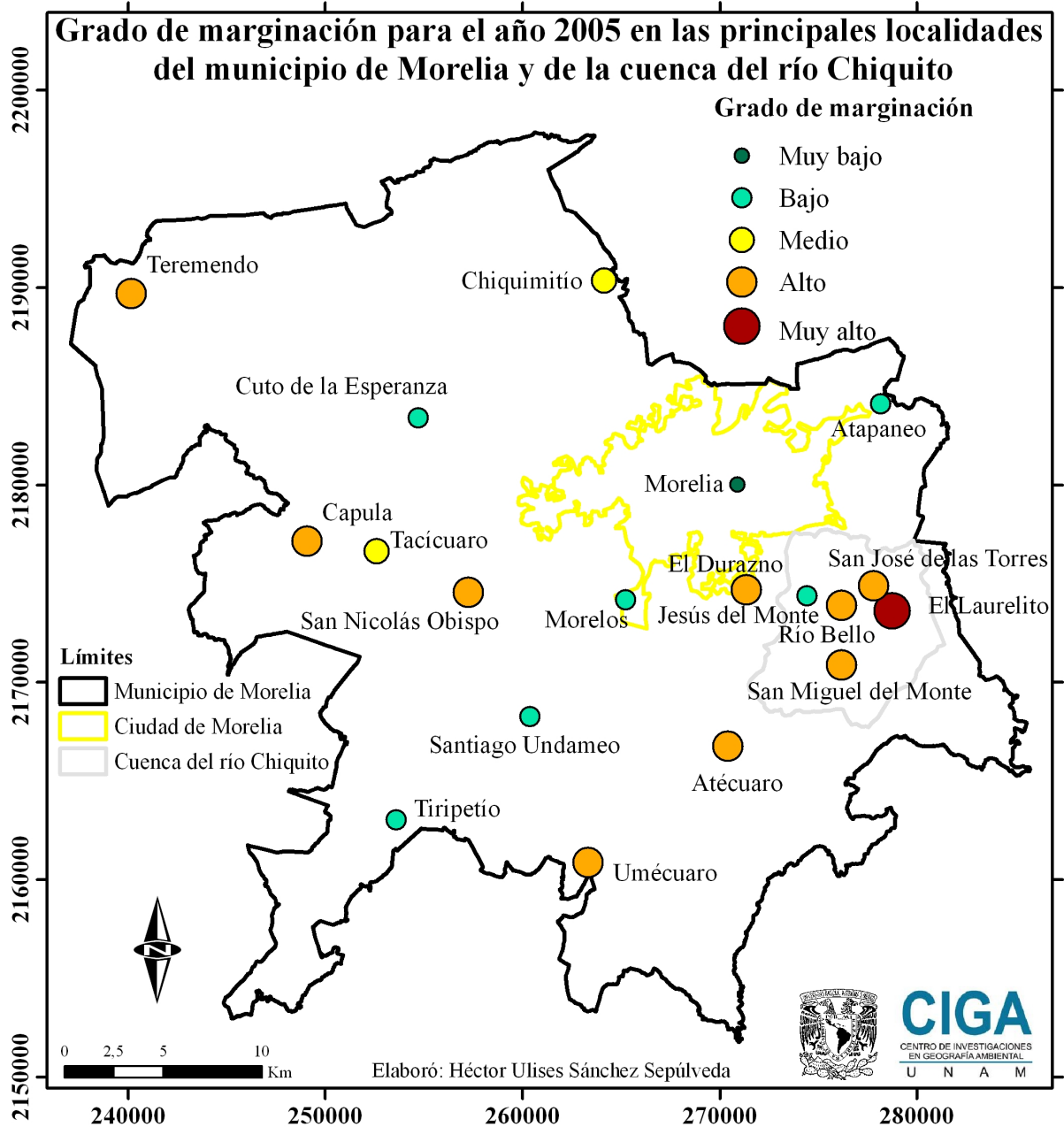
Fuente: INEGI (2006)

Marginación

En el Mapa 11 se muestra el grado de marginación⁴⁹ publicado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) en el año 2005 para las principales localidades del municipio de Morelia y para las que poseen mayor cantidad de habitantes en la cuenca del río Chiquito. Destaca que el poblado de Jesús del Monte presenta un grado de marginación bajo, mientras que San Miguel del Monte, San José de las Torres y Río Bello uno alto. El Laurelito por su parte cuenta con un grado de marginación muy alto.

Lo anterior puede estar vinculado con el nivel de acceso a bienes y servicios con lo que cuenta cada localidad, ya que Jesús del Monte es la que presenta condiciones mayormente urbanas y más accesibilidad y cobertura de los mismos que las demás localidades. Cabe mencionar que el poblado de El Laurelito es el más pequeño e inaccesible de los cinco que aparecen en el Mapa 11 para la cuenca del río Chiquito. Como se mencionó anteriormente, los datos del Censo de Población y Vivienda 2010 reflejan una aparente mejora en las condiciones de calidad de vida de los habitantes de la mayoría de los poblados de la cuenca del río Chiquito. Aunque ello haría suponer que el grado de marginación disminuye, esto no puede afirmarse con certeza, pues habría que obtener primero el índice de marginación con los datos del 2010 (el cual aún no ha sido publicado).

⁴⁹ A partir de los resultados del Censo de Población y Vivienda 2005 del INEGI, el Consejo Nacional de Población (CONAPO) calculó un índice de marginación. Éste permite medir y resumir la intensidad de exclusión que padece la población de una localidad al no participar el disfrute de bienes y servicios esenciales para el desarrollo de sus capacidades básicas. Para ello integra tres dimensiones estructurales de la marginación: educación, vivienda y disponibilidad de bienes. En cada una identifica formas de exclusión medidas por un total de ocho indicadores. De educación: a) porcentaje de población de 15 años o más analfabeta y b) porcentaje de población de 15 años o más sin primaria completa. De vivienda: a) porcentaje de viviendas particulares sin agua entubada en el ámbito de la vivienda, b) porcentaje de viviendas particulares sin drenaje ni excusado, c) porcentaje de viviendas particulares con piso de tierra, d) porcentaje de viviendas particulares sin energía eléctrica y e) porcentaje de viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento. De disponibilidad de bienes el porcentaje de viviendas particulares sin refrigerador. Finalmente, el grado de marginación es una forma de expresar el resultado del índice de marginación (de carácter numérico) en cinco categorías: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto (CONAPO, 2007).



Mapa 11. Se muestra el grado de marginación para las principales localidades de las tenencias del municipio de Morelia, así como para las los más grandes de la cuenca del río Chiquito.

DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN HIDROLÓGICA

Materiales y métodos

Delimitación espacial (elección de puntos de muestreo)

Con la finalidad de representar las condiciones de las corrientes superficiales de la parte alta, media y baja de la cuenca, se escogieron 21 puntos de muestreo: 19 distribuidos dentro de ella y dos fuera (en el cauce rectificado del río Chiquito que atraviesa parte de la ciudad de Morelia). Para hacerlo acorde a parámetros hidrológicos, en la selección espacial de los sitios se consideraron también las diferentes zonas funcionales de la cuenca, por lo que se escogieron cuatro puntos en la zona de cabecera, 14 en la zona de tránsito y tres en la zona de emisión⁵⁰. Del total de los puntos de muestreo 15 fueron corrientes superficiales, cuatro manantiales y dos desagües de plantas de tratamiento (Cuadro 18 y Mapa 12).

Los manantiales *La Rosa*, *La Pitahaya*, *Torrecillas* y *Manantial Río Bello* se seleccionaron con el supuesto de que la calidad de sus aguas pudiese servir como referencia de la más “pura” o menos contaminada que se halla en la cuenca. De los cuatro, los primeros tres se encuentran en zonas boscosas y altas de la cuenca y son aprovechados por la población local para su consumo. Sus aguas son colectadas en cisternas y desviadas íntegramente por líneas de manguera hacia las localidades de El Laurelito, San José de las Torres y Torrecillas respectivamente. No obstante, en la temporada de lluvias estos cajones de ladrillo suelen saturarse de agua y dejar correr el excedente por sus cauces naturales, situación que se repite en otros momentos del año cuando los mismos se obstruyen (por ramas, hojas, animales muertos o sedimentos) o cuando el curso del agua simplemente cambia antes de llegar a ellos y los rodea⁵¹. Cuando esto ocurre, los dos últimos fluyen hacia el río Chiquito y el primero hacia el arroyo San José (que se une al río Chiquito en la parte baja de la cuenca)⁵². Por otro lado, el *Manantial Río Bello* cuenta con

⁵⁰ Aunque para la delimitación de la cuenca del río Chiquito que aquí se utilizó, propiamente sólo existe un punto en su zona de emisión (*Club campestre*) y los otros dos (*García Obseso* y *Av. Michoacán*) se hallan fuera de la misma sobre el cauce rectificado que atraviesa a la ciudad de Morelia. De cualquier manera, para efecto del presente análisis los últimos dos se hallan en la planicie donde se depositan los sedimentos de la cuenca y por ello son considerados dentro de dicha zona de la cuenca.

⁵¹ Esto ocurre debido a que la distancia de las localidades a los manantiales es de alrededor de 30 minutos a pie (cortando por veredas) o hasta una hora en vehículo (en aquellos en los que se cuenta con brecha), tiempo que depende de las condiciones en que se encuentre el camino, incrementando casi al doble en temporada de lluvias y en ocasiones haciéndose imposible acceder en automóvil. Así, aunque cada cisterna recibe mantenimiento por los pobladores de la localidad que aprovecha ese manantial, la supervisión de su correcto funcionamiento y las reparaciones no pueden hacerse tan frecuentemente y a menudo sólo sucede cuando el gasto del agua recibida en la localidad disminuye o se detiene.

⁵² Esta situación tiene importantes implicaciones funcionales en la cuenca, ya que el flujo natural del agua se ve alterado, como es el caso del río San José y el río Bello. De acuerdo con la carta topográfica del INEGI (1998) ambos solían ser una corriente superficial perenne para 1995 (fecha de vuelo de las fotografías aéreas que sirvieron como insumo para la carta), no obstante, en trabajo de campo el primero se observó seco en abril de 2010 y prácticamente sin agua en enero de 2011. Este río proviene de los nacimientos de agua del manantial *La Rosa* que de acuerdo con la

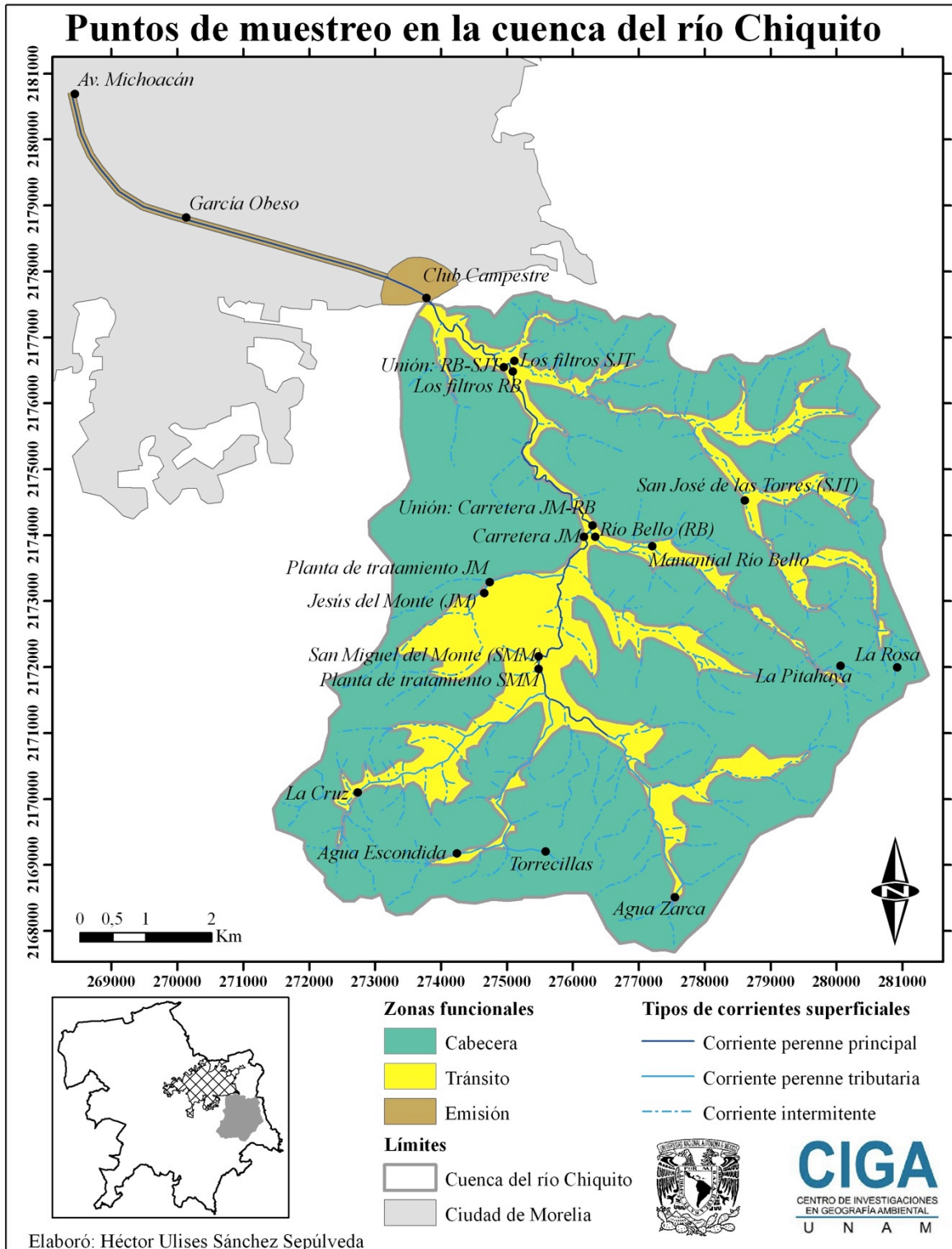
diferentes características espaciales a los otros. Se halla justo en medio de un campo de cultivo y su agua no se consume por la población, por lo que puede servir como referencia de la calidad del agua en la parte media de la cuenca.

Finalmente, es importante mencionar que en dos puntos adicionales (*Unión: Carretera JM-RB* y *Unión: RB-SJT*) no se estimó el gasto y sólo se tomaron lecturas de los parámetros físicos y químicos en campo (T,K, pH y OD). Se eligieron estos sitios, por ser estratégicos en la red de drenaje de la cuenca, ya que cada uno representa la intersección de dos corrientes de alto orden (4+3 y 4+4, respectivamente) y en este caso las más importantes para la cuenca, por la longitud de su cauce. Lo anterior, únicamente con la intención de obtener datos de referencia que permitieran reconocer que tanto inciden las características de una corriente al unirse con la otra. Los demás puntos se hallan distribuidos a lo largo de la cuenca.

Cuadro 18. Datos generales sobre los puntos de muestreo

No.	Punto de Muestreo	Tipo de corriente	Estacionalidad de la corriente	Coordenadas métricas (E, N) WGS84 UTM Z14	Altitud (msnm)	Zona funcional de la cuenca
1	<i>La Rosa</i>	Manantial	Perenne	280927, 2171995	2440	Cabecera
2	<i>La Pitahaya</i>	Manantial	Perenne	280071, 2172017	2340	Cabecera
3	<i>Torrecillas</i>	Manantial	Perenne	275594, 2169204	2360	Cabecera
4	<i>Agua Zarca</i>	Tributaria	Perenne	277555, 2168510	2260	Cabecera
5	<i>Agua Escondida</i>	Tributaria	Perenne	274247, 2169172	2340	Tránsito
6	<i>La Cruz</i>	Tributaria	Perenne	272741, 2170094	2300	Tránsito
7	<i>San José de las Torres (SJT)</i>	Tributaria	Perenne	278617, 2174524	2140	Tránsito
8	<i>San Miguel del Monte (SMM)</i>	Principal	Perenne	275493, 2172120	2100	Tránsito
9	<i>Planta de tratamiento SMM</i>	Tributaria	Perenne	275493, 2172120	2100	Tránsito
10	<i>Jesús del Monte (JM)</i>	Tributaria	Perenne	274733, 2173288	2100	Tránsito
11	<i>Planta de tratamiento JM</i>	Tributaria	Perenne	274733, 2173288	2100	Tránsito
12	<i>Manantial Río Bello</i>	Tributaria	Perenne	277215, 2173834	2080	Tránsito
13	<i>Río Bello (RB)</i>	Tributaria	Perenne	276261, 2174075	2060	Tránsito
14	<i>Carretera JM</i>	Principal	Perenne	276261, 2174075	2060	Tránsito
15	<i>Unión: Carretera JM-RB</i>	Principal	Perenne	276261, 2174075	2060	Tránsito
16	<i>Los filtros RB</i>	Principal	Perenne	275062, 2176619	2000	Tránsito
17	<i>Los filtros SJT</i>	Tributaria	Intermitente	275062, 2176619	2000	Tránsito
18	<i>Unión: RB-SJT</i>	Principal	Perenne	275062, 2176619	2000	Tránsito
19	<i>Club Campestre</i>	Principal	Perenne	273783, 2177593	1940	Emisión
20	<i>García Obeso</i>	Principal	Perenne	270140, 2178814	1920	Emisión
21	<i>Av. Michoacán</i>	Principal	Perenne	268449, 2180692	1900	Emisión

población local fue desviado hace más de 20 años para su aprovechamiento por la localidad de El Laurelito. Por otro lado el río Bello, que nace con el manantial *La Pitahaya* y *La Tijera*, desviado para su aprovechamiento por la localidad de San José de las Torres (aproximadamente al mismo tiempo que *La Rosa*), se encontró sin agua en junio de 2009 y prácticamente seco en febrero de 2010 (considerando algunas lluvias en esos días) y en enero de 2011. Aunque hay que aclarar que no todo el cauce, ya que este río se une con el *Manantial Río Bello* y con otro contiguo. De ahí en adelante el río se mantiene como perenne hasta unirse (a menos de un kilómetro) con la corriente principal del río Chiquito. En este sentido, la población local reconoce que el gasto en ambas corrientes ha disminuido, al menos en las últimas dos décadas.



Mapa 12. Aparecen los puntos de muestreo seleccionados para la presente investigación ubicados en las tres distintas zonas funcionales de la cuenca.

Temporalidad (años hidrológico y campañas)

Por razones logísticas se decidió llevar a cabo cuatro campañas de muestreo para caracterizar el año hidrológico 2010-2011 en la cuenca del río Chiquito. Para determinar en qué momento realizarlas se revisó la dinámica de la precipitación y la temperatura media para una estación meteorológica ubicada en el poblado de Jesús del Monte (al noroeste de la cuenca del río Chiquito) (vease el climograma de la Figura 6 en el capítulo Área de estudio). Como se muestra en la siguiente gráfica los meses con mayor precipitación son los de julio y agosto y los meses con menor son los de febrero y marzo, por lo que podríamos reconocer la temporada de lluvias durante los dos primeros y la temporada de seca en los dos últimos.

Por lo anterior, se resolvió realizar las campañas de muestreo con una diferencia de tres meses entre cada una. La primera campaña de muestreo antes de la temporada de lluvias (última semana del mes de abril de 2010); la segunda campaña durante la temporada de lluvias (última semana de julio de 2010); la tercera después de la temporada de lluvias (última semana de octubre de 2010); y finalmente, la última campaña de muestreo en secas (últimos días del mes de enero 2011). Con ello, la dinámica de la precipitación y la temperatura en la cuenca quedó considerada con un factor que es determinante en la diferenciación de las propiedades y cantidad de agua a lo largo del año hidrológico.

Parámetros evaluados de calidad del agua

En un principio el proyecto de investigación pretendía evaluar sólo aquellos parámetros del agua vinculados con los procesos erosivos que ocurren en la cuenca, importante problema que existe hace más de 200 años, como ya se mencionó anteriormente. Entre ellos se encontraba la determinación de los sólidos suspendidos totales y de la turbidez. Conforme el problema de investigación fue delimitándose y la revisión bibliográfica en la temática de calidad del agua se llevó a cabo, se tomó la decisión de incluir no sólo estos dos parámetros físicos del agua, sino otros más, incluyendo químicos y bacteriológicos. Se concluyó que el estudio de la calidad del agua requiere de una mayor amplitud en los parámetros evaluados, lo cual proporciona una mejor comprensión de los factores que la determinan y permite hacer recomendaciones más acorde a la realidad del caso.

Por lo anterior, finalmente se escogieron un total 13 parámetros de calidad del agua: cuatro físicos, siete químicos y dos microbiológicos, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 19. Parámetros de la calidad del agua evaluados.

	Parámetros físicos de calidad de agua	Parámetros químicos de calidad de agua	Parámetros microbiológicos de calidad de agua
Obtención en campo	1. Temperatura (T) 2. Conductividad eléctrica (K)	5. Potencia hidrógeno (pH) 6. Oxígeno disuelto (OD)	
Obtención en laboratorio	3. Sólidos suspendidos totales (SST) 4. Turbidez (Tb)	7. Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO ₅) 8. Dureza total (DT) Nutrimentos: 9. Nitratos (NO ₃ -N) 10. Nitrógeno amoniacal (NH ₃ -N) 11. Ortofosfatos (PO ₄ ³⁻)	Coliformes: 12. <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) 13. Coliformes totales (CT)

Nota: También se registró como parámetro organoléptico el olor del agua y se estimó el gasto. Asimismo, se obtuvieron los sólidos disueltos totales (SDT), pero por estar directamente relacionados con la K, sólo se empleó la última para la determinación de los índices de calidad del agua (ICAs). No obstante, -los SDT- si se introdujeron a los análisis estadísticos.

Cabe mencionar que esta selección estuvo también determinada en parte por los equipos y técnicas que se tenían al alcance, así como las limitaciones económicas y de tiempo existentes.

Finalmente, también se estimaron los gastos para todos los puntos y se registró *in situ* - como parámetro organoléptico- el olor del agua (clasificado en “sin olor” o en “olor desagradable”). Asimismo, se levantaron en campo datos de los sitios donde se ubicó cada punto, tales como: nombre del sitio, coordenadas, altitud, fecha, hora, cobertura del dosel, descripción del sitio (vegetación, usos del suelo, tipo de suelo, etc.) y demás observaciones se consideraron pertinentes (véase Anexo II).

Equipos y técnicas utilizadas

Atendiendo a los criterios establecidos en la NOM-230-SSA1-2002 (2005) (entre otras cosas, establece los procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano) en su apartado 7.7 *Preservación de muestras*, para cada sitio evaluado se tomó una muestra de dos litros de agua, distribuida en dos frascos de plástico con tapa previamente lavados. Aunque no lo especifica la Norma, los frascos se lavaron con jabón libre de fosfatos, posteriormente se dejaron en solución de HCl al 10% durante un día, haciendo los enjuagues con agua destilada y transportándolos tapados y secos. Una vez tomada la muestra se llevó al laboratorio para su análisis refrigerada (4-10°C aproximadamente) y en la obscuridad dentro de una hielera cerrada. Para las campañas en las que se determinaron coliformes los frascos fueron esterilizados en un autoclave durante 15 minutos a 121 ± 1°C de acuerdo a lo expuesto en la NOM-112-SSA1-1994 (1995) (establece los requerimientos para la determinación de bacterias coliformes).

Antes de tomar la muestra final de cada punto, se hicieron dos enjuagues previos con la misma agua. Las muestras se tomaron, en la medida de lo posible, de la parte central de la

lámina de agua, es decir, a la mitad del ancho del cauce y a una profundidad intermedia de la superficie y el lecho. Para el caso de los manantiales, las muestras se obtuvieron directamente del flujo, ya que este era pequeño en comparación con el de los ríos y arroyos. En todos los casos se hizo evitando contaminar la muestra con material del fondo y de los costados del cauce. Finalmente, para las plantas de tratamiento, el agua se colectó directamente de los tubos de desagüe.

Parámetros obtenidos en campo

- Temperatura (T), conductividad eléctrica (K), potencial hidrógeno (pH) y oxígeno disuelto (OD)

Para todos los parámetros físico y químicos que fueron obtenidos *in situ* se utilizó un multiparámetro portátil HACH sension156 y se tomó la lectura directamente en el frasco inmediatamente después que se obtuvo cada muestra (Figura 7). En las campañas donde se realizaron análisis microbiológicos, la lectura con el multiparámetro se realizó en un frasco, guardando la muestra en otro –previamente esterilizado- para la determinación de coliformes en laboratorio, evitando así en la mayor medida su contaminación. La T se registró en °C, la K en $\mu\text{S}/\text{cm}$, el pH en unidades de potencial Hidrógeno (0-14) y el OD en mg/l.



Figura 7. Toma de parámetros físicos y químicos en campo.

➤ Gasto (Q)

El Q se estimó en l/s utilizando dos técnicas diferentes de acuerdo a las características de cada sitio. Pues los últimos varían en su caudal (cantidad de agua y velocidad de su flujo), en la forma del cauce (curvo o recto) y en el ancho y la profundidad del mismo. A su vez, estas condiciones no sólo difieren entre cada punto de muestreo, sino entre ellos mismos a lo largo del tiempo, debido a la estacionalidad. A continuación se explican las dos técnicas utilizadas.

- a) El método de área-velocidad⁵³ con un molinete electrónico Swoffer modelo 2100 (0.03-7.5 m/s) fue la técnica que se empleó con mayor frecuencia (Figura 8), principalmente cuando el caudal era lo suficientemente grande y la forma del cauce más o menos recta y plana (a veces se rectificó un pequeño tramo del cauce con una pala y un pico, además de retirarle las piedras del fondo). Para registrar la velocidad se dividió el cauce transversalmente en una o más franjas imaginarias (dovelas) (medidas con una cinta métrica) y las lecturas se tomaron por triplicado a un 60% de profundidad a partir de la superficie. De acuerdo con Kennedy *et al.* (2000) en ese lugar del tirante el agua fluye a una velocidad media⁵⁴. Posteriormente, se promediaron los tres registros y con ello se obtuvo una velocidad media que fue multiplicada por el área de la franja para obtener su Q. Finalmente, este Q se convirtió de metros cúbicos por segundo a litros por segundo. La ecuación para calcular el gasto es la siguiente:

$$Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3} A = \bar{v} A$$

convirtiendo el Q de m³/s a l/s,

$$Q \left(\frac{l}{s} \right) = Q \left(\frac{m^3}{s} \right) \left(\frac{1000 l}{1 m^3} \right)$$

donde:

Q: Gasto (l/s)

v₁: Primera lectura de la velocidad de la franja o dovela (m/s)

v₂: Segunda lectura de la velocidad de la franja o dovela (m/s)

⁵³ Para mayores detalles técnicos de este método consultar la fuente que se utilizó como base: Kennedy, *et al.* (2000).

⁵⁴ En algunas ocasiones, cuando el caudal era muy grande y el cauce muy profundo (mayor a 50 centímetros) como en los puntos urbanos *García Obeso* y *Av. Michoacán*, cada franja se dividió verticalmente en dos (superior e inferior) y se tomó la lectura de la velocidad media para ambas al centro de cada división. Luego se obtuvo el promedio de esas dos, es decir la gran media y con esta velocidad se calculó el Q de la franja vertical completa.

v_3 : Tercera lectura de la velocidad de la franja o dovela (m/s)

A : Área de la franja o dovela (m²)

\bar{v} : Media de las tres lecturas de la velocidad en la franja o dovela (m/s)

En caso de haber más de una dovela, se sumó el gasto de cada una para obtener el gasto total, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Q_T = \sum_{i=1}^n Q_i$$

donde:

Q_T : Gasto total (l/s)

Q_i : Gasto de cada franja o dovela (l/s)



Figura 8. Estimación del Q por el método de área-velocidad.

A la izquierda se observa la medición de la velocidad del agua con el molinete electrónico (la flecha indica el sentido del flujo de agua) y a la derecha se aprecia el molinete y la barra de sujeción.

- b) En menos ocasiones, cuando el caudal era menor (como en el caso de los manantiales o corrientes pequeñas) la estimación del Q se realizó con el método de relación volumen-tiempo. Para ello se canalizó el agua hacia un pozo con una pala –a veces con la ayuda de un tramo de tubo o de una botella sin fondo- para captarla totalmente en una cubeta de 10 litros (cuando fluía mucha) o a un bote de un litro (cuando el flujo era menor). Se cronometró tres veces el tiempo que tardaban en alcanzar ese volumen, se promedió tal tiempo para obtener su media y se dividió el volumen entre ésta (Figura 9). Tal y como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V}{\frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}} = \frac{V}{\bar{t}}$$

donde:

Q : Gasto (l/s)

V : Volumen del recipiente (10 l para la cubeta y un litro para el bote)

t_1 : Primera lectura del tiempo en que el agua alcanzó el volumen del recipiente (s)

t_2 : Segunda lectura del tiempo en que el agua alcanzó el volumen del recipiente (s)

t_3 : Tercera lectura del tiempo en que el agua alcanzó el volumen del recipiente (s)

\bar{t} : Media de las tres lecturas del tiempo en que el agua alcanzó el volumen del recipiente (s)



Figura 9. Estimación del Q por el método de relación volumen-tiempo.

Arriba a la izquierda se observa la captura de agua con la cubeta de 10 litros, mientras que arriba a la derecha y abajo al centro se aprecia el desvío de una pequeña corriente superficial de agua para conducirla hacia el bote de un litro.

Parámetros obtenidos en laboratorio

➤ Sólidos suspendidos totales (SST)

Los SST se evaluaron haciendo pasar un volumen máximo de un litro a través de un filtro de 0.7 micrómetros secado previamente en un horno a 100°C y pesado en una balanza analítica. Para el filtrado se utilizó una bomba eléctrica de vacío y posteriormente se secó de nuevo el filtro a la misma temperatura durante el mismo tiempo (Figura 10). El valor de los SST en miligramos por litro se obtuvo de la diferencia entre del peso final (después del filtrado) y el peso inicial, dividido entre el volumen de agua que pasó por él. Como se muestra en la siguiente ecuación:

$$SST \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{\text{Peso final (mg)} - \text{Peso inicial (mg)}}{\text{Volumen (l)}}$$

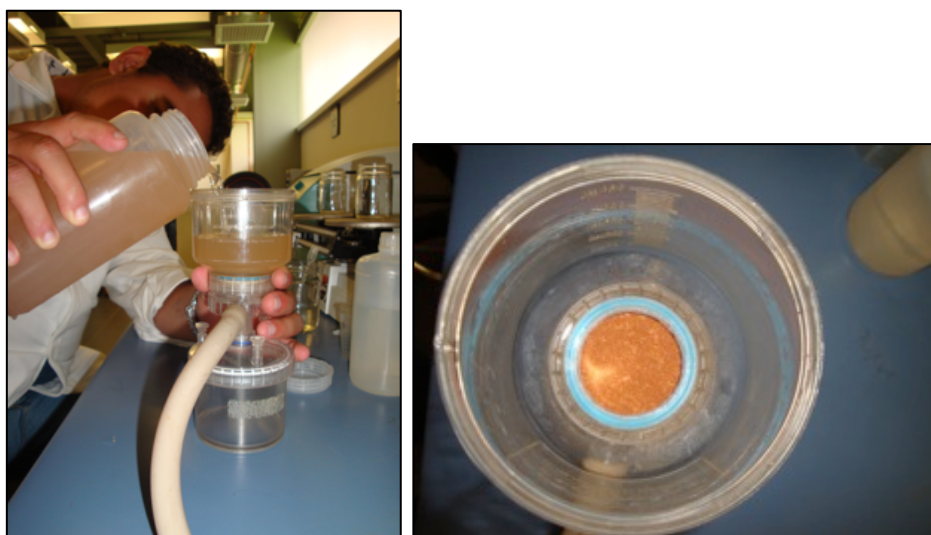


Figura 10. Determinación de los SST por medio de filtrado.

➤ Turbidez (Tb)

El valor de la turbidez del agua, expresado en unidades nefelométricas de turbidez (UNT), fue determinado por un turbidímetro de laboratorio HACH 2100N (Figura 11). Se obtuvieron dos sub-muestras de cada muestra, y antes de vaciar el agua a las celdas⁵⁵ del turbidímetro, se agitó vigorosamente el envase para recoger las partículas que pudiesen haberse sedimentado. Lo mismo se hizo con las celdas antes de cada lectura, pero con mucho menor intensidad para evitar generar burbujas de aire que interfirieran en la medición. Cada sub-muestra se leyó 3

⁵⁵ Recipiente de vidrio transparente que se utiliza en turbidímetros y espectrofotómetros para hacer pasar un haz de luz a través de él. Para el caso de los últimos, también los hay de plástico.

veces y se promedió el valor para cada una. Posteriormente se obtuvo la gran media, es decir el promedio de los promedios de cada sub-muestra, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_a + \bar{x}_b}{2} = \frac{\frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} + \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3}}{2}$$

donde:

$\bar{\bar{x}}$: Gran media de la Tb (UNT)

\bar{x}_a : Promedio de la Tb de la sub-muestra *a* (UNT)

\bar{x}_b : Promedio de la Tb de la sub-muestra *b* (UNT)

a_n : Lectura de la Tb de la sub-muestra *a* (1, 2 y 3) (UNT)

b_n : Lectura de la Tb de la sub-muestra *b* (1, 2 y 3) (UNT)

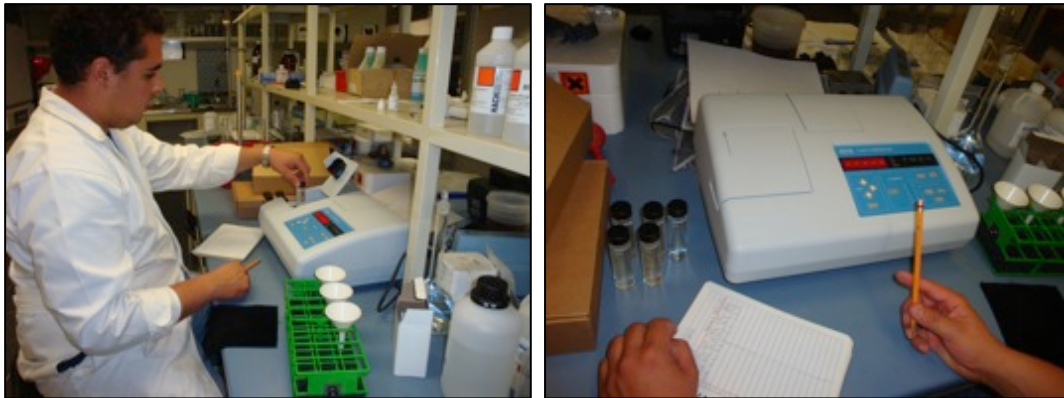


Figura 11. Medición de la Tb en un turbidímetro.

➤ Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO₅)

Para calcular al DBO₅ se utilizaron botellas de incubación de 300ml totalmente forradas de plástico para evitar el paso de la luz. En ellas se vertió agua de la muestra, previamente agitada para saturarla de oxígeno, y se tapó a presión dejando un sello de agua para evitar que quedase aire dentro de la botella. Con el multiparámetro portátil HACH sension156 se midió el OD al primer día, es decir, antes de cerrarlas y se dejaron en una incubadora de baño maría controlada por termostato a 20 ± 1°C (Figura 12). Al paso de cinco días se volvió a medir el OD y el valor de la DBO₅ en mg/l se obtuvo al calcular la diferencia del valor del OD al quinto día con el del OD al primer día, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$DBO_5 \left(\frac{mg}{l} \right) = OD \text{ al quinto día} \left(\frac{mg}{l} \right) - OD \text{ al primer día} \left(\frac{mg}{l} \right)$$



Figura 12. Determinación de la DBO₅.

A la izquierda se muestra la medición del OD previo al reposo durante cinco días en la incubadora que aparece a la derecha.

➤ Dureza total (DT)

Para determinar la DT se utilizó el método 8213 de titulación con EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) para intervalos de 10 a 4000 mg/l como CaCO₃ (HACH COMPANY, 2010). Para este caso, el análisis se llevó a cabo con un cartucho de 0.0800 M de EDTA, específico para bajos niveles de DT (de 10 a 160 mg/l como CaCO₃), toda vez que se hicieron pruebas con el cartucho de 0.800 M de EDTA (para intervalos de 100 a 4000 mg/l como CaCO₃), pero la titulación no podía realizarse con precisión, ya que los cambios de coloración ocurrían bastante rápido por las características de las corrientes superficiales de la cuenca, la cual presenta bajas concentraciones de este parámetro. En esta técnica se utilizaron matraces Erlenmeyer de 250ml, un agitador magnético y un titulador digital (Figura 13). La determinación se hizo por duplicado, es decir, dos veces por cada muestra, y posteriormente se hizo un promedio entre los resultados de ambas réplicas.



Figura 13. Determinación de la DT por el método de titulación con EDTA.

➤ Nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$)

La determinación de los valores de los nitratos se llevó a cabo con el método 8039 de reducción de cadmio para intervalos de 0.3 a 30.0 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ (HACH COMPANY, 2005a) en un espectrofotómetro HACH DR 2800 (Figura 14). Se llevaron a cabo dos réplicas de cada muestra y se promediaron sus resultados.

➤ Nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$)

Los valores de nitrógeno amoniacal fueron determinados por medio del método 8155 salicilato para intervalos de 0.01 a 0.50 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ (HACH COMPANY, 2005b) en un espectrofotómetro HACH DR 2800 (Figura 14). Se realizaron lecturas de dos réplicas para cada muestra y el resultado final fue el promedio de ambas.

➤ Ortofosfatos (PO_4^{3-})

Se utilizó el método 8048 de ácido ascórbico para intervalos de 0.02 a 2.50 mg/l PO_4^{3-} (HACH COMPANY, 2005c) en un espectrofotómetro HACH DR 2800 para obtener los valores de los ortofosfatos (Figura 14). Al igual que la determinación de los dos nutrientes anteriores, en este caso se calculó también el promedio de dos réplicas por muestra.

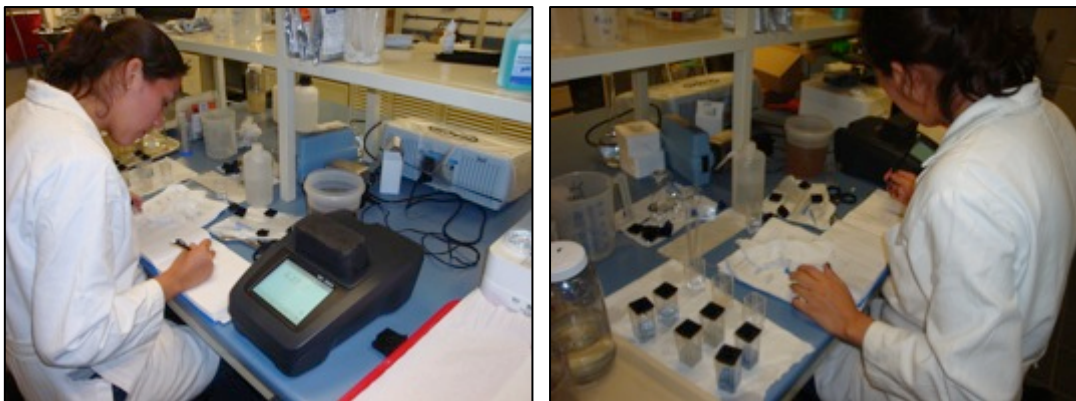


Figura 14. Determinación de la concentración de los nutrientes ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_3\text{-N}$ y PO_4^{3-}) con un espectrofotómetro.

➤ *Escherichia coli* (*E. coli*) y coliformes totales (CT)

Para la determinación de los valores de coliformes se utilizó el método de Coliscan Easygel de LaMotte utilizado por el Alabama Water Watch (AWW) (Deutsch y Busby, 1999). Esta técnica presenta diversas ventajas sobre los métodos tradicionales para los análisis microbiológicos de

coliformes. Es simple de usar, menos costosa y arroja resultados precisos y cuantitativos que permiten identificar y distinguir entre la presencia en el agua de *E. coli* (como indicador de coliformes fecales) y de coliformes no fecales (excluye a las de origen fecal como *E. coli*). A la suma de ambas en la presente investigación se le denominan como coliformes totales (véase Figura 1).

Aunque este método permite la siembra en campo y luego transferirse a gelificar en las cajas de Pétri, se decidió hacerlo en laboratorio para tener condiciones más controladas y evitar contaminación de las muestras.

El procedimiento consistió en el laboratorio se realizó en una mesa previamente desinfectada con metanol y en un espacio sin corrientes de aire para procurar un ambiente estéril. La siembra se hizo dentro de los botes de Coliscan Easygel (en estado líquido a temperatura ambiente) con pipetas desechables y estériles utilizando 1ml de muestra por réplica⁵⁶. Posteriormente se vertieron en cajas de Pétri estériles y aproximadamente una hora después, una vez gelificadas, se pusieron a incubar a una temperatura de 35°C un promedio de 40 horas. Para cada muestra se realizaron tres réplicas y se hicieron 3 blancos para cada momento de siembra con la finalidad de saber si existió algún tipo de contaminación durante este proceso. Finalmente se hizo el conteo de colonias por réplica.

Durante el crecimiento bacteriano que ocurre con la incubación, las colonias de *E. coli* se tiñen de un color que va del azul oscuro al morado, mientras que las coliformes no fecales lo hacen de un intervalos que va del rosa al rojo oscuro. Por otro lado, sólo deben de contarse aquellas que se distinguen a simple vista (Figura 15). De acuerdo con el AWW (Deutsch y Busby, 1999) si el número de colonias por caja de Pétri es mayor a 200, debe reportarse como MNPC (muy numeroso para contabilizar), no obstante se decidió reportarlo como >250 y por ende, como >25000 UFC/100ml.

Vale la pena señalar que el resultado del conteo de colonias varía de acuerdo a la persona que lo hace, en mayor medida cuando las cajas de Pétri presentan un gran número de colonias. Por esta situación se decidió realizar la cuenta por dos personas diferentes (las mismas para las dos campañas de muestreo en que se realizó el análisis microbiológico) y una vez que se tuvieron los resultados estos fueron promediados para cada réplica de cada muestra. No obstante, la diferencia entre ambos observadores no fue más allá del 5 al 10%. Una vez realizado lo anterior, se obtuvo la gran media por muestra para los valores promedio de cada una de las

⁵⁶ Cabe mencionar que para la cuarta campaña de muestreo (la segunda en la que se realizaron estos análisis microbiológicos), se hicieron diluciones a 0.50, 0.25 y 0.10 ml para las muestras de los sitios que en la determinación de las segunda campaña (primer análisis microbiológico) resultaron con las cajas de Pétri saturadas de colonias haciendo imposible su conteo (sitios urbanos y plantas de tratamiento). Lo anterior con la intención de tener una referencia de su grado de contaminación, aunque estos datos no fueron utilizados como tales, ya que no se obtuvieron para ambas campañas de muestreo, por lo que se decidió expresar en los sitios saturados como mayores a 250 colonias por caja, es decir, >25,000 UFC/100ml.

tres réplicas. La siguiente ecuación describe lo anterior. Finalmente, se realizó el producto de la gran media por 100 (mililitros), para así, reportar el resultado en UFC/100ml. Lo anterior se realizó tanto para *E. coli* como para otras coliformes y se expone en la siguiente ecuación:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_a + \bar{x}_b + \bar{x}_c}{3} = \frac{\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{b_1 + b_2}{2} + \frac{c_1 + c_2}{2}}{3}$$

donde:

$\bar{\bar{x}}$: Gran media del número de colonias (UFC/100ml)

\bar{x}_a : Promedio del número de colonias para la réplica *a* (UFC/100ml)

\bar{x}_b : Promedio del número de colonias para la réplica *b* (UFC/100ml)

\bar{x}_c : Promedio del número de colonias para la réplica *c* (UFC/100ml)

a_n : Número de colonias observadas en la réplica *a* (persona 1 y persona 2) (UFC/100ml)

b_n : Número de colonias observadas en la réplica *b* (persona 1 y persona 2) (UFC/100ml)

c_n : Número de colonias observadas en la réplica *c* (persona 1 y persona 2) (UFC/100ml)

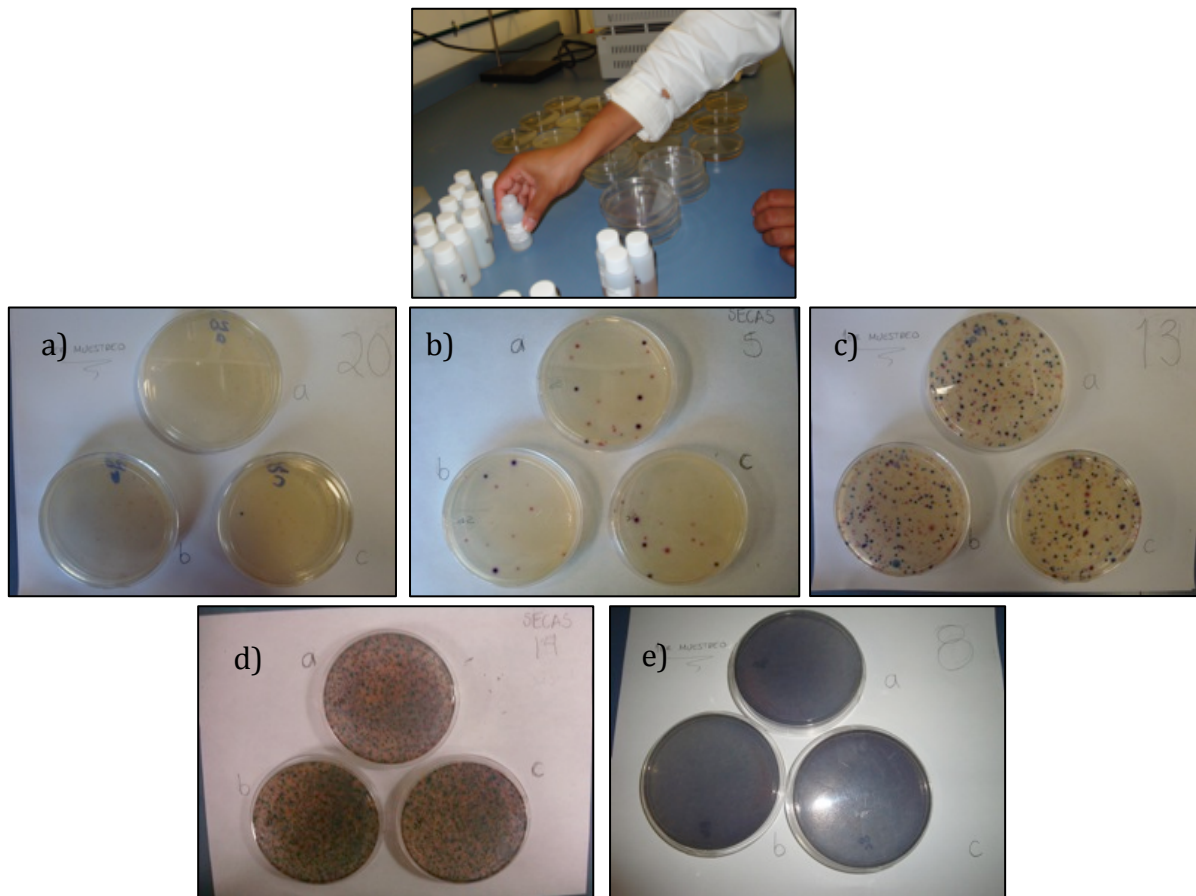


Figura 15. Análisis microbiológicos.

Hasta arriba se observa el proceso de cultivo. Después se muestran cajas de Pétri -cultivadas e incubadas- con un crecimiento bacteriano que va de casi nulo en el inciso *a* (manantiales con agua de buena calidad), a excesivo en el inciso *d* (aguas residuales domésticas) y a sobresaturación en el inciso *e* (salida de plantas de tratamiento).

Índice de calidad del agua (ICA)

Existe una amplia variedad de ICAs definidos a razón del tipo de variables y del uso para el cual desea evaluarse la calidad del agua. Asimismo, las definiciones de ICA son diversas, Fernández y Solano (2005: 27)⁵⁷ exponen que es "...una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros [o indicadores], el cual sirve como expresión de la calidad del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o incluso, un color". Cabe mencionar que el diseño de un índice complejo y específico para el presente caso de estudio rebasa los alcances de la investigación. Toda vez que sólo se pretende emplearlo para simplificar los datos, de manera que su interpretación se facilite. Dicho de otra forma, se busca resumir en un único valor el nivel de contaminación de cada sitio muestreado, para permitir una comparación más sencilla entre cada uno de ellos. Habrá que reconocer que al inicio de la investigación no se planteó la necesidad de utilizar un ICA, sino que este fue considerado una vez que se inició con el análisis de los datos y la presentación de los resultados. Por este motivo, se decidió realizar una revisión bibliográfica acerca de algunos ICA que ya son aplicados en diversos lugares, y con base a ellos, elegir el más conveniente para el caso, haciéndole adecuaciones de ser necesario.

Destaca que diversos autores suelen seguir la recomendación de Conesa Fernández-Vítora (1997) para utilizar el ICA propuesto en 1979 por Martínez de Bascarán⁵⁸ (Pesce y Wunderlin, 2000; Debels *et al.*, 2005; Kannel *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2007; Teixeira de Mello, 2007). Esto puede deberse a que a diferencia de otros índices, diseñados para evaluar la calidad con respecto a un uso, éste estima un valor global o general de la calidad del agua. Además, se basa en una tabla con más de 20 diferentes parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, donde se muestra la ponderación para cada uno, así como un porcentaje de acuerdo a determinados intervalos de valores en los que se pueden ubicar cada parámetro (en el Cuadro 20 se muestran los parámetros utilizados en la presente investigación).

El ICA de Martínez de Bascarán indica en una escala de 0-100 la calidad general del agua, siendo los valores menores a 50 considerados como inaceptables. Este índice posee diversas ventajas, por un lado muestra la calidad general del agua sin hacerlo para un uso en específico (aunque puede aproximarse la calidad para diversos usos como se muestra en el Cuadro 21). Por

⁵⁷ Estos autores hacen una extensa revisión de muchos índices de calidad (ICA) y de contaminación (ICO) del agua utilizados a nivel internacional. Exponen las características y objetivos específicos de cada uno. La principal diferencia entre los ICAs y los ICOs, es que los primeros se han empleado tradicionalmente para una aproximación a la calidad general del agua, mientras que los segundos lo hacen para un tipo específico de contaminación.

⁵⁸ Cabe mencionar que no se pudo acceder a su publicación original (Martínez de Bascarán, G. [1979]. "Establecimiento de una metodología para conocer la calidad del agua" en *Bol. Inf. Medio Ambiente*, no. 9, pp. 30-51) y al parecer por su difícil obtención en algunas publicaciones suele citarse sólo la recomendación de este ICA hecha por Vicente Conesa Fernández-Vítora en las diferentes ediciones de su *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*.

el otro, su cociente normalizado puede ajustarse a los parámetros evaluados y no necesariamente a todos los propuestos por el autor. No obstante, ésta última ventaja puede ser a la vez una desventaja, ya que el ICA se vuelve exclusivo para las sitios evaluados con determinados parámetros, por lo que su comparación con otras investigaciones donde se utiliza el mismo ICA pero con diferentes parámetros debe hacerse con precaución.

En primera instancia, los objetivos de esta tesis no contemplaban evaluar la calidad con respecto a ningún tipo de uso, sino más bien hacerlo en forma general (como una suerte de primer acercamiento al estudio de la cuenca del río Chiquito, propio de un diagnóstico en la etapa previa de la gestión en cuencas). En segunda, en el ICA de Martínez de Basarán se hallaban, con excepción de *E. coli*, todos los parámetros considerados en la presente investigación; y en tercera, la apertura de este índice para usar algunos y no todos los parámetros propuestos, fueron tres de las razones que hicieron pertinente optar por él para presentar los datos y hacer la discusión de los mismos.

A continuación se expresa la ecuación para calcular el ICA, aunque cabe mencionar que en la versión original⁵⁹ se incorpora además un producto por una constante *k* que toma un valor subjetivo de cero a uno de acuerdo al aspecto del agua; sin embargo, los autores que han utilizado este índice exponen que tal subjetividad tiende a subestimar el ICA. Por lo tanto, se decidió -al igual que ellos- considerar *k*=1 y así obtener un resultado -denominado por algunos como ICA objetivo- que sólo refleje la calidad del agua de acuerdo a los datos que toma cada parámetro en cada punto muestreado.

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n C_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

donde:

C_i: Valor analítico asignado a los parámetros (definido por el autor para distintos intervalos de valores que puede tomar cada parámetro y va de 0 a 100)

P_i: Peso relativo asignado a cada parámetro (definido por el autor de acuerdo a la importancia de cada parámetro dentro del ICA y va de 1 a 4)

Se calcularon cuatro tipos de ICA para cada sitio muestreado:

⁵⁹ $ICA = k \frac{\sum_{i=1}^n C_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$, donde *k* es una constante subjetiva que puede tomar los siguientes valores: 1.00 para aguas claras sin contaminación apreciable (clara o con sólidos suspendidos naturales); 0.75 para aguas con ligera contaminación aparente (tenue color, espumas y ligera turbidez de orígenes no naturales); 0.50 para aguas con evidente contaminación (color y alta turbidez no naturales, olor de leve a moderado, sólidos suspendidos, etc.); y 0.25 para aguas que aparentan estar altamente contaminadas (aguas negras) (color oscuro, fuerte olor, visible fermentación, etc.) (Conesa, 1997; Pesce y Wunderlin, 2000).

- a) El ICA_{FQ}^{60} se obtuvo a partir de la media del valor de cada parámetro en las cuatro campañas. A partir de éste promedio se asignó el valor analítico C_i . El ICA_{FQ} no incluye *E. coli*, pues los análisis microbiológicos sólo se realizaron durante las campañas dos y cuatro, es decir en temporada de lluvias y de secas respectivamente. Por ende sólo incluye los valores de los parámetros físicos y químicos del agua que fueron determinados a lo largo de las cuatro salidas de muestreo (los resultados para todos los sitios se muestran en el Cuadro 23 y en la Figura 57 y los de la corriente principal se grafican en la Figura 58).
- b) El $ICA_{E. coli}$ se obtuvo para integrar al índice los valores de *E. coli*. Se calculó de la misma manera que el ICA_{FQ} , pero añadiendo el parámetro microbiológico, por ende sólo se generó para las dos campañas en que éste último fue determinado (los resultados para todos los sitios se muestran en el Cuadro 23 y en la Figura 57 y los de la corriente principal se grafican en la Figura 58).
- c) Los ICA_{c1} , ICA_{c2} , ICA_{c3} e ICA_{c4} representan los índices para cada sitio en las campañas uno, dos, tres y cuatro respectivamente y no integran el parámetro microbiológico de *E. coli*. (los resultados para todos los sitios se muestran en el Cuadro 24 y en el Mapa 13, y los de la corriente principal se grafican en la Figura 59)
- d) Los $ICA_{c2-E. coli}$ e $ICA_{c4-E. coli}$ se obtuvieron al integrar los valores de *E. coli* al índice de los dos muestreos en los que se realizaron análisis microbiológicos, es decir en la campaña dos y cuatro respectivamente (los resultados para todos los sitios se muestran en el Cuadro 25).

Finalmente, de acuerdo a los resultados del cualquier ICA calculado, **las recomendaciones que se hagan en adelante sobre los usos posibles del agua** (Cuadro 21) **y los riesgos para la salud humana** (tanto de por ingesta como por el contacto con ella) **deben ser tomadas con medida y precaución**, ya que son sólo de referencia y parten de una estimación de la calidad general del agua y no para un uso específico. Hay que aclarar que únicamente están fundamentadas con base a los parámetros de calidad del agua aquí evaluados y **no representan resultados finales para la toma de decisiones inmediatas, más bien constituyen un diagnóstico** que puede guiar investigaciones futuras para el manejo de los recursos hídricos en la cuenca del río Chiquito y la implementación de acciones concretas dentro de ella en esa dirección. Aunque sí se consideran parámetros importantes de contaminación del agua (como *E. coli* y nitrógeno amoniacal, como indicadores de contaminación fecal), se reconoce que valdría la pena determinar un mayor número para corroborar lo que en el presente trabajo se expone, sobre todo en aquellos sitios que han sido mayormente alterados y que poseen fuentes

⁶⁰ El subíndice FQ indica que sólo se incluyen los parámetros físicos y químicos del agua que fueron determinados.

importantes de contaminación, como descargas de aguas residuales, pues aquí no se evalúan otros -parámetros- importantes como metales pesados, grasas y aceites, demanda química de oxígeno, sustancias de agroquímicos (plaguicidas y herbicidas), etc. Sólo como ejemplo, la NOM-127-SSA1-1994 (2000) establece que cualquier tipo de organismo coliforme debe estar ausente o no ser detectable si es que el agua desea utilizarse como potable para el abastecimiento público. En casos como los manantiales *La Rosa* y *La Pitahaya*, en los que sus aguas son utilizadas con ese fin por las localidades de El Laurelito y de San José de las Torres respectivamente, no aparece ninguna colonia de *E. coli* durante la época de secas (cuarto muestro), aunque sí de otras coliformes (333 y 1367 UFC/100ml, respectivamente); no obstante, en la temporada de lluvias (segundo muestreo) resultan de manera respectiva 33 y 133 UFC/100ml de *E. coli* y 2267 y 1433 UFC/100ml de otras coliformes. Aunque su concentración es pequeña y muy probablemente sean coliformes de vida libre y no de origen fecal, pues no se encontraron fuentes de contaminación, la Norma no se cumple de manera estricta. Por lo que en este caso es conveniente realizar una mayor cantidad de muestreos a lo largo del año para considerar los cambios estacionales en las concentraciones de estos microorganismos en el agua y a su vez evaluar una mayor cantidad de parámetros como los que expone la misma Norma, de manera que puedan hacerse recomendaciones más contundentes para el manejo de estas fuentes de agua, pues como ya se mencionó, son utilizadas para el abastecimiento público y -por parte de los pobladores- para el consumo humano.

Cuadro 20. Intervalos de calidad del agua para la confección del ICA

Parámetro	Peso relativo (P _i)	Factor de normalización (C _i)										
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
T (°C)	1	≥16 y ≤21	≥15/≤22	≥14/≤24	≥12/≤26	≥10/≤28	≥5/≤30	≥0/≤32	≥-2/≤36	≥-4/≤40	≥-6/≤45	<-6/>45
K (µS/cm) ^a	2	≤750	≤1,000	≤1,250	≤1,500	≤2,000	≤2,500	≤3,000	≤5,000	≤8,000	≤12,000	>12,000
Tb (UNT) ^b	2	≤5	≤10	≤15	≤20	≤25	≤30	≤40	≤60	≤80	≤100	>100
pH	1	7.0	≤8.0	≤8.5	≤9.0	≥6.5	≥6.0/≤9.5	≥5.0/≤10.0	≥4.0/≤11.0	≥3.0/≤12.0	≥2.0/≤13.0	<2.0/>13.0
OD (mg/l) ^c	4	≥6.5	≥6.0	≥5.5	≥5.0	≥4.5	≥4.0	≥3.5	≥3.0	≥2.0	≥1.0	<1.0
SST (mg/l) ^d	4	≤20	≤40	≤60	≤80	≤100	≤120	≤160	≤240	≤320	≤400	>400
DBO ₅ (mg/l) ^e	1	≤0.5	≤2.0	≤3.0	≤4.0	≤5.0	≤6.0	≤8.0	≤10.0	≤12.0	≤15.0	>15.0
DT (mg/l CaCO ₃)	1	≤25	≤100	≤200	≤300.0	≤400	≤500	≤600	≤800	≤1,000	≤1,500	>1,500
NO ₃ -N (mg/l) ^f	2	≤0.5	≤2.0	≤4.0	≤6.0	≤8.0	≤10.0	≤15.0	≤20.0	≤50.0	≤100.0	>100.0
NH ₃ -N (mg/l) ^f	3	≤0.01	≤0.05	≤0.10	≤0.20	≤0.30	≤0.40	≤0.50	≤0.75	≤1.00	≤1.25	>1.25
PO ₄ ³⁻ (mg/l) ^g	1	≤0.16	≤1.60	≤3.20	≤6.40	≤9.60	≤16.00	≤32.00	≤64.00	≤96.00	≤160.00	>160.00
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml) ^h	3	0	≤50	≤100	≤200	≤400	≤600	≤1,000	≤2,000	≤5,000	≤10,000	>10,000

^a En Conesa (1997) se le atribuye un P_i igual a 4 y a los sólidos disueltos totales un equivalente a 2. Ambos parámetros tienen una relación proporcional, donde el valor del primero es aproximadamente el doble del segundo (en µS/cm y mg/l respectivamente). Aunque los dos se evaluaron en el presente estudio, sólo se integraron al ICA los resultados de la K, por lo tanto el P_i utilizado fue de 2 tal y como lo hacen Sánchez *et al.* (2007) y Teixeira de Mello (2007).

^b, ^d y ^e En Conesa (1997) no aparecen estos parámetros, así que los intervalos que definen a cada valor analítico y el P_i fueron tomados de los utilizados por Pesce y Wunderlin (2000) para la Tb y los ortofosfatos, y los empleados por Kannel *et al.*, (2007) y Sánchez *et al.* (2007) para los SST.

^c Se consideró que algunos de los límites atribuidos a este parámetro en Conesa (1997) pueden subestimar el ICA en aguas templadas o tibias, pues de origen europeo donde abundan en mayor medida las aguas frías, designa un valor óptimo igual o mayor a 7.5 mg/l. En lugar de éste se utilizó uno de igual o mayor a 6.5 mg/l y como inaceptable menor a 4.0 mg/l, debido a que la concentración mínima requerida para la biota de aguas templadas o tibias está entre 5.0 y 6.0 mg/l (para aguas frías va de los 6.5 a los 9.5 mg/l) (WWF, 2007). Para México, la NOM-127-SSA1-1994 (2000) que establece los estándares para el agua de uso y consumo humano no contempla este parámetro. Aunque en 1989 la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDEU) (desde 1992 Secretaría de Desarrollo Social [SEDESOL]) desarrolló una serie de criterios ecológicos para diversos usos del agua y respecto al OD determinó como valor mínimo 4.0 mg/l en las fuentes de abastecimiento doméstico y de uso recreativo (no para ser ingerida), mientras que para la protección de la vida acuática (tanto en agua dulce, como marina de zonas costeras) no debe ser menor de 5.0 mg/l. Para EUA, la EPA (2009) no considera en sus estándares al OD como un parámetro prioritario, pero definió criterios para la protección de especies de vida acuática en aguas templadas o tibias, donde su en cualquier momento no debe ser menor de 5 mg/l para las primeras etapas de vida y a 3.0 mg/l para las fases posteriores (EPA, 1986a). Por otro lado, la World Wide Fund for Nature de Pakistan (WWF) (2007) propone criterios para el OD en las fuentes de abasto público (sólo requiere desinfección para su ingesta), los usos recreativos, la protección de la vida acuática y la irrigación, con valores que deben ser mayores a los 6.0, 4.0, 5.0 y 4.0 mg/l respectivamente. Por su parte, la OMS (2008) en cuanto a la salud humana, no recomienda para el agua potable ningún valor de la concentración del OD.

^e En Conesa (1997) se le asigna un P_i igual a 3, pero como la técnica empleada en el presente estudio es sólo aproximativa, pues no se realizaron diluciones. Sólo se le asignó un P_i de 1.

^f En Conesa (1997) las unidades de estos parámetros aparecen en partes por millón, así que los intervalos que definen a cada valor analítico fueron tomados de los utilizados por Pesce y Wunderlin (2000), Kannel *et al.* (2007) y Sánchez *et al.* (2007) quienes los emplean en mg/l.

^g En Conesa (1997) no aparece este parámetro, aunque sí el de CT pero se consideró que este último puede subestimar el ICA, mientras que incluyendo el de *E. coli* se representa de mejor manera la contaminación del agua por materia fecal. Por lo tanto, se propusieron los intervalos que definen a cada valor analítico a partir de los criterios establecidos por la EPA (1986b) y el AWW (1999): 0 UFC/ml para agua de ingesta humana y 600 UFC/ml como máximo para el contacto total del cuerpo.

Fuente: Modificado de Martínez de Basarán (1979) en Conesa (1997)

Cuadro 21. Criterios generales de calidad del agua asociados a diversos usos

Valor del ICA	Criterio general	Usos			
		Abastecimiento público y consumo	Agrícola	Pesca y conservación de la vida acuática	Recreación general
90-100	Excelente	No requiere purificación		Aceptable para todos los organismos	Aceptable para cualquier deporte acuático
75-90	Buena	Requiere purificación ligera	Requiere purificación ligera para algunos cultivos		
60-75	Aceptable	Mayor necesidad de tratamiento	Requiere tratamiento	Aceptable excepto para especies muy sensibles	Aceptable más no recomendable
50-60	Deficiente			Dudoso para especies sensibles	Dudoso
<50	Inaceptable	Inaceptable		Sólo organismos muy resistentes (valores menores a 30 inaceptable)	Evitar contacto con el agua

Fuente: Modificado de la escala de clasificación de la calidad del agua para usos específicos según el ICA que fue utilizado por la CONAGUA desde la década de 1970 hasta el 2005 (SEMARNAT, 2003; 2005)

Análisis estadísticos

Se llevaron a cabo dos análisis multivariados: análisis de componentes principales (ACP) y análisis de agrupamiento –o de *clusters*- (AC). Ambos se realizaron con el software JMP® 9. 0. 0 (SAS INSTITUTE, 2010) para cada una de las cuatro campañas de muestreo y para sus valores promedio, excluyendo a los puntos en los que sólo se evaluaron los parámetros físicos y químicos de campo (*Unión: Carretera JM-RB y Unión: RB-SJT*). Por un lado, el ACP tiene la finalidad de encontrar aquellas variables –en este caso parámetros de calidad del agua- que explican en tres componentes el mayor porcentaje acumulado de la variación estadística (varianza) entre los puntos del muestro. Por el otro, el AC pretende agrupar en bloques –o *clusters*- a los puntos que presentan valores similares en los parámetros de calidad de sus aguas. Para el último se utilizó el método jerárquico *ward*.

Para cada campaña de muestreo se integraron al ACP todos los parámetros evaluados con excepción de los derivados de los análisis microbiológicos (CT y *E. coli*). Estos últimos sólo se utilizaron para las campañas segunda y cuarta, así como en los análisis estadísticos de los valores promedio de todas las campañas -para cada parámetro en cada punto-. Por otro lado, en el AC sólo se utilizaron aquellos parámetros que representaron mejor a cada uno de los tres primeros componentes del ACP (cuando aparecieron como representativos -de un componente- dos parámetros con correlación superior a 0.9000, se excluyó el de menor importancia, con excepción de los casos en que la pareja de parámetros correlacionados presentó eigenvectores de distintos signos).

Resultados y análisis

Zona de cabecera de la cuenca

1. *La Rosa*

Este sitio de muestreo es un manantial perenne ubicado al este de la cuenca en la zona de cabecera a una altitud de 2440 msnm, por lo que es el punto más alto que fue muestreado (Figura 17). Se halla en un valle con bosque cerrado de pino y encino (la cobertura del dosel alcanza hasta un 90%) y no presenta rasgos de deterioro por actividades de manejo, sólo existen pequeños aprovechamientos forestales maderables y no maderables (extracción de resina de pino) cercanos al lugar pero que no lo han alterado. Aunque las formas de relieve predominantes son laderas inclinadas y muy escarpadas con suelos andosoles, la extracción forestal maderable ha sido menor y los cambios en el uso del suelo para agricultura y pastoreo no existen cerca del sitio, por lo que los procesos de erosión observados son mínimos en comparación con los presentes en otros lugares de la cuenca (vease valores de los SST y de la Tb en el Cuadro 22).

Este manantial es de vital importancia pues ha abastecido de agua por cerca de 20 años a la localidad de El Laurelito tanto para uso doméstico como para ingesta humana, sin ningún tipo de tratamiento y desinfección. Buena parte de su agua es captada en una pequeña cisterna de tabique y concreto (de casi un metro cúbico de capacidad) y conducida por una manguera de plástico (de aproximadamente dos pulgadas de diámetro) hasta dicho poblado. El agua restante corre libremente por el valle, tanto por el desborde de la cisterna (ya sea por exceso de agua o por la obstrucción con materia orgánica de sus entradas o de la conexión de la manguera), como por los escurrimientos que no alcanzan a ser captados, pues rodean a dicho depósito o nacen aguas abajo. Además, desde este manantial nace el arroyo San José que se une a la corriente principal del río Chiquito, y se distingue bastante del último pues sus aguas presenta mucha menor turbidez y sólidos en suspensión.

Aunque este manantial tiene agua todo el año, es probable que su aprovechamiento halla afectado el caudal aguas abajo, es decir del arroyo San José. De acuerdo a la carta topográfica del INEGI (1998) y a la población local, él último solía ser de carácter perenne, pero se observó seco en abril de 2010 y prácticamente sin agua en enero de 2011 (en el sitio de nuestro *San José de las Torres*).

El ICA_{FQ} y el $ICA_{E.coli}$ de *La Rosa* obtuvieron un valor de 90.0, el más alto de todos los sitios muestreados. Las campañas que presentaron los valores más bajos del índice fueron la primera (ICA_{c1}) y la tercera (ICA_{c3}) con un valor de 86.4, mientras que en la segunda (ICA_{c2}) y en

la cuarta (ICA_{c4}) se obtuvieron los más altos con 94.5 y 94.1 respectivamente (Figura 16). De tal manera que el ICA_{FQ} y el $ICA_{E. coli}$ indican que el agua posee una calidad general excelente y puede ser utilizada sin purificación alguna para uso doméstico y consumo humano, para las actividades agrícolas y es aceptable para la conservación de la vida acuática (Cuadro 21). No se considera un riesgo para la salud humana su ingesta pues los niveles obtenidos de *E. coli* son muy bajos y con mucha seguridad puede afirmarse que son coliformes de vida libre y no de origen fecal, pues no hay indicios de fuentes de contaminación por heces (véanse valores de *E. coli* del nitrógeno amoniacal en Cuadro 23).

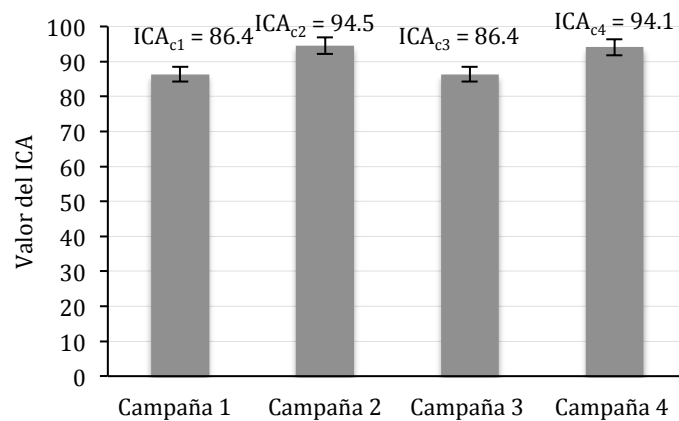


Figura 16. ICA por campaña de *La Rosa* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).



Figura 17. Manantial *La Rosa*.

A la izquierda se observa una caída de agua del manantial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

2. *La Pitahaya*

Este punto es un manantial perenne que se halla al este de la cuenca, aproximadamente un kilómetro al oeste de *La Rosa* (Figura 19). Se ubica en la zona de cabecera a una altitud de 2340 msnm dentro de un valle con bosque cerrado de pino y encino (la cobertura del dosel alcanza

hasta un 90%). Al igual que el sitio anterior, la vegetación no presenta rasgos de deterioro por actividades de manejo en el lugar, sólo existen pequeños aprovechamientos forestales maderables y no maderables (extracción de resina de pino) cercanos pero que no lo alteran.

Así como *La Rosa*, a pesar de que las formas de relieve predominantes son laderas inclinadas y muy escarpadas con suelos andosoles, los procesos de erosión del lugar son mínimos en comparación con los observados en otros sitios de la cuenca (veanse valores de los SST y de la Tb en el Cuadro 22), ya que la extracción maderable ha sido menor, al igual que los cambios en los usos del suelo para agricultura o pastoreo que no han ocurrido cerca de la zona.

Desde hace más de 20 años, la escorrentía superficial de *La Pitahaya* junto con la del manantial perenne *La Tijera* (de menor caudal) son captadas totalmente en una cisterna de tabique y concreto (de alrededor de cuatro metros cúbicos de capacidad) y llevadas por una manguera de plástico (de aproximadamente dos pulgadas de diámetro) a la localidad de San José de las Torres para el uso doméstico y el consumo humano. Por lo anterior, las aguas de ambos manantiales sólo siguen su cauce natural por el denominado río Bello cuando el depósito se llena y el agua se desborda (ya sea por exceso de agua o por la obstrucción con materia orgánica de las entradas o de la conexión con la manguera), o cuando los escurrimientos se desvían naturalmente antes de llegar al mismo y lo rodean (véase Figura 19). Esto ha ocasionado que dicho río, que era una corriente perenne de acuerdo a la población local (aunque la carta topográfica del INEGI [1998] la marca como intermitente), ya no lo sea y únicamente mantenga su carácter de flujo permanente algunos kilómetros aguas abajo (casi al unirse con la corriente principal del río Chiquito) donde el *Manantial Río Bello* y otro contiguo aportan agua a su caudal durante todo el año. Por ello, hasta antes de llegar a los últimos manantiales, el cauce se encontró seco en junio del 2009 y prácticamente seco en febrero de 2010 (considerando algunas lluvias en esos días) y en enero de 2011.

El ICA_{FQ} y el $ICA_{E. coli}$ de *La Pitahaya* obtuvieron un valor de 89.5 y 87.2 respectivamente. Al igual que en *La Rosa* las campañas que presentaron los valores más bajos del índice fueron la primera (ICA_{c1}) y la tercera (ICA_{c3}) con 88.6 y 86.8 respectivamente; mientras que los más altos ocurrieron en la segunda (ICA_{c2}) con un valor de 92.3 y en la cuarta (ICA_{c4}) con uno de 93.6 (Figura 18). Así, el ICA_{FQ} y el $ICA_{E. coli}$ indican que el agua posee una calidad general buena –casi excelente- y de acuerdo a la escala propuesta (Cuadro 21) es aceptable para la conservación de la vida acuática y requeriría de purificación ligera para uso doméstico e ingesta humana, así como para ciertas actividades agrícolas. No obstante, como los índices que no poseen una calidad de excelente, no se hallan muy por debajo del límite, se considera que el consumo de esta agua no representa riesgos para la salud humana, ya que los niveles de *E. coli* son muy bajos y seguramente se trata de coliformes de vida libre y no de origen fecal, ya que no existen

evidencias en el lugar de fuentes de contaminación de origen fecal (véanse valores de *E. coli* y del nitrógeno amoniacal en Cuadro 22)

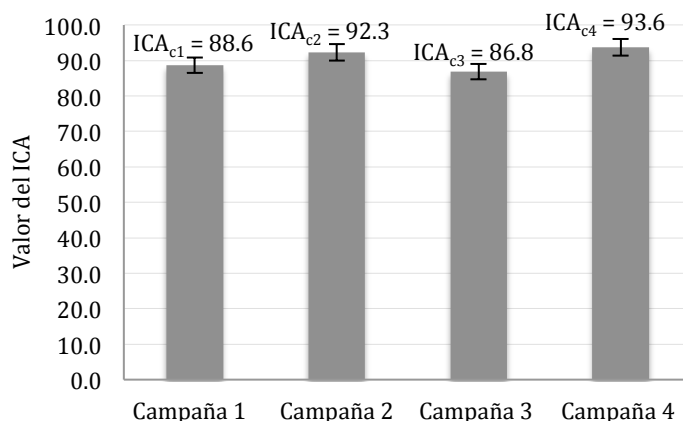


Figura 18. ICA por campaña de *La Pitahaya* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).

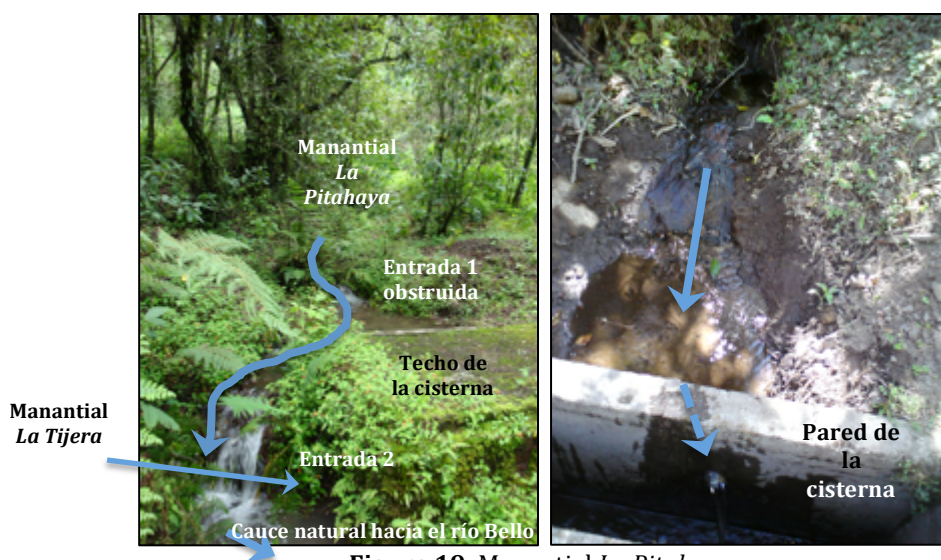


Figura 19. Manantial *La Pitahaya*.

A la izquierda se observa la corriente superficial del manantial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) que incluso rodea la cisterna debido a que se obstruyó su tubo de entrada por sólidos suspendidos y materia orgánica. A la derecha se ve dicha entrada en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

3. *Torrecillas*

Este sitio es un manantial perenne ubicado al sur de la cuenca en la zona de cabecera a 2360 msnm. Se halla en un valle con vegetación de bosque cerrado de pino y encino, aunque a ambos costados se encuentran cultivos. El líquido es captado cerca de 20 metros aguas abajo de dónde nace y conducida por una manguera de plástico (aproximadamente de dos pulgadas de diámetro) a la localidad de Torrecillas para uso doméstico y consumo humano. Cabe mencionar que por cuestiones de accesibilidad no pudo llevarse a cabo el muestreo directamente en el manantial, sino que éste se realizó directamente a su llegada a tal poblado. Así que la

información del sitio y su ubicación se obtuvo a partir de tres personas de dicho poblado, quienes lo ubicaron en una imagen de satélite impresa, con la corroboración en gabinete a partir de la última, del mapa topográfico y del de la red hidrológica.

Al igual que los dos manantiales anteriores, éste se encuentra en laderas inclinadas y escarpadas con suelos andosoles. A pesar de que se halla cerca de cultivos su agua no presenta altos contenidos ni de SST y Tb, ni de nutrientes. Por lo que se intuye que los procesos de erosión cercanos y la contaminación por fertilizantes o heces del ganado no son importantes (Cuadro 22).

El ICA_{FQ} obtuvo un valor de 90.9, es decir de excelente calidad general, y el $ICA_{E. coli}$ uno de 87.2, o sea de buena calidad general. Al igual que los dos sitios anteriores, las campañas que presentaron valores más bajos del índice fueron la primera (ICA_{c1}) y la tercera (ICA_{c3}) con 87.3 y 87.7 respectivamente; mientras que los más altos pertenecieron a la segunda (ICA_{c2}) y a la cuarta (ICA_{c4}) con 91.8 y 90.9 correspondientemente (Figura 20). Los resultados del ICA_{FQ} y del $ICA_{E. coli}$ rondan entre la calidad general de excelente y de buena, por lo que son aceptables para la conservación de la vida acuática. Puede decirse que prácticamente también lo son para el uso agrícola sin purificación alguna y que no se considera que la ingesta del agua represente un riesgo para la salud humana (Cuadro 21). No obstante, los niveles de *E. coli* no son tan bajos como en los puntos anteriores (Cuadro 22), quizá por contaminación de heces de ganado. Aunque no se descarta que muchas de estas coliformes sean de vida libre y no de origen fecal, pues los valores de nitrógeno amoniacal son muy bajos (Cuadro 22). De cualquier modo, la recomendación sería evitar que el ganado beba directamente del manantial, así como protegerlo para que no se acerque y lo contamine. De la misma manera, es necesario desarrollar análisis microbiológicos previos y posteriores a la temporada de lluvias (abril, mayo, octubre y noviembre) cuando el ICA presenta los valores más bajos, de manera que se tenga mayor información para determinar la pertinencia de clorar o hervir el agua antes de beberla.

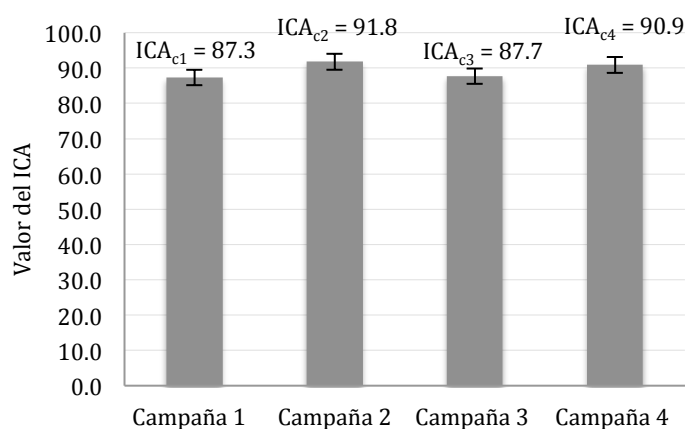


Figura 20. ICA por campaña de Torrecillas con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).

4. Agua Zarca

Este sitio se encuentra al sur de la cuenca y es una corriente tributaria perenne de segundo orden (Figura 22). Es el único punto de muestreo que no es manantial ubicado en la zona de cabecera, a una altitud de 2260 msnm. Por lo tanto, se intuye que sus ICAs deben de ser similares al de un manantial en estas condiciones, pues además se encuentra muy cerca de la unión de corrientes de primer orden.

Este sitio se encuentra en un valle ubicado dentro de laderas muy suaves a suaves con suelos andosoles. La energía de este tipo de relieve no es tan alta como en las laderas inclinadas y escarpadas, aunque aún así es mayor que en sitios planos. Lo anterior, aunado a los pocos aprovechamientos forestales maderables y los nulos cambios en los usos del suelo cercanos (con excepción de la carretera), pueden ser factor para que los procesos de erosión observados en el lugar no sean importantes en comparación con otros de la cuenca (véanse valores de los SST y de la Tb en el Cuadro 22).

Este punto se halla dentro de un bosque cerrado de pino y encino (con 80% de cobertura del dosel) y a diferencia de los manantiales *La Rosa* y *La Pitahaya*, presenta actividades muy cercanas de manejo forestal no maderable (extracción de resina de pino) y en mucho menor medida maderable, pues es selectiva (sólo de unos pocos árboles). Esto se debe a su accesibilidad, pues se encuentra muy próximo a una carretera (alrededor de 50 metros), lo cual también ha ocasionado la presencia de residuos sólidos (como bolsas y envases de plástico, llantas, botellas de vidrio, cartón y demás artículos de desecho como ropa, pequeños electrodomésticos, metal, entre otros), que durante las lluvias suelen alcanzar el cauce, pero que no se acumulan en grandes cantidades en él, sino que son arrastrados aguas abajo.

El ICA_{FQ} y el $ICA_{E. coli}$ manifestaron una calidad general del agua buena con valores muy similares, de 88.2 y 87.2 respectivamente. Al igual que los sitios anteriores, las campañas que mostraron valores más bajos del índice fueron la primera (ICA_{c1}) y la tercera (ICA_{c3}), ambas con 85.9; mientras que los más altos se presentaron en la segunda (ICA_{c2}) con 88.2 y en la cuarta (ICA_{c4}) con 90.5 (Figura 21).

A pesar de que sólo el ICA_{c4} resultó en una calidad general de excelente, se considera que esta agua no sólo es aceptable para la conservación de la vida acuática, sino que también podría tener un uso doméstico y de consumo humano, así como uno agrícola sin purificación alguna (Cuadro 21) pues los niveles de *E. coli* y de nitrógeno amoniacal son muy bajos (Cuadro 22), y es muy probable que los primeros traten de coliformes de vida libre y no de origen fecal. No obstante, en todo caso sería pertinente desarrollar análisis microbiológicos previos y posteriores a la temporada de lluvias (abril, mayo, octubre y noviembre) cuando el ICA presenta

los valores más bajos, de manera que se tenga mayor información que permita determinar la necesidad de clorar o hervir el agua antes de beberla.

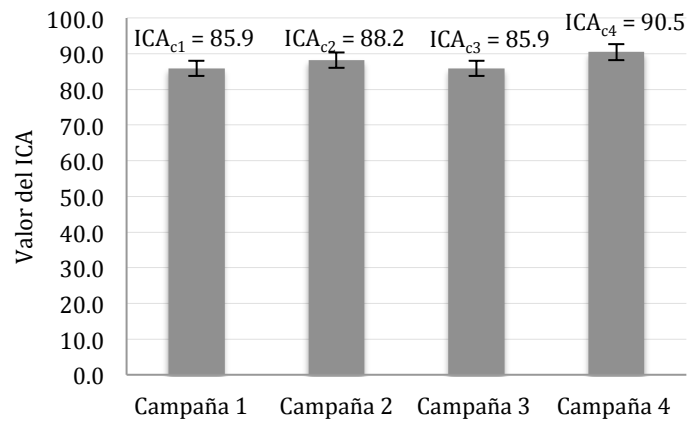


Figura 21. ICA por campaña de *Agua Zarca* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).



Figura 22. Corriente tributaria perenne *Agua Zarca*.

A la izquierda se observa la corriente superficial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

Zona de tránsito de la cuenca

5. *Agua Escondida*

En este sitio atraviesa una corriente tributaria perenne de segundo orden que se encuentra al sur de la cuenca en la zona de tránsito a una altitud de 2340 msnm (Figura 24). Se halla en un valle ubicado en laderas inclinadas y escarpadas y en área de transición entre suelos andosoles y luvisoles. Cuenta con bosque cerrado de pino y encino (80% cobertura del dosel), pero justo a un costado, en la ladera sur, se hallan parcelas de cultivo y pastoreo, a la vez de que existen pequeños aprovechamientos forestales maderables y no maderables (extracción de resina de pino) cercanos. A pesar de ello la vegetación no muestra altos niveles de deterioro y aunque la

energía del relieve es alta los procesos erosivos no son tan importantes comparados con los de otros lugares de la cuenca pues los valores de los SST fueron similares a los de los puntos anteriores, es decir bajos. No obstante, este punto tiene una media de la Tb (13.66 UNT) que duplica las de los ya abordados, incluso durante la tercera campaña se presentó un valor bastante alto de la Tb (34.03 UNT) (Cuadro 22).

Lo anterior puede tener diversas causas. Hay que destacar que la tercera campaña se realizó durante la temporada de lluvias cuando la escorrentía puede arrastrar diversos materiales y sedimentos de manera natural, aunque la erosión sea moderada. Por otro lado, el lugar presenta suelos andosoles y luvisoles, ambos altamente susceptibles a la erosión, principalmente los últimos que son muy arcillosos. Además los primeros son oscuros, pues se constituyen principalmente de cenizas volcánicas con alto contenido de alófono lo cual les confiere mucha ligereza y untuosidad. Mientras que los últimos frecuentemente presentan colores que van del rojo al amarillo, con tonos pardos, pero sin llegar a ser oscuros (INEGI, 2008). De tal manera que el agua puede arrastrar pequeñas partículas como arcillas, que no alcanzan a ser registradas por la determinación de los SST y que le confieren un color oscuro y a su vez una alta Tb. Por otra parte, es común que por este sitio transite ganado, situación que se constató en la cuarta campaña pues se hallaron huellas de vacas (incluso llega a pasar gente a pie o montada a caballo y con mucho menor frecuencia vehículos, pues es la entrada a unas parcelas)⁶¹. Aparentemente, dichos animales no contaminan el agua (véanse valores de *E. coli* y nitrógeno amoniacal en el Cuadro 22), pero si pueden generar turbulencia y levantar los sedimentos del lecho del cauce mientras caminan sobre él.

Independientemente de lo anterior, el ICA_{FQ} y el ICA_{E. coli} manifestaron una calidad general del agua excelente pues ambos presentaron un valor de 90.0. Asimismo, la primera (ICA_{c1}), tercera (ICA_{c3}) y cuarta (ICA_{c4}) campaña manifestaron una calidad general del agua excelente con valores de 91.8, 90.9 y 94.5 respectivamente. El resultado más bajo del índice ocurrió para la segunda campaña principalmente por los altos niveles de Tb ya mencionados, no obstante, la calidad general del agua es buena con una ICA_{c2} de 83.2 (Figura 23).

Tal y como lo exponen los resultados de los ICAs, esta agua es aceptable para la conservación de la vida acuática y casi durante todo el año puede tener un uso doméstico y de consumo humano sin tener riesgos para la salud humana, así como agrícola sin purificación alguna, porque incluso sus niveles de *E. coli* son tan bajos como los del manantial *La Rosa* (del cual una localidad bebe su agua) (Cuadro 22), que en conjunto con este punto presentan los valores menores para toda la cuenca de este tipo de coliformes. Asimismo los valores del

⁶¹ Cabe mencionar que en los sitios donde se encontraba perturbado el cauce por el tránsito de ganado, personas a pie o montadas a caballo y/o vehículos, la muestra se obtuvo algunos metros aguas arriba para evitar en la mayor medida la contaminación por dichos impactos. No obstante, esto no evita que el agua pueda venir contaminada de lugares más altos por donde pasa la corriente.

nitrógeno amoniacal son también pequeños (Cuadro 22). No obstante, durante la época de lluvias el agua tendría que ser tratada para eliminar la Tb, cuando menos si desea utilizarse para la ingesta humana.

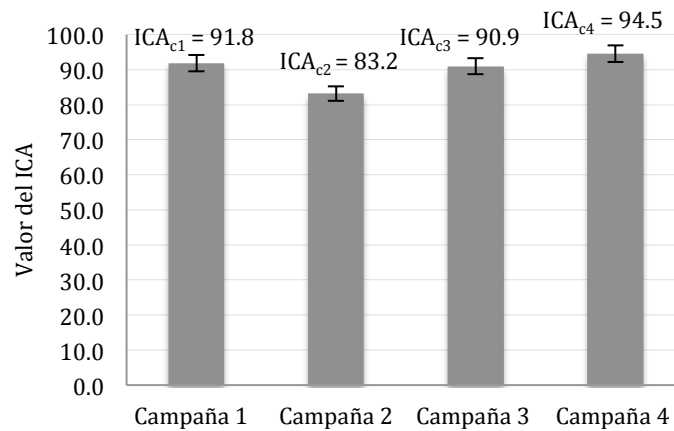


Figura 23. ICA por campaña de *Agua Escondida* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).



Figura 24. Corriente tributaria perenne *Agua Escondida*.

A la izquierda se observa la corriente superficial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

6. La Cruz

Este punto de muestreo es una corriente tributaria perenne de tercer orden, situada al oeste de la cuenca en la zona de tránsito a una altitud de 2300 msnm (Figura 26). El valle se halla dentro de un relieve de laderas inclinadas y escarpadas con suelos luvisoles. En cuanto a la cubierta vegetal el lugar se encuentra bastante perturbado, pues ésta no es cerrada y cuenta en mayor medida con arbustos y en menor con encinos y pinos. Pastizales en la ladera norte y bosque cerrado de pino y encino en la ladera sur. Se distingue que éste y otros sitios cercanos han quedado desprovistos de vegetación por aprovechamientos maderables, que han dado lugar a espacios abiertos donde hay pastizales y cultivos. Por otro lado, tales actividades de manejo,

aunadas a la alta energía del relieve han generado importantes procesos erosivos que se distinguen a simple vista, tanto en los suelos desnudos, como en el agua. Asimismo, el punto recibe agua de corrientes superficiales y escurrimientos provenientes de un área grande de cárcavas (que alcanzan casi los 400 metros de longitud), ubicada al noroeste, casi junto al parteaguas de la cuenca. Esta situación se manifestó en las cantidades promedio de los SST (123.04 mg/l) y la Tb (132.76 UNT) (Cuadro 22). Los primeros obtuvieron su valor máximo en la segunda campaña (462.67 mg/l), al igual que la Tb (480.5 UNT), mientras que ambos parámetros se mantuvieron muy por debajo de tales valores en las campañas uno, tres y cuatro (10.20, 7.80 y 11.50 mg/l respectivamente para los SST; y 6.98, 24.77 y 18.80 UNT correspondientemente para la Tb).

La Cruz se halla a un costado (aproximadamente a 10 metros) de una brecha que comunica a la localidad de San Miguel del Monte con la de Zimpanio Sur, no obstante, durante la presente investigación inició la construcción de una carretera sobre ésta. Asimismo, se extendió la línea de corriente eléctrica hacia este lugar. Tal situación puede deberse en parte a la construcción de un fraccionamiento –privado- “residencial ecológico” aguas arriba del punto de muestreo, que aunque aún no posee viviendas, se lotificó y se levantó una barda, una caseta y puertas de acceso (Figura 26). No se descarta la posibilidad de que las obras civiles ejecutadas para la vía de comunicación, la red de electricidad y el centro habitacional hayan afectado los valores de la calidad del agua. Pues se retiró cubierta vegetal y se movió suelo. Cabe mencionar que tal desarrollo residencial está construido sobre laderas bastante inclinadas, características del sitio y posee todavía en algunas partes bosque de pino y encino.

El ICA_{FQ} y el $ICA_{E. coli}$ obtuvieron un valores muy similares, de 66.4 y 66.8 respectivamente. Esto significa que su calidad general es apenas de aceptable (Cuadro 21). De acuerdo a lo anterior, su agua requiere de tratamiento si desea ser utilizada para el uso doméstico y el consumo humano, mientras que para la agricultura necesita de una purificación ligera para ciertos cultivos y al respecto de la conservación de la vida acuática es aceptable con excepción de especies muy sensibles. No obstante, este resultado está fuertemente influido por los cifras obtenidas en los parámetros para la segunda campaña, donde su índice (ICA_{c2}), fue de 55.9, o sea bastante bajo (calidad general deficiente). Eso se debe a los altos contenidos y niveles de los SST y la Tb, correspondientemente. Así como la cantidad elevada de nitrógeno amoniacal con 0.38 mg/l NH_3-N , cuando en las demás campañas no superó los 0.08 mg/l NH_3-N . Lo mismo que los ortofosfatos con 1.86 mg/l PO_4^{3-} , mientras que en las otras campañas variaron de 0.27 a 1.14 mg/l PO_4^{3-} . En lo que respecta al contenido de *E. coli* las cantidades no son grandes, ya que tuvieron una media de 183 UFC/100ml con poca oscilación entre las dos fechas de muestreo (167 UFC/100ml para la época de lluvias y 200 UFC/100 para la temporada de secas).

Por lo mencionado en el párrafo anterior, se considera que esta agua puede ser utilizada para consumo humano sin representar riesgos para la salud, durante cualquier momento del año con excepción de la época de lluvias, pues los índices van de excelente a buena –casi excelente- calidad general del agua. La primera campaña tuvo un valor (ICA_{c1}) de 92.3, la tercera (ICA_{c3}) uno de 87.7 y la cuarta (ICA_{c4}) de 89.5 (Figura 25). Aunque por los contenidos de *E. coli* valdría la pena clorarla o hervirla antes de su ingesta y tal vez tratarla para disminuir la Tb que presenta después de lluvias y en la época de secas. De la misma manera es conveniente desarrollar análisis microbiológicos previos y posteriores a la temporada de lluvias (abril, mayo, octubre y noviembre) cuando el ICA es alto, ya que podría estarse sobrestimando. Para la temporada de lluvias, el agua requiere de un mayor tratamiento.

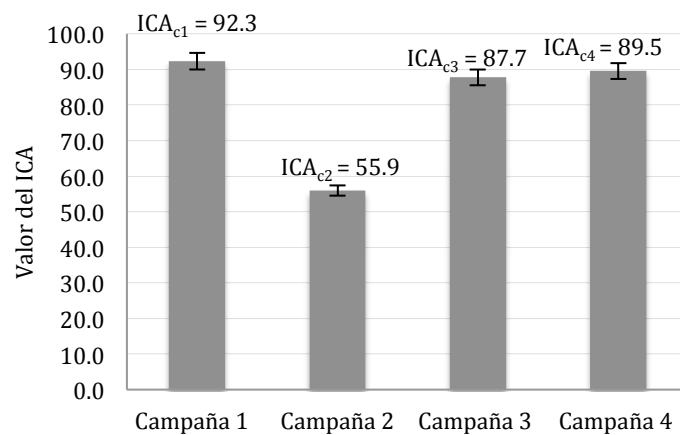


Figura 25. ICA por campaña de *La Cruz* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).



Figura 26. Corriente tributaria perenne *La Cruz*.

Abajo a la izquierda se observa la corriente superficial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

Arriba se ve el fraccionamiento privado de tipo campestre ubicado aguas arriba de *La Cruz*.

Nota: las dos imágenes de abajo fueron tomadas desde un pequeño puente vehicular (el cual se observa en la imagen superior izquierda de la Figura 9).

7. *San José de las Torres (SJT)*

Este sitio comprende una corriente tributaria perenne de cuarto orden que se halla al noreste de la cuenca en su zona de tránsito a una altitud de 2140 msnm (Figura 28). En el valle se presenta una transición entre suelos andosoles y luvisoles, que se ubican sobre el límite entre laderas inclinadas y escarpadas con laderas muy suaves a suaves. El punto de muestreo colinda con un cultivo de temporal y presenta vegetación riparia compuesta por arbustos y sauces. Las laderas contiguas carecen de cubierta vegetal abundante, sólo se hallan nopales y pastizales con arbustos que son utilizados como forraje para el pastoreo de ganado extensivo.

Por la corriente atraviesa una brecha y es frecuente que sobre el cauce cruce ganado y personas a caballo o pie, así como vehículos por la parte en que pasa el camino. Esto, aunado a la falta de una abundante cubierta vegetal genera procesos erosivos visibles en los suelos desnudos y patentes en los contenidos de SST y Tb del agua⁶². Por otra parte, aunque el ganado

⁶² Habrá que aclarar que durante la primera campaña los SST y la Tb reflejaron valores muy elevados (1172.00 mg/l y 194.67 UNT respectivamente) en comparación con las demás y con todos los que se obtuvieron para estos parámetros durante los cuatro muestreos en todos los puntos. Esto se debe a que el cauce se hallaba prácticamente seco y se obtuvo la muestra del agua estancada, la cuál contenía mucha materia orgánica suspendida. Esto influyó

crucza y suele tomar agua de esta corriente, los valores de *E. coli* no son muy elevados y los del nitrógeno amoniacal son bajos (Cuadro 22).

El ICA_{FQ} y el $ICA_{E.coli}$ manifestaron una calidad general del agua aceptable con valores de 61.8 y 60.4 respectivamente. Al igual que *La Cruz*, estos índices se vieron fuertemente influidos por la baja calidad del agua durante una campaña, en este caso la primera. En ella se obtuvo el ICA_{c1} con un valor de 44.5 que alude a una calidad general del agua inaceptable. No obstante, las demás manifestaron una calidad general buena: ICA_{c2} de 83.2, ICA_{c3} de 84.5 e ICA_{c4} de 85.9 (Figura 27). Por ello, se considera que esta agua es aceptable para la conservación de la vida acuática y requeriría de una purificación ligera para su uso en algunos cultivos, así como para el abastecimiento público y consumo humano (Cuadro 21). Para éste último, habría que remover los sólidos en suspensión del agua y clorarla o hervirla.

Finalmente, por los resultados del primer muestreo no se puede afirmar con certeza que previo a la época de lluvias el agua debería tener un tratamiento mayor si desea beberse, ya que es probable que los resultados de los SST y la Tb se vieron sobreestimados a causa del gran contenido de materia orgánica en suspensión que había en el agua, ya que se hallaba prácticamente estancada. No obstante, el agua presentó un olor desagradable en esta campaña, que puede deberse a los procesos de descomposición en ella -casi inmovilizada- pues el valor del OD fue de tan sólo 0.36 mg/l, lo cual se corrobora con el de la DBO_5 que también fue grande (4.87 mg/l), así que no se considera que se halla debido a contaminación reciente por heces de ganado o de caballos, ya que el nitrógeno amoniacal fue de 0.06 mg/l NH_3-N . De todas maneras, es recomendable realizar análisis microbiológicos previos y posteriores a la temporada de lluvias (abril, mayo, octubre y noviembre), para confirmar que los contenidos de *E. coli* y de nitrógeno amoniacal no son mayores, toda vez que el contacto de esta agua con el ganado es frecuente y podría estarse contaminando por heces fecales. Pero definitivamente, aún evitando tal contaminación los valores tan bajos de OD no hacen adecuada el agua para su ingesta humana previo a la época de lluvias, cuando el líquido casi no corre.

dramáticamente en los resultados de las determinaciones de los sólidos en suspensión y de la Tb. Por lo tanto, estos datos deben tomarse con precaución pues están sobrestimados. Aún así los niveles de estos indicadores no son tan bajos ya que para los SST se obtuvieron cifras de 48.00, 7.20 y 17.60 mg/l para la segunda, tercera y cuarta campaña respectivamente; mientras que la Tb resultó de 69.85, 11.13 y 10.92 UNT respectivamente.

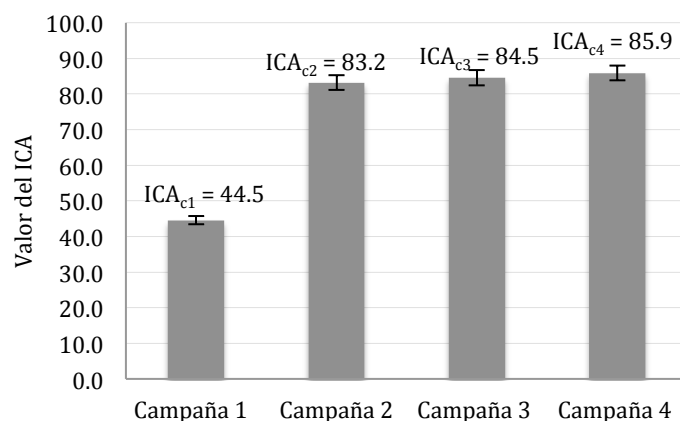


Figura 27. ICA por campaña de *SJT* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).



Figura 28. Corriente tributaria perenne *SJT*.

A la izquierda se observa la corriente superficial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

8. San Miguel del Monte (*SMM*)

SMM es el punto de muestreo con mayor altitud (2100 msnm) del río Chiquito. Es entonces parte de su corriente principal –por ende perenne- y posee un cuarto orden (Figura 30). Está situado al centro de la cuenca (un poco hacia suroeste) y en su zona de tránsito. Se halla sobre suelos acrisoles ubicados en un valle amplio y cuenta con vegetación en los bordes del cauce compuesta por pastos y arbustos. Los terrenos contiguos tienen pastizales.

A pesar de que la población de *SMM* (que se haya aproximadamente a un kilómetro aguas arriba de este punto) cuenta con drenaje (y planta de tratamiento unos metros aguas abajo de este punto), el agua de esta corriente mostró altos contenidos –en comparación con los sitios anteriores- de *E. coli* (>25,000 y 500 UFC/100 en la segunda y cuarta campaña respectivamente) y de nitrógeno amoniacal (con una media de 0.77 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$, pero

alcanzando un valor máximo de 2.80 mg/l NH₃-N en la segunda campaña, uno de 0.23 mg/l NH₃-N en la primera y en la tercera y la cuarta de 0.04 y 0.03 mg/l NH₃-N, correspondientemente). Asimismo los valores de los ortofosfatos presentaron un promedio de 11.90 mg/l PO₄³⁻ (alcanzando su máximo en la primera campaña con 23.20 mg/l PO₄³⁻, seguido de una cifra de 22.00 mg/l PO₄³⁻ para la segunda y 0.94 y 1.81 mg/l PO₄³⁻ de manera respectiva para la tercera y la cuarta campaña) (Cuadro 22). Lo anterior debido a que recibe descargas de aguas residuales domésticas de la localidad de SMM, ya que sólo se tratan el 55.3%, pues falta conectar parte de las viviendas al drenaje (OOAPAS, 2011b)

Por otro lado, las determinaciones tanto de los SST, como de la Tb no resultaron con promedios tan altos, pues sus valores fueron de 12.13 mg/l y 23.46 UNT, respectivamente. Aunque sus valores más altos los presentaron en la segunda campaña con 32.50 mg/l y 74.77 UNT, correspondientemente (Cuadro 22).

El ICA_{FQ} y el ICA_{E. coli} obtuvieron un valores no muy parecidos, de 76.8 y 67.6 respectivamente, el primero manifestando una calidad general del agua buena y el segundo una aceptable (Cuadro 21). De tal manera que según el ICA_{FQ} el agua es admisible para la conservación de la vida acuática, requiere de purificación ligera si desease utilizarse para uso doméstico e ingesta humana, así como para el riego de algunos cultivos; mientras que de acuerdo al ICA_{E. coli} el agua sólo afecta a especies acuáticas muy sensibles, pero requiere de un mayor tratamiento si desea usarse para el abastecimiento público y el consumo humano. Ambos índices indican que el agua necesita de una purificación ligera para el riego de algunos tipos de cultivo.

A pesar de los valores del ICA_{FQ} y del ICA_{E. coli}, las campañas tercera y cuarta obtuvieron una calidad general del agua excelente, con un ICA_{c3} de 90.5 y un ICA_{c4} de 92.7 respectivamente. Por otro lado, la primera campaña (ICA_{c1}) presentó un valor del índice de 79.5 y la segunda (ICA_{c2}) mostró el más bajo con 70.0 (Figura 29). Lo anterior se debe a los altos contenidos de SST, nitrógeno amoniacal y ortofosfatos en esas dos campañas, pero en mayor medida en la época de lluvias donde los resultados de la Tb también fueron grandes.

Por lo expuesto anteriormente, se considera que esta agua no debe utilizarse para la ingesta humana con sólo hervirla o clorarla, a menos que pase por un tratamiento mayor. Como ya se mencionó, sufre deterioro en su calidad por descargas de aguas residuales domésticas (que no son propias únicamente de una temporada del año, sino que son de carácter permanente) con altos contenidos de nitrógeno amoniacal y ortofosfatos y no sólo por grandes valores de los SST y de la Tb. Aunque intuitivamente la disolución de los dos primeros durante las lluvias, haría suponer que disminuyen en concentración, pareciera más bien que las escorrentías y el aumento del tirante del agua ocasionan un arrastre de contaminantes (heces humanas secas –y también

de los animales que toman agua de las corrientes superficiales- o residuos de detergentes) que se encuentran en los bordes del cauce o incluso en el sistema de drenaje.

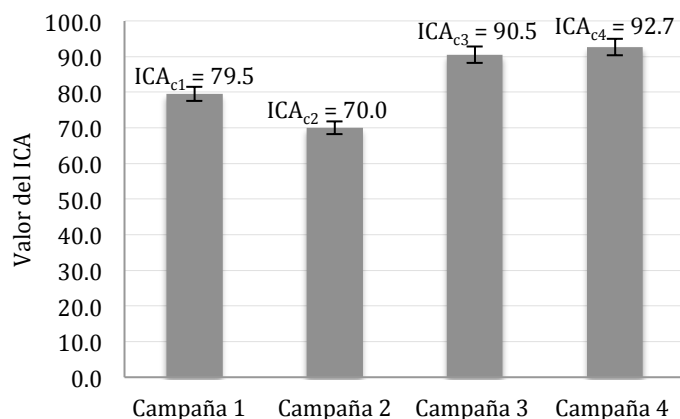


Figura 29. ICA por campaña de *SMM* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).

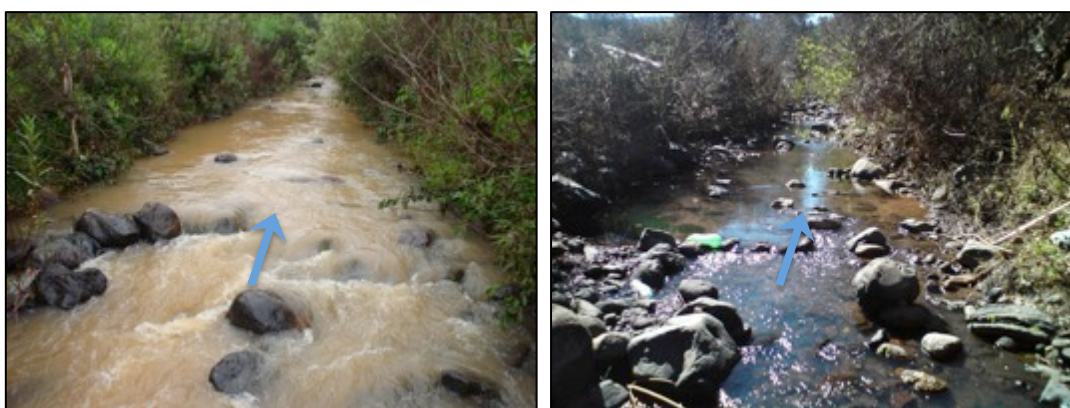


Figura 30. Corriente principal (perenne) *SMM*.

A la izquierda se observa la corriente superficial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

9. Planta de tratamiento *SMM*

El muestreo del agua de este punto se hizo en el tubo de salida de la planta de tratamiento de las aguas residuales domésticas de la localidad de *SMM* (Figura 33). Su ubicación en la cuenca es la misma que la del punto anterior (*SMM*) aunque unos metros aguas abajo y en el costado oeste del cauce. Para fines del presente análisis se considera como una corriente tributaria –a la principal- de carácter perenne, pues se observó que el vertido de sus aguas –ya tratadas- es permanente (con excepción de algún momento en el que pudiera encontrarse en mantenimiento, pero que no ha de ser mayor a algunas horas).

La planta recibe el agua directamente de la localidad mencionada y realiza un tratamiento de tipo biológico anaeróbico (RAFA) con una capacidad instalada de 3.0 l/s, pero con un gasto de operación de 1.0 l/s. Actualmente –y durante la investigación- se encontró en pleno funcionamiento y el uso final del efluente es para retribución al caudal natural –de la

corriente principal de río Chiquito en este caso- y para riego agrícola. Cabe mencionar que esta planta cumple con la NOM-001-SEMARNAT-1996 (1996) (establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas) (OOAPAS, 2011b). En la figura siguiente se muestra el diagrama de flujo del proceso de tratamiento.

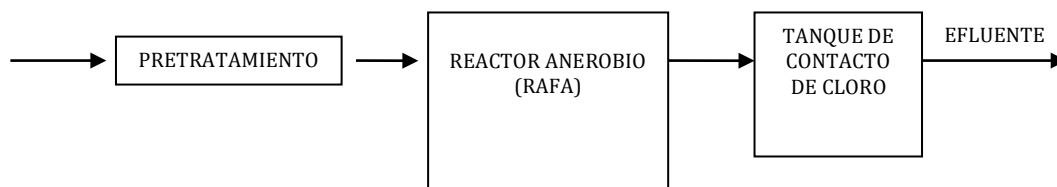


Figura 31. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de la planta tratadora de San Miguel del Monte. Fuente: OOAPAS (2011b)

Esta planta de tratamiento sólo trata el 55.3% de las aguas negras del poblado de SMM, ya que faltan por conectar parte de las viviendas al drenaje. El aporte de agua residual de tal localidad a la planta es de 1.85 l/s.

El ICA_{FQ} y el $ICA_{E. coli}$ manifestaron una calidad general del agua inaceptable con valores de 46.4 y 40.8 respectivamente. De tal manera que ésta agua no es adecuada para el abastecimiento público y consumo humano; para un uso agrícola requeriría de tratamiento y sólo organismos muy resistentes pueden habitar en ella por lo no es apta para la conservación de la vida acuática; y debe evitarse el contacto humano con la misma (Cuadro 21). Lo anterior se debe a sus bajos niveles de OD (media de 0.95 mg/l) y muy altos contenidos de nutrimentos (con promedios de: 6.56 mg/l NO_3^- -N para los nitratos, 17.85 mg/l NH_3 -N para el nitrógeno amoniacal y 31.23 mg/l PO_4^{3-} para los ortofosfatos). Asimismo, presenta altos valores promedio de K (527.25 $\mu S/cm$), de Tb (103.84 UNT), de SST (59.65 mg/l) y un olor desagradable durante todas las campañas y presencia de espuma. Cabe mencionar que para *E. coli* durante la segunda – campaña- no se registró ninguna colonia (0 UFC/100ml), mientras que para la cuarta se registró una cifra de >25,000 UFC/100ml, lo cual hace suponer que durante la última la planta no estaba funcionando adecuadamente, tal vez por mantenimiento o por fallas técnicas en el proceso de tratamiento (Cuadro 22).

Por otro lado, el comportamiento de los índices a lo largo del año varió, obteniendo un criterio de calidad general del agua aceptable para las campañas segunda (ICA_{c2}) y cuarta (ICA_{c4}) con valores de 63.6 y 60.0 respectivamente. En tanto, que las cifras más bajas resultaron en las campañas primera (ICA_{c1}) y tercera, (ICA_{c3}), con cifras de 40.5 y 49.1, correspondientemente que significan una calidad general del agua inaceptable (Figura 32).

Finalmente, por lo dicho anteriormente se considera que esta agua no debe usarse para la ingesta humana bajo ninguna circunstancia, ni tener contacto con ella. En todo caso si desea utilizarse como agua para riego deberán hacerse más pruebas para verificar si la planta funciona

adecuadamente, pues como se observó en la cuarta campaña los contenidos de coliformes fueron bastante altos. Otro problema delicado son sus altos contenidos de nutrientes, que originan procesos de eutrofización en el agua.

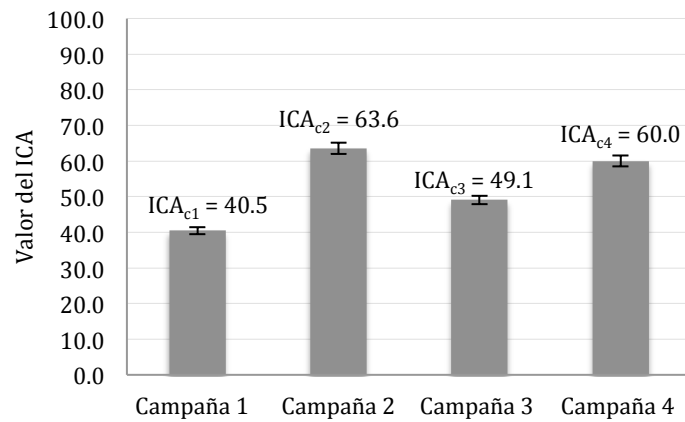


Figura 32. ICA por campaña de *Planta de tratamiento SMM* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).



Figura 33. *Planta de tratamiento SMM.*

Arriba se observa la planta de tratamiento, abajo a la izquierda el tubo de salida durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

10. *Jesús del Monte (JM)*

Este punto de muestreo fue tomado de una corriente tributaria perenne de tercer orden ubicada al oeste de la cuenca (Figura 35). Se halla en su zona de tránsito a una altitud 2100 msnm, sobre

una transición entre suelos luvisoles y acrisoles en un valle situado en laderas muy suaves a suaves. Los terrenos contiguos al cauce poseen una cubierta de cultivos de temporal.

Los procesos erosivos de zonas cercanas son evidentes en las características del agua, pues recibe escurrimientos provenientes de un terreno con grandes cárcavas (algunas alcanzan los 300 metros de longitud) ubicado al sur, 500 metros aguas arriba. Tal lugar se halla en suelos luvisoles que son muy arcillosos y altamente susceptibles a la erosión. Es común que estos presenten colores que van del rojo al amarillo, con tonos pardos, pero sin llegar a ser oscuros (INEGI, 2008). De tal manera que los SST del agua muestreada presentaron una media de 272.60 mg/l (896.00 mg/l en la primera campaña cuando la corriente estaba prácticamente seca y concentraciones de 54.80, 43.60 y 96.00 mg/l en las campañas subsecuentes en ese orden), mientras que la Tb mostró un promedio bastante alto, alcanzando 189.75 UNT, con una desviación estándar de 66.71 UNT, bastante notoria en un color rojizo del líquido (Cuadro 22).

El ICA_{FQ} y el $ICA_{E. coli}$ obtuvieron un valores cercanos, de 58.2 y 54.8 correspondientemente, ambos manifestando una calidad general del agua deficiente (Cuadro 21). De tal forma que requieren de una mayor necesidad de tratamiento si el agua desea utilizarse para un uso doméstico e ingesta humana, igualmente para un uso agrícola. Asimismo sus características son dudosas para especies sensibles, en lo que se refiere a la conservación de la vida acuática.

A pesar de los valores bajos del ICA_{FQ} y del $ICA_{E. coli}$, las últimas tres campañas obtuvieron cifras de los índices muy parecidas y superiores a 70.0, con un ICA_{c2} de 71.8, un ICA_{c3} de 72.3 y un ICA_{c4} de 73.2. Las cuales indican una calidad general del agua aceptable. En tanto que el valor más bajo se presentó en la primera campaña cuando con un ICA_{c1} de sólo 43.2, que indica una calidad general inaceptable (Figura 34). Esto se debe a que fue en ese momento -previo a la temporada de lluvias- cuando los SST y la Tb tuvieron los números más altos, el OD su concentración más baja (3.12 mg/l) y la DBO_5 la más alta (4.98 mg/l).

Por lo expuesto anteriormente, se considera que esta agua no debe emplearse para la ingesta humana con sólo hervirla o clorarla, a menos que se le haga un tratamiento mayor. Su calidad está deteriorada no sólo por los parámetros expuesto, pues aunque no obtuvo cantidades tan elevadas de *E. coli*, -como en los sitios que reciben descargas de aguas residuales domésticas-, sus valores no pueden ignorarse. Durante la temporada de lluvias resultaron en 633 UFC/100ml y en la época de secas en 1833 UFC/100ml. Mientras que el contenido de nitrógeno amoniacal mostró una media de 0.29 mg/l NH_3-N , alcanzando sus valores más altos en las campañas primera y cuarta (0.60 y 0.30 mg/l NH_3-N respectivamente) y los más bajos en las segunda y tercera (0.17 y 0.08 mg/l NH_3-N , correspondientemente). Por ende, se distingue que existe contaminación por heces fecales, la cuál sería ocasionada por el ganado que suele beber

directamente del cauce, debido a que en algunas ocasiones se le observó haciéndolo e incluso se sus reconocieron huellas a las orillas del mismo.

Finalmente, por las concentraciones de los nitratos (media de 0.84 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$) y los ortofosfatos (0.66 mg/l PO_4^{3-} en promedio) -que no fueron tan grandes- se distingue que la lixiviación de estos nutrientes por la posible fertilización de los cultivos aledaños no es importante.

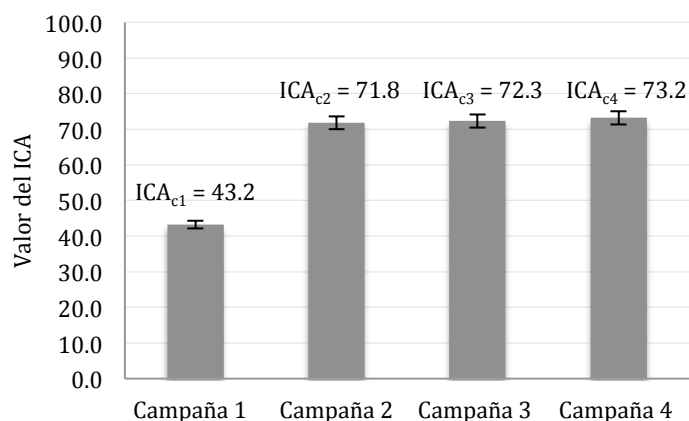


Figura 34. ICA por campaña de JM con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).



Figura 35. Corriente tributaria perenne JM.

A la izquierda se observa la corriente superficial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

11. Planta de tratamiento JM

El agua muestreada en este punto se obtuvo del tubo principal de salida de la planta de tratamiento de las aguas residuales de la localidad de JM (Figura 38). Se ubica en el mismo sitio de la cuenca que el punto anterior (JM), aunque unos metros aguas abajo y en el costado oeste del cauce. Por fines del análisis que aquí se realiza, sus aportes de agua tratada se consideran como una corriente tributaria perenne, ya que se observó que el vertido de este líquido es permanente (con excepción de algún momento en el que pudiera encontrarse en mantenimiento, pero que no supera unas cuantas horas).

Al igual que la planta tratadora de SMM, el agua que proviene del poblado llega directamente a la planta, pero las descargas de aguas negras sin tratamiento no fluyen naturalmente hacia el cauce natural de éste sitio, como sí ocurre en la primera. El tipo de tratamiento que realiza esta planta es biológico aerobio (lodos activados), con una capacidad instalada de 4.2 l/s y un gasto de operación de 3.5 l/s. El uso final de su afluente es para la reintegración del agua al caudal –en este caso de la corriente del punto anterior (JM)- y para riego agrícola. Asimismo la planta cumple con la NOM-001-SEMARNAT-1996 (1996) (establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas) (OOAPAS, 2011b). En la figura siguiente se muestra el diagrama de flujo del proceso de tratamiento.

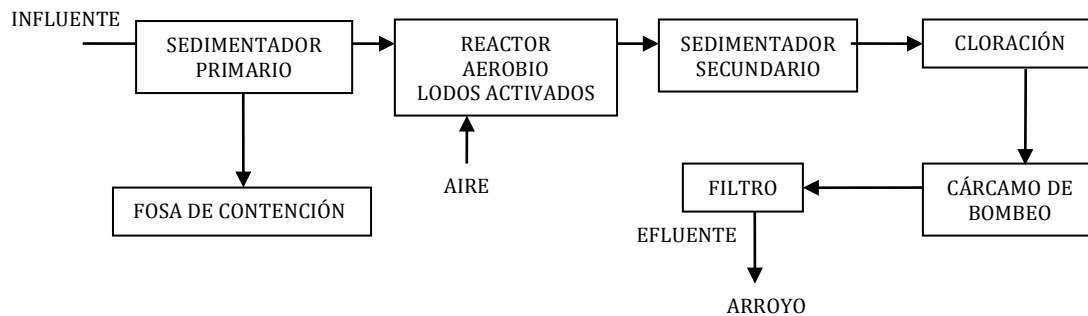


Figura 36. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de la planta tratadora de la localidad de Jesús del Monte.
Fuente: OOAPAS (2011b)

De acuerdo con el OOAPAS (2011b) en la actualidad se halla en mantenimiento, aunque a lo largo de la investigación se muestrearon sus aguas, ya que se observaba que la salida de las mismas –al menos por uno de sus tres tubos (el más grande)- era continua. Se desconoce desde cuando se halla sin funcionar, pero por los resultados obtenidos se pensaría que desde que comenzó la investigación, pues la calidad de su agua de salida es bastante mala (con los valores del ICA_{FQ} y del $ICA_{E. coli}$ más bajos de todos los puntos considerados en el presente trabajo), e incluso sus contenidos de *E. coli*, son muy altos (>25,000 UFC/100ml).

De acuerdo con el OOAPAS (2011b), esta planta tratadora sólo trata el 41.3% de las aguas residuales domésticas de la localidad de JM, ya que parte del drenaje no se conduce a la planta, pero se tiene en proyecto el rediseño para ampliar su capacidad. La aportación de aguas negras de tal poblado es de 8.67 l/s.

Como ya se mencionó, los ICA_{FQ} e $ICA_{E. coli}$ obtuvieron los valores más bajos, para todos los puntos muestreados en la presente investigación (incluyendo los dos sitios ubicados dentro de la ciudad de Morelia que reciben una gran cantidad aguas negras), con una calidad general del agua inaceptable y números de 35.0 y 30.8 correspondientemente. Por lo tanto, ésta agua no es adecuada para el abastecimiento público y consumo humano, ni para la conservación de la

vida acuática (sólo organismos muy resistentes pueden habitar en ella); mientras que para un uso agrícola requeriría de tratamiento y debe evitarse el contacto humano con la misma (Cuadro 21). Las razones de lo anterior son sus bajos niveles de OD (0.60 mg/l en promedio) y muy altos contenidos de nutrimentos (con medias de: 2.30 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ para los nitratos, 26.53 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ para el nitrógeno amoniacal y 56.73 mg/l PO_4^{3-} para los ortofosfatos). Asimismo, presenta las cifras promedio más altas registradas en este trabajo para la K (1,120.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y para los SST (312.01 mg/l); de las más grandes en Tb (173.15 UNT) –apenas por debajo del punto anterior (JM)- y un olor desagradable durante todas las campañas, así como la presencia de espumas⁶³. De la misma forma, los contenidos *E. coli* fueron demasiado altos para las dos campañas en que se determinaron: >25,000 UFC/100ml) (Cuadro 22).

Por otra parte, aunque los ICA_{c2} , ICA_{c3} , e ICA_{c4} obtuvieron también una calidad general del agua inaceptable con valores de 30.9, 45.5 y 36.8 respectivamente, el ICA_{c1} presentó una cifra de 75.0, es decir, una calidad general del agua buena (Figura 37). Ello se debe principalmente a sus bajos niveles de SST (7.33 mg/l), de Tb (1.12 UNT) y de nutrimentos (0.60 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ para los nitratos, 0.05 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ para el nitrógeno amoniacal y 0.90 mg/l PO_4^{3-} para los ortofosfatos) en comparación con las demás campañas, cuando en general fueron mucho más elevados.

Finalizando y por lo mencionado previamente, se considera que esta agua no debe ser ingerida por humanos bajo ninguna circunstancia, ni tener contacto con ella. Asimismo, sus altos contenidos de nutrimentos pueden dar origen a procesos de eutrofización en el agua. Por ende, se considera que es urgente que comience a funcionar de nuevo y que lo haga de manera adecuada, pues su gasto de salida es bastante considerable.

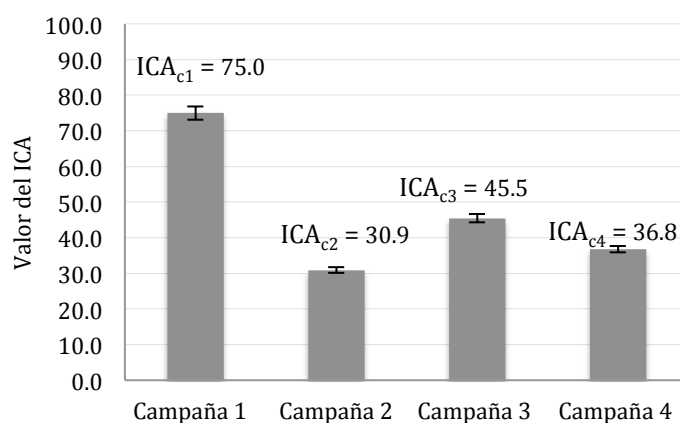


Figura 37. ICA por campaña de *Planta de tratamiento JM* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).

⁶³ A su vez, se observó un tipo de alga u hongo de color blanco adheridos a las piedras y a los bordes del cauce donde el agua del tubo de salida cae.



Figura 38. Planta de tratamiento JM.

Arriba se observa la planta de tratamiento, abajo a la izquierda el tubo principal de salida durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

12. Manantial Río Bello

Este manantial es de carácter perenne ubicado al centro de la cuenca (un poco hacia el norte) en su zona de tránsito a una altitud de 2080 msnm (Figura 40). Se halla sobre suelos acrisoles en un piedemonte no diferenciado. Posee cultivos de temporal contiguos y –junto con un manantial ubicado metros aguas arriba- aporta su líquido al caudal del río Bello que nace en los manantiales *La Pitahaya* y *La Tijera*.

Las valores mostrados en sus parámetros son muy diferentes a los de los manantiales ubicados en la cabecera de la cuenca (*La Rosa*, *La Pitahaya* y *Torrecillas*), ya que éste presenta cifras promedio mucho mayores para casi todos y menores para el OD (2.67 mg/l) (Cuadro 22). Destacan las medias de la Tb, los SST y la K (11.35 UNT, 21.45 mg/l y 212.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente), así como de los nutrimentos (1.30 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ para los nitratos, 0.24 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ para el nitrógeno amoniacal y 1.01 mg/l PO_4^{3-} para los ortofosfatos) –seguramente debido al lixiviado de fertilizantes utilizados en los cultivos aledaños-. A su vez la DT (con 88.00 mg/l como CaCO_3) es de las más altas para los registros de toda la cuenca, tanto como la de las plantas de tratamiento y los sitios urbanos (*García Obeso* y *Av. Michoacán*). Por otra parte, el gasto medio de este punto es el menor observado en todos los lugares evaluados de la cuenca, con sólo

0.06 l/s (con un máximo de 0.13 l/s en la época de lluvias y un mínimo de 0.02 l/s en la de secas) aunque pequeño, siempre se distinguió flujo de agua en él (Cuadro 27).

Cabe mencionar que antes de fluir el agua de este manantial hacia el cauce del río Bello, se estanca naturalmente en una pequeña poza -de aproximadamente un metro cúbico de volumen del líquido en los momentos en que se halla más llena-. La muestra se tomó a la salida de dicha poza, lo cual permite decir que el OD disminuye por el estancamiento y la Tb y los SST incrementan sus valores, pues la superficie del agua suele acumular pequeñas partículas de materia orgánica que caen sobre ella, principalmente del dosel de un sauce que cubre el sitio.

El ICA_{FQ} y el ICA_{E. coli} obtuvieron valores muy parecidos, de 72.3 y 73.2, respectivamente. Ello indica una calidad general del agua aceptable, que para uso doméstico y consumo humano requeriría de una necesidad mayor de tratamiento, en tanto que para uso agrícola sólo de una purificación ligera para ciertos cultivos. Por otro lado, para la conservación de la vida acuática el agua sólo es nociva para especies muy sensibles (Cuadro 21).

En cuanto a los ICAs específicos para cada campaña, el agua de este manantial se mostró bastante constante y muy similar al ICA_{FQ} y al ICA_{E. coli}. Con un ICA_{c1} de 73.2, un ICA_{c2} de 80.0, un ICA_{c3} de 73.6 y un ICA_{c4} de 73.6. Por lo que se observa que es en la temporada de lluvias cuando hay una calidad general del agua buena, mayor a la de los otros momentos del año cuando ésta es aceptable (Figura 39). Lo anterior puede deberse a que un flujo mayor del agua evita el deterioro de su calidad -por el estancamiento-, a la vez de que la disolución es superior y por ende las concentraciones disminuyen.

Finalmente, si esta agua desease emplearse para la ingesta humana podría hacerse siempre y cuando se eliminase su Tb y sus SST por medio de algún tratamiento de filtrado, aunque podría no tratarse, pues sus valores no son sumamente grandes. Punto importante es que sus contenidos de *E. coli* no son altos, ya que presentan una media de 50 UFC/100 ml, incluso del orden de los manantiales de la parte alta de la cuenca que son utilizados para la ingesta humana de sus aguas. De tal manera que es muy probable que estas coliformes sean de vida libre y no originadas por contaminación de heces fecales, ya que no hay ningún tipo de descarga de aguas negras y además el manantial está protegido por una cerca, por lo que el ganado no bebe directamente de él.

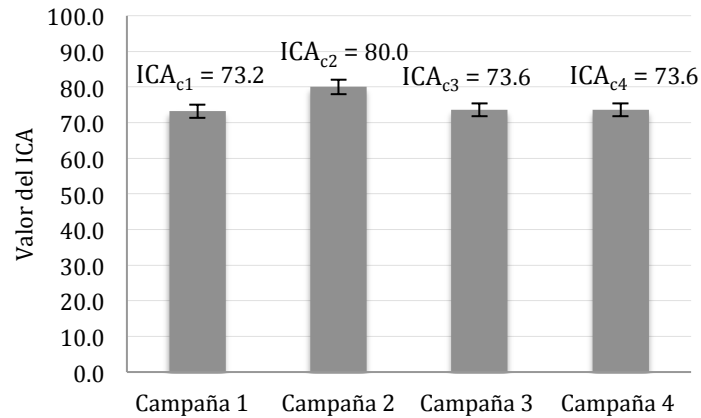


Figura 39. ICA por campaña de *Manantial Río Bello* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).



Figura 40. *Manantial Río Bello*.

Arriba a la izquierda se observa el manantial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y abajo a la izquierda en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). A la derecha, tanto arriba como abajo, se muestra su microlocalización para los respectivos momentos del año. Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

13. *Río Bello (RB)*

RB es un punto situado en una corriente tributaria perenne de tercer orden que se halla al centro de la cuenca (un poco hacia al norte), en su zona de tránsito y a una altitud de 2060 msnm (Figura 42). Se ubica sobre suelos acrisoles en un piedemonte no diferenciado. Al costado norte del cauce existen pastos y pequeños arbustos y a unos cuantos metros una carretera. Del lado sur se encuentran pastizales.

Esta corriente recibe aguas del punto anterior (*Manantial Río Bello*) y del manantial que se encuentra metros antes del mismo. A la vez, naturalmente debiese llegarle agua de los manantiales de *La Pitahaya* y *La Tijera*, aunque como ya se mencionó, estos son colectados en una cisterna para su aprovechamiento por parte de la población de SJT y sólo en pocas ocasiones, suelen desbordarla o rodearla y fluir libremente hacia este sitio.

Cabe decir que ésta agua suele ser extraída por pipas de personas que se dedican a venderla para el uso doméstico en la ciudad de Morelia principalmente, sobre todo en aquellas colonias donde no hay servicio de abastecimiento de agua potable.

Al respecto de lo anterior, a pesar de que el agua del río Bello -que es la que llega a éste punto- atraviesa por una zona de cultivos, los valores promedio de los nutrimentos no son tan altos como en el caso del sitio anterior (*Manantial Río Bello*) que se halla prácticamente a la mitad de dicha zona. Asimismo, la media de las concentraciones del OD no es baja (5.15 mg/l). No obstante, la Tb y los SST (con un promedio de 22.66 UNT y 14.35 mg/l, respectivamente) muestran un posible efecto de las actividades agrícolas cercanas, pues aunque no resultaron en cifras tan altas, sus cantidades no son las más adecuadas para el uso doméstico que se le da a éste líquido por el aprovechamiento mencionado. Alcanzaron valores de 59.37 UNT -para la Tb en temporada de lluvias- y de 26.80 y 24.00 mg/l -de SST antes y durante la época de lluvias correspondientemente-. A la vez, el contenido promedio de *E. coli* fue de 433 UFC/100 ml y la concentración media de la DBO₅ fue de 2.04 mg/l, con un máximo de 3.32 mg/l en la primera campaña (Cuadro 22).

El ICA_{FQ} y el ICA_{*E. coli*} obtuvieron valores de 85.9 y 80.4 respectivamente, ambos manifestando una calidad general del agua buena (Cuadro 21). De tal manera que ésta requiere de purificación ligera si se desea utilizar para uso doméstico y consumo humano, así como para el riego de algunos cultivos. En tanto que para la conservación de la vida acuática es admisible para todos los organismos.

Las campañas que presentaron los valores del ICA más bajos fueron la primera (ICA_{c1}) y la segunda (ICA_{c2}), ambas con 81.8. Mientras que la tercera (ICA_{c3}) mostró un valor de 88.6 y la cuarta (ICA_{c4}) uno de 92.3. Por lo tanto, las primeras tres reflejan una calidad general del agua buena, y la última una excelente (Figura 41).

Por lo expuesto en los párrafos anteriores, se considera que esta agua puede utilizarse para la ingesta humana siempre y cuando se hierva o clore pues sus contenidos de *E. coli*, aunque no excesivos, son considerables (es muy probable que no todas sean de vida libre y que esté sufriendo de algún proceso de contaminación por heces fecales). Sin embargo, debe también tratarse con algún proceso de filtrado cuando los SST y la Tb presentan los valores más altos. Para otras actividades domésticas puede utilizarse con seguridad sin tratamiento alguno, en tanto se puedan realizar más análisis microbiológicos -antes y después de la temporada de

lluvias- para corroborar que el intervalo no supera por mucho de las 600 UFC/100 ml (límite máximo establecido por el AWW para el contacto total del cuerpo humano), ya que en la época de lluvias se registraron 633 UFC/100 ml.

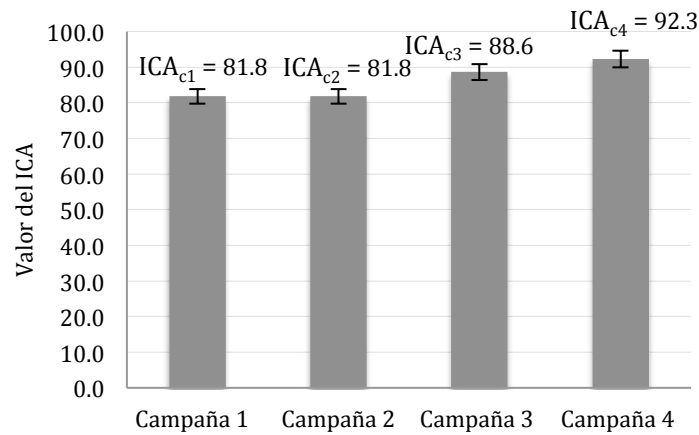


Figura 41. ICA por campaña de *RB* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).



Figura 42. Corriente tributaria perenne *RB*.

A la izquierda se observa la corriente superficial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo), donde tiene una pequeña represa de piedra ya que diversas pipas extraen agua de dicho lugar. Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

14. Carretera JM

Este punto de muestreo se tomó en la corriente principal –del río Chiquito–, la cual es por ende de carácter perenne y para este caso posee un cuarto orden (Figura 44). Se ubica al centro de la cuenca (un poco hacia el norte) en la zona de tránsito a una altitud de 2060 msnm. El lugar es un piedemonte no diferenciado con suelos acrisoles y el cauce cuenta con vegetación en sus bordes principalmente compuesta por sauces.

En el agua de esta corriente son evidentes los procesos de erosión que ocurren al centro y suroriente de la cuenca pues conjunta los caudales provenientes de los puntos 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10

y 11, así como la contaminación por aguas residuales domésticas de SMM y de otros caseríos cercanos al cauce, a la vez de las descargas de las plantas tratadoras de esa localidad y de la de JM.

Lo anterior se refleja en los resultados para los diferentes parámetros. La media de la concentración del OD fue de 2.25 mg/l (con valores de 0.07 y 0.41 mg/l en la primera y la segunda campaña, respectivamente) y el valor promedio de la DBO₅ fue de 2.92 mg/l (con un intervalo de 3.26 a 4.18 mg/l para las últimas tres campañas). A su vez, se obtuvieron altos valores en las medias de la Tb (113.32 UNT), los SST (94.75 mg/l), los nutrientes (1.65 mg/l NO₃-N para los nitratos, 2.27 mg/l NH₃-N para el nitrógeno amoniacal y 5.12 mg/l PO₄³⁻ para los ortofosfatos), la K (203.60 μS/cm) y *E. coli* (>25,000 UFC/100 ml). Con cifras que alcanzaron 399.67 UNT para la Tb, 325.00 mg/l para los SST y 4.10 mg/l NO₃-N para los nitratos durante la temporada de lluvias; 13.95 mg/l PO₄³⁻ para los ortofosfatos y 435.00 μS/cm para la K antes de la época de lluvias -en la primera campaña-; y 9.00 mg/l NH₃-N para el nitrógeno amoniacal en tiempo de secas -cuarta campaña-. Asimismo, se detectó un olor desagradable del agua durante las dos primeras campañas, lo cual seguramente se debe a que las temperaturas son mayores en esos momentos del año -en comparación con las que se presentan durante la tercera y la cuarta campañas- y ello acelera los procesos de descomposición. Esto es patente en las concentraciones del OD, que -como ya se mencionó- resultaron bastante bajas en esos tiempos (Cuadro 22).

Por lo expuesto previamente, resultaron valores bajos de los ICA_{FQ} e ICA_{*E. coli*}, 50.5 y 44.4 respectivamente. Para el primero indicaría una calidad general del agua deficiente, aunque prácticamente inaceptable como se observa para el segundo ICA (Cuadro 21). Una calidad general como la última, no admite el uso de esta agua para el abastecimiento público y la ingesta humana -pues necesitaría un tratamiento muy importante- y requiere de tratamiento para el riego agrícola. En cuanto a la conservación de la vida acuática sólo permite la supervivencia de organismos muy resistentes y el contacto con el cuerpo humano debe ser evitado.

En cuanto a los valores de los ICAs obtenidos a lo largo del año, se observa una alta variabilidad, que va desde una calidad general del agua a apenas deficiente -casi inaceptable- a una buena. Así, durante la época de lluvias, es decir la segunda campaña (ICA_{c2}) aparece el valor más bajo -casi como el del ICA_{FQ}- con 50.9. Mientras que el más alto resulta en la tercera campaña (ICA_{c3}) con 83.2. Por otro lado, los de la primera (ICA_{c1}) y cuarta campaña (ICA_{c4}) muestran valores similares con 65.0 y 68.6 respectivamente (Figura 43). El resultado del ICA_{c3} se debe a que después de la temporada de lluvias -en la tercera campaña- se presentaron valores menores -en algunos casos los mínimos- principalmente de los SST (6.20 mg/l), la Tb (10.68 UNT), los nutrientes (0.25 mg/l NO₃-N para los nitratos, 0.06 mg/l NH₃-N para el nitrógeno amoniacal y 1.29 mg/l PO₄³⁻ para los ortofosfatos) y la K (104.90 μS/cm). Asimismo, el

valor máximo del OD se presentó en estos momentos con un contenido de 4.46 mg/l (Cuadro 22).

Con respecto a lo anterior, es probable que ocurra algo similar que en el punto de muestreo de *SMM*, en el que podría intuirse que durante la temporada de lluvias los contaminantes disminuyen en concentración al diluirse, pues fluye una mayor cantidad de agua. No obstante, al parecer las precipitaciones pluviales y las escorrentías generan un aumento en el tirante del agua, el cual arrastra a su paso heces humanas secas –e incluso heces de los animales que toman agua de las corrientes superficiales de agua-, residuos de detergentes y otros agentes de contaminación que se hallan en los bordes del cauce o en el sistema de drenaje. Esto va en detrimento de la calidad del agua en ese tiempo, pero efectúa un proceso de limpieza que permite una mejor calidad del líquido en momentos posteriores a esta época del año.

Por lo mencionado previamente, se considera que esta agua no debe utilizarse para la ingesta humana bajo ninguna circunstancia, ni tener contacto con ella principalmente durante la época de lluvias. Destacan sus altos contenidos de SST y grandes valores de Tb derivados de los procesos erosivos que ocurren aguas arriba y que se reflejan en el color de esta agua rojiza –principalmente durante lluvias- y blanquizca -durante otros momentos del año-, pues también recoge las descargas de aguas residuales domésticas, así como de las plantas tratadoras de SMM y JM (tienen un color “jabonoso” que va del blanco al verde y suelen presentar espumas, distinguidas en la tercera campaña en este sitio, quizá también derivadas del uso de detergentes en las viviendas que descargan directamente al cauce).

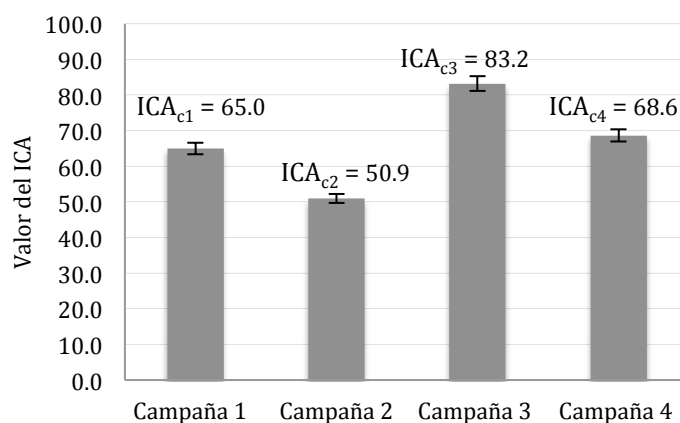


Figura 43. ICA por campaña de *Carretera JM* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).

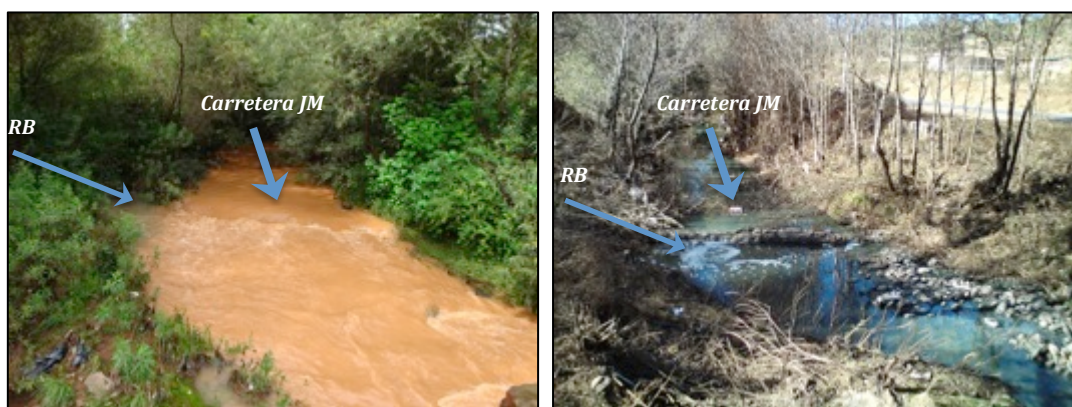


Figura 44. Corriente principal (perenne) *Carretera JM*.

A la izquierda se observa la corriente superficial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.
Nota: Las muestras de agua y la estimación del Q fueron obtenidas antes de la intersección con *RB*.

15. Unión: *Carretera JM-RB*

Este sitio de muestreo se halla en la corriente principal –del río Chiquito–, de carácter perenne y de cuarto orden (Figura 45). Está ubicada a una altitud de 2060 msnm, en la zona de tránsito de la cuenca, al centro (un poco hacia el norte) de la misma. Está situada sobre suelos acrisoles en un piedemonte no diferenciado. Alrededor del cauce se encuentra vegetación arbustiva y arbórea (como sauces), más allá de dicha vegetación riparia, se hallan pastizales, aunque a cerca de 20 metros al este existe una plantación de eucaliptos sobre una ladera (con orientación al oeste).

Este punto representa la unión a la corriente principal de una corriente tributaria perenne. En específico de los puntos *Carretera JM* con *RB* –respectivamente– y la muestra fue tomada a aproximadamente 15 metros aguas abajo de dicha intersección. En este sentido, la evaluación de la calidad del agua fue de referencia y sólo se evaluaron los parámetros físicos y químicos de campo (T, K, pH y OD). Por ende no se obtuvo ningún tipo de ICA.

En comparación con los puntos inmediatos de los que recibe agua (los que conforman la unión), los valores promedio del pH fueron similares con 7.18. Mientras que los del OD y la K presentaron medias ubicadas entre las cifras promedio de dichos puntos, con 3.96 mg/l y 187.83 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente. No obstante, la T mostró un valor promedio más bajo, con 13.83°C, pues justo después de la unión de las corrientes y antes de la toma de la muestra hay un puente de mampostería para el paso de la carretera, el cual genera una bóveda de concreto (también en el lecho del cauce) oscura y fría (de aproximadamente 10 metros), por la cual atraviesa el agua (Cuadro 22). Cabe mencionar que el OD obtuvo concentraciones de 5.36 y 5.31 mg/l durante las campañas segunda y tercera respectivamente, de 4.22 mg/l en la cuarta, pero apenas de 0.94 mg/l en la primera.

Debido a que sólo se tomaron en cuenta los parámetros físicos y químicos para este punto, no se considera pertinente hacer ningún tipo de recomendación sobre los usos adecuados para el agua de este sitio, ya que no se cuenta con los datos suficientes. En todo caso, debido a que el gasto medido de *Carretera JM* es siempre mayor que el obtenido de *RB* (Cuadro 27)

8), las características y calidad de su unión –es decir, de este punto- ha de ser similar a las del primer punto, sobre todo en las últimas tres campañas (el caudal de éste superó en más de siete veces los de *RB* en la segunda campaña, en más de 10 veces en la tercera y cuarta y en la primera apenas lo hizo por casi el doble). Esto se corroboró visualmente con el color del agua – parecido al de *Carretera JM*- y durante la tercer campaña, al mostrar también la misma tonalidad (del blanco al verde) y espumas en la superficie. Asimismo, se percibió un olor desagradable durante las dos primeras campañas. Además las cifras promedio del OD y de la K, son más parecidas a las de *Carretera JM* que a las de *RB*.



Figura 45. Corriente principal (perenne) *Unión: Carretera JM-RB*.

A la izquierda se observa la corriente superficial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.
Nota: ambas imágenes fueron tomadas desde el puente vehicular de la carretera que va de la localidad de Jesús del Monte a la de San José de las Torres.

16. *Los filtros RB*

Los filtros RB es un punto ubicado en la corriente principal (río Chiquito), por ende de carácter perenne y en este caso de cuarto orden (Figura 47). Se encuentra en la zona de tránsito al noroeste de la cuenca a una altitud de 2000 msnm. Está ubicada sobre suelos leptosoles en laderas inclinadas y escarpadas. A los bordes del cauce existe vegetación arbustiva y arbórea (como sauces), pero más allá de ésta, existe bosque de encino y pino principalmente hacia el lado oeste, en tanto que al este se hallan pastizales y matorral.

Este punto recibe las aguas provenientes del anterior, es decir de *Unión: Carretera JM-RB*, a las cuales se agregan algunas corrientes tributarias en el transcurso. Durante la temporada de lluvias, el color rojizo del agua de *Los filtros RB* hace evidente los procesos de erosión que

ocurren más arriba de la cuenca. En este sentido, el valor de la Tb tuvo un máximo de 489.00 UNT en la época de lluvias (segunda campaña) que es el más alto registrado durante todas las campañas, para todos los puntos. La media fue de 125.89 UNT, pero por lo anterior presentó una desviación estándar bastante alta (242.09 UNT), debido a que en las campañas primera y tercera se obtuvieron valores de Tb menores a 10 UNT (4.58 y 8.31 UNT, respectivamente) y un valor muy bajo para la época de secas (cuarta campaña), que fue de 1.69 UNT –casi como el mínimo para los manantiales *La Rosa, La Pitahaya y Torrecillas*). A pesar de lo anterior, la cifra media para los SST no fue tan baja, con un 52.57 mg/l, pero también mostró su máximo durante la temporada de lluvias con 198.50 mg/l y su mínimo en la de secas con sólo 0.20 mg/l (las concentraciones para las campañas primera y tercera fueron de 9.20 y 2.36 mg/l, correspondientemente) (Cuadro 22).

Lo anterior y la contaminación proveniente de zonas más altas de la cuenca –tanto por aguas residuales domésticas, como por el uso de fertilizantes- también se refleja en las concentraciones medias de los nutrimentos en el agua con de 3.00 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ para los nitratos, 0.23 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ para el nitrógeno amoniacal y 3.29 mg/l PO_4^{3-} para los ortofosfatos. Para los primeros dos, también se alcanzó su máximo valor durante la temporada de lluvias: con 5.40 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ (que corresponde al más alto registrado para los nitratos en todas las campañas y en todos los puntos) y con 0.45 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ respectivamente. En tanto que para los ortofosfatos el dato más alto se obtuvo en la primera campaña –previo a la época de lluvias- con 7.00 mg/l PO_4^{3-} . Por otro lado, la DBO_5 y la K también presentaron medias altas de 3.16 mg/l y de 189.93 $\mu\text{S/cm}$ correspondientemente y aunque los contenidos de *E. coli* no superan las 25,000 UFC/100 ml, en el periodo de lluvias llegaron a 13,000 UFC/100 ml (en el de secas a 533 UFC/100 ml). Resalta que las concentraciones del OD son de magnitudes grandes, con un promedio de 5.34 mg/l y un máximo en la temporada de lluvias de 6.20 mg/l, no obstante esto se debe en buena medida a que el cauce posee muchas rocas de tamaño considerable que generan turbulencia en el agua (Cuadro 22).

Los valores del ICA_{FQ} e $\text{ICA}_{\text{E. coli}}$ no fueron muy similares, de 70.0 y 61.6 respectivamente, pero ambos indican una calidad general del agua aceptable (Cuadro 21), de tal manera que ésta requiere de una necesidad mayor de tratamiento si desease utilizarse como agua de uso doméstico o de ingesta humana, necesita de purificación ligera para el riego de algunos cultivos y en cuanto a la conservación de la vida acuática, el agua sólo es perjudicial para especies muy sensibles.

Los valores de los ICAs obtenidos durante las cuatro campañas fueron constantes, con excepción de la segunda, es decir, de la temporada de lluvias. El ICA_{c1} y el ICA_{c3} presentaron un valor de 85.9 y el ICA_{c4} uno de 80.0; mientras que el ICA_{c2} mostró la cifra más baja con 61.8 (Figura 46). Para los primeros tres se tiene una calidad general del agua buena, no obstante para

la época de lluvias cambia a aceptable –casi deficiente-. Tal disminución en la calidad del líquido se debe principalmente a que las máximas magnitudes de varios parámetros se presentan en ese momento del año (Tb, SST, I NO₃-N, NH₃-N y *E. coli*) y de no ser porque la mayor concentración del OD –que además es alta- también aparece en ese momento, el ICA sería menor y en consecuencia la calidad general del agua también.

En este punto se presenta un fenómeno parecido al que sucede en los sitios de muestreo de *SMM* y de *Carretera-JM*, donde a pesar de que podría creerse que durante la época de lluvias los contaminantes disminuyen en concentración al diluirse, pues el flujo de agua es mayor. Pareciera que las precipitaciones pluviales y las consecuentes escorrentías inducen el incremento del tirante de agua, arrastrando a su paso heces humanas secas –e inclusive heces de los animales que beben agua de las corrientes superficiales-, residuos de detergentes y otros agentes de contaminación encontrados en los bordes del cauce o en el sistema de drenaje. Esto afecta la calidad del agua en ese periodo del año, pero permite una mejor calidad del líquido en momentos posteriores a esta época del año, ya que funciona como un proceso de limpieza.

Finalmente, se considera que esta agua utilizarse podría utilizarse para la ingesta humana sólo si se pasa por un proceso de tratamiento que vaya más allá de sólo hervirla o clorarla, principalmente durante la época de lluvias, donde se le tendría que aplicar métodos de filtración o de otro tipo para separar los sólidos que posee y disminuir la turbidez. Asimismo, al ser agua que proviene en parte de zonas más altas donde recibe descargas residuales domésticas y de plantas de las plantas tratadoras de JM y SMM, contiene otros agentes contaminantes como detergentes. Aunque no presentó olores desagradables, lo anterior se hizo evidente también durante la época de lluvias –al igual que en *Carretera JM* y en *Unión: Carretera JM-RB*- cuando el agua presentó un color –“jabonoso”- blanquizco o verde, así como espuma en su superficie.

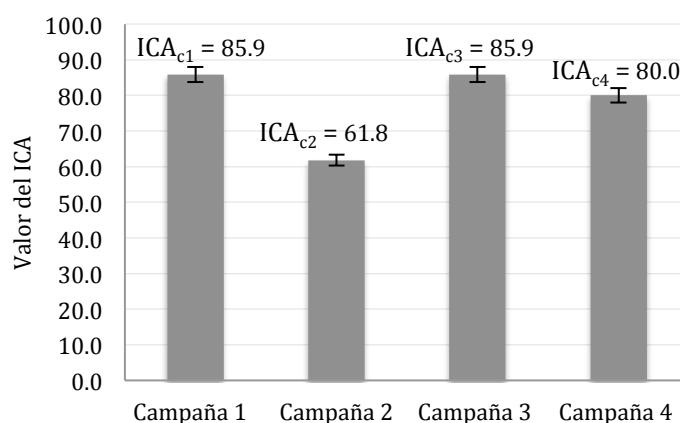


Figura 46. ICA por campaña de *Los filtros RB* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).



Figura 47. Corriente principal (perenne) *Los filtros RB*.

A la izquierda se observa la corriente superficial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

17. *Los filtros SJT*

Este punto de muestreo se halla en una corriente tributaria intermitente de cuarto orden. Se ubica a 2000 msnm al noroeste de la cuenca en su zona de tránsito (Figura 49). Está situado sobre suelos leptosoles en laderas inclinadas y escarpadas. A los costados del cauce existe vegetación de matorrales y pastizales. Por otro lado, en la primera campaña de muestreo – previo a la época de lluvias- el cauce se encontró seco y en la cuarta –temporada de secas- prácticamente sin agua.

El agua de este sitio es aquella que escurre en una porción de la cuenca – de aproximadamente el 20% del total de su superficie- ubicada en su extremo norte y este. Aguas arriba de esta corriente se halla el punto de *SJT* y en las zonas altas uno de sus manantiales es *La Rosa*. Dicha parte de la cuenca no presenta procesos erosivos tan importantes como sí ocurre en el resto. Tal situación se refleja en la calidad del agua de *Los filtros SJT* como se explica en los siguientes párrafos.

Los valores promedio de los SST y de la Tb fueron sólo de 6.53 mg/l y 17.81 UNT respectivamente (con máximos de 18.80 mg/l y 50.30 UNT en la temporada de lluvias; y en las campañas tercera y cuarta con cifras menores de 1.00 mg/l para los SST –la más bajas registradas para todos los puntos durante todo el año- y de 2.17 y 0.96 UNT para la Tb –esta última también la menor de todos los registros-). Asimismo las medias en las magnitudes de los nutrimentos también presentaron magnitudes bajas –cercanas a las de los manantiales de las partes altas de la cuenca- con cantidades de 0.53 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ para los nitratos, 0.03 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ para el nitrógeno amoniacal y 1.06 mg/l PO_4^{3-} para los ortofosfatos. De la misma manera, el contenido medio del OD no fue bajo, resultando de 5.35 mg/l y las concentraciones de *E. coli* no estuvieron tan grandes como en otros sitios, con 2,433 UFC/100 ml en la época de lluvias y sólo 33 UFC/100 ml en la de secas (Cuadro 22).

El ICA_{FQ} y el $ICA_{E. coli}$ presentaron valores no muy similares, de 86.4 y 78.4 respectivamente. No obstante, ambos indican una calidad general del agua buena, la cual, con un método de purificación ligera podría ser empleada para uso doméstico e ingesta humana, al igual que para el riego de algunos cultivos. En cuanto a la conservación de la vida acuática es aceptable para todos los organismos (Cuadro 21).

Por otro lado, para las campañas de muestreo, el ICA_{c3} y el ICA_{c4} obtuvieron una calidad general del agua excelente, con valores de 90.5 y 90.0 respectivamente. En tanto que para la temporada de lluvias, el ICA_{c2} presentó una calidad general buena, con un valor de 83.2 (Figura 48). Eso se debe a que en la segunda campaña se hallaron los valores máximos de algunos parámetros como los SST, la Tb, los nitratos y el nitrógeno amoniacal (las cifras máximas de los SST y de la Tb fueron sumamente superiores en comparación con las que tuvieron durante las otras dos salidas de muestreo).

A pesar de que la calidad general del agua resultó de buena para el ICA_{FQ} y el $ICA_{E. coli}$ e incluso de excelente para el ICA_{c3} y el ICA_{c4} , si esta agua desease emplearse para la ingesta humana con sólo hervirla o clorarla, es recomendable realizar una mayor cantidad de análisis microbiológicos, sobre todo durante la época de lluvias –en la que también habría que filtrarla-. Pues aunque en algunos parámetros esta agua sea similar a la de los manantiales que suelen utilizarse para el consumo humano, no lo es en los contenidos de *E. coli*. A pesar de estos no son tan grandes (con un máximo de 2,433 UFC/100 ml en la temporada de lluvias), es evidente que no provienen de bacterias de vida libre, sino de algún tipo de contaminación. Ello puede deberse principalmente a algunas descargas residuales domésticas del poblado de SJT –que no cuenta con planta tratadora como las localidades de JM y SMM que sí poseen una-, así como a las heces fecales del ganado que llega a beber directamente del cauce.

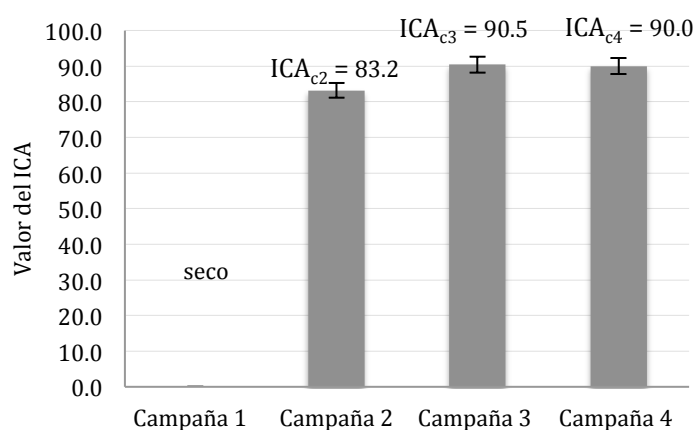


Figura 48. ICA por campaña de *Los filtros SJT* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).



Figura 49. Corriente tributaria intermitente *Los filtros SJT*.

A la izquierda se observa la corriente superficial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

18. Unión: RB-SJT

Este punto de muestro se halla sobre la corriente principal –el río Chiquito-, por ende es de tipo perenne (Figura 50). Se halla a una altitud de 2000 msnm en la zona de tránsito al noroeste de la cuenca. Corresponde a la unión de *Los filtros RB* con *Los filtros SJT*, de manera tal que posee un quinto orden. Se ubica sobre suelos leptosoles en laderas inclinadas y escarpadas. En el costado sur del cauce existe vegetación arbustiva y arbórea (como sauces), y en esta misma dirección un poco más arriba de la ladera del valle hay bosque de encino y pino principalmente, en tanto que del otro lado del cauce -hacia el norte- se hallan pastizales y matorral.

Al igual que el punto *Unión: Carretera JM-RB*, *Unión: RB-SJT* se consideró sólo como de referencia para la intersección de las corrientes superficiales mencionadas en el párrafo anterior. Asimismo, únicamente se registraron –a aproximadamente 15 metros de dicha unión- los parámetros físicos y químicos de campo (T, pH, OD y K) y por tal motivo no se calculó ningún tipo de ICA para la calidad del agua de este sitio.

Los valores promedio de los parámetros registrados para este sitio fueron parecidos a los de los puntos inmediatos de los que recibe agua (los que generan la unión). La medias fueron de: 14.38°C para la T, 7.33 para el pH, 5.39 mg/l para el OD y 159.58 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Cuadro 22).

A razón de que sólo se tomaron en cuenta los parámetros físicos y químicos para este punto, se considera que no se poseen los elementos suficientes para hacer ningún tipo de recomendación sobre los usos adecuados para el agua de este sitio. Aunque, debido a que el gasto medido de *Los filtros RB* es mayor a lo largo del año que el obtenido para *Los filtros SJT* (Cuadro 27), las características y calidad de su unión deben ser casi idénticas a las del primer punto durante la primera campaña –pues el segundo se encontró seco- y similares con las del resto de las campañas (en la segunda campaña *Los filtros RB* superó en casi cuatro veces el caudal de *Los filtros SJT* y en las campañas tercera y cuarta campaña en más de 60 veces). Tal

similitud se corroboró visualmente con el color del agua en esta unión –que fue como el de *Los filtros RB-*, sobre todo durante la época lluvias cuando el líquido adquiere una tonalidad rojiza (a raíz del transporte de sedimentos).



Figura 50. Corriente principal (perenne) *Unión: RB-SJT*.

A la izquierda se observa la corriente superficial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

Zona de emisión de la cuenca

19. *Club Campestre*

Este punto de muestreo se halla sobre la corriente perenne principal –el río Chiquito- y se ubica a una altitud de 1940 msnm al noroeste de la cuenca. Se encuentra apenas fuera del polígono con el que se delimitó la misma para el presente análisis y es el único punto de la zona de emisión que no recibe descargas de aguas residuales de la ciudad de Morelia, pues se halla justo en el inicio de la mancha urbana de ésta. Al costado oeste del cauce se halla una contención de concreto perteneciente al Club Campestre y del lado este una calle (unos metros adelante se convierte en brecha) que conduce a la planta potabilizadora del sitio conocido como “Los filtros viejos” (Figura 52).

De algún modo, este sitio “resumiría” las características del agua de la cuenca, pues es su punto de salida y no es alterado por descargas de la ciudad de Morelia. Aunque sus valores promedio de los SST y de la Tb no son muy bajos (65.33 mg/l y 88.86 UNT respectivamente), tampoco son tan elevados como los observados en otros sitios de la cuenca (Cuadro 22). Resalta que tales cifras se ven fuertemente impactadas por las presentadas durante la época de lluvias, es decir, las más altas (255.33 mg/l y 344.33 UNT correspondientemente), en las demás campañas los valores de los SST son mucho menores (3.20 mg/l en la primera, 2.60 mg/l en la tercera y 0.20 mg/l en la cuarta) al igual que los de la Tb (2.30 UNT en la primera, 7.43 UNT en la segunda y 1.39 en la tercera). Este mismo fenómeno ocurre en algunos de los puntos anteriores, lo

interesante para este es que los valores de la Tb son siempre menores que los de su punto anterior inmediato con mayor caudal (*Los filtros RB*), incluso en la primera campaña cuando ese no recibe aportes de aguas menos turbias –que podrían disminuir la Tb- provenientes de *Los filtros SJT* –pues se halla seco-. Esto puede deberse a otros escorrentías y corrientes superficiales que agregan agua menos turbia al cauce o a algún proceso de sedimentación de sólidos en suspensión. No obstante, los SST no siempre son menores para *Club Campestre* en comparación con *Los filtros RB*, únicamente en la primera campaña, ya que en la segunda son superiores y en la tercera y en la cuarta son prácticamente idénticos.

Los valores promedio de los nutrimentos también son menores a las de *Los filtros RB* con 2.49 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ para los nitratos, 0.14 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ para el nitrógeno amoniacal y 2.45 mg/l PO_4^{3-} para los ortofosfatos. Incluso, en las dos últimas campañas se obtuvieron valores de cero para el nitrógeno amoniacal. Aunque, en comparación con *Los filtros RB*, sólo las concentraciones de los nitratos fueron menores para todas las campañas, destaca que las de todos los nutrimentos son más pequeñas que las de ese punto durante la época de lluvias.

Con 6.88 mg/l, este punto posee presenta el valor promedio más alto de OD entre todos los sitios de muestreo, registrando un valor máximo de 8.81 mg/l para la primer campaña (el mayor de todos los registrados entre todos los puntos en todas las campañas), seguido de 7.70 mg/l en la cuarta y cifras de 5.78 y 5.23 mg/l en las campañas segunda y tercera, respectivamente. Aunque sólo en las campañas uno y cuatro se superan –por mucho- las concentraciones de OD de *Los filtros RB*, en las campañas dos y tres son apenas menores las de *Club Campestre*. Esto puede deberse a que el agua se oxigena en una caída de agua de aproximadamente 10 metros que existe en el cauce a la altura de “Los filtros viejos” y a la gran cantidad de rocas de diversos tamaños presentes a lo largo del mismo entre ambos puntos.

Por otro lado, los contenidos de *E. coli* también disminuyen en comparación con los de *Los filtros RB* (con 11,000 UFC/100 ml durante la época de lluvias y 333 UFC/100 ml durante la de secas).

Este aparente incremento de la calidad entre el punto anterior inmediato de mayor caudal (*Los filtros RB*) hacia este punto (*Club Campestre*) se refleja el ICA_{FQ} y en el $\text{ICA}_{\text{E. coli}}$, los cuales presentaron valores superiores (aunque no tan parecidos entre ellos) de 77.3 y 68.0 respectivamente. El primero indica una calidad general del agua buena y el segundo una de aceptable. Si se considera el primer caso sólo requiere de purificación ligera para un uso doméstico y consumo humano y permite la conservación de la vida acuática ya que es aceptable para todos los organismos. Si se toma en cuenta el segundo caso, el agua necesita un tratamiento mayor para su utilización doméstica y la ingesta humana y es aceptable para la conservación de la vida acuática con excepción de especies muy sensibles. En ambos casos, requiere de una purificación ligera para el riego de algunos tipos de cultivos (Cuadro 21).

Por otra parte, el aumento en la calidad del agua mencionado en el párrafo anterior también aparece en los ICAs obtenidos para las cuatro campañas, con excepción del más bajo, presentado en la época de lluvias (ICA_{c2}) de valor igual a 58.2 y una calidad general del agua de deficiente. El ICA_{c1} y el ICA_{c3} obtuvieron una calidad del agua buena, con cifras de 87.7 y 88.6, respectivamente. En tanto que el ICA_{c4} una de excelente con 95.0 –la magnitud más alta registrada en todos los puntos, durante todas las campañas- (Figura 51).

Debido a que la calidad general del agua resultó de buena para el ICA_{FQ} y de aceptable para el ICA_{E.coli} las recomendaciones sobre los usos del agua de este punto deben hacerse con cuidado, ya que la calidad del agua durante la época de lluvias es deficiente. En este sentido, durante otros momentos del año cuando se alcanza una calidad general del agua de buena y hasta excelente, el líquido podría emplearse para la ingesta humana sólo con hervirla o clorarla, aunque para corroborar esto es necesario llevar cabo más análisis microbiológicos durante las campañas en que estos no se realizaron (antes y después de la temporada de lluvias). Los contenidos de *E. coli* (11,000 UFC/100 ml en la temporada de lluvias y 333 UFC/100 ml en secas), otorgan evidencia suficiente para pensar que tales bacterias no son de vida libre y existe contaminación. Lo cual es hasta cierto punto obvio, pues el agua de este punto contiene descargas residuales domésticas provenientes de toda la cuenca, así como heces fecales del ganado que bebe agua directamente del cauce.

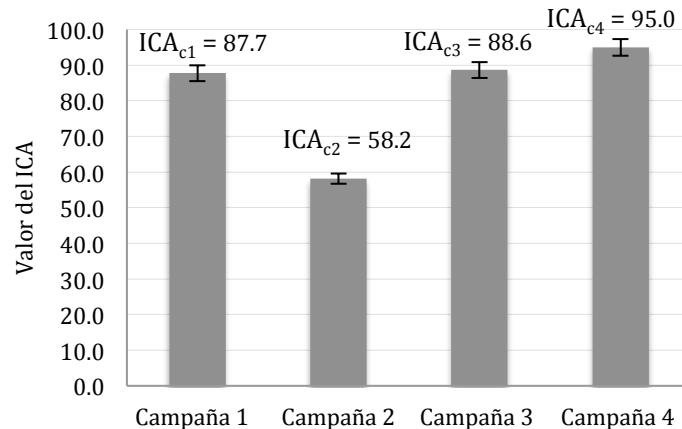


Figura 51. ICA por campaña de *Club Campestre* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).



Figura 52. Corriente principal (perenne) *Club Campestre*.

A la izquierda se observa la corriente superficial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.
Nota: ambas imágenes fueron tomadas desde el puente vehicular que cruza hacia el Club Campestre.

20. *García Obeso*

Este punto se halla ubicado fuera de la cuenca del río Chiquito (tal y como se delimitó para la presente investigación) al noroeste de la misma y a una altitud de 1920 msnm. Se encuentra dentro de la ciudad de Morelia, donde el cauce del río Chiquito se halla rectificado en su cruce con la calle *García Obeso* y fue considerado como un punto de referencia –hipotéticamente mayormente contaminado que los anteriores- por encontrarse en condiciones no naturales, urbanas y con recepción de aguas residuales domésticas. Las muestras fueron tomadas debajo del puente que lo cruza transversalmente y que se conecta con dicha calle. Para términos de este análisis el sitio es concebido como parte de la corriente principal –de carácter perenne- situado sobre la zona de emisión de la cuenca (Figura 54).

Este punto recibe descargas de aguas residuales domésticas a lo largo de su pase través de la ciudad, desde el sitio de muestreo *Club Campestre* hasta este lugar. Por tal motivo, presenta grandes valores en diversos parámetros evaluados, lo cual se ve reflejado en la calidad general del agua con resultados bajos para los ICAs.

García Obeso presentó altos valores promedio para la Tb y los SST –aunque no son los más altos de todos los puntos-, con 88.30 UNT y 80.17 mg/l respectivamente. Ambos parámetros presentaron sus cifras más grandes durante la temporada de lluvias, con 256.17 UNT y 210.50 mg/l, correspondientemente. Cabe mencionar que los demás valores a lo largo del año van de las 22.00 a las 38.57 UNT para la Tb y de los 23.78 a los 51.67 mg/l para los SST, con magnitudes mínimas registradas en la tercera campaña para ambas variables (Cuadro 22).

A su vez, los nutrimentos, la K y la DT presentaron altos valores promedio –aunque no tan grandes como en las plantas tratadoras-: 1.73 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ para los nitratos, 2.67 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ para el nitrógeno amoniacal, 6.47 mg/l PO_4^{3-} para los ortofosfatos, 328.23 $\mu\text{S/cm}$ para la K y 79.50 mg/l como CaCO_3 para la DT (a pesar de que esta última es de las más grandes registradas

en esta investigación, no es de magnitud considerable). Los resultados para los nutrientes, variaron bastante a lo largo de las cuatro campañas (con una desviación estándar de 1.57 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ para los nitratos, 3.00 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ para el nitrógeno amoniacal y 4.40 mg/l PO_4^{3-} para los ortofosfatos) y no presentaron un patrón claro en sus cifras máximas y mínimas, aunque éstas tienden, tal y como ocurre para la K y la DT (con valores mínimos de 137.90 $\mu\text{S/cm}$ y 46.00 mg/l como CaCO_3 respectivamente) a ser más bajas durante la temporada de lluvias. Quizá porque la disolución se incrementa con el agua que viaja por los colectores pluviales y que descargan hacia el río (es un proceso inverso al que ocurre en otros sitios de la cuenca –con condiciones rurales: *SMM, Carretera JM y Los filtros RB-* que también son contaminados por aguas residuales domésticas y donde los valores más altos se muestran en la época de lluvias).

Las concentraciones de *E. coli* para este punto rebasaron en las campañas que fueron evaluadas -segunda y cuarta- el intervalo del método de análisis microbiológico, en ambos casos fueron mayores a 25,000 UFC/100 ml. Asimismo, el contenido OD fue bajo con una media de 2.40 mg/l para las cuatro campañas (con un valor máximo de 4.91 mg/l en la segunda -época de lluvias- y un mínimo de 0.02 mg/l previo a la misma, en la primera campaña). Cabe mencionar que sólo se percibió un olor desagradable en las primeras dos campañas lo cual se debió probablemente a que las temperaturas son mayores en esos momentos del año -comparadas con las que se existen durante las campañas tercera y la cuarta-. Esto aceleraría los procesos de descomposición.

El ICA_{FQ} y el $\text{ICA}_{\text{E. coli}}$ obtuvieron valores bastante bajos, de 51.4 y 45.2 respectivamente. El primero de ellos indica apenas una calidad general del agua deficiente, en tanto que el segundo una de inaceptable. El ICA_{FQ} indica que requiere una mayor necesidad de tratamiento si desease utilizarse para el uso doméstico y el consumo humano, al igual que para el riego agrícola. En cuanto a la conservación de la vida acuática esta agua es dudosa para especies sensibles. Para el $\text{ICA}_{\text{E. coli}}$, se considera que la calidad general del agua hace inaceptable su uso para el abastecimiento público y la ingesta humana -pues requeriría de un tratamiento muy importante-. Asimismo requiere de tratamiento para el riego de cultivos, para la conservación de la vida acuática sólo organismos muy resistentes pueden sobrevivir en ella y el contacto humano con dicho líquido debe ser evitado (Cuadro 21).

Los ICAs para cada campaña resultaron también con valores muy bajos. El más alto se obtuvo en la primera campaña con 62.7 (ICA_{c1}), mientras que el más pequeño en la segunda, con 52.7 (ICA_{c2}). Por su parte, en la tercera y cuarta los ICAs fueron de 59.5 (ICA_{c3}) y de 60.0 (ICA_{c4}), respectivamente. El primer y el último valor representan una calidad general del agua apenas aceptable, en tanto que el par restante una deficiente (Figura 53).

Finalmente, por lo mencionado con anterioridad no se considera pertinente hacer ninguna recomendación de uso para el agua de este punto, que no sea evitar el contacto humano

con ella y realizar procesos de tratamiento de la misma, pues se halla dentro de la ciudad de Morelia y representa un foco de microorganismos y fauna nocivos para la salud humana.

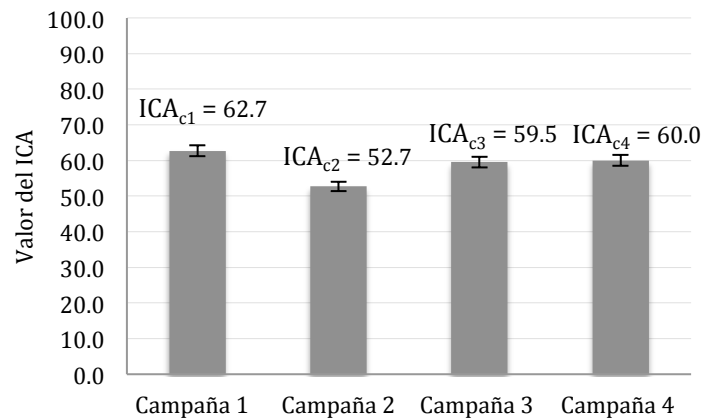


Figura 53. ICA por campaña de *García Obeso* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).



Figura 54. Corriente principal (perenne) *García Obeso*.

A la izquierda se observa la corriente superficial durante la época de lluvias (segunda campaña de muestreo) y a la derecha en la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). Las flechas indican el sentido del flujo de agua.

Nota: ambas imágenes fueron tomadas desde el puente vehicular que cruza hacia el Club Campestre.

21. Av. Michoacán

Este punto de muestreo se ubica hacia el noroeste de la cuenca del río Chiquito –y más allá de *García Obeso*-, justo 300 metros antes de que el cauce –rectificado- se une con el río Grande (por ende fuera del polígono de la cuenca como quedó definida para esta investigación). La muestra fue tomada a aproximadamente 20 metros antes de la intersección del río con la avenida Michoacán (Figura 56).

Al igual que el sitio anterior fue considerado como referencia –hipotéticamente mayormente contaminado que todos los demás-. Lo anterior por encontrarse en condiciones no naturales, urbanas y con recepción de aguas residuales domésticas de la ciudad de Morelia –desde *Club Campestre*-; además, por hallarse justo antes del lugar donde la cuenca completa del río Chiquito –incluido el valle que atraviesa la planicie de la urbe y no sólo el polígono definido

para este estudio- terminar y vuelve su corriente principal en tributaria de la principal de la cuenca de Cuitzeo, dicho de otra forma, donde el río Chiquito intersecta o se une con el río Grande.

De tal manera que para efectos del presente análisis, se considera que este punto se encuentra –como el último- situado en la corriente principal de la cuenca del río Chiquito y es por ende de carácter perenne. Asimismo, se halla en su zona de emisión a una altitud de 1920 msnm.

Al igual que *García Obeso*, este punto mostró grandes cifras promedio para la Tb y los SST –aunque no precisamente las más altas de todos los puntos-, con 125.90 UNT y 126.28 correspondientemente (Cuadro 22). Para la Tb el valor máximo se presentó en la época de lluvias (221.33 UNT) y el menor en la tercera campaña (66.62 UNT). Para los SST el dato mayor apareció en la primera campaña (167.33 mg/l, no obstante durante la temporada de lluvias también fue alto (148.00 mg/l); mientras que el resultado menor correspondió –al igual que la Tb- a la tercera campaña (88.00 mg/l).

Por otro lado, los nutrimentos, la K y la DT tuvieron altos valores promedio, aunque no tan grandes como en las plantas tratadoras, sí mayores a los de *García Obeso* (con excepción de los resultados para los ortofosfatos que fueron prácticamente idénticos). Los nitratos con 6.06 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$, el nitrógeno amoniacal con 4.16 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$, los ortofosfatos con 6.45 mg/l PO_4^{3-} , la K con 384.75 $\mu\text{S/cm}$ y la DT con 88.50 mg/l como CaCO_3 (a pesar de que esta última es de las más grandes registradas en esta investigación, no es de magnitud considerable). Estos dos últimos parámetros presentaron sus cifras mínimas durante la temporada de lluvias (con 219.00 $\mu\text{S/cm}$ y 60.00 mg/l como CaCO_3 respectivamente), mientras que los nutrimentos obtuvieron datos que variaron bastante a lo largo de las cuatro campañas (con una desviación estándar de 7.56 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ para los nitratos, 5.66 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ para el nitrógeno amoniacal y 3.16 mg/l PO_4^{3-} para los ortofosfatos) y no muestran un patrón claro en sus cifras máximas y mínimas (sólo los ortofosfatos tienen la concentración más pequeña durante la época de lluvias, pues el nitrógeno amoniacal la posee antes de la misma y los nitratos después –incluso, los nitratos tienen su valor más alto durante el periodo de precipitaciones pluviales-).

Por su parte, las dos evaluaciones de los contenidos de *E. coli* rebasan, tanto en la segunda, como en la cuarta campaña, el intervalo del método de análisis microbiológico. Ambas resultaron con un valor superior a 25,000 UFC/100 ml. De la misma manera, la concentración media del OD fue baja, con 1.36 mg/l (alcanzando su mayor cifra durante la temporada de lluvias, con 4.23 mg/l y la mínima en la primera campaña, con 0.15 mg/l). Sólo pudo apreciarse un olor desagradable a lo largo de las primeras dos campañas de muestro, que posiblemente se asocie al incremento de la tasa de descomposición de la materia orgánica, pues las temperaturas durante esos periodos del año son mayores que el resto (campañas tercera y cuarta).

En cuanto al ICA_{FQ} y al $ICA_{E. coli}$ ambos obtuvieron una calidad general del agua inaceptable, ya que fueron sumamente bajos (los más pequeños para todos los puntos) con valores de 42.3 y 37.2 respectivamente. De esta manera, es inaceptable destinar el agua de este punto para el uso doméstico y la ingesta humana, pues necesita –en todo caso- de un tratamiento importante. El riego agrícola también requiere de tratamiento y para la conservación de la vida acuática sólo permite la supervivencia de organismos muy resistentes. En tanto que el contacto humano con dicho líquido debe evitarse (Cuadro 21).

Los ICAs para cada campaña también presentaron valores muy bajos. Los más grandes durante las campañas primera (ICA_{c1}) y tercera (ICA_{c3}), con 51.4 y 50.0 respectivamente, que representan una calidad general del agua de apenas deficiente. En tanto que los ICAs de menor magnitud aparecieron a lo largo de las campañas segunda (ICA_{c2}) y cuarta (ICA_{c4}), ambas con 46.8, que indican una calidad general del agua inaceptable (Figura 55).

Para finalizar, por dicho anteriormente no se considera adecuado proponer recomendaciones de uso para el agua de este punto, sólo el evitar el contacto humano con el líquido y realizarle procesos de tratamiento, pues al encontrarse dentro de la ciudad de Morelia representa un foco de microorganismos y fauna nocivos para la salud humana.

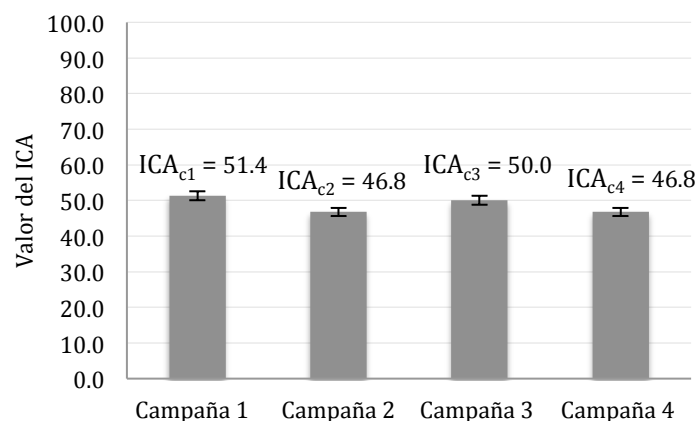


Figura 55. ICA por campaña de *Av. Michoacán* con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).



Figura 56. Corriente principal (perenne) *Av. Michoacán*. Se observa la corriente superficial durante la temporada de secas (cuarta campaña de muestreo). La flecha indica el sentido del flujo de agua. Nota: la imagen fue tomada desde un puente peatonal.

Cuadro 22. Resumen de los datos obtenidos para cada parámetro de calidad del agua en todos los puntos de muestreo

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
T (°C)	\bar{x}	15.90	15.15	16.48	14.68	12.30	11.48	11.55	17.60	20.40	22.85	22.20	17.88	16.35	14.68	13.83	14.08	13.97	14.38	15.28	21.48	22.13
	<i>s</i>	3.09	3.26	2.21	2.33	3.55	3.60	4.09	2.78	1.70	6.72	2.73	1.15	2.00	2.73	3.94	3.75	4.33	3.70	2.68	5.29	2.52
	M	18.60	18.20	13.20	16.10	15.90	15.20	16.30	19.70	22.00	30.70	25.20	19.50	18.00	17.40	17.40	16.80	17.40	17.40	18.20	18.20	29.20
pH	\bar{x}	6.86	6.92	7.46	7.07	7.17	6.97	6.83	6.81	6.92	6.73	7.25	6.67	7.00	7.17	7.18	7.08	7.27	7.33	7.08	7.06	7.25
	<i>s</i>	0.33	0.20	0.79	0.58	0.51	0.26	0.19	0.25	0.10	0.22	0.43	0.23	0.14	0.18	0.33	0.35	0.35	0.30	0.57	0.32	0.19
	M	7.34	7.16	8.33	7.93	7.91	7.15	7.08	7.12	7.00	7.01	7.78	6.91	7.19	7.33	7.42	7.54	7.51	7.59	7.93	7.50	7.48
OD (mg/l)	\bar{x}	5.35	5.37	5.20	4.83	5.98	5.98	4.15	5.86	0.95	4.84	0.60	2.67	5.15	2.25	3.96	5.34	5.35	5.39	6.88	2.40	1.36
	<i>s</i>	1.00	0.73	0.75	0.58	0.76	0.60	2.61	0.83	1.09	1.58	0.79	0.44	0.66	2.33	2.08	0.67	0.54	0.61	1.67	2.03	1.93
	M	6.19	6.16	5.86	5.54	6.97	6.64	6.17	6.89	2.53	6.95	1.78	3.08	6.11	4.46	5.36	6.20	5.74	6.26	8.81	4.91	4.23
K (µS/cm)	\bar{x}	78.93	112.08	38.60	36.63	69.45	103.90	121.95	96.23	527.25	100.43	1,120.00	212.33	123.40	203.60	187.83	189.93	156.63	159.58	160.60	328.23	384.75
	<i>s</i>	4.78	24.06	6.67	3.76	6.77	35.20	38.41	19.61	95.22	29.36	721.21	11.70	38.93	162.89	133.71	131.02	65.37	57.70	72.41	145.54	117.13
	M	85.50	136.10	48.40	40.50	79.60	132.50	167.50	117.50	640.00	134.30	2,200.00	220.00	170.40	435.00	373.00	373.00	221.00	193.70	241.00	447.00	489.00
Tb (UNT)	\bar{x}	5.15	3.29	4.90	6.10	13.66	132.76	71.64	23.46	103.84	189.75	173.15	11.35	22.66	113.32	sd	125.89	17.81	sd	88.86	88.30	125.90
	<i>s</i>	5.79	2.50	4.37	3.89	13.85	231.94	86.58	34.21	44.81	66.71	116.92	8.08	24.59	191.17	sd	242.09	28.15	sd	170.33	112.16	68.90
	M	13.68	6.61	11.32	11.53	34.03	480.50	194.67	74.77	155.50	251.50	259.83	21.49	59.37	399.67	sd	489.00	50.30	sd	344.33	256.17	221.33
SST (mg/l)	\bar{x}	1.01	1.00	1.84	2.37	4.07	6.98	10.92	5.76	66.27	117.00	1.12	3.36	8.43	10.57	sd	1.69	0.96	sd	1.39	22.00	66.62
	<i>s</i>	7.43	3.23	3.38	4.85	4.45	123.04	311.20	12.13	59.65	272.60	312.01	21.45	14.35	94.75	sd	52.57	6.53	sd	65.33	80.17	126.28
	M	6.28	1.88	3.05	3.91	4.48	226.42	574.13	14.48	31.80	416.21	226.33	22.23	12.81	154.33	sd	97.36	10.63	sd	126.67	87.64	37.52
NO₃-N (mg/l)	\bar{x}	1.20	1.33	0.70	0.90	0.60	7.80	7.20	1.10	24.80	43.60	7.33	8.60	3.20	6.20	sd	0.20	0.10	sd	0.20	23.78	88.00
	<i>s</i>	0.41	0.28	0.66	0.30	0.49	0.70	0.38	0.31	6.56	0.84	2.30	1.30	0.21	1.65	sd	3.00	0.53	sd	2.49	1.73	6.06
	M	0.39	0.16	0.83	0.24	0.11	0.72	0.22	0.32	9.68	0.94	2.59	1.29	0.09	1.74	sd	1.97	0.33	sd	1.70	1.57	7.56
NH₃-N (mg/l)	\bar{x}	0.90	0.45	1.90	0.60	0.65	1.75	0.55	0.75	20.90	2.20	5.70	3.00	0.30	4.10	sd	5.40	0.85	sd	4.35	4.05	16.80
	<i>s</i>	0.01	0.10	0.10	0.00	0.40	0.10	0.10	0.00	0.00	0.05	0.00	0.20	0.10	0.25	sd	1.00	0.20	sd	0.85	0.65	0.65
	M	0.01	0.04	0.02	0.04	0.03	0.14	0.03	0.77	17.85	0.29	26.53	0.24	0.03	2.27	sd	0.23	0.03	sd	0.14	2.67	4.16
PO₄³⁻ (mg/l)	\bar{x}	0.01	0.04	0.01	0.01	0.02	0.16	0.02	1.36	20.78	0.23	31.10	0.23	0.02	4.49	sd	0.21	0.02	sd	0.19	3.00	5.66
	<i>s</i>	0.03	0.09	0.04	0.05	0.05	0.38	0.06	2.80	40.50	0.60	60.00	0.50	0.06	9.00	sd	0.45	0.06	sd	0.41	6.90	12.50
	M	0.01	0.00	0.02	0.03	0.02	0.04	0.01	0.03	0.03	0.08	0.05	0.00	0.01	0.00	sd	0.01	0.01	sd	0.00	0.02	0.04
PO₄³⁻ (mg/l)	\bar{x}	0.77	0.62	0.68	1.24	0.75	0.98	2.00	11.99	31.23	0.66	56.73	1.01	0.74	5.12	sd	3.29	1.06	sd	2.45	6.47	6.45
	<i>s</i>	0.70	0.26	0.36	0.60	0.47	0.68	1.09	12.27	12.73	0.20	63.90	0.63	0.58	5.98	sd	2.64	0.43	sd	1.55	4.40	3.16
	M	1.68	0.94	1.00	1.92	1.38	1.86	3.58	23.20	48.60	0.91	148.50	1.73	1.27	13.95	sd	7.00	1.40	sd	4.03	11.95	9.15
<i>m</i>	0.18	0.34	0.21	0.46	0.26	0.27	1.21	0.94	19.20	0.45	0.90	0.33	0.18	1.29	sd	0.74	0.58	sd	0.38	1.31	2.15	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
DT	26.50	42.00	19.75	18.00	31.00	45.25	67.00	37.50	91.50	39.00	104.50	88.00	49.00	53.50	sd	54.50	48.00	sd	54.00	79.50	88.50
(mg/l)	s	1.91	9.38	10.34	1.63	6.00	18.64	50.19	8.23	5.74	14.00	20.55	2.83	19.36	26.50	sd	21.13	20.00	sd	24.55	32.02
como	M	28.00	50.00	35.00	20.00	40.00	65.00	140.00	48.00	100.00	56.00	126.00	92.00	70.00	90.00	sd	82.00	68.00	sd	84.00	120.00
CaCO ₃)	m	24.00	32.00	12.00	16.00	28.00	24.00	28.00	30.00	88.00	24.00	80.00	86.00	28.00	32.00	sd	36.00	28.00	sd	32.00	46.00
	\bar{x}	1.18	1.20	1.24	1.17	1.26	1.41	2.09	1.72	1.04	2.38	1.08	1.75	2.04	2.92	sd	3.16	1.24	sd	2.85	2.36
	s	0.61	0.60	0.21	0.58	0.44	0.45	1.89	0.44	0.95	1.81	0.84	1.04	0.91	1.56	sd	1.68	0.51	sd	1.73	1.93
(mg/l)	M	1.77	1.70	1.44	2.02	1.75	2.07	4.87	2.29	2.39	4.98	2.22	3.15	3.32	4.18	sd	5.40	1.66	sd	5.41	5.11
	m	0.53	0.33	0.98	0.74	0.85	1.09	0.67	1.36	0.17	0.98	0.24	0.87	1.34	0.64	sd	1.31	0.67	sd	1.78	0.57
E. coli	\bar{x}	17	67	250	50	17	183	300	12,750	12,500	1,233	>25,000	50	433	>25,000	sd	6,767	1,233	sd	5,667	>25,000
(UFC/100	s	24	94	212	24	24	330	17,324	17,678	849	0	71	283	0	sd	8,815	1,697	sd	7,542	0	
ml)	M	33	133	400	67	33	200	533	>25,000	>25,000	1,833	>25,000	100	633	>25,000	sd	13,000	2,433	sd	11,000	>25,000
	m	0	100	33	0	167	67	500	0	633	>25,000	0	233	>25,000	sd	533	33	sd	333	>25,000	
CT	\bar{x}	1,317	1,467	1,600	1,600	1,567	4,367	6,450	26,083	>25,000	13,417	>50,000	21,050	8,267	>50,000	sd	19,567	4,783	sd	25,333	>50,000
(UFC/100	s	1,391	141	141	1,273	424	1,037	2,946	33,823	35,355	4,360	0	5,728	3,630	0	sd	13,812	2,522	sd	15,085	0
ml)	M	2,300	1,567	1,700	2,500	1,867	5,100	8,533	50,000	>50,000	16,500	>50,000	25,100	10,833	>50,000	sd	29,333	6,567	sd	36,000	>50,000
	m	333	1,367	1,500	700	1,267	3,633	4,367	2,167	0	10,333	>50,000	17,000	5,700	>50,000	sd	9,800	3,000	sd	14,667	>50,000
Q	\bar{x}	1.52	3.01	0.17	7.80	5.31	11.27	73.38	119.44	1.36	7.55	9.27	0.06	50.19	324.23	sd	411.03	93.20	sd	520.73	662.03
(l/s)	s	1.14	4.03	0.10	7.33	5.34	19.66	133.18	151.59	0.38	13.94	4.35	0.05	82.44	528.74	sd	633.75	211.69	sd	851.13	1011.51
	M	2.64	8.90	0.24	17.83	11.63	40.70	272.63	334.49	1.73	28.42	14.60	0.13	173.60	1112.53	sd	1352.62	368.70	sd	1790.06	2175.60
	m	0.23	0.18	0.11	1.12	0.34	0.44	0.00	6.57	0.84	0.01	5.28	0.02	1.82	19.79	sd	31.87	0.00	sd	29.35	96.52
Olor	C1	so	so	so	so	so	od	so	od	so	od	so	so	od	od	so	so	so	so	so	od
	C2	so	so	so	so	so	od	so	od	so	od	so	so	od	od	so	so	so	so	so	od
	C3	so	so	so	so	so	so	so	od	so	od	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so
	C4	so	so	so	so	so	so	so	od	so	od	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so

\bar{x} : media de los valores de las cuatro campañas de muestreo, s: desviación estándar de los valores de las cuatro campañas de muestreo, M: máximo de los valores de las cuatro campañas de muestreo, m: mínimo de los valores de las cuatro campañas de muestreo, C1: primera campaña de muestreo, C2: segunda campaña de muestreo, C3: tercera campaña de muestreo, C4: cuarta campaña de muestreo, so: sin olor, od; olor desagradable, sd: sin dato

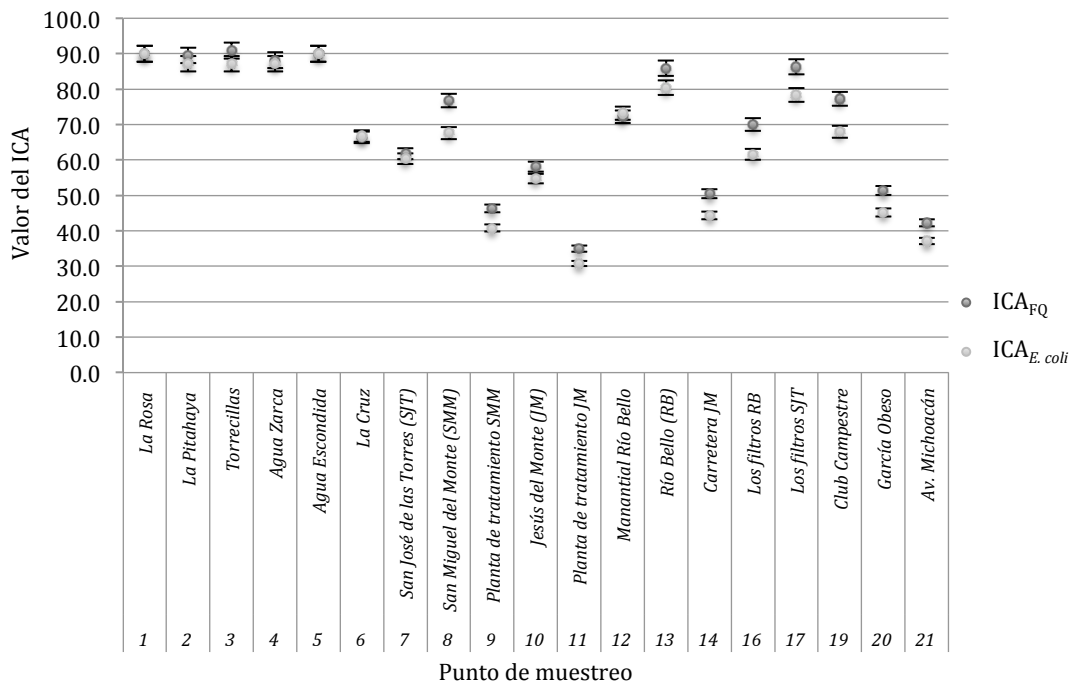


Figura 57. ICA_{FQ} e ICA_{E.coli} para todos los puntos de muestreo con un intervalo de error de 5% ($\pm 2.5\%$).

Cuadro 23. ICA_{FQ} e ICA_{E.coli} para todos los puntos de muestreo.

No.	Punto de muestreo	ICA _{FQ}	ICA _{E.coli}
1	La Rosa	90.0	90.0
2	La Pitahaya	89.5	87.2
3	Torrecillas	90.9	87.2
4	Agua Zarca	88.2	87.2
5	Agua Escondida	90.0	90.0
6	La Cruz	66.4	66.8
7	San José de las Torres (SJT)	61.8	60.4
8	San Miguel del Monte (SMM)	76.8	67.6
9	Planta de tratamiento SMM	46.4	40.8
10	Jesús del Monte (JM)	58.2	54.8
11	Planta de tratamiento JM	35.0	30.8
12	Manantial Río Bello	72.3	73.2
13	Río Bello (RB)	85.9	80.4
14	Carretera JM	50.5	44.4
15	Unión: Carretera JM-RB	sd	sd
16	Los filtros RB	70.0	61.6
17	Los filtros SJT	86.4	78.4
18	Unión: RB-SJT	sd	sd
19	Club Campestre	77.3	68.0
20	García Obeso	51.4	45.2
21	Av. Michoacán	42.3	37.2

sd: sin dato

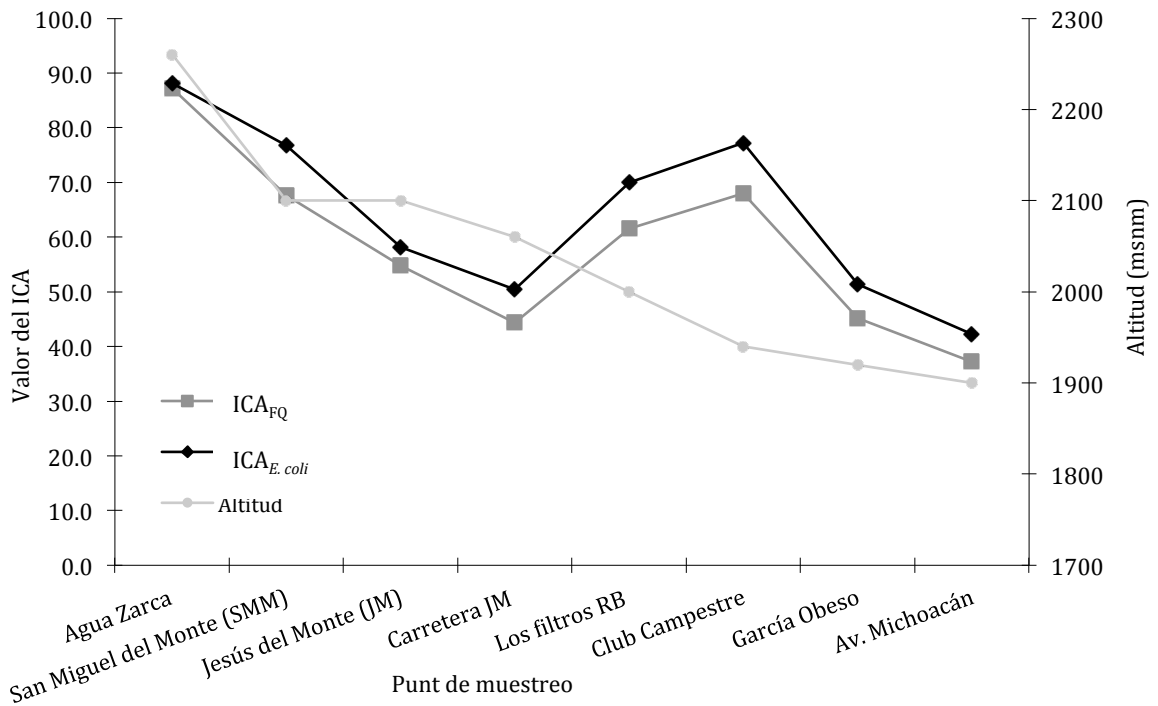


Figura 58. ICA_{FQ} y del ICA_{E.coli} para la corriente principal del río Chiquito. Se distingue un proceso de autodepuración o mejoramiento de la calidad general del agua hacia el punto *Club Campestre*.

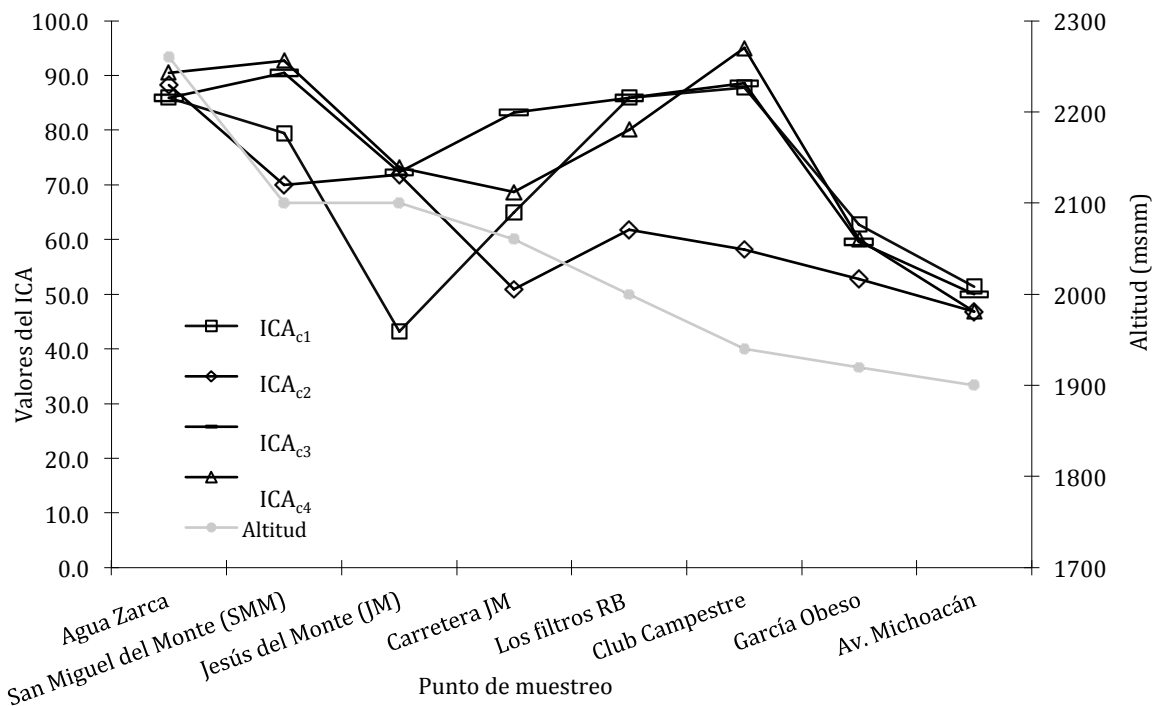


Figura 59. ICA_{ci} para las cuatro campañas en la corriente principal del río Chiquito. Se distingue un proceso de autodepuración o mejoramiento de la calidad general hacia el punto *Club Campestre*.

Cuadro 24. ICAs para cada campaña de muestreo en cada punto (ICA_{c1}, ICA_{c2}, ICA_{c3} e ICA_{c4}).

No.	Punto de muestreo	Campaña 1	Campaña 2	Campaña 3	Campaña 4
		(abr-may 2010) <i>Antes de lluvias</i>	(jul-ago 2010) <i>Época de lluvias</i>	(oct-nov 2010) <i>Después de lluvias</i>	(ene-feb 2011) <i>Época de secas</i>
1	La Rosa	86.4	94.5	86.4	94.1
2	La Pitahaya	88.6	92.3	86.8	93.6
3	Torrecillas	87.3	91.8	87.7	90.9
4	Agua Zarca	85.9	88.2	85.9	90.5
5	Agua Escondida	91.8	83.2	90.9	94.5
6	La Cruz	92.3	55.9	87.7	89.5
7	San José de las Torres (SJT)	44.5	83.2	84.5	85.9
8	San Miguel del Monte (SMM)	79.5	70.0	90.5	92.7
9	Planta de tratamiento SMM	40.5	63.6	49.1	60.0
10	Jesús del Monte (JM)	43.2	71.8	72.3	73.2
11	Planta de tratamiento JM	75.0	30.9	45.5	36.8
12	Manantial Río Bello	73.2	80.0	73.6	73.6
13	Río Bello (RB)	81.8	81.8	88.6	92.3
14	Carretera JM	65.0	50.9	83.2	68.6
15	Unión: Carretera JM-RB	sd	sd	sd	sd
16	Los filtros RB	85.9	61.8	85.9	80.0
17	Los filtros SJT	seco	83.2	90.5	90.0
18	Unión: RB-SJT	sd	sd	sd	sd
19	Club Campestre	87.7	58.2	88.6	95.0
20	García Obeso	62.7	52.7	59.5	60.0
21	Av. Michoacán	51.4	46.8	50.0	46.8

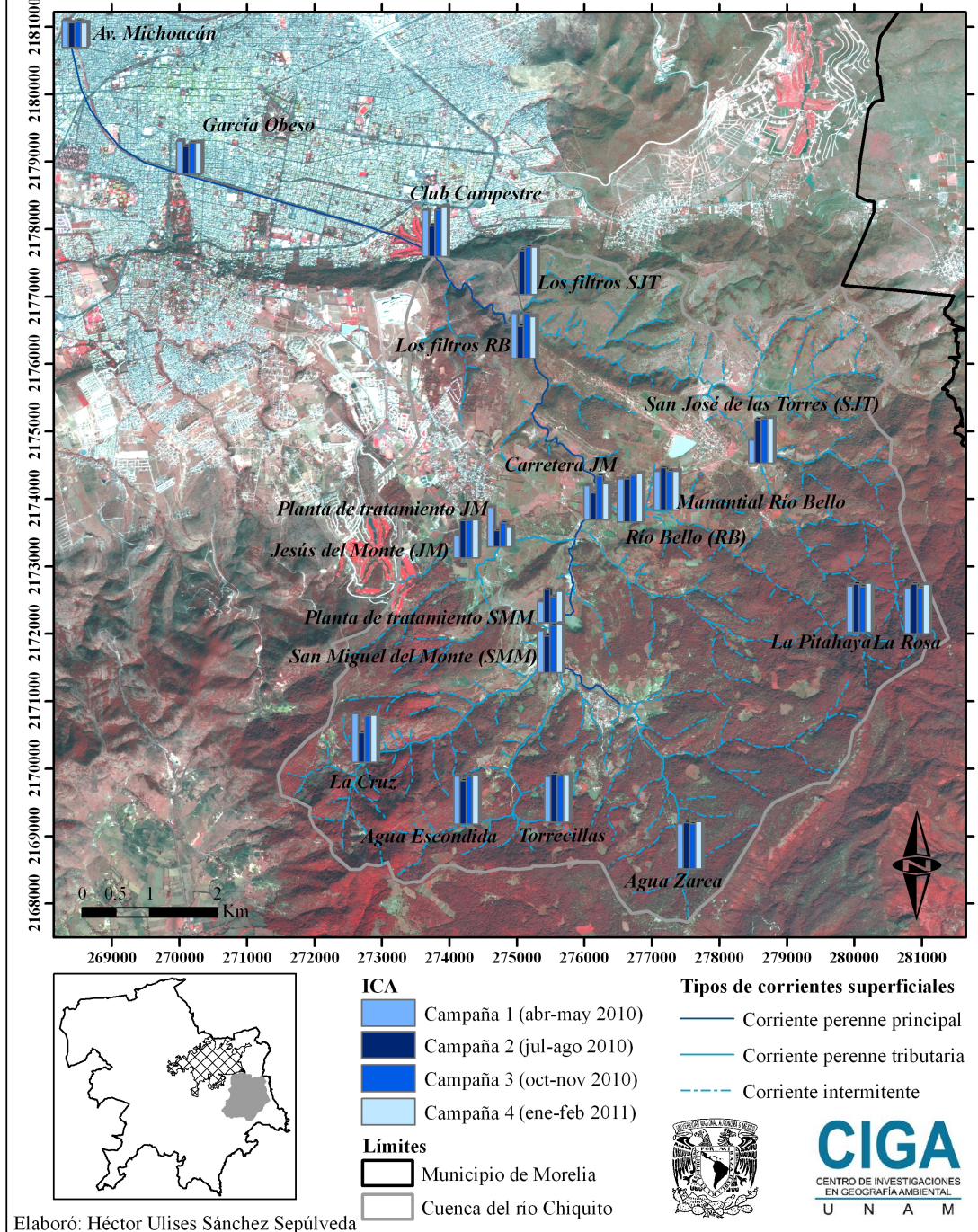
sd: sin dato, seco: el cauce no tenía agua

Cuadro 25. ICA_{c2-E. coli} e ICA_{c4-E. coli} para todos los puntos en las dos campañas en que se realizaron análisis microbiológicos.

No.	Punto de muestreo	Campaña 2	Campaña 4
		(jul-ago 2010) <i>Época de lluvias</i>	(ene-feb 2011) <i>Época de secas</i>
1	La Rosa	94.0	94.8
2	La Pitahaya	89.6	94.4
3	Torrecillas	90.4	87.2
4	Agua Zarca	87.2	90.4
5	Agua Escondida	84.0	95.2
6	La Cruz	57.6	87.2
7	San José de las Torres (SJT)	79.2	85.2
8	San Miguel del Monte (SMM)	61.6	87.6
9	Planta de tratamiento SMM	68.0	52.8
10	Jesús del Monte (JM)	68.0	68.0
11	Planta de tratamiento JM	27.2	32.4
12	Manantial Río Bello	80.0	76.8
13	Río Bello (RB)	76.8	88.4
14	Carretera JM	44.8	60.4
15	Unión: Carretera JM-RB	sd	sd
16	Los filtros RB	54.4	76.4
17	Los filtros SJT	75.6	90.0
18	Unión: RB-SJT	sd	sd
19	Club Campestre	51.2	90.8
20	García Obeso	46.4	52.8
21	Av. Michoacán	41.2	41.2

sd: sin dato

ICA en cada punto para las cuatro campañas de muestreo (2010-2011)



Elaboró: Héctor Ulises Sánchez Sepúlveda

Fuente: Modificado de INEGI (1998); Imagen SPOT (2009)

Mapa 13. Aparecen los valores del ICA en cada campaña para todos los puntos de muestreo.

Cuadro 26. Compatibilidad de usos de acuerdo a los criterios generales de calidad del agua para cada punto de muestreo en la cuenca del río Chiquito.

No.	Punto de muestreo	Zona funcional de la cuenca	ICA		Criterio general de calidad del agua	Usos			
			ICA _{FQ}	ICA _{E.coli}		Abastecimiento público y consumo humano	Agrícola	Pesca y conservación de la vida acuática	Recreación general
1	La Rosa	Cabecera	ICA _{FQ} 90.0 ICA _{E.coli} 90.0	90.0	Excelente	✓	✓	✓	✓
2	La Pitahaya	Cabecera	ICA _{FQ} 89.5 ICA _{E.coli} 87.2	87.2	Buena	✓X	✓X	✓	✓
3	Torreccillas	Cabecera	ICA _{FQ} 90.9 ICA _{E.coli} 87.2	87.2	Excelente Buena	✓	✓	✓	✓
4	Agua Zarca	Cabecera	ICA _{FQ} 88.2 ICA _{E.coli} 87.2	87.2	Buena	✓X	✓X	✓	✓
5	Agua Escondida	Tránsito	ICA _{FQ} 90.0 ICA _{E.coli} 90.0	90.0	Excelente	✓	✓	✓	✓
6	La Cruz	Tránsito	ICA _{FQ} 66.4 ICA _{E.coli} 66.8	66.8	Aceptable	X✓	✓X	✓X	✓X
7	San José de las Torres (SJT)	Tránsito	ICA _{FQ} 61.8 ICA _{E.coli} 60.4	60.4	Aceptable	X✓	✓X	✓X	✓X
8	San Miguel del Monte (SMM)	Tránsito	ICA _{FQ} 76.8 ICA _{E.coli} 67.6	67.6	Buena Aceptable	X✓	✓X	✓X	✓X
9	Planta de tratamiento SMM	Tránsito	ICA _{FQ} 46.4 ICA _{E.coli} 40.8	40.8	Inaceptable	X	X✓	X	X
10	Jesús del Monte (JM)	Tránsito	ICA _{FQ} 58.2 ICA _{E.coli} 54.8	54.8	Deficiente	X✓	X✓	X✓	X✓
11	Planta de tratamiento JM	Tránsito	ICA _{FQ} 35.0 ICA _{E.coli} 30.8	30.8	Inaceptable	X	X✓	X	X
12	Manantial Río Bello	Tránsito	ICA _{FQ} 72.3 ICA _{E.coli} 73.2	73.2	Aceptable	X✓	✓X	✓X	✓X
13	Río Bello (RB)	Tránsito	ICA _{FQ} 85.9 ICA _{E.coli} 80.4	80.4	Buena	✓X	✓X	✓	✓
14	Carretera JM	Tránsito	ICA _{FQ} 50.5 ICA _{E.coli} 44.4	44.4	Deficiente Inaceptable	X	X✓	X	X
15	Unión: Carretera JM-RB	Tránsito	na	na	na	na	na	na	na
16	Los filtros RB	Tránsito	ICA _{E.coli} 61.6 ICA _{FQ} 70.0	70.0	Aceptable	X✓	✓X	✓X	✓X
17	Los filtros SJT	Tránsito	ICA _{E.coli} 86.4 ICA _{FQ} 78.4	78.4	Buena	✓X	✓X	✓	✓
18	Unión: RB-SJT	Tránsito	na	na	na	na	na	na	na
19	Club Campesre	Emisión	ICA _{FQ} 68.0 ICA _{E.coli} 77.3	77.3	Aceptable Buena	X✓	✓X	✓X	✓X
20	García Obeso	Emisión	ICA _{FQ} 45.2 ICA _{E.coli} 51.4	51.4	Inaceptable Deficiente	X	X✓	X	X
21	Av. Michoacán	Emisión	ICA _{FQ} 37.2 ICA _{E.coli} 42.3	42.3	Inaceptable	X	X✓	X	X

na: no aplica, ✓: compatible, ✓X: compatible con restricciones menores, X✓: compatible con restricciones mayores, X: incompatible.

Nota: La compatibilidad de uso se estableció de acuerdo a la escala de clasificación de la calidad del agua para usos específicos (SEMARNAT, 2003; 2005) (Cuadro 21). Cuando aparecen en un mismo punto dos criterios generales de calidad del agua diferentes, se opta por considerar aquél al que ambos valores del ICA son más cercanos.

Gasto

En el Cuadro 27 se muestran las estimaciones para los gastos de cada punto elegido de la cuenca para las cuatro campañas. Prácticamente la mayoría de los sitios presentan el valor del gasto más alto durante la época de lluvias –como era de esperarse- (Figura 60). Únicamente *La Rosa*, *Torrecillas* y *Agua Zarca*, no presentan este patrón. El primer y el tercer punto pueden deber sus variaciones al retardo en los flujos subsuperficiales del agua, ya que ambos se ubican sobre suelos andosoles, los cuales tienen una alta capacidad de retención de humedad, además debe considerarse que en estas zonas altas de la cuenca suelen presentarse precipitaciones fuera de la temporada de lluvias⁶⁴. *Torrecillas* debe ser descartado del análisis, pues –por razones de inaccesibilidad- se calculó el gasto a partir del agua que salía de una manguera proveniente de ese manantial, por lo tanto se tiene sólo un valor parcial del gasto y los cambios en el mismo pueden verse influidos por otras razones (como la obstrucción de la manguera por materia orgánica o un desvío en el cauce del manantial que impide que pase una mayor cantidad de agua hacia la misma, entre otras causas).

Por su parte, las dos plantas de tratamiento tienen un comportamiento irregular, aunque la de JM muestra su mayor gasto en la época de lluvias, la de SMM presenta el menor en esa misma temporada. Esto depende de las características propias de cada planta –como la capacidad de tratamiento- y de la forma en que son operadas, por lo que no siguen necesariamente el patrón natural de los escurrimientos de la cuenca.

⁶⁴ La población local expresó que en las zonas más altas de la cuenca llegan a presentarse lluvias en los meses de octubre y noviembre, así como en enero y febrero.

Cuadro 27. Gasto en l/s para todos los puntos en las cuatro campañas de muestreo.

No.	Punto de muestreo	Campaña 1	Campaña 2	Campaña 3	Campaña 4
		(abr-may 2010)	(jul-ago 2010)	(oct-nov 2010)	(ene-feb 2010)
		<i>Antes de lluvias</i>	<i>Época de lluvias</i>	<i>Después de lluvias</i>	<i>Época de secas</i>
1	La Rosa	0.23	2.30	2.64	0.91
2	La Pitahaya	0.18	8.90	2.33	0.64
3	Torrecillas	sd	0.11	0.24	0.17
4	Agua Zarca	1.12	8.40	17.83	3.83
5	Agua Escondida	0.34	11.63	7.80	1.48
6	La Cruz	0.44	40.70	3.21	0.72
7	San José de las Torres (SJT)	0.00	272.63	20.49	0.41
8	San Miguel del Monte (SMM)	6.57	334.49	117.00	19.69
9	Planta de tratamiento SMM	1.55	0.84	1.33	1.73
10	Jesús del Monte (JM)	0.01	28.42	1.66	0.09
11	Planta de tratamiento JM	6.18	14.60	5.28	11.00
12	Manantial Río Bello	0.06	0.13	0.04	0.02
13	Río Bello (RB)	11.55	173.60	13.78	1.82
14	Carretera JM	19.79	1112.53	143.64	20.96
15	Unión: Carretera JM-RB	sd	sd	sd	sd
16	Los filtros RB	31.87	1352.62	220.36	39.25
17	Los filtros SJT	0.00	368.70	3.48	0.63
18	Unión: RB-SJT	sd	sd	sd	sd
19	Club Campestre	29.35	1790.06	226.67	36.84
20	García Obeso	119.66	2175.60	256.35	96.52
21	Av. Michoacán	355.80	3021.05	620.05	480.14

sd: sin dato

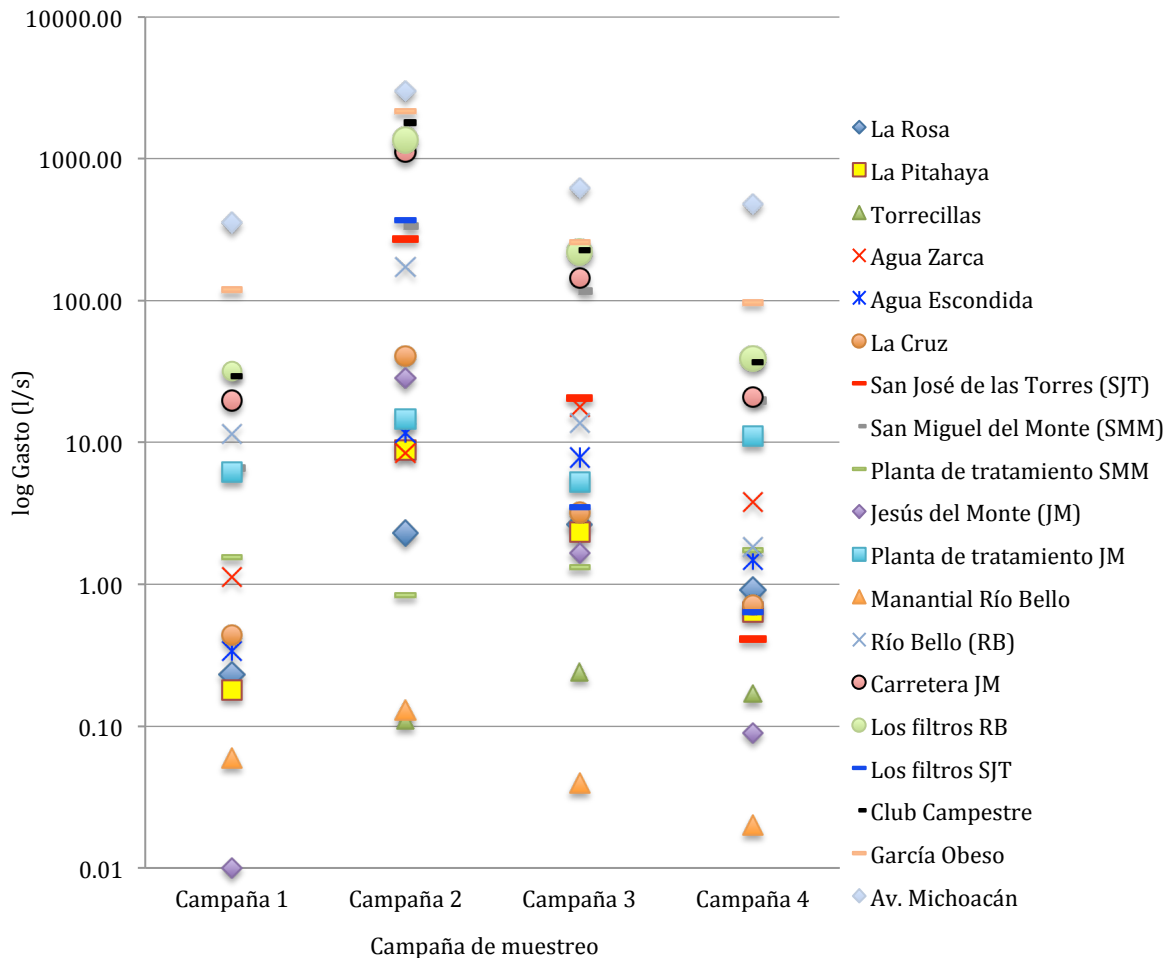


Figura 60. Estimación de los gastos para la cuenca del río Chiquito.

Análisis de componentes principales (ACP) y análisis de agrupamiento –o de clusters- (AC)

- Primera campaña de muestreo (previo a la temporada de lluvias)

De acuerdo con la matriz de correlación (Cuadro 28), existen tres importantes correlaciones –superiores a 0.9000- entre siguientes variables: K y SDT, Tb y SST y NO₃-N y NH₃-N.

Cuadro 28. Matriz de correlación de los parámetros de calidad del agua para la primera campaña de muestreo.

	T	pH	OD	K	SDT	Tb	SST	NO ₃ -N	NH ₃ -N	PO ₄ ³⁻	DT	DBO ₅
T	1.0000	-0.2751	-0.4594	0.4566	0.4773	0.3762	0.0965	0.2522	0.1506	0.1904	0.1354	-0.1950
pH	-0.2751	1.0000	0.2433	-0.2822	-0.3151	-0.3420	-0.3335	-0.1120	-0.1459	-0.2751	-0.3994	-0.2852
OD	-0.4594	0.2433	1.0000	-0.6515	-0.6784	-0.4305	-0.3214	-0.3472	-0.2975	-0.2944	-0.5988	0.3855
K	0.4566	-0.2822	-0.6515	1.0000	0.9900	0.0265	-0.1282	0.5441	0.3812	0.3873	0.6303	-0.2109
SDT	0.4773	-0.3151	-0.6784	0.9900	1.0000	0.0465	-0.1153	0.5405	0.3940	0.3800	0.6250	-0.2774
Tb	0.3762	-0.3420	-0.4305	0.0265	0.0465	1.0000	0.9090	0.0868	0.0889	-0.0037	0.3742	0.3470
SST	0.0965	-0.3335	-0.3214	-0.1282	-0.1153	0.9090	1.0000	-0.0974	-0.0243	-0.1317	0.3508	0.4914
NO ₃ -N	0.2522	-0.1120	-0.3472	0.5441	0.5405	0.0868	-0.0974	1.0000	0.9335	0.5830	0.3840	-0.1750
NH ₃ -N	0.1506	-0.1459	-0.2975	0.3812	0.3940	0.0889	-0.0243	0.9335	1.0000	0.5029	0.2001	-0.1761
PO ₄ ³⁻	0.1904	-0.2751	-0.2944	0.3873	0.3800	-0.0037	-0.1317	0.5830	0.5029	1.0000	0.2821	-0.1557
DT	0.1354	-0.3994	-0.5988	0.6303	0.6250	0.3742	0.3508	0.3840	0.2001	0.2821	1.0000	0.1661
DBO ₅	-0.1950	-0.2852	0.3855	-0.2109	-0.2774	0.3470	0.4914	-0.1750	-0.1761	-0.1557	0.1661	1.0000

En esta campaña el primer componente explica el 38.23% de la variación entre los puntos de muestreo, integrado por K y SDT positivamente y por OD negativamente. El segundo componente acumula un 60.24% de la varianza al representar un 22.02% de la misma, lo conforman SST, Tb y DBO₅ de manera positiva. Por último, el tercer componente expresa un 11.79% de la variación para alcanzar un porcentaje acumulado de 72.03, está constituido por NH₃-N y NO₃-N de forma positiva (Cuadros 29 y 30).

Cuadro 29. Eigenvalores para la primera campaña de muestreo.

Componente	Eigenvalor	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
1	4.58740	38.23	38.23
2	2.64200	22.02	60.24
3	1.41470	11.79	72.03
4	1.08640	9.05	81.09
5	0.85790	7.15	88.24
6	0.62380	5.20	93.44
7	0.44610	3.72	97.15
8	0.19860	1.66	98.81
9	0.09570	0.80	99.61
10	0.03600	0.30	99.90
11	0.00930	0.08	99.98
12	0.00220	0.02	100.00

Cuadro 30. Eigenvectores para la primera campaña de muestreo.

Variable	Componente		
	1	2	3
T	0.25582	0.06027	-0.30927
pH	-0.20633	-0.26997	-0.08751
OD	-0.36791	-0.08808	0.31201
K	0.40379	-0.12131	-0.21672
SDT	0.41058	-0.12066	-0.23772
Tb	0.15690	0.51798	0.03200
SST	0.06900	0.57129	0.07516
NO ₃ -N	0.34504	-0.18431	0.43925
NH ₃ -N	0.29195	-0.16343	0.51719
PO ₄ ³⁻	0.27107	-0.15500	0.34329
DT	0.32974	0.20197	-0.04017
DBO ₅	-0.09556	0.40777	0.33063

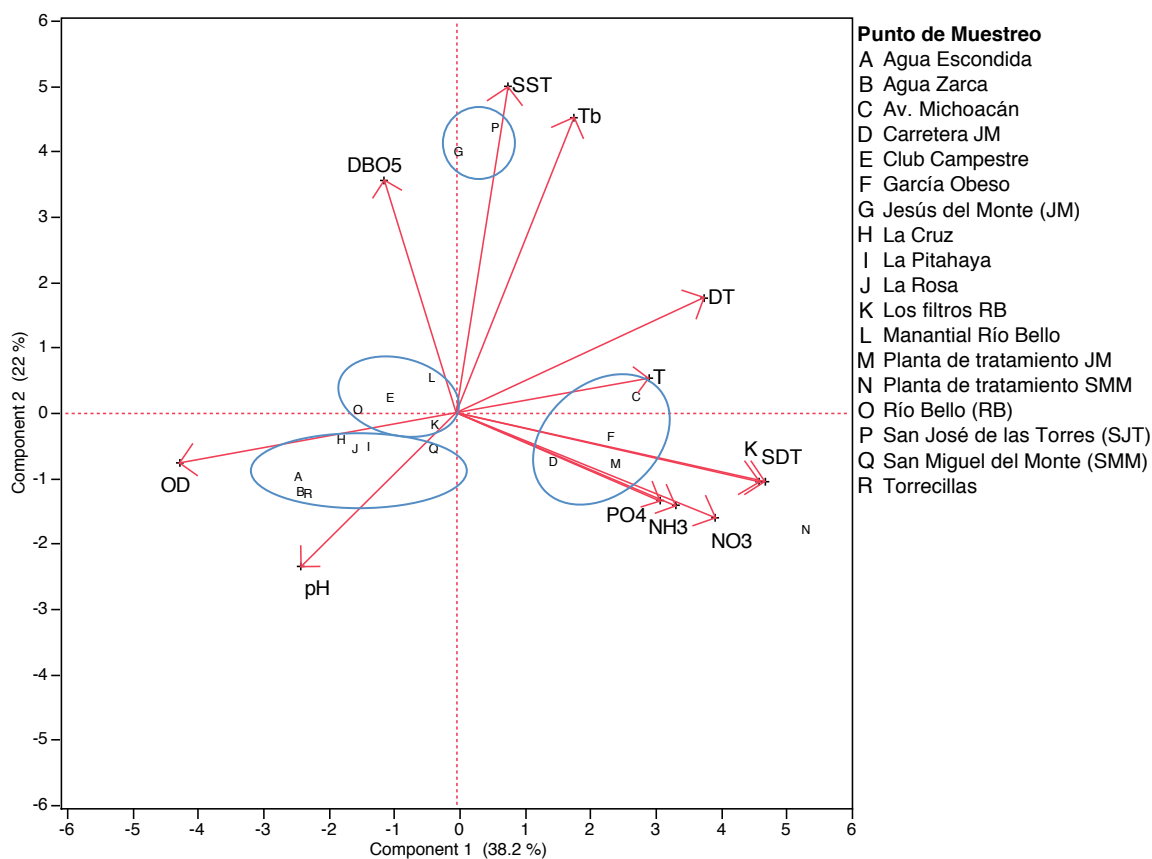


Figura 61. Gráfico derivado del ACP donde se muestra del primer y segundo componente (eje x y eje y respectivamente) para la primera campaña de muestreo.

En la Figura 62 se muestra el dendrograma derivado del AC para esta campaña, el cual fue integrado por las variables más representativas durante la misma: OD, SDT, SST, DBO₅ y NH₃-N. Aparecen los puntos de muestreo agrupados en cinco *clusters*: 1) *La Rosa, Torrecillas, Agua Zarca, La Pitahaya, San Miguel del Monte (SMM), Agua Escondida y La Cruz*; 2) *Manantial Río Bello, RB, Los filtros RB, Club Campestre*; 3) *SJT y JM* y 4) *Planta de tratamiento SMM*, 5) *Planta de tratamiento JM, Carretera JM, García Obeso y Av. Michoacán*.

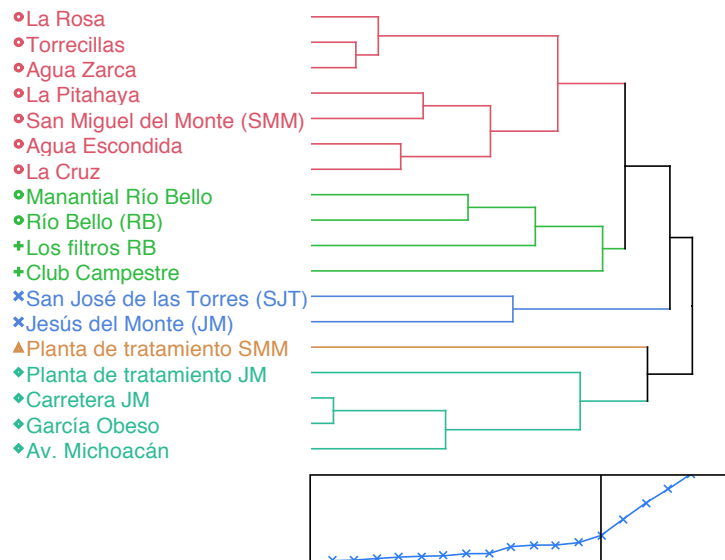


Figura 62. Dendrograma del AC para la primera campaña de muestreo.

En el primer *cluster* aparecen los puntos de las zonas más altas de la cuenca del río Chiquito y que –con excepción *SMM*- se trata de aquellos con la mayor calidad general del agua para esta campaña (ICA_{c1}). De acuerdo con el ACP (Figura 61) este agrupamiento está influido principalmente por el OD y el pH. Por otro lado, en los *clusters* cuatro y cinco se hallan los sitios que resultan mayormente contaminados durante esta campaña y corresponden a las dos plantas de tratamiento, a los dos puntos ubicados en la ciudad de Morelia y a *Carretera JM* que es el de peor calidad del agua dentro de la cuenca. Según el ACP, los últimos se encuentran afectados primordialmente por la K, los SDT y los nutrientes (NO_3^- -N, NH_3 -N, PO_4^{3-}). Finalmente los dos puntos del tercer *cluster* se ubican en la zona de tránsito de la cuenca y conforme al ACP la calidad de sus aguas es impactada mayormente por los SST y la Tb.

➤ Segunda campaña de muestreo (temporada de lluvias)

En la matriz de correlación (Cuadro 31) se muestran seis correlaciones importantes superiores a 0.9000: K y SDT, SDT y PO_4^{3-} , K y PO_4^{3-} , SDT y NH_3 -N, PO_4^{3-} y NH_3 -N y K y NH_3 -N.

Cuadro 31. Matriz de correlación de los parámetros de calidad del agua para la segunda campaña de muestreo.

	T	pH	OD	K	SDT	Tb	SST	NO ₃ -N	NH ₃ -N	PO ₄ ³⁻	DT	DBO ₅
T	1.0000	0.0751	-0.4275	0.5076	0.5048	-0.0459	0.1119	0.1722	0.4571	0.4703	0.5913	0.2521
pH	0.0751	1.0000	-0.0864	0.2422	0.2432	-0.0124	0.1063	0.0663	0.2582	0.2408	0.0547	0.2092
OD	-0.4275	-0.0864	1.0000	-0.5072	-0.5046	-0.2160	-0.4293	-0.1166	-0.4260	-0.4562	-0.6389	-0.4010
K	0.5076	0.2422	-0.5072	1.0000	1.0000	0.1263	0.5686	-0.0836	0.9826	0.9845	0.8141	0.0906
SDT	0.5048	0.2432	-0.5046	1.0000	1.0000	0.1272	0.5701	-0.0859	0.9838	0.9849	0.8101	0.0877
Tb	-0.0459	-0.0124	-0.2160	0.1263	0.1272	1.0000	0.8252	0.3751	0.1598	0.1169	0.0712	0.2797
SST	0.1119	0.1063	-0.4293	0.5686	0.5701	0.8252	1.0000	0.1804	0.6025	0.5554	0.3792	0.2836
NO ₃ -N	0.1722	0.0663	-0.1166	-0.0836	-0.0859	0.3751	0.1804	1.0000	-0.0878	-0.1596	0.1234	0.5781
NH ₃ -N	0.4571	0.2582	-0.4260	0.9826	0.9838	0.1598	0.6025	-0.0878	1.0000	0.9828	0.7141	0.0615
PO ₄ ³⁻	0.4703	0.2408	-0.4562	0.9845	0.9849	0.1169	0.5554	-0.1596	0.9828	1.0000	0.7554	0.0157
DT	0.5913	0.0547	-0.6389	0.8141	0.8101	0.0712	0.3792	0.1234	0.7141	0.7554	1.0000	0.2868
DBO ₅	0.2521	0.2092	-0.4010	0.0906	0.0877	0.2797	0.2836	0.5781	0.0615	0.0157	0.2868	1.0000

Para esta campaña el primer componente está integrado por K, SDT, PO₄³⁻ y NH₃-N de manera positiva y expresa el 48.20% de la variación existente entre los puntos de muestreo. El segundo componente, acumula un 65.96% de la varianza al expresar un 17.76% de la misma y lo conforman NO₃-N, DBO₅ y Tb de forma positiva. Por último, el tercer componente representa un 11.77% de la variación, para alcanzar un porcentaje acumulado de 77.73. Se constituye de Tb y SST positivamente y de T negativamente (Cuadros 32 y 33).

Cuadro 32. Eigenvalores para la segunda campaña de muestreo.

Componente	Eigenvalor	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
1	5.7836	48.20	48.20
2	2.1315	17.76	65.96
3	1.4127	11.77	77.73
4	1.0406	8.67	86.40
5	0.6377	5.31	91.72
6	0.4469	3.72	95.44
7	0.3232	2.69	98.14
8	0.1678	1.40	99.53
9	0.0395	0.33	99.86
10	0.0121	0.10	99.96
11	0.0044	0.04	100.00
12	0.0000	0.00	100.00

Cuadro 33. Eigenvectores para la segunda campaña de muestreo.

Variable	Componente		
	1	2	3
T	0.24241	-0.00714	-0.46809
pH	0.10529	0.02286	-0.08772
OD	-0.26798	-0.16971	0.20179
K	0.40246	-0.14582	0.04147
SDT	0.40214	-0.14692	0.04544
Tb	0.11490	0.48530	0.49133
SST	0.27780	0.30778	0.47327
NO ₃ -N	0.02397	0.54038	-0.24960
NH ₃ -N	0.39121	-0.14527	0.11709
PO ₄ ³⁻	0.39132	-0.18941	0.09544
DT	0.35460	-0.01612	-0.24179
DBO ₅	0.10851	0.49828	-0.34601

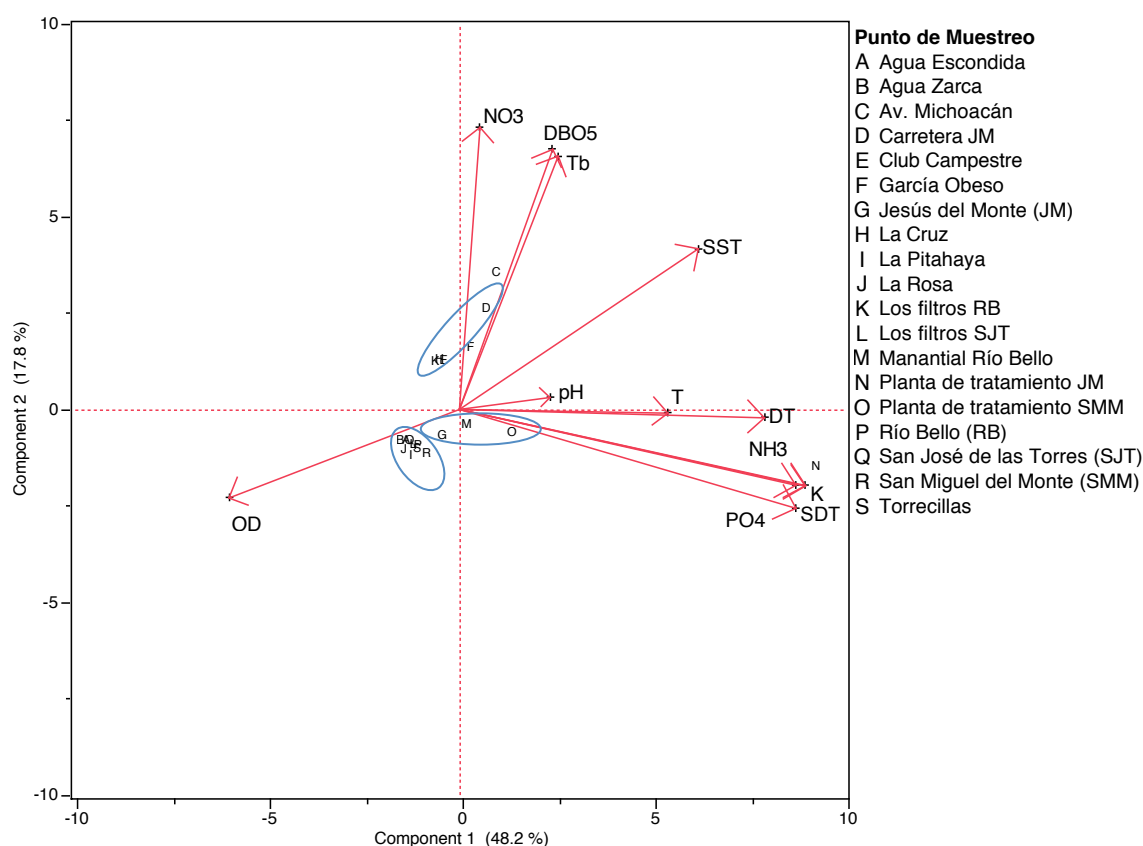


Figura 63. Gráfico derivado del ACP donde se muestra del primer y segundo componente (eje x y eje y respectivamente) para la segunda campaña de muestreo.

La Figura 64 muestra el dendograma obtenido del AC para esta campaña. En éste se utilizaron las variables que fueron más representativas durante la misma: K, Tb, NO₃-N, DBO₅, T y SST. Los puntos de muestreo se agrupan en seis *clusters*: 1) La Rosa, La Pitahaya, Torrecillas, RB, Los filtros SJT, SMM, Agua Zarca, Agua Escondida y SJT; 2) Planta de tratamiento SMM, Manantial Río Bello y JM; 3) La Cruz, Los filtros RB, Carretera JM y Club Campestre; 4) García Obeso; 5) Av. Michoacán y 6) Planta de tratamiento JM.

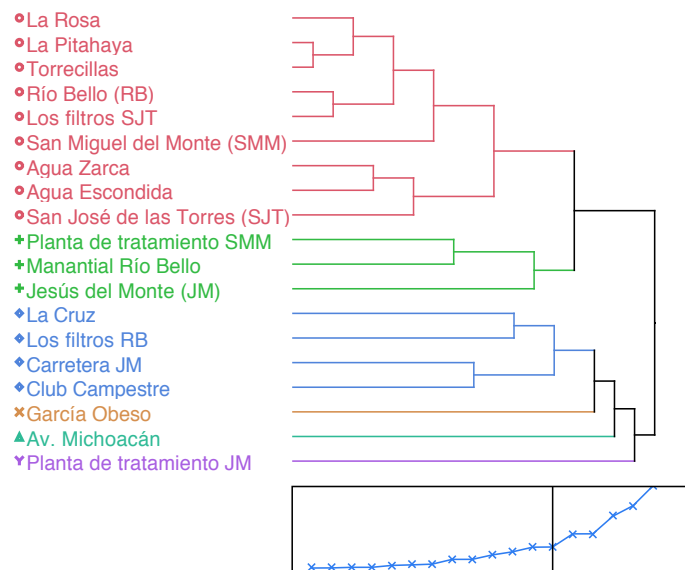


Figura 64. Dendrograma del AC para la segunda campaña de muestreo.

El primer *cluster* está compuesto por puntos de muestreo ubicados en la zona alta de la cuenca del río Chiquito, los cuales –con excepción de *SMM*- poseen una mayor calidad general del agua en esta campaña (ICA_{c2}). De acuerdo al ACP (Figura 63) están afectados principalmente por el OD. Por su parte, el tercer *cluster* contiene puntos ubicados en diferentes zonas de la cuenca que muestran una baja calidad general del agua, más no tan baja como los *clusters* cuatro, cinco y seis que son los que poseen la peor -calidad general- para esta campaña. Según el ACP el *cluster* tres está influido esencialmente por los nitratos (NO_3-N), la DBO_5 , y la Tb al igual que el cuatro y el cinco, mientras que el seis por el nitrógeno amoniacal (NH_3-N), la K, los SDT, los ortofosfatos (PO_4^{3-}), la DT y el pH. El segundo *cluster* lo integran tres sitios ubicados en la zona de tránsito de la cuenca y que poseen una calidad general del agua ni muy baja, ni muy alta. El ACP indica que están impactados mayormente por el OD, los ortofosfatos (PO_4^{3-}), la K, los SDT y el nitrógeno amoniacal (NH_3-N).

- Segunda campaña de muestreo con parámetros microbiológicos (temporada de lluvias)

En la matriz de correlación (Cuadro 34) se observan siete correlaciones altas (superior a 0.9000) entre las siguientes variables: K y SDT, SDT y PO_4^{3-} , K y PO_4^{3-} , SDT y NH_3-N , NH_3-N y PO_4^{3-} , NH_3-N y K y CT y *E. coli*.

Cuadro 34. Matriz de correlación de los parámetros de calidad del agua para la segunda campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

	T	pH	OD	K	SDT	Tb	SST	NO ₃ -N	NH ₃ -N	PO ₄ ³⁻	DT	DBO ₅	CT	<i>E. coli</i>
T	1.0000	0.0751	-0.4275	0.5076	0.5048	-0.0459	0.1119	0.1722	0.4571	0.4703	0.5913	0.2521	0.4140	0.3242
pH	0.0751	1.0000	-0.0864	0.2422	0.2432	-0.0124	0.1063	0.0663	0.2582	0.2408	0.0547	0.2092	0.0697	0.2084
OD	-0.4275	-0.0864	1.0000	-0.5072	-0.5046	-0.2160	-0.4293	-0.1166	-0.4260	-0.4562	-0.6389	-0.4010	-0.3976	-0.3663
K	0.5076	0.2422	-0.5072	1.0000	1.0000	0.1263	0.5686	-0.0836	0.9826	0.9845	0.8141	0.0906	0.3507	0.3745
SDT	0.5048	0.2432	-0.5046	1.0000	1.0000	0.1272	0.5701	-0.0859	0.9838	0.9849	0.8101	0.0877	0.3503	0.3744
Tb	-0.0459	-0.0124	-0.2160	0.1263	0.1272	1.0000	0.8252	0.3751	0.1598	0.1169	0.0712	0.2797	0.5096	0.5000
SST	0.1119	0.1063	-0.4293	0.5686	0.5701	0.8252	1.0000	0.1804	0.6025	0.5554	0.3792	0.2836	0.5277	0.5413
NO ₃ -N	0.1722	0.0663	-0.1166	-0.0836	-0.0859	0.3751	0.1804	1.0000	-0.0878	-0.1596	0.1234	0.5781	0.4627	0.4331
NH ₃ -N	0.4571	0.2582	-0.4260	0.9826	0.9838	0.1598	0.6025	-0.0878	1.0000	0.9828	0.7141	0.0615	0.3954	0.4266
PO ₄ ³⁻	0.4703	0.2408	-0.4562	0.9845	0.9849	0.1169	0.5554	-0.1596	0.9828	1.0000	0.7554	0.0157	0.3571	0.3992
DT	0.5913	0.0547	-0.6389	0.8141	0.8101	0.0712	0.3792	0.1234	0.7141	0.7554	1.0000	0.2868	0.3881	0.3375
DBO ₅	0.2521	0.2092	-0.4010	0.0906	0.0877	0.2797	0.2836	0.5781	0.0615	0.0157	0.2868	1.0000	0.6310	0.6681
CT	0.4140	0.0697	-0.3976	0.3507	0.3503	0.5096	0.5277	0.4627	0.3954	0.3571	0.3881	0.6310	1.0000	0.9535
<i>E. coli</i>	0.3242	0.2084	-0.3663	0.3745	0.3744	0.5000	0.5413	0.4331	0.4266	0.3992	0.3375	0.6681	0.9535	1.0000

Para esta campaña el primer componente expresa el 46.36% de la variación entre los puntos de muestreo y está constituido por K, SDT, NH₃-N, PO₄³⁻ y DT de manera positiva. El segundo componente explica el 20.15% de la varianza para alcanzar un acumulado de la misma de 66.51%, se integra por NO₃-N, DBO₅, CT y *E. coli* positivamente. Finalmente, el tercer componente representa un 10.14% de la variación para conjuntar –con los otros dos– un porcentaje de 76.65. Se halla conformado por Tb y SST de forma positiva y por T de forma negativa (Cuadros 35 y 36).

Cuadro 35. Eigenvalores para la segunda campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

Componente	Eigenvalor	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
1	6.4906	46.36	46.36
2	2.8213	20.15	66.51
3	1.4190	10.14	76.65
4	1.0579	7.56	84.21
5	0.7103	5.07	89.28
6	0.5801	4.14	93.42
7	0.4492	3.21	96.63
8	0.2459	1.76	98.39
9	0.1592	1.14	99.53
10	0.0406	0.29	99.82
11	0.0218	0.16	99.97
12	0.0032	0.02	99.99
13	0.0010	0.01	100.00
14	0.0000	0.00	100.00

Cuadro 36. Eigenvectores para la segunda campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

Variable	Componente		
	1	2	3
T	0.22998	-0.04662	-0.46651
pH	0.09900	-0.00990	-0.07819
OD	-0.25625	-0.03733	0.17383
K	0.35542	-0.23935	0.03796
SDT	0.35510	-0.23993	0.04173
Tb	0.15042	0.34726	0.52977
SST	0.28098	0.14906	0.50242
NO ₃ -N	0.07411	0.43490	-0.20208
NH ₃ -N	0.35020	-0.22034	0.10915
PO ₄ ³⁻	0.34613	-0.25620	0.08436
DT	0.32033	-0.12915	-0.23080
DBO ₅	0.15921	0.41293	-0.30524
CT	0.26486	0.35579	-0.05621
<i>E. coli</i>	0.26756	0.34866	-0.01726

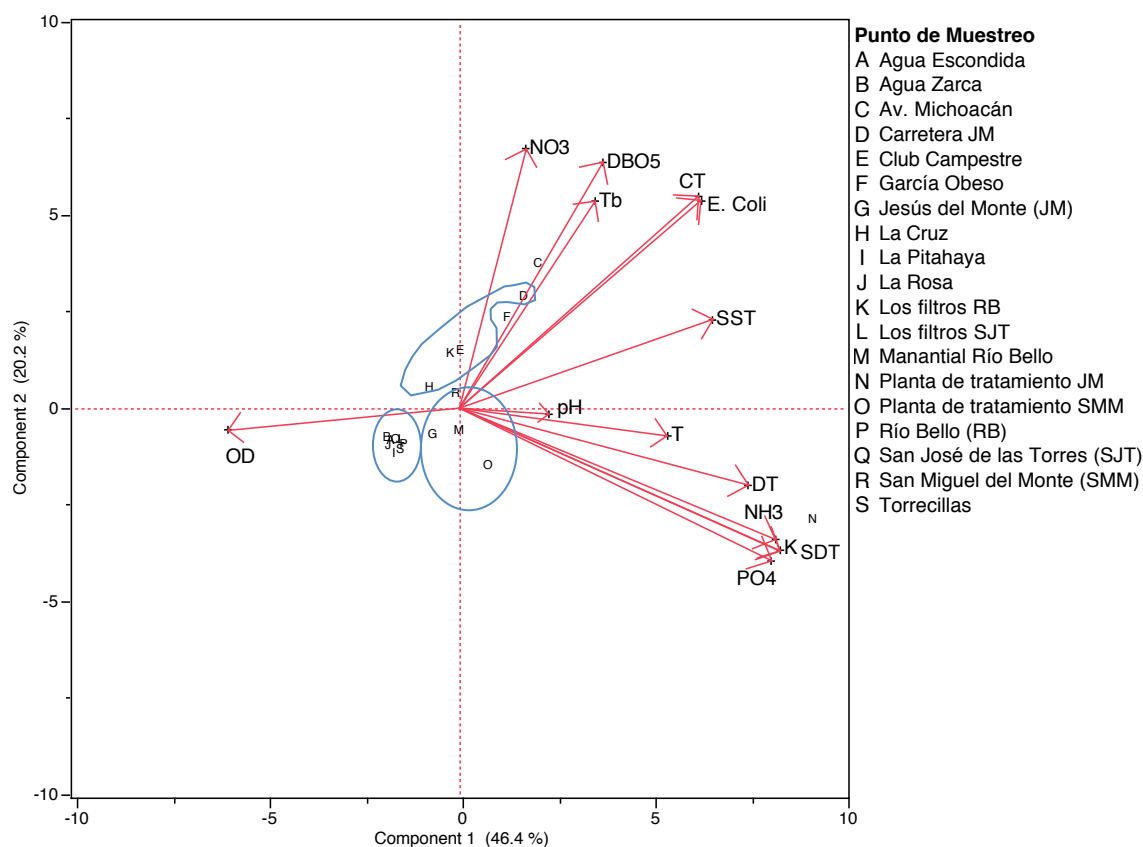


Figura 65. Gráfico derivado del ACP donde se muestra del primer y segundo componente (eje x y eje y respectivamente) para la segunda campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

La Figura 66 muestra el dendrograma que resultó del AC para esta campaña, al incluir las variables más representativas de la misma: K, DT, NO₃-N, DBO₅, CT, Tb, SST y T. Los sitios de muestreo aparecen aglomerados en seis *clusters*: 1) La Rosa, La Pitahaya, Torrecillas, RB, Los filtros SJT, Agua Zarca, Agua Escondida y SJT; 2) SMM, JM, Planta de tratamiento

SMM y Manantial Río Bello; 3) La Cruz, Carretera JM, Club Campestre y Los filtros RB; 4) García Obeso; 5) Av. Michoacán y 6) Planta de tratamiento JM.

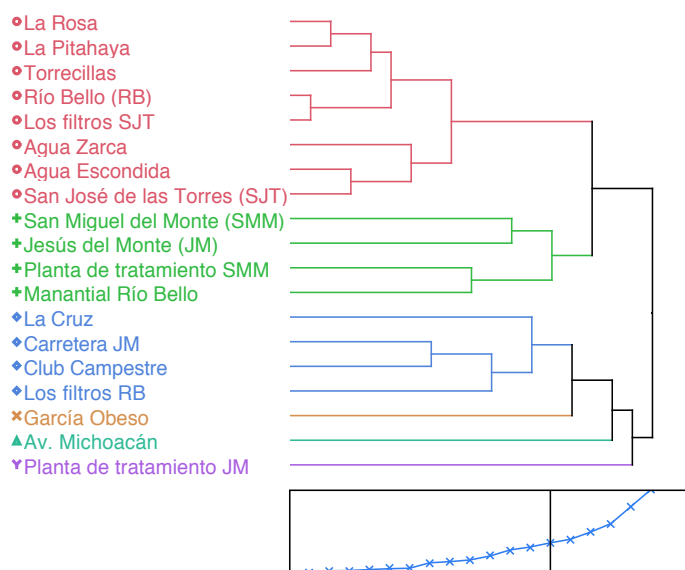


Figura 66. Dendrograma del AC para la segunda campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

Con excepción de *RB* y *Los filtros SJT*, el primer *cluster* agrupa puntos de las zonas altas de la cuenca que presentaron una alta calidad general del agua (Cuadro 25). De acuerdo con el APC (Figura 65) se hallan fuertemente influenciados por el OD. Por otro lado, los *clusters* que muestran la peor calidad general del agua son el cuatro, el cinco y el seis, seguidos por el tercero. Según al ACP los sitios del último están impactados importantemente por los nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$), la DBO_5 , la Tb, las CT y *E. coli*, al igual que los *clusters* cuatro y cinco, mientras que el seis se ve afectado de manera sustancial por los ortofosfatos (PO_4^{3-}), la K, los SDT, el nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$), la DT, la T y el pH. Finalmente, el *cluster* dos aglomera cuatro puntos que se encuentran en la zona de tránsito de la cuenca, que con excepción de *Manantial Río Bello* presentan una baja calidad general del agua, más no tanto como los *clusters* anteriores (cuatro, cinco, seis y tres).

➤ Tercera campaña de muestreo (después de la temporada de lluvias)

En la matriz de correlación (Cuadro 37) aparecen seis correlaciones importantes (mayores de 0.9000 o menores de -0.9000) entre las siguientes variables: K y SDT, SST y $\text{NO}_3\text{-N}$, PO_4^{3-} y SDT, PO_4^{3-} y K, OD y K y OD y SDT.

Cuadro 37. Matriz de correlación de los parámetros de calidad del agua para la tercera campaña de muestreo.

	T	pH	OD	K	SDT	Tb	SST	NO ₃ -N	NH ₃ -N	PO ₄ ³⁻	DT	DBO ₅
T	1.0000	0.2417	-0.7414	0.6703	0.6698	0.7154	0.5390	0.4725	0.4301	0.5327	0.5966	-0.1543
pH	0.2417	1.0000	-0.2737	0.3558	0.3556	0.2473	0.3375	0.1349	0.0743	0.2268	0.3539	-0.0371
OD	-0.7414	-0.2737	1.0000	-0.9179	-0.9169	-0.6820	-0.6229	-0.5610	-0.6340	-0.7478	-0.8951	0.4260
K	0.6703	0.3558	-0.9179	1.0000	1.0000	0.8223	0.7646	0.7221	0.6408	0.9095	0.8964	-0.4172
SDT	0.6698	0.3556	-0.9169	1.0000	1.0000	0.8237	0.7661	0.7241	0.6403	0.9109	0.8950	-0.4178
Tb	0.7154	0.2473	-0.6820	0.8223	0.8237	1.0000	0.8381	0.7702	0.4241	0.8289	0.6250	-0.3759
SST	0.5390	0.3375	-0.6229	0.7646	0.7661	0.8381	1.0000	0.9204	0.0550	0.7039	0.6025	-0.3342
NO ₃ -N	0.4725	0.1349	-0.5610	0.7221	0.7241	0.7702	0.9204	1.0000	0.1197	0.7466	0.5000	-0.2671
NH ₃ -N	0.4301	0.0743	-0.6340	0.6408	0.6403	0.4241	0.0550	0.1197	1.0000	0.6894	0.5341	-0.3165
PO ₄ ³⁻	0.5327	0.2268	-0.7478	0.9095	0.9109	0.8289	0.7039	0.7466	0.6894	1.0000	0.7038	-0.4131
DT	0.5966	0.3539	-0.8951	0.8964	0.8950	0.6250	0.6025	0.5000	0.5341	0.7038	1.0000	-0.3531
DBO ₅	-0.1543	-0.0371	0.4260	-0.4172	-0.4178	-0.3759	-0.3342	-0.2671	-0.3165	-0.4131	-0.3531	1.0000

En esta campaña el primer componente explica el 63.39% de la variación total entre los puntos de muestreo y se conforma de SDT, K, PO₄³⁻, Tb y DT de manera positiva y de OD de manera negativa. El segundo componente muestra un porcentaje acumulado de 74.59 de la varianza representando un 11.20% de la misma y se constituye de SST, NO₃-N positivamente y de NH₃-N negativamente. Mientras que el tercer componente, con una varianza de 8.57% alcanza un 83.16% de la variación total. Lo integran de forma positiva pH y DBO₅ (Cuadros 38 y 39).

Cuadro 38. Eigenvalores para la tercera campaña de muestreo.

Componente	Eigenvalor	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
1	7.6068	63.39	63.39
2	1.3440	11.20	74.59
3	1.0282	8.57	83.16
4	0.8104	6.75	89.91
5	0.5347	4.46	94.37
6	0.4359	3.63	98.00
7	0.1417	1.18	99.18
8	0.0531	0.44	99.62
9	0.0246	0.21	99.83
10	0.0185	0.15	99.98
11	0.0021	0.02	100.00
12	0.0000	0.00	100.00

Cuadro 39. Eigenvectores para la tercera campaña de muestreo.

Variable	Componente		
	1	2	3
T	0.26575	-0.02103	0.19453
pH	0.12615	0.13730	0.77164
OD	-0.33013	0.19255	-0.07284
K	0.35761	-0.06326	0.03985
SDT	0.35773	-0.06147	0.03803
Tb	0.32092	0.18467	-0.10878
SST	0.29549	0.48516	-0.06823
NO ₃ -N	0.27812	0.45510	-0.24137
NH ₃ -N	0.21557	-0.63461	-0.02745
PO ₄ ³⁻	0.33096	-0.05851	-0.15058
DT	0.31234	-0.15460	0.17951
DBO ₅	-0.16557	0.17088	0.47748

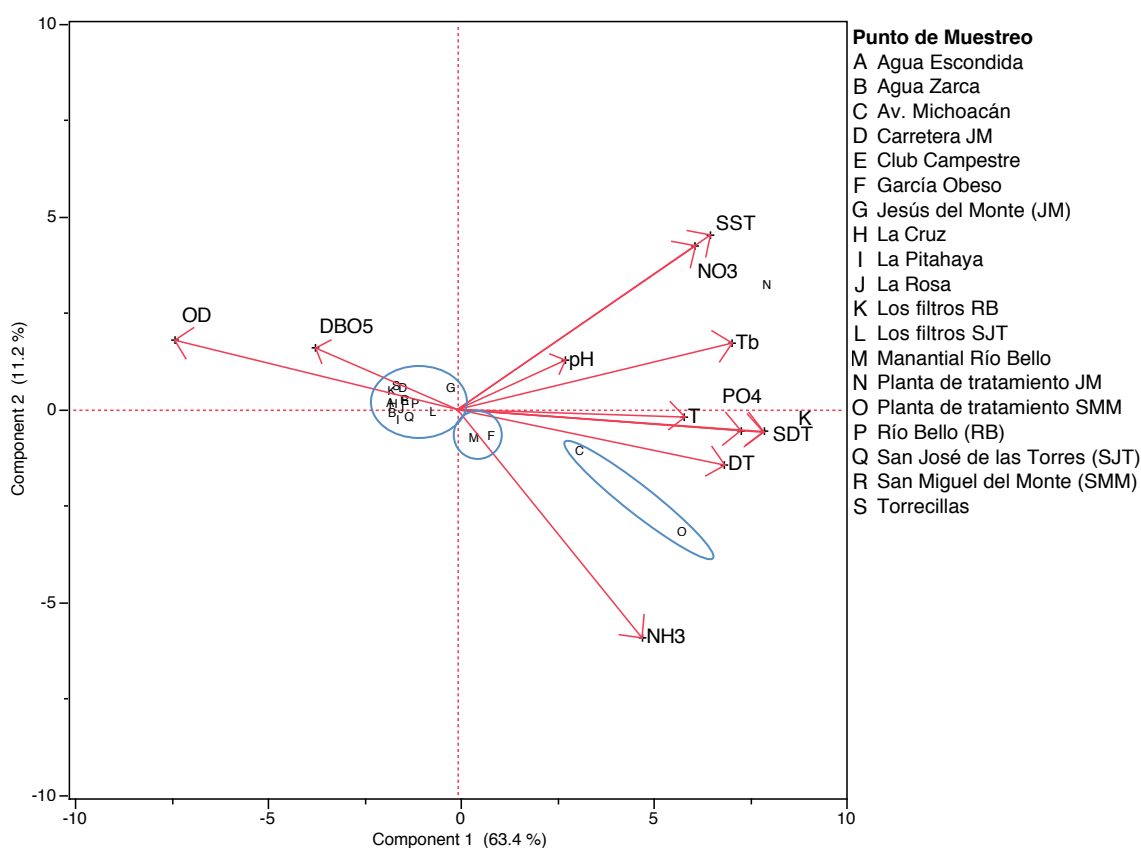


Figura 67. Gráfico derivado del ACP donde se muestra del primer y segundo componente (eje x y eje y respectivamente) para la tercera campaña de muestreo.

En la Figura 68 aparece el dendrograma derivado del AC para esta campaña. En él se integraron las variables que resultaron más representativas para la misma: K, Tb, DT, OD, SST, NH₃-N, pH y DBO₅. Los puntos de muestreo se agruparon en seis *clusters*: 1) La Rosa, Torrecilla, Agua Zarca, La Pitahaya, SJT y JM; 2) Manantial Río Bello y García Obeso; 3) Agua Escondida, La Cruz, SMM, RB y Los filtros SJT; 4) Carretera JM, Los filtros RB y Club Campestre; 5) Planta de tratamiento SMM y Av. Michoacán y 6) Planta de tratamiento JM.

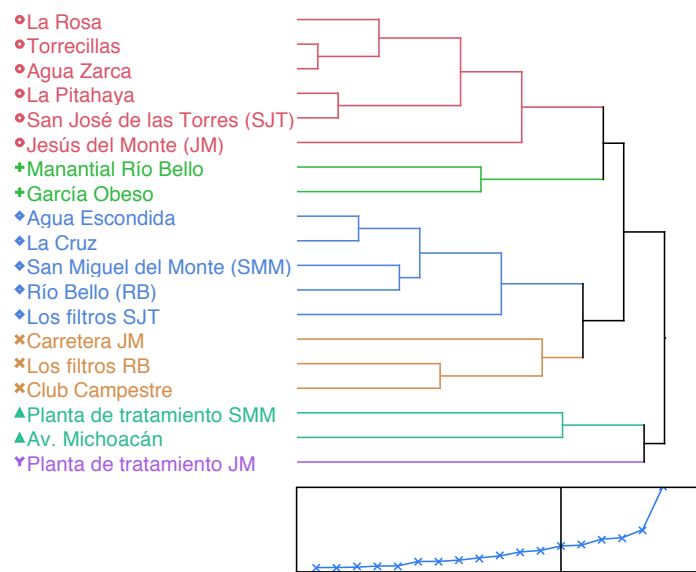


Figura 68. Dendrograma del AC para la tercera campaña de muestreo.

En el *cluster* tres se encuentran los puntos con mayor calidad general del agua para esta campaña (ICA_{c3}), mientras que en los *clusters* cuatro y uno –con excepción de *JM*- se agrupan otros de calidad general similar, más no tan alta. Esta terna de *clusters* incluye sitios ubicados por toda la cuenca del río Chiquito y de acuerdo al ACP (Figura 67) los tres agrupamientos se hallan influidos principalmente por el OD y la DBO_5 . Por otro lado, en el *cluster* dos se conforma de dos puntos con calidad general del agua media (un manantial de la zona de tránsito y un punto de la zona de emisión en la parte urbana), que según el ACP está afectados mayormente por el nitrógeno amoniacal (NH_3-N) y la DT. Finalmente, los *cluster* cinco y seis contienen a los sitios con una calidad general del agua más baja, es decir, a los más contaminados. El ACP indica que el *cluster* cinco está impactado esencialmente por el nitrógeno amoniacal (NH_3-N), la DT, la K, los SDT, los ortofosfatos (PO_4^{3-}) y la T; en tanto que el *cluster* seis por los SST, los nitratos (NO_3^-N), la Tb y el pH.

➤ Cuarta campaña de muestreo (temporada de secas)

En la matriz de correlación siguiente aparece sólo una correlación mayor de 0.9000 -de 1.000- entre K y SDT.

Cuadro 40. Matriz de correlación de los parámetros de calidad del agua para la cuarta campaña de muestreo.

	T	pH	OD	K	SDT	Tb	SST	NO ₃ -N	NH ₃ -N	PO ₄ ³⁻	DT	DBO ₅
T	1.0000	0.1671	-0.6613	0.6110	0.6100	0.5044	0.5273	0.4665	0.3265	0.5526	0.6012	-0.2374
pH	0.1671	1.0000	-0.2118	0.5613	0.5607	0.2010	0.4141	0.2262	0.4585	0.3584	0.4795	0.1240
OD	-0.6613	-0.2118	1.0000	-0.8263	-0.8251	-0.4724	-0.6431	-0.6216	-0.5145	-0.7744	-0.7659	0.2615
K	0.6110	0.5613	-0.8263	1.0000	1.0000	0.6462	0.8470	0.7152	0.7691	0.8947	0.8688	-0.2413
SDT	0.6100	0.5607	-0.8251	1.0000	1.0000	0.6474	0.8492	0.7149	0.7725	0.8956	0.8665	-0.2428
Tb	0.5044	0.2010	-0.4724	0.6462	0.6474	1.0000	0.8474	0.7701	0.5649	0.6707	0.5138	-0.2010
SST	0.5273	0.4141	-0.6431	0.8470	0.8492	0.8474	1.0000	0.6353	0.8748	0.7653	0.6453	-0.3060
NO ₃ -N	0.4665	0.2262	-0.6216	0.7152	0.7149	0.7701	0.6353	1.0000	0.4352	0.7944	0.6459	-0.1537
NH ₃ -N	0.3265	0.4585	-0.5145	0.7691	0.7725	0.5649	0.8748	0.4352	1.0000	0.6653	0.5107	-0.1374
PO ₄ ³⁻	0.5526	0.3584	-0.7744	0.8947	0.8956	0.6707	0.7653	0.7944	0.6653	1.0000	0.6494	-0.3338
DT	0.6012	0.4795	-0.7659	0.8688	0.8665	0.5138	0.6453	0.6459	0.5107	0.6494	1.0000	-0.1572
DBO ₅	-0.2374	0.1240	0.2615	-0.2413	-0.2428	-0.2010	-0.3060	-0.1537	-0.1374	-0.3338	-0.1572	1.0000

Para esta campaña el primer componente explica el 62.68% de la variación total entre los puntos de muestreo y se integra de SDT, K, PO₄³⁻ y SST de manera positiva. El segundo componente, con un 10.59% acumula un porcentaje de 73.27 de la varianza; se conforma por pH y DBO₅ positivamente. Por último, el tercer componente expresa un 7.44% de la variación total, para alcanzar un 80.71% de la misma. Se constituye de NH₃-N, SST, OD y Tb de forma positiva y de T y DT de forma negativa (Cuadros 41 y 42).

Cuadro 41. Eigenvalores para la cuarta campaña de muestreo.

Componente	Eigenvalor	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
1	7.5210	62.68	62.68
2	1.2712	10.59	73.27
3	0.8926	7.44	80.71
4	0.8190	6.83	87.53
5	0.5193	4.33	91.86
6	0.4683	3.90	95.76
7	0.2791	2.33	98.09
8	0.1319	1.10	99.19
9	0.0802	0.67	99.85
10	0.0116	0.10	99.95
11	0.0059	0.05	100.00
12	0.0000	0.00	100.00

Cuadro 42. Eigenvectores para la cuarta campaña de muestreo

Variable	Componente		
	1	2	3
T	0.24506	-0.24833	-0.43482
pH	0.17547	0.64705	-0.02642
OD	-0.30276	0.16148	0.36880
K	0.35649	0.10316	-0.07317
SDT	0.35663	0.10276	-0.06772
Tb	0.27962	-0.14360	0.36185
SST	0.32972	0.01279	0.37377
NO ₃ -N	0.28775	-0.13246	0.00010
NH ₃ -N	0.28047	0.23060	0.43377
PO ₄ ³⁻	0.33131	-0.09740	0.04840
DT	0.30660	0.09099	-0.37591
DBO ₅	-0.10533	0.60259	-0.24866

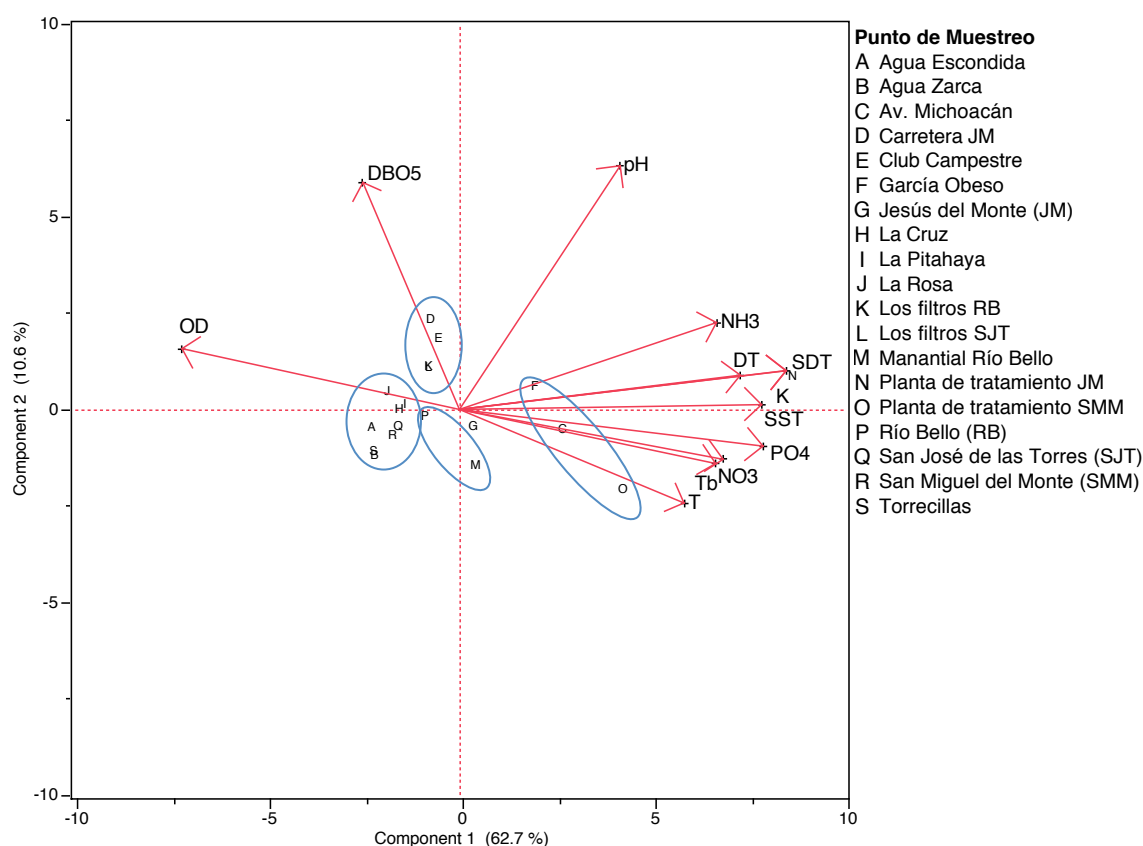


Figura 69. Gráfico derivado del ACP donde se muestra del primer y segundo componente (eje x y eje y respectivamente) para la cuarta campaña de muestreo.

La Figura 70 muestra el dendograma derivado del AC para esta campaña, el cual integra las variables que fueron más representativas durante la misma: SDT, PO₄³⁻, SST, pH, DBO₅, NH₃-N, OD, Tb, T y DT. Los sitios de muestreo se agruparon en seis *clusters*: 1) La Rosa, La Pitahaya, SMM, Torrecillas, Agua Zarca, Agua Escondida, La Cruz y SJT; 2) Jesús del Monte; 3) Manantial Río Bello y RB; 4) Carretera JM, Los filtros RB, Los filtros SJT y Club Campestre; 5) Planta de tratamiento SMM, García Obeso y Av. Michoacán y 6) Planta de tratamiento JM.

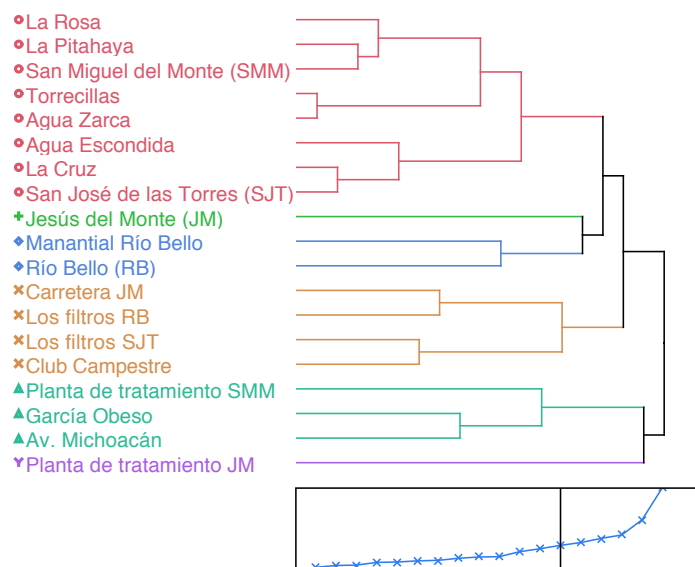


Figura 70. Dendrograma del AC para la cuarta campaña de muestreo.

Dentro del primer *cluster* se agrupan –con excepción de *SJT*- los puntos que se encuentran en las zonas más altas de la cuenca del río Chiquito y todos muestran una alta calidad general del agua (ICA_{c4}). Según el ACP (Figura 69) este *cluster* se halla influido principalmente por el OD. Por otra parte, los *clusters* dos, tres y cuatro poseen sitios ubicados en las zonas intermedias y bajas de las cuencas con calidades generales que van de calidades tan altas como los del *cluster* uno (*RB*, *Los filtros SJT* y *Club Campestre*) a calidades medias. De acuerdo con el ACP el *cluster* cuatro es claramente afectado por la DBO_5 . En cuanto al *cluster* cinco, éste se conforma de los puntos que resultaron mayormente contaminados: *Planta de tratamiento SMM* y los dos sitios que están dentro de la ciudad de Morelia (*García Obeso* y *Av. Michoacán*). El ACP indica que los últimos están fuertemente impactados por la K, los SDT, los SST, la DT, los nutrientes (NO_3-N , NH_3-N , PO_4^{3-}), la Tb y la T. Finalmente, el *cluster* seis se constituye de la *Planta de tratamiento JM*, la cual es el sitio con la calidad general del agua más baja y –acorde al ACP- está influido mayormente por la K, los SDT y la DT.

- Cuarta campaña de muestreo con parámetros microbiológicos (temporada de secas)

En la matriz de correlación (Cuadro 43) sólo se observan dos correlaciones superiores a 0.9000. Entre las variables K y SDT (con 1.000) y entre CT y *E. coli*. $ICA_{E. coli}$

Cuadro 43. Matriz de correlación de los parámetros de calidad del agua para la cuarta campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

	T	pH	OD	K	SDT	Tb	SST	NO ₃ -N	NH ₃ -N	PO ₄ ³⁻	DT	DBO ₅	CT	<i>E. coli</i>
T	1.0000	0.1671	-0.6613	0.6110	0.6100	0.5044	0.5273	0.4665	0.3265	0.5526	0.6012	-0.2374	0.6111	0.5751
pH	0.1671	1.0000	-0.2118	0.5613	0.5607	0.2010	0.4141	0.2262	0.4585	0.3584	0.4795	0.1240	0.4486	0.4282
OD	-0.6613	-0.2118	1.0000	-0.8263	-0.8251	-0.4724	-0.6431	-0.6216	-0.5145	-0.7744	-0.7659	0.2615	-0.8355	-0.8127
K	0.6110	0.5613	-0.8263	1.0000	1.0000	0.6462	0.8470	0.7152	0.7691	0.8947	0.8688	-0.2413	0.8114	0.7850
SDT	0.6100	0.5607	-0.8251	1.0000	1.0000	0.6474	0.8492	0.7149	0.7725	0.8956	0.8665	-0.2428	0.8094	0.7836
Tb	0.5044	0.2010	-0.4724	0.6462	0.6474	1.0000	0.8474	0.7701	0.5649	0.6707	0.5138	-0.2010	0.4983	0.4975
SST	0.5273	0.4141	-0.6431	0.8470	0.8492	0.8474	1.0000	0.6353	0.8748	0.7653	0.6453	-0.3060	0.5888	0.5946
NO ₃ -N	0.4665	0.2262	-0.6216	0.7152	0.7149	0.7701	0.6353	1.0000	0.4352	0.7944	0.6459	-0.1537	0.5838	0.5200
NH ₃ -N	0.3265	0.4585	-0.5145	0.7691	0.7725	0.5649	0.8748	0.4352	1.0000	0.6653	0.5107	-0.1374	0.4657	0.4776
PO ₄ ³⁻	0.5526	0.3584	-0.7744	0.8947	0.8956	0.6707	0.7653	0.7944	0.6653	1.0000	0.6494	-0.3338	0.7435	0.7613
DT	0.6012	0.4795	-0.7659	0.8688	0.8665	0.5138	0.6453	0.6459	0.5107	0.6494	1.0000	-0.1572	0.7455	0.6352
DBO ₅	-0.2374	0.1240	0.2615	-0.2413	-0.2428	-0.2010	-0.3060	-0.1537	-0.1374	-0.3338	-0.1572	1.0000	0.0614	0.0342
CT	0.6111	0.4486	-0.8355	0.8114	0.8094	0.4983	0.5888	0.5838	0.4657	0.7435	0.7455	0.0614	1.0000	0.9741
<i>E. coli</i>	0.5751	0.4282	-0.8127	0.7850	0.7836	0.4975	0.5946	0.5200	0.4776	0.7613	0.6352	0.0342	0.9741	1.0000

En esta campaña el primer componente representa el 63.15% de la variación total entre los puntos de muestreo y se constituye de K, SDT, PO₄³⁻, SST, CT, DT y *E. coli* de forma positiva y OD de forma negativa. Con un 9.95% de la varianza, el segundo componente acumula un 73.09% de la misma y se integra positivamente de DBO₅ y pH. Por último, el tercer componente explica un 8.11% de la variación total con un porcentaje acumulado de 81.20. Se conforma de NH₃-N y pH de manera positiva y T de manera negativa (Cuadros 44 y 45).

Cuadro 44. Eigenvalores para la cuarta campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

Componente	Eigenvalor	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
1	8.8404	63.15	63.15
2	1.3928	9.95	73.09
3	1.1354	8.11	81.20
4	0.8232	5.88	87.08
5	0.5414	3.87	90.95
6	0.5114	3.65	94.60
7	0.3728	2.66	97.27
8	0.2332	1.67	98.93
9	0.0932	0.67	99.60
10	0.0353	0.25	99.85
11	0.0123	0.09	99.94
12	0.0067	0.05	99.99
13	0.0021	0.02	100.00
14	0.0000	0.00	100.00

Cuadro 45. Eigenvectores para la cuarta campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

Variable	Componente		
	1	2	3
T	0.22950	-0.09151	-0.38687
pH	0.16569	0.43664	0.46172
OD	-0.28948	0.00100	0.34428
K	0.32921	0.03117	0.08107
SDT	0.32920	0.02868	0.08459
Tb	0.24879	-0.27444	0.15194
SST	0.29394	-0.19710	0.30997
NO ₃ ⁻ -N	0.25946	-0.16265	-0.04899
NH ₃ -N	0.24814	-0.05282	0.48966
PO ₄ ³⁻	0.30621	-0.12095	-0.01715
DT	0.28396	0.09809	-0.08484
DBO ₅	-0.07684	0.67064	0.05940
CT	0.28849	0.31208	-0.26891
<i>E. coli</i>	0.28040	0.29047	-0.24540

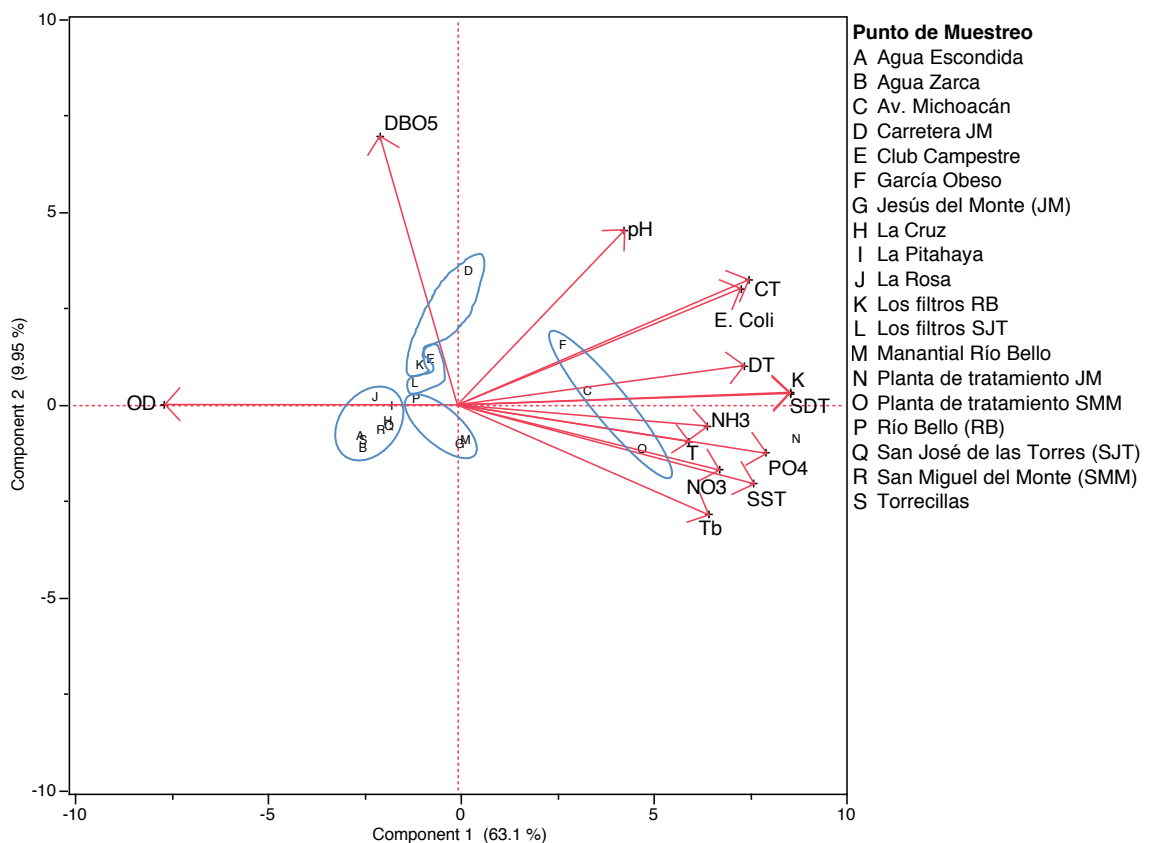


Figura 71. Gráfico derivado del ACP donde se muestra del primer y segundo componente (eje x y eje y respectivamente) para la cuarta campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

La Figura 72 muestra el dendograma obtenido del AC para esta campaña, en el cual se utilizaron las variables más representativas para la misma: K, PO₄³⁻, SST, CT, DT, OD, DBO₅, pH, NH₃-N y T. Los puntos de muestreo se agrupan en seis *clusters*: 1) *La Rosa, La Pitahaya, SMM, Torrecillas, Agua Zarca, Agua Escondida, La Cruz y SJT*; 2) *Jesús del Monte, RB y Manantial Río Bello*; 3) *Carretera JM y Los filtros RB*; 4) *Los filtros SJT y Club*

Campestre; 5) *Planta de tratamiento SMM, García Obeso y Av. Michoacán* y 6) *Planta de tratamiento JM*.

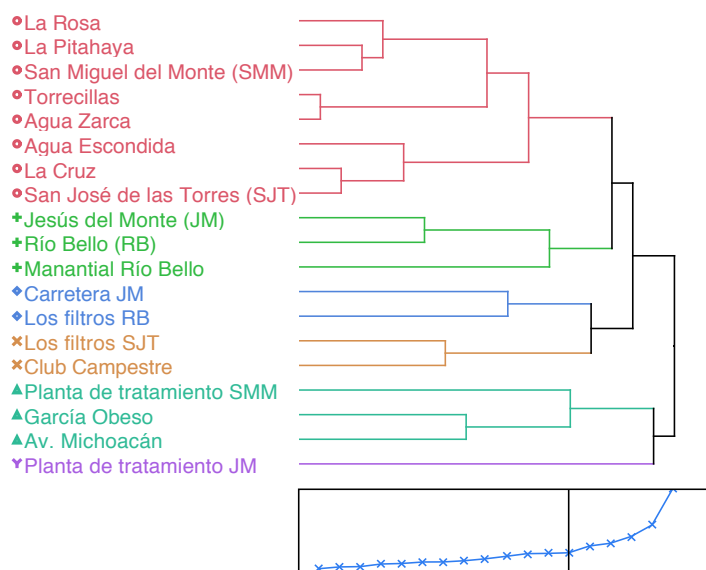


Figura 72. Dendrograma del AC para la cuarta campaña de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

El *cluster* uno contiene los puntos de las zonas más altas de la cuenca del río Chiquito y el *cluster* cuatro de las partes más bajas; no obstante, ambos agrupan a los sitios con la mayor calidad general del agua (Cuadro 25). De acuerdo con el ACP (Figura 71) estos dos *clusters* están afectados esencialmente por el OD, aunque el segundo también por la DBO₅. Por otro lado, los *cluster* dos y tres se componen de puntos ubicados en la zona de tránsito –o intermedia- y con excepción de *RB* que tiene una calidad general del agua alta, los demás poseen una calidad media. En el ACP se distingue que el *cluster* tres está influido principalmente por DBO₅. Finalmente, los *clusters* cinco y seis poseen a los puntos más contaminados (las dos plantas de tratamiento y los dos sitios evaluados dentro de la ciudad de Morelia), donde el de menor calidad general del agua corresponde a la *Planta de tratamiento JM* (*cluster* seis). Según el ACP ambos son impactados mayormente por la K, los SDT, los SST, la DT, las CT, *E. coli*, los nutrientes (NO₃-N, NH₃-N, PO₄³⁻), la T, el pH y la Tb.

➤ Valores promedio de las cuatro campañas

En la siguiente matriz de correlación aparecen cuatro correlaciones importantes (mayores a 0.9000) entre los parámetros de calidad del agua para los valores promedio de las cuatro campañas: NH₃-N y PO₄³⁻, CT y *E. coli*, K y NH₃-N y PO₄³⁻ y K.

Cuadro 46. Matriz de correlación de los parámetros de calidad del agua para los valores promedio de las cuatro campañas de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

	T	pH	OD	K	SDT	Tb	SST	NO ₃ -N	NH ₃ -N	PO ₄ ³⁻	DT	DBO ₅	CT	<i>E. coli</i>
T	1.0000	-0.0433	-0.6395	0.5798	0.5462	0.4473	0.3022	0.5005	0.5352	0.5110	0.5282	-0.0380	0.6181	0.5770
pH	-0.0433	1.0000	-0.0995	0.2294	0.2116	0.0137	-0.1240	0.1722	0.1943	0.1718	-0.0552	-0.1210	0.1890	0.3185
OD	-0.6395	-0.0995	1.0000	-0.7613	-0.5375	-0.4249	-0.3959	-0.6353	-0.7236	-0.6536	-0.8107	0.1106	-0.7295	-0.7300
K	0.5798	0.2294	-0.7613	1.0000	0.8431	0.5394	0.5056	0.5194	0.9483	0.9410	0.7919	-0.1777	0.6580	0.6634
SDT	0.5462	0.2116	-0.5375	0.8431	1.0000	0.3826	0.4363	0.2097	0.7362	0.8257	0.5744	-0.1134	0.6617	0.6685
Tb	0.4473	0.0137	-0.4249	0.5394	0.3826	1.0000	0.7556	0.4844	0.4751	0.4517	0.5020	0.3976	0.5732	0.5239
SST	0.3022	-0.1240	-0.3959	0.5056	0.4363	0.7556	1.0000	0.1329	0.4417	0.4455	0.4631	0.1758	0.3432	0.2993
NO ₃ -N	0.5005	0.1722	-0.6353	0.5194	0.2097	0.4844	0.1329	1.0000	0.5322	0.4393	0.6567	0.0595	0.5730	0.5631
NH ₃ -N	0.5352	0.1943	-0.7236	0.9483	0.7362	0.4751	0.4417	0.5322	1.0000	0.9801	0.6748	-0.3182	0.5133	0.5560
PO ₄ ³⁻	0.5110	0.1718	-0.6536	0.9410	0.8257	0.4517	0.4455	0.4393	0.9801	1.0000	0.6342	-0.2851	0.5264	0.5692
DT	0.5282	-0.0552	-0.8107	0.7919	0.5744	0.5020	0.4631	0.6567	0.6748	0.6342	1.0000	0.0742	0.7158	0.6240
DBO ₅	-0.0380	-0.1210	0.1106	-0.1777	-0.1134	0.3976	0.1758	0.0595	-0.3182	-0.2851	0.0742	1.0000	0.3632	0.2257
CT	0.6181	0.1890	-0.7295	0.6580	0.6617	0.5732	0.3432	0.5730	0.5133	0.5264	0.7158	0.3632	1.0000	0.9606
<i>E. coli</i>	0.5770	0.3185	-0.7300	0.6634	0.6685	0.5239	0.2993	0.5631	0.5560	0.5692	0.6240	0.2257	0.9606	1.0000

Los valores promedio de las cuatro campañas el primer componente explica el 54.05% de la variación total y se integra por K, NH₃-N, PO₄³⁻, DT, CT y *E. coli* de manera positiva y pH de manera negativa. El segundo componente acumula un 67.32% de la varianza, con un 13.27% de la misma y lo conforman DBO₅ y Tb positivamente. Por último, el tercer componente alcanza un 76.85% de la variación total con un porcentaje de 9.53. Se constituye de pH de forma positiva y de SST de forma negativa (Cuadros 47 y 48).

Cuadro 47. Eigenvalores para los valores promedio de las cuatro campañas de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

Componente	Eigenvalor	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
1	7.5664	54.05	54.05
2	1.8579	13.27	67.32
3	1.3342	9.53	76.85
4	1.0468	7.48	84.32
5	0.7616	5.44	89.76
6	0.5244	3.75	93.51
7	0.3866	2.76	96.27
8	0.2158	1.54	97.81
9	0.1587	1.13	98.95
10	0.0868	0.62	99.57
11	0.0387	0.28	99.84
12	0.0120	0.09	99.93
13	0.0098	0.07	100.00
14	0.0003	0.00	100.00

Cuadro 48. Eigenvectores para los valores promedio de las cuatro campañas de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

Variable	Componente		
	1	2	3
T	0.25804	0.03803	0.01188
pH	0.06557	-0.20831	0.55467
OD	-0.31147	0.03214	-0.08620
K	0.34111	-0.18496	-0.08771
SDT	0.29082	-0.16887	-0.07011
Tb	0.24215	0.36597	-0.23492
SST	0.20146	0.21282	-0.54231
NO ₃ -N	0.23930	0.09947	0.28591
NH ₃ -N	0.31685	-0.28382	-0.12840
PO ₄ ³⁻	0.31188	-0.28404	-0.15458
DT	0.30635	0.07787	-0.04785
DBO ₅	0.00177	0.66775	0.09558
CT	0.30414	0.25514	0.27430
<i>E. coli</i>	0.30111	0.15490	0.33775

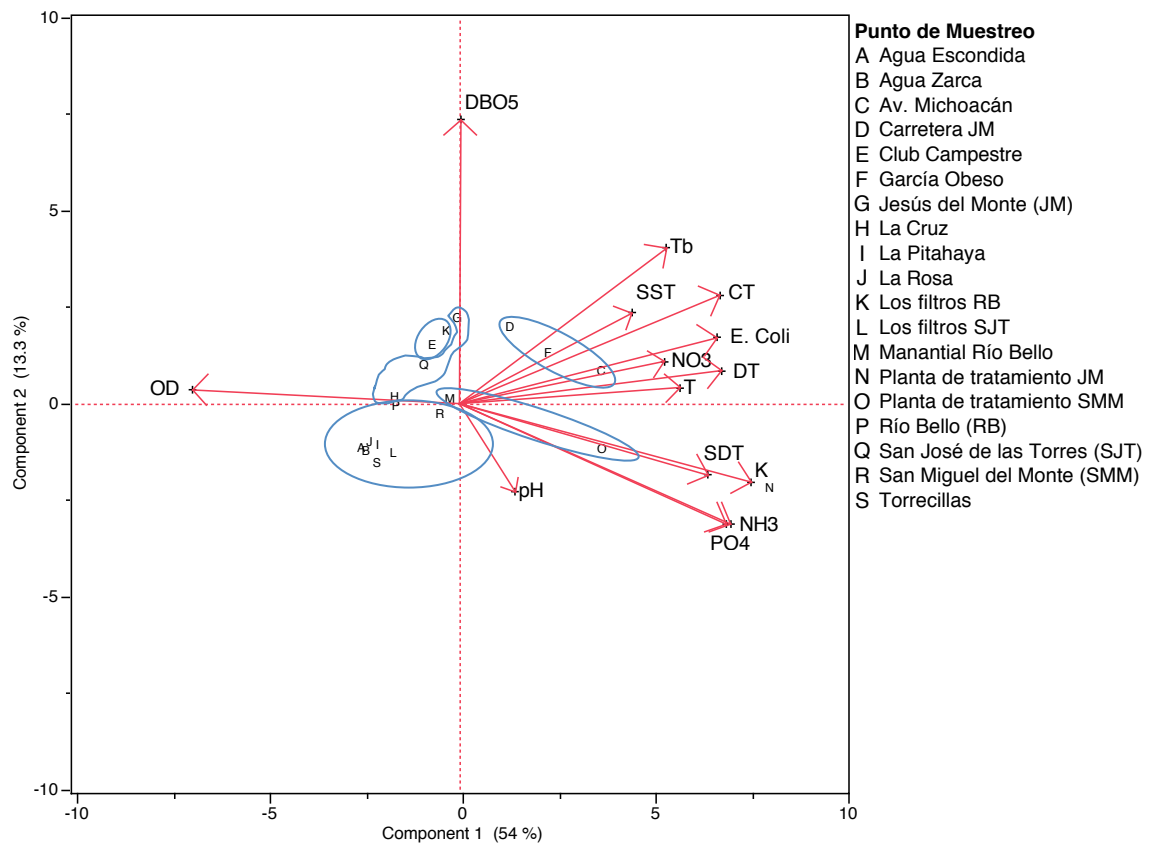


Figura 73. Gráfico derivado del ACP donde se muestra del primer y segundo componente (eje x y eje y respectivamente) para los valores promedio de las cuatro campañas de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

En la Figura 74 aparece el dendrograma derivado del AC para los valores promedio de los parámetros de todas las campañas. En él se integran las variables que resultaron más representativas para dichas medias: K, DT, CT, OD, DBO₅, Tb, pH y SST. Los puntos de muestreo se agruparon en seis *clusters*: 1) *La Rosa, La Pitahaya, Agua Zarca, SMM, RB,*

Torrecillas, Agua Escondida y Los filtros SJT; 2) La Cruz, SJT y JM; 3) Los filtros RB y Club Campestre; 4) Planta de tratamiento SMM y Manantial Río Bello; 5) Carretera JM, García Obeso y Av. Michoacán y 6) Planta de tratamiento JM.

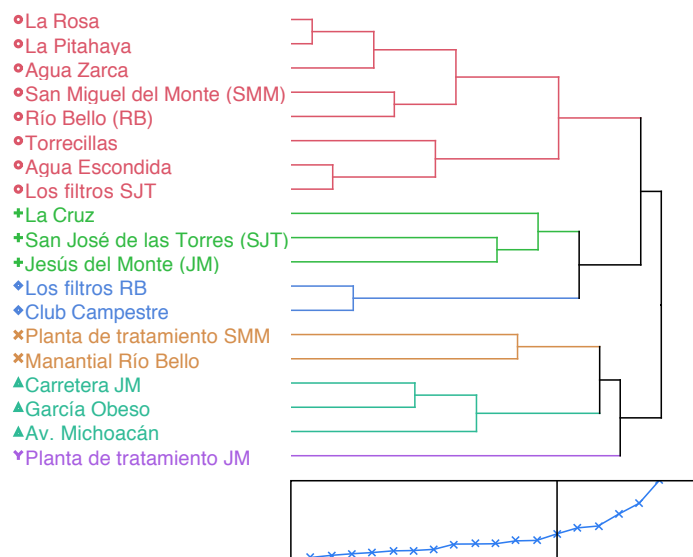


Figura 74. Dendrograma del AC para los valores promedio de las cuatro campañas de muestreo (incluye parámetros microbiológicos).

El primer *cluster* agrupa puntos ubicados en las partes altas y medias de la cuenca del río Chiquito, que –con excepción de *SMM*, *RB* y *Los filtros SJT*- poseen una alta calidad general del agua (ICA_{FQ} e $ICA_{E. coli}$). De acuerdo al ACP (Figura 73) se hallan influidos principalmente por el OD. Por otro lado, los *clusters* dos y tres contienen puntos de las zonas bajas e intermedias de la cuenca. Ambos muestran una calidad general del agua media y según el ACP están afectados mayormente por el OD y la DBO_5 . Finalmente los *clusters* cuatro, cinco y seis, con excepción del punto *Manantial Río Bello* –de calidad general media- se conforman por los sitios con la calidad general del agua más baja de la cuenca, donde la *Planta de tratamiento* es la que muestra la peor. El ACP indica que el *cluster* cinco está impactado esencialmente por la Tb, los SST, las CT, *E. coli*, los nitratos (NO_3-N), la DT y la T, mientras que el *cluster* seis por la K y los SDT.

Discusión y conclusiones

La calidad del agua en la cuenca varía espacial y temporalmente. A continuación se discute la calidad del agua por zona funcional de la cuenca, desglosando la compatibilidad de la misma para cuatro usos distintos conforme al ICA_{FQ} y al $ICA_{E. coli}$, (que representan la calidad general del líquido para todo el año -hidrológico- considerado en la presente investigación): a) abastecimiento público y consumo humano, b) agrícola, c) pesca y conservación de la vida acuática y d) recreación general (Cuadro 26). A su vez se vincula a los análisis estadísticos realizados (ACP y AC).

Los puntos ubicados en la zona de cabecera *La Rosa, La Pitahaya, Torrecillas* y *Agua Zarca*, mostraron una alta calidad general del agua de excelente a buena para el año hidrológico evaluado lo cual se refleja en sus ICA_{FQ} e $ICA_{E. coli}$. A lo largo de las cuatro campañas de muestreo presentaron ICAs (ICA_{ci}) altos (con calidad general del agua de excelente a buena) que fueron constantes, es decir, casi no tuvieron variación entre cada momento del año. No obstante, se observó que tienden a disminuir antes y después de la época de lluvias. Tanto *La Rosa*, como *Torrecillas* son manantiales de excelente calidad general del agua que son compatibles para todos los tipos de usos –expuestos anteriormente-. Por otro lado, el manantial *La Pitahaya* y la corriente superficial *Agua Zarca* son sitios de buena calidad general del agua que resultan compatibles con restricciones menores para el abastecimiento público y el consumo humano, así como para el riego agrícola, pero plenamente compatibles para la conservación de la vida acuática y la recreación general.

De acuerdo al ACP y al AC la calidad del agua de los puntos de la zona de cabecera está influida durante todas las campañas principalmente por el OD. Lo cual denota que se trata de agua con altas concentraciones de oxígeno, que es un indicador general de buena calidad del líquido.

Por todo lo anterior, puede decirse que los puntos de la zona de cabecera son referentes del agua de mejor calidad que existe en la cuenca del río Chiquito. Este hecho es notorio pues tres de los cuatro sitios son manantiales utilizados directamente para el consumo humano (*La Rosa* por la localidad del El Laurelito, *La Pitahaya* por la de SJT, *Torrecillas* por la de *Torrecillas* y el manantial de donde emana *Agua Zarca* brinda agua para la planta potabilizadora de San Miguel, ubicada en los denominados “filtros viejos”).

Los puntos de muestreo de la zona de tránsito de la cuenca muestran una gran variación en la calidad general del agua, la cual va desde excelente hasta inaceptable para el ICA_{FQ} y el $ICA_{E. coli}$ que representan el año hidrológico considerado en la evaluación. Con calidad general del agua excelente y compatible para todos los usos –mencionados previamente- se halla el punto de *Agua Escondida* ubicado en una zona alta de la cuenca, prácticamente en la de cabecera. Con calidad general buena aparece *RB* y *Los filtros SJT* que resultan compatibles para la conservación de la vida acuática y la recreación general y compatibles con restricciones menores para el abastecimiento público y consumo humano y para el riego agrícola. Con calidad general del agua aceptable se encuentran *La Cruz, SJT, SMM, Manantial Río Bello* y *Los filtros RB*; el agua de los cinco sitios es compatible con restricciones mayores para el abastecimiento público y la ingesta humana y compatible con restricciones menores para los demás usos. Con calidad general del agua deficiente se distingue solamente *JM*, agua que es compatible con restricciones mayores para todos los

usos. Por último, con calidad general del agua inaceptable están *Planta de tratamiento SMM, Planta de tratamiento JM y Carretera JM* donde el líquido sólo podría utilizarse con restricciones mayores para el riego agrícola, es decir, después de un proceso de tratamiento (habrá que recalcar que la *Planta de tratamiento JM* se encontró en mantenimiento durante el desarrollo de la presente investigación).

En la zona de tránsito la calidad general del agua tiende a ser más baja durante la temporada de lluvias, con excepción de *SJT y JM* -donde la más baja se presenta antes de la época de lluvias influida por el estancamiento y los altos contenidos de SST-; de *Manantial Río Bello* -donde su calidad mejora durante las lluvias por el mayor flujo, la oxigenación de sus aguas y la dilución de contaminantes-; y de las plantas de tratamiento -donde no hay una aparente relación entre la calidad y la temporalidad, sino que los cambios de las características de sus aguas se deben mayormente a cuestiones técnicas de la operación del tratamiento-. Aunque intuitivamente se pensaría que en la época de lluvias se incrementa la disolución de los contaminantes y por ende disminuyen en concentración, se encontró un fenómeno con resultados inversos. Puede deberse a las escorrentías de las precipitaciones y al aumento del tirante del agua, que en conjunto generan un arrastre de los contaminantes que se hallan en los bordes del cauce o incluso en los sistemas de drenaje de la localidad de SMM. Estos contaminantes pudieron quedar inmóviles cuando disminuyeron los flujos de agua después de la temporada de lluvias previa, además dicho desplazamiento de los mismos por el agua fue observado para residuos sólidos como botellas y bolsas de plástico, llantas y demás basura que hay en algunos márgenes de las corrientes. Asimismo, en los meses de julio y agosto las temperaturas son mayores y con ello incrementan los procesos de descomposición, afectando parámetros de calidad del agua como: *E. coli* (aumento de las poblaciones bacterianas), OD y DBO₅ (disminución del primero e incremento del segundo por la respiración de los microorganismos), entre otros efectos.

Por otro lado, además del decremento de la calidad general del agua durante la época de lluvias, en la mayoría de los puntos de muestreo -de la zona de tránsito de la cuenca- se tiende a una recuperación de la misma en la temporada de secas. Lo anterior hace aún más notorio un contraste de la calidad del agua a causa de la temporalidad y da evidencia de un proceso contrario al descrito en otras investigaciones recientes para sitios de la cuenca ubicados también en la zona de tránsito. Como el de Molina (2011) quién en una investigación con muestreos mensuales durante un ciclo anual confecciona un ICA de al menos cinco parámetros idénticos a los empleados en el ICA_{FQ} y el ICA_{E. coli} (pH, Tb, K, DT y OD). Con él encuentra para nueve puntos de las corrientes superficiales de la cuenca del río Chiquito un reducción de la calidad del agua en la época de estiaje (previo a la de

lluvias en el mes de mayo) y un repunte hacia la época de lluvias, el cual atribuye sólo a la dilución de los contaminantes. No obstante, no se consideran otros factores que pueden ser causa del fenómeno aquí encontrado. Por un lado, esto puede deberse a parámetros como la temperatura, que es mayor en los meses de julio y agosto (temporada de lluvias) que en los de enero y febrero (época de secas). Ésta ocasiona –como se mencionó anteriormente- un aumento de los procesos de descomposición y por ende un incremento en los valores de *E. coli* y DBO₅ y una disminución en las concentraciones de OD. Por otro lado, deben considerarse también los contenidos de SST y la Tb durante la época de lluvias (no presentan en el ACP una correlación superior al 90%), que es cuando los primeros –en la mayoría de los casos- suelen aparecer en grandes concentraciones, así como los niveles de la segunda. Esto se debe a la turbulencia por el incremento del gasto y al consecuente arrastre -y disolución- de materia particulada, tanto de los márgenes del cauce, como del fondo del mismo, lo cual deteriora la calidad del agua (en la cuenca se hace evidente en esa temporada del año por el color rojizo que adquiere el agua).

Según el ACP y el AC, a lo largo del año *Agua Escondida* –de calidad general del agua excelente- tiende a comportarse como los puntos ubicados en la zona de cabecera y ver influida la calidad de su agua principalmente por el OD. Por su parte *RB* y *Los filtros SJT* –de calidad general del agua buena- se comportan igual que el punto anterior durante la temporada de lluvias, mientras que en la época de secas se ven afectados de forma importante, no sólo por el OD, sino también por la DBO₅. *La Cruz*, *SJT*, *SMM*, *Manantial Río Bello* y *Los filtros RB* –de calidad general del agua aceptable- se ven impactados por los mismos parámetros que *RB* y *Los filtros SJT*, tanto en lluvias, como en secas, con la excepción de *Manantial Río Bello* que se muestra menos sensible a esos parámetros, caso similar a *JM* –de calidad general del agua deficiente-. Por último, los sitios *Planta de tratamiento SMM*, *Planta de tratamiento JM* y *Carretera JM* –aunque los tres de calidad general del agua inaceptable- muestran un comportamiento distinto entre ellos indicando que se hallan muy contaminados, pero de diferentes maneras. En la temporadas de lluvias *Carretera JM* sufre la degradación de su calidad esencialmente por los nitratos (NO₃⁻-N), la DBO₅, la Tb, las CT y *E. coli* mientras que *Planta de tratamiento JM* por los ortofosfatos (PO₄³⁻), la K, los SDT, el nitrógeno amoniacal (NH₃-N), la DT, la T y el pH que también influyen aunque de manera mucho más ligera en la calidad de *Planta de tratamiento SMM*. En la temporada de secas el primer sitio ve afectada su calidad del agua principalmente por la DBO₅ y el pH; en tanto que *Planta de tratamiento JM* –en mayor medida- y *Planta de tratamiento SMM* –en menor- por la K, los SDT, los SST, la DT, las CT, *E. coli*, los nutrimentos (NO₃⁻-N, NH₃-N, PO₄³⁻), la T, el pH y la Tb.

Por su cuenta, la zona de emisión de la cuenca alberga un punto con calidad general del agua aceptable y dos con inaceptable. El primero se refiere a *Club Campestre* que es el sitio donde se concentra la salida del agua de toda la cuenca hacia el cauce rectificado que atraviesa la ciudad. Aunque su calidad general es compatible con restricciones mayores para el abastecimiento público y el consumo humano y compatible con restricciones menores para los demás usos, en ese punto el agua muestra una recuperación de su calidad, también descrita por Molina (2011) como un proceso de autodepuración. Lo anterior se constata para la corriente principal del río Chiquito donde *Club Campestre* presenta un incremento importante de la calidad general del agua tanto para el año hidrológico de la presente investigación (ICA_{FQ} e $ICA_{E. coli}$) como para cada campaña (ICA_{c1} , ICA_{c2} , ICA_{c3} e ICA_{c4}) aunque en la época de lluvias no es tan considerable pues este punto se comporta como los de la zona de tránsito (su calidad tiende a ser la más baja en la temporada de lluvias y a ser la más alta en la de secas) (Cuadro 26).

Por otro lado, *García Obeso* y *Av. Michoacán* son sitios de calidad general del agua inaceptable, por lo que su líquido sólo es compatible con restricciones mayores para el riego agrícola, es decir, requiere de tratamiento para dicho uso. La calidad general muestra poca variación entre campañas de muestreo, por lo que se mantiene constantemente baja, sobre todo en el segundo punto. Lo anterior se debe a que a su paso por la ciudad, el agua ya autodepurada proveniente del *Club Campestre*, recibe descargas de aguas residuales.

De acuerdo al ACP y al AC, la calidad del agua de *Club Campestre* es influida a lo largo del año principalmente por el OD y la DBO_5 , mientras que la de *García Obeso* y *Av. Michoacán* es impactada sustancialmente por la Tb, los SST, las CT, *E. coli*, los nitratos (NO_3-N), la DT y la T.

En conclusión y a grandes rasgos, la zona de cabecera de la cuenca posee los sitios con la calidad del agua más alta y constante a lo largo del año, además es la que presenta una cubierta vegetal poco fragmentada y aparentemente con impactos de poco considerables por las actividades y el manejo de los recursos naturales de la cuenca. La zona de tránsito de la cuenca es heterogénea en cuanto a la calidad del agua, pero es evidente que es ahí donde ocurre el deterioro más importante, derivado principalmente de los procesos erosivos -en amplios espacios de suelo desnudo- y de la descarga de aguas residuales -tratadas y sin tratar- que provienen de las diferentes localidades. Posteriormente, en la zona de emisión el agua muestra una recuperación natural de su calidad, la cual se ve fuertemente disminuida al atravesar por la ciudad y recibir descargas residuales.

PERIURBANIZACIÓN Y AMBIENTE DESDE UNA PERSPECTIVA SOCIAL

Metodología

Durante los meses de febrero y marzo de 2011 se levantaron 97 encuestas aplicadas a viviendas dentro de tres localidades de la cuenca del río Chiquito. Esta muestra se distribuyó en 53 para el poblado de JM y 22 tanto para el SMM, como para el de SJT (Figura 75). De acuerdo al total de viviendas habitadas registradas por el Censo de Población y Vivienda del 2010 (INEGI, 2011) correspondería al 5.3% de las de JM, al 12.0% de las de SMM y al 13.0% de las de SJT. La elección de la muestra se realizó procurando una distribución espacial que considerara toda la localidad e intentando incluir la heterogeneidad socioeconómica dentro de la misma (identificada por la condiciones físicas de la vivienda y del lugar donde se ubica).



Figura 75. Localidades de la cuenca del río Chiquito en las que se levantaron encuestas (JM, SMM y SJT).

Arriba a la izquierda se observa la calle principal de JM y su templo al fondo, en tanto que a la derecha se distingue una calle de SMM que llega a su templo. Abajo a la izquierda se ve el poblado de SJT detrás de la presa, mientras que a la derecha aparece el templo de dicha localidad.

Este levantamiento de encuestas en las tres localidades de mayor población de la cuenca del río Chiquito pretende reconocer algunas características de sus formas de vida, así

como recabar sus opiniones acerca del crecimiento urbano y del ambiente en su lugar de residencia. En su conjunto, los datos obtenidos permiten generar información para la caracterización de los procesos periurbanos en la cuenca, así como del ambiente y su contexto social.

La encuesta se estructura con base a los objetivos particulares planteados en esta investigación para la periurbanización y el ambiente en la cuenca del río Chiquito desde una perspectiva social. Contiene los siguientes apartados: I. Información general (de la vivienda y del encuestado), II. Contexto laboral y relaciones funcionales con la ciudad de Morelia⁶⁵, III. Migración y economía familiar, IV. Agua (abasto y calidad) y V. Ambiente y urbanización. En su conjunto, componen una encuesta de la que se obtienen 78 indicadores a partir de preguntas cerradas y abiertas (véase encuesta en Anexo I).

Aunque la encuesta puede ser contestada por un habitante de la vivienda, los apartados II y III van dirigidos al jefe de familia, -entendido como la persona que genera el mayor ingreso económico del núcleo familiar-, pero requieren de datos que puede brindar cualquier miembro de la misma⁶⁶. Cada que se haga a alusión a un encuestado, se refiere a una de vivienda diferente, por lo que hay un solo encuestado por vivienda, o dicho de otra forma, a cada vivienda le corresponde un encuestado

Todos los indicadores se capturaron en el software Microsoft® Excel® 2011 v. 14. 1. 2 (MICROSOFT CORPORATION, 2010) para crear una base de datos. Ésta fue filtrada y en algunos casos se crearon categorías para homogenizar la amplia variedad de respuestas de un sólo indicador. Posteriormente se generaron tablas de frecuencias y se hicieron histogramas comparativos entre localidades.

Finalmente, los datos obtenidos de la encuestas se complementaron con otros obtenidos con levantamientos etnográficos realizados a la par y durante las campañas de muestreo para el Diagnóstico y evaluación hidrológica.

⁶⁵ En adelante, cuando se menciona la palabra de “Morelia” o “ciudad” se hace alusión a la urbe, en tanto que cuando la primera se acompañe del término “municipio” se hará referencia al mismo y no a dicho asentamiento urbano, mientras que cuando se refiera a otra ciudad se hará explícito el nombre de la misma.

⁶⁶ Cada que se haga a alusión a un encuestado, se refiere a una de vivienda diferente, por lo que hay un sólo encuestado por vivienda, o dicho de otra forma, a cada vivienda le corresponde un encuestado (y también un único jefe de familia, pero como se mencionó, el encuestado -aunque no sea el jefe de familia- puede aportar los datos referentes al mismo).

Resultados y análisis

Información general

La edad de los encuestados para las tres localidades, incluyendo a los que son jefes de familia y que respondieron la encuesta, se muestra en el Cuadro 49 y la Figura 76. El intervalo etario de la muestra fue de los 15 a los 70 años, ubicándose la mayor parte de la misma entre los 20 y 40 años.

Cuadro 49. Edad de los encuestados (incluyendo los que son jefes de familia) para JM, SMM y SJT.

	>15-20 años		>20-30 años		>30-40 años		>40-50 años		>50-60 años		>60-70 años		Sin dato		Total de encuestados	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	7	13.2	18	34.0	6	11.3	6	11.3	6	11.3	4	7.5	6	11.3	53	100.0
SMM	3	13.6	4	18.2	7	31.8	4	18.2	2	9.1	0	0.0	2	9.1	22	100.0
SJT	0	0.0	6	27.3	5	22.7	3	13.6	2	9.1	3	13.6	3	13.6	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

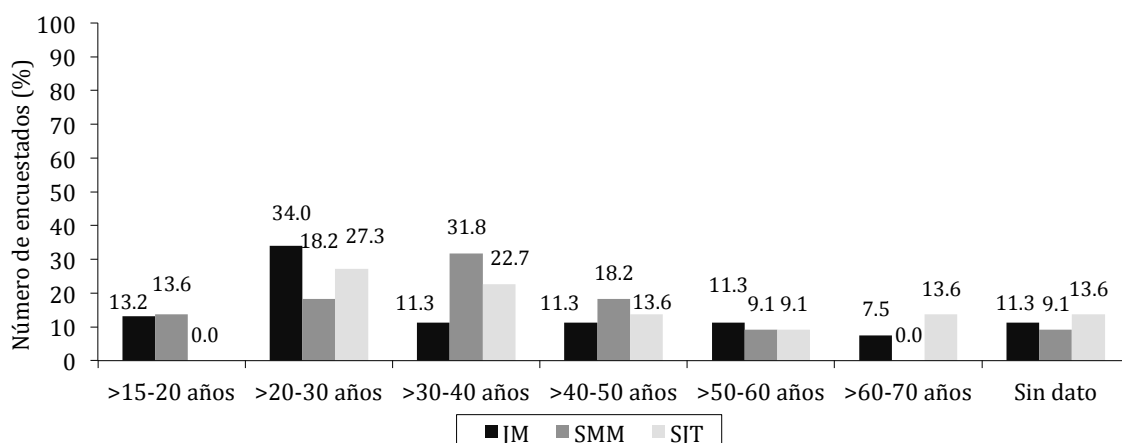


Figura 76. Edad de los encuestados (incluyendo los que son jefes de familia) para JM, SMM y SJT.

Por otro lado, los jefes de familia de las viviendas consideradas en la muestra se halla en un intervalo de edades que va de los 20 años hasta personas mayores de 70. Donde el grupo etario más representativo se ubica entre los 30 y los 50 años, como puede observarse en el Cuadro 50 y la Figura 77.

Cuadro 50. Edad de los jefes de familia para JM, SMM y SJT.

	>20-30 años		>30-40 años		>40-50 años		>50-60 años		>60-70 años		>70 años		Sin dato		Total de encuestados	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	7	13.2	15	28.3	9	17.0	10	18.9	8	15.1	4	7.5	0	0.0	53	100.0
SMM	1	4.5	4	18.2	8	36.4	3	13.6	4	18.2	2	9.1	0	0.0	22	100.0
SJT	2	9.1	7	31.8	5	22.7	2	9.1	2	9.1	3	13.6	1	4.5	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

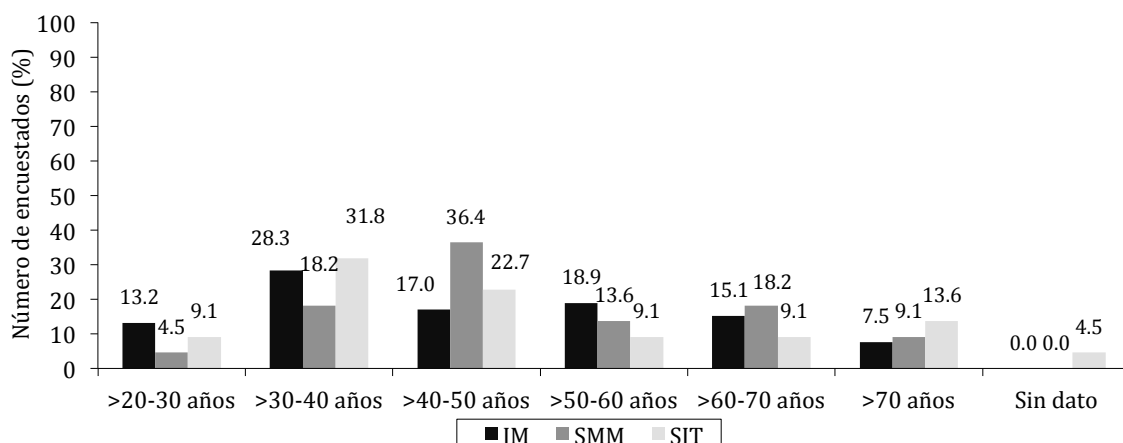


Figura 77. Edad de los jefes de familia para JM, SMM y SJT.

Como puede observarse en el Cuadro 51 y en la Figura 78 para JM, SMM y SJT la mayoría de las viviendas encuestadas (58.5, 68.2 y 45.5%, respectivamente) tienen una obra terminada de tabique o tabicón. No obstante, otro buen porcentaje lo ocupan casas de tabique o tabicón en obra negra (34.0, 18.2 y 40.9%, correspondientemente). Un menor valor relativo representan las casas de madera o adobe, las cuales alcanzan casi el 6% para JM y ronda por el 10% en las otras dos localidades más alejadas de Morelia. Las casas en condiciones más precarias (de cartón y lámina) no son representativas dentro de la muestra.

	Tabique o tabicón en obra terminada		Tabique o tabicón en obra negra		Madera o adobe		Cartón y/o lámina		Sin dato		Total de viviendas encuestadas	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	31	58.5	18	34.0	3	5.7	1	1.9	0	0.0	53	100.0
SMM	15	68.2	4	18.2	2	9.1	0	0.0	1	4.5	22	100.0
SJT	10	45.5	9	40.9	3	13.6	0	0.0	0	0.0	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

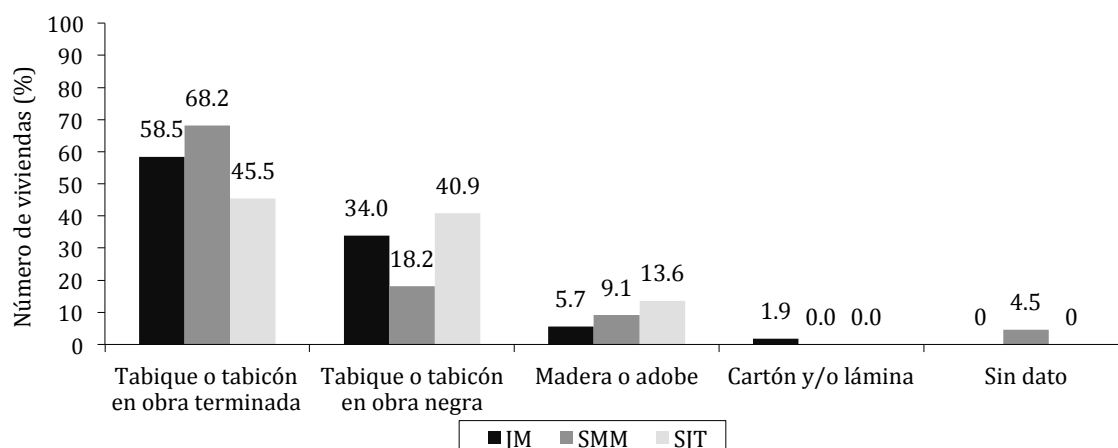


Figura 78. Material de construcción para la vivienda encuestada para JM, SMM y SJT.

Se distingue en el Cuadro 52 y en la Figura 79 que sólo aparecen los fraccionamientos privados en la localidad de JM (Figura 80), los cuales representan casi el 10% de la muestra, mientras que para las otras dos localidades no aparecen este tipo de arreglos residenciales, lo cual se corroboró durante los recorridos de las visitas de campo en los que no se observó la existencia de ninguno, sólo algunas casas de campo o de descanso que sólo son habitadas esporádicamente.

Cuadro 52. Tipo de desarrollo urbano por vivienda encuestada para JM, SMM y SJT.

	Colonia		Fraccionamiento privado		Sin dato		Total de viviendas encuestadas	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	46	86.8	5	9.4	2	3.8	53	100.0
SMM	21	95.5	0	0.0	1	4.5	22	100.0
SJT	22	100.0	0	0.0	0	0.0	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

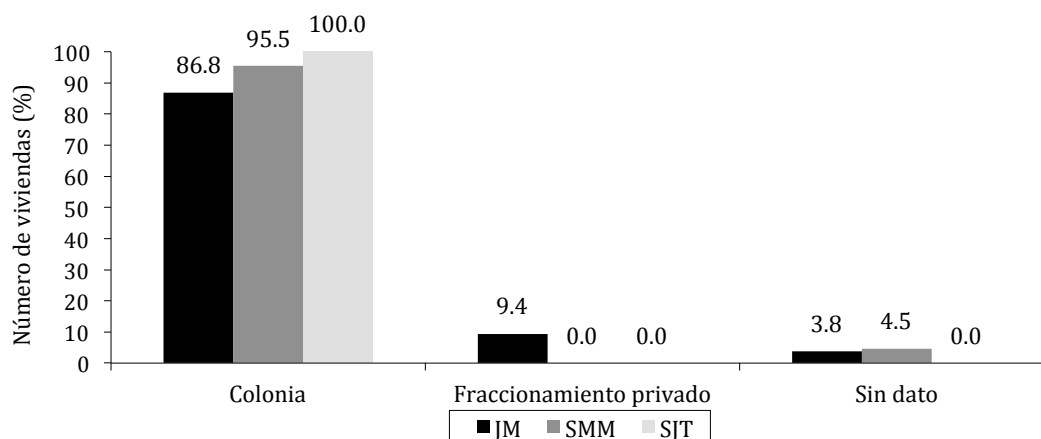


Figura 79. Tipo de desarrollo urbano por vivienda encuestada para JM, SMM y SJT.



Figura 80. Fraccionamientos privados de reciente construcción en la localidad de JM. En las dos imágenes de arriba y la de abajo a la izquierda se observan algunos de los fraccionamientos privados ubicados en la avenida principal de JM. Abajo a la derecha se ve otro situado al sur de la localidad (en la carretera que la rodea y que va hacia SMM o SJT) el cual es parte del CHC *Altozano*.

Contexto laboral y relaciones funcionales con la ciudad de Morelia

Se puede observar en el Cuadro 53 y en la Figura 81 que en JM, SMM y SJT los jefes de familia que laboran como albañiles en un 15.1, 9.1 y 22.7% respectivamente. Asimismo, se distingue que las dos últimas localidades aún se desenvuelven de manera importante en el sector productivo primario con un 40.9 y 31.8% correspondientemente de jefes de familia que son campesinos. Esto se debe a su carácter todavía rural, mientras que JM ha diversificado más las actividades productivas pues se halla prácticamente urbanizada y tan sólo el 7.5% de la muestra representa el sector campesino y aparecen un par de categorías exclusivas para ésta población, con un 9.4% de jefas de familia que laboran como empleadas domésticas y un 11.3% de jefes y jefas que son profesionistas. Todos los poblados presentaron un porcentaje desempleo menor a 10.

Dentro de la categoría de “otro” empleo para JM se hallan oficios como carpintero, pintor de casas, jardinero, mecánicos, “sobadora” (masajista) y empleados de tienda, de salón de fiestas (de la localidad), de un restaurante y de una empresa (los dos últimos en Morelia). Para SMM se encuentran trabajadores del aserradero de la localidad y otros, así como una persona que posee un centro ecoturístico en la misma (aunque reside en

Morelia se consideró como habitante pues pasa buena parte de su tiempo en el poblado). Mientras que para SJT existe un velador, un trabajador de un convento (en la ciudad) y otro.

Finalmente habrá que mencionar que en las tres localidades, buena parte de la población practica la agricultura de subsistencia como actividad alterna al empleo, principalmente los ejidatarios que habitan en cada poblado y con mayor énfasis en SMM y SJT, donde los ejidos casi no han perdido territorio por el proceso de periurbanización, tal y como sí ha sucedido con el de Jesús del Monte en el cual ahora se encuentra buena parte del CHC de *Altozano* (y en otra porción mucho menor de lo que fuese tal ejido se halla el CHC de *Ciudad Tres Marías*, pero más al norte y fuera de la cuenca del río Chiquito, donde antes existiesen espacios de uso agrícola).

Cuadro 53. Empleo del jefe de familia para JM, SMM y SJT.

	Albañil		Campesino		Comerciante		Empleada doméstica		Chofer		Profesionista		Otro		No trabaja		Sin dato		Total de jefes de familia	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	8	15.1	4	7.5	7	13.2	5	9.4	4	7.5	6	11.3	13	24.5	4	7.5	2	3.8	53	100.0
SMM	2	9.1	9	40.9	1	4.5	0	0.0	1	4.5	0	0.0	5	22.7	2	9.1	2	9.1	22	100.0
SJT	5	22.7	7	31.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	13.6	1	4.5	6	27.3	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

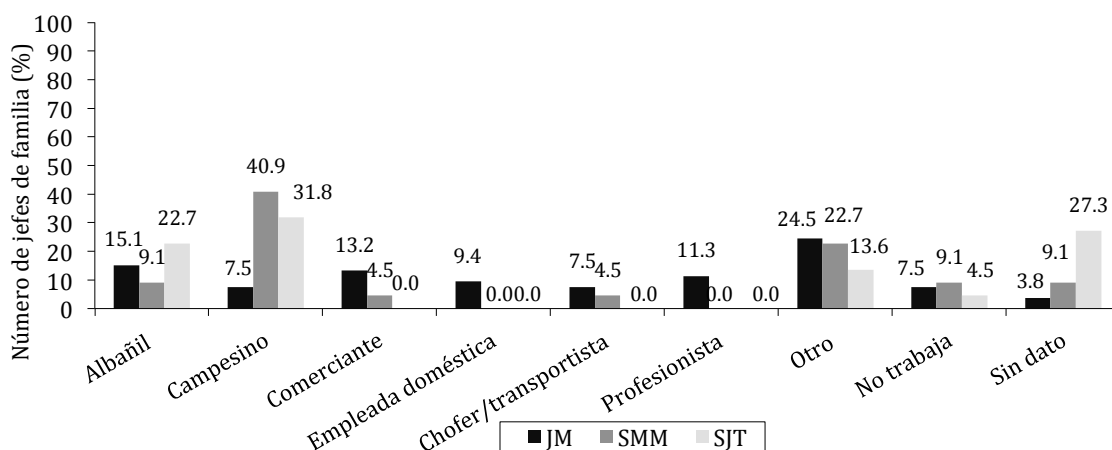


Figura 81. Empleo del jefe de familia para JM, SMM y SJT.

En el Cuadro 54 y en la Figura 82 se presenta el lugar de trabajo de cada jefe de familia de la muestra. De acuerdo con dicho cuadro, si se consideran los que laboran en la ciudad y “en el poblado o cerca y en Morelia”, para JM 29 (54.7%) laboran en Morelia (si se toma en cuenta a la persona que trabaja en *Altozano*), para SMM cinco (22.7%) y para SJT 11 (50.0%).

Destaca que para JM y SJT casi la mitad de los jefes de familia de la muestra laboran exclusivamente en Morelia (43.4 y 45.5% respectivamente) y si se suman aquellos que

trabajan “en el poblado o cerca y en Morelia” se reúne más de la mitad (52.8%) para JM y la mitad (50.0%) para SJT. Por otro lado, para SMM sólo el 18.2% de los jefes de familia están empleados exclusivamente en la ciudad, mientras que el 4.5% lo están al mismo tiempo tanto en la localidad como en Morelia. De ahí que 63.6% trabajen “en el poblado o cerca”.

De las tres localidades, en la muestra sólo se registraron dos jefes de familia - originarios de JM- que emigraron a los EUA y que residen y laboran en ese país, en tanto que para la misma localidad una persona trabaja en el CHC de *Altozano*.

Cuadro 54. Lugar de trabajo del jefe de familia para JM, SMM, SJT.

	En el poblado		En Morelia		En el poblado o cerca y en Morelia		En los EUA		En Altozano		No trabaja		Sin dato		Total de jefes de familia	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	17	32.1	23	43.4	5	9.4	2	3.8	1	1.9	4	7.5	1	1.9	53	100.0
SMM	14	63.6	4	18.2	1	4.5	0	0.0	0	0.0	2	9.1	1	4.5	22	100.0
SJT	10	45.5	10	45.5	1	4.5	0	0.0	0	0.0	1	4.5	0	0.0	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

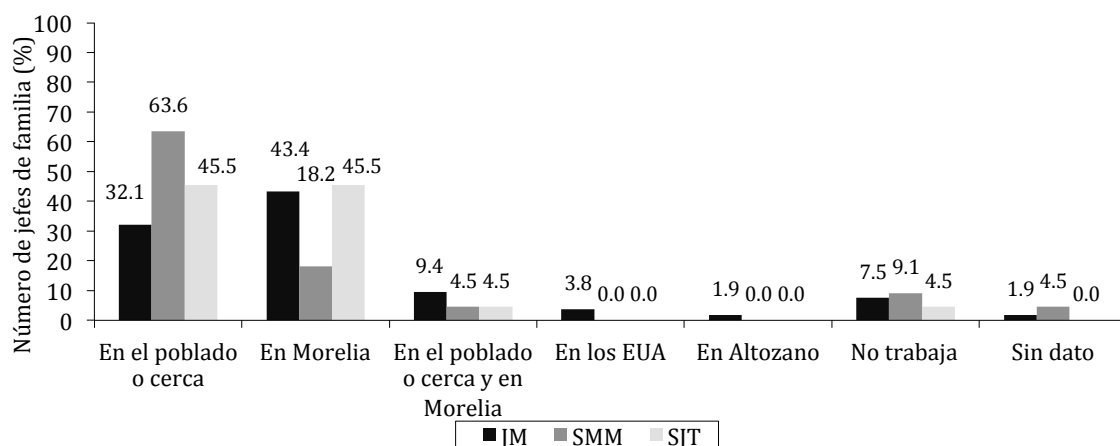


Figura 82. Lugar de trabajo del jefe de familia para JM, SMM y SJT.

Los habitantes de las localidades suelen trasladarse a su lugar de empleo de diferentes maneras. En JM la mayoría de los jefes de familia de la muestra lo hacen en transporte público (35.8%) y en vehículo propio (26.4%) y la minoría lo hacen a pie (22.6%). Lo anterior se debe a que más de la mitad se trasladan a trabajar a Morelia. Algo similar ocurre para SJT, donde la mayor parte también labora en la ciudad. Ahí la población se traslada en un 40.9% en transporte público, pero a diferencia de JM otro tanto idéntico (40.9%) lo hace a pie (ver Cuadro 55 y Figura 83).

Habrá que mencionar que durante las campañas de la evaluación hidrológica se observó que por las mañanas una buena cantidad de los pobladores de SJT –en su mayoría albañiles- caminaban a la ciudad por veredas aledañas al cauce del río Chiquito -pasando

por “Los filtros viejos”- llegando a la ciudad por la calle donde se ubica el acceso a los mismos y al club Campestre (a 5.5 km de distancia de SJT), o de caminar un poco más a la avenida Camelinas (a 6.2 km de SJT). Ambos, son lugares donde pueden tomar el transporte público para dirigirse a su trabajo o sitios donde son recogidos por quienes les contratan. Esta situación puede estar motivada por la suma en los costos del transporte público y al tiempo que dura el trayecto del mismo -de lo cual se habla más adelante pero vale exponer la situación desde este punto-.

En SJT el costo del servicio colectivo hacia Morelia es del doble que dentro de ella (12 pesos, cuando en la ciudad cuesta seis), por lo que requieren pagar un traslado de ida, desde SJT a la plaza Carrillo (centro histórico de Morelia) –o antes- y una vez en la ciudad caminar al sitio de trabajo o costear uno o dos servicios más, dependiendo del sitio a donde se dirijan. A ello debe añadirse el regreso a la localidad (otros 12 pesos), que en ocasiones tienen que hacerlo en un taxi (que cobra de 40 a 50 pesos) pues ya no alcanzan el camión que los lleva hasta SJT (sólo hay pocos camiones que lo hacen durante el día y ninguno durante la noche). En total puede representar un gasto que va de los 24 pesos diarios –en el mejor de los casos: camión de ida y de vuelta-, hasta los 36 pesos al día –camión de ida y vuelta más otro servicio en Morelia- (o 74 pesos de tomar taxi de vuelta) –en el peor de los escenarios-. Esta misma situación de desembolso en transporte público se extiende a los pobladores de SMM, pero por ser una localidad ubicada más al sur y por ende más lejos de la ciudad, no se supo de algunos que caminen hasta la misma, quizá esa sea una de las razones por la cual es menor la proporción de jefes de familia de SMM que trabajan en la ciudad. No obstante, no se descarta la posibilidad de que sus pobladores se desplacen a localidad de JM y -tal y como se identificó en campo- recorran a pie veredas al igual que algunos de los habitantes de la última, quienes –como los de SJT- suelen llegar a la ciudad de esa manera, tratándose asimismo en muchos casos de trabajadores de la construcción.

En cuanto al tiempo de traslado, la ruta de camión colectivo –tanto de SJT, como de SMM- pasa rumbo a la ciudad (y también de vuelta) forzosamente por JM. De SJT o SMM, hasta ahí no demora más de 10 o 15 minutos, pero de JM a Morelia (a la plaza Carrillo específicamente) toma un promedio de 30 minutos, con desplazamientos totales que rondan una hora (dependiendo el momento del día) desde SJT o SMM. Un encuestado de SMM comentó que “no es bueno el servicio de camión. Cobran \$12 (el doble) y no nos lleva directo. Hacemos más de una hora a Carrillo. Tarda mucho en pasar o no entran a veces al pueblo”.

Las razones de lo mencionado en el párrafo anterior tienen que ver con la modificación de las rutas para ingresar a los nuevos fraccionamientos privados y centros

comerciales (principalmente del CHC *Altozano*, aunque existen otros conjuntos residenciales más pequeños), así como con el congestionamiento vehicular relacionado con los mismos, las escuelas que se ubican en la zona y las demás áreas urbanas –y periurbanas-. Pues sólo se cuenta con un acceso vial desde la ciudad: la carretera al poblado de Santa María (plenamente conurbado) y luego al de Jesús del Monte (prácticamente conurbado también).

Por otro lado, para SMM la mayor parte de los jefes de familia se trasladan a sus labores a pie (31.8%) y en transporte público (22.7%) (ver Cuadro 55 y Figura 83). Los primeros generalmente trabajan cerca de la localidad principalmente en actividades agrícolas y forestales (en la extracción de resina y en el aserradero de la localidad).

Dentro de la categoría de “otro” tipo de transporte en JM se encontró un vendedor de paletas de hielo que se mueve en su bicicleta (de tipo triciclo), pero sólo lo hace dentro de la localidad. Para SMM un jefe de familia se traslada en su caballo hacia lugares cercanos y otro lo hace en bicicleta hasta Morelia. Finalmente, en SJT un jefe de familia también utiliza su caballo para dirigirse a sus labores en el campo cerca del poblado.

Cuadro 55. Tipo de traslado al trabajo del jefe de familia para JM, SMM, SJT.

	A pie		Transporte público		Vehículo propio		Otro		No trabaja/ vive en los EUA		Sin dato		Total de jefes de familia	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	12	22.6	19	35.8	14	26.4	1	1.9	6	11.3	1	1.9	53	100.0
SMM	7	31.8	5	22.7	4	18.2	3	13.6	2	9.1	1	4.5	22	100.0
SJT	9	40.9	9	40.9	1	4.5	2	9.1	1	4.5	0	0.0	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

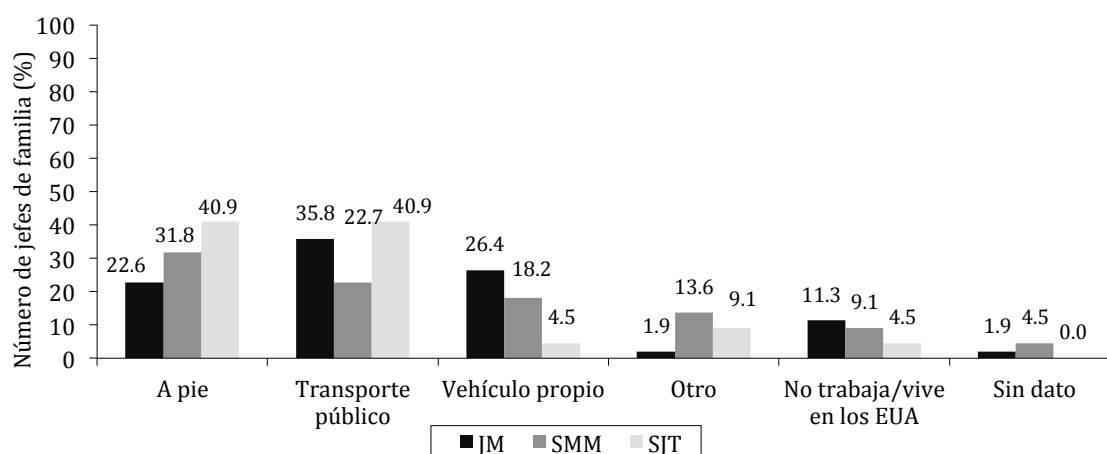


Figura 83. Tipo de traslado al trabajo del jefe de familia para JM, SMM y SJT.

En el Cuadro 56 y Figura 84 aparece el tiempo que invierten los jefes de familia de la muestra en el traslado hacia su trabajo en Morelia o de vuelta del mismo hacia la localidad (sólo se considera el tiempo que demoran en uno o en otro, pero todos los encuestados respondieron el mismo tiempo tanto para la ida, como para el regreso). Se observa que a

ninguno le toma 10 minutos o menos cada traslado y sólo en JM dos personas requieren de 10 a 20 minutos para ir a su lugar de labor y el mismo tiempo para regresar a su poblado.

Resalta que para la localidad de SJT todos los jefes de familia -de los que se obtuvieron datos para la muestra- invierten más de una hora en cada traslado a su trabajo (incluso los que lo hacen a pie). Mientras que para JM a una cuarta parte (24.1%) le toma entre 20 y 30 minutos, a otro cuarto (24.1%) de 30 a 45 minutos y sólo el 17.2% requiere más de una hora para cada desplazamiento. Por su lado, en SMM una quinta parte (20.0%) de los jefes de familia -para los que se registraron datos en la muestra- utilizan entre 20 y 30 minutos de su tiempo, otro quinto (20%) de 30 a 45 minutos y una quinta porción más (20.0%) necesita de un tiempo superior a una hora.

Cuadro 56. Tiempo invertido en el traslado hacia el trabajo en Morelia o de vuelta a la localidad para JM, SMM y SJT.

	≤10 min		>10-20 min		>20-30 min		>30-45 min		>45 min-1 h		>1 h		Sin dato		Total de jefes de familia que trabajan en Morelia	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	0	0.0	2	6.9	7	24.1	7	24.1	3	10.3	5	17.2	5	17.2	29	100.0
SMM	0	0.0	0	0.0	1	20.0	1	20.0	0	0.0	1	20.0	2	40.0	5	100.0
SJT	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	8	72.7	3	27.3	11	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

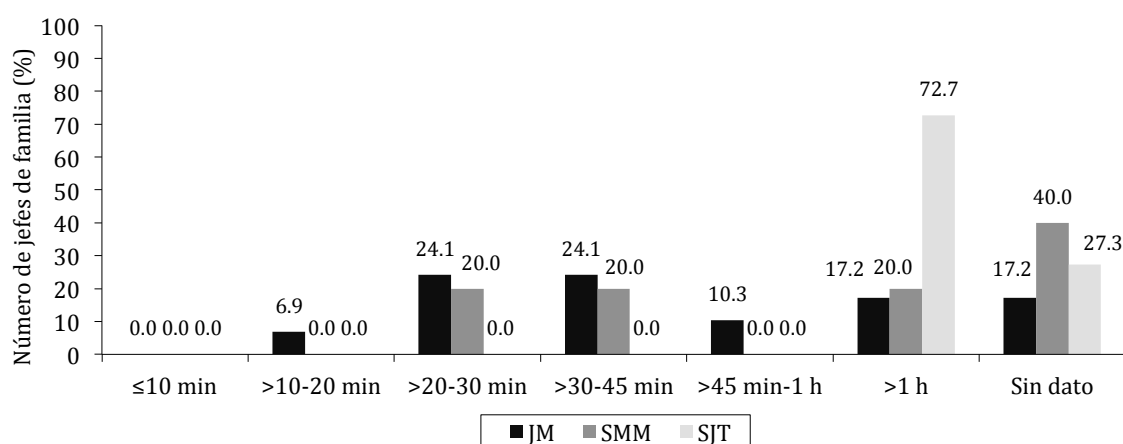


Figura 84. Tiempo invertido por el jefe de familia en el traslado hacia el trabajo en Morelia o de vuelta a la localidad para JM, SMM y SJT.

Si se suman el tiempo que invierten los jefes de familia (de los que se obtuvieron datos en la muestra) para ir a su trabajo en Morelia más el que realizan de vuelta a su localidad (incluyendo los casos en regresan a su casa a la hora de la comida, es decir cuando realizan cuatro desplazamientos, dos antes de la mitad del día y dos después) se obtiene el tiempo total que requieren al día para ir y regresar de su lugar de empleo, el cual aparece en el Cuadro 57 y la Figura 85.

Destaca que el tiempo total invertido por los jefes de familia de SJT está entre dos y dos horas y media al día sólo en traslados. Mientras que para JM el 17.2% utilizan 30

minutos o menos, el 13.8% de 30 minutos a una hora, más de la cuarta parte (27.6%) entre una hora y media y dos, el 13.8% de dos horas a dos horas y media y únicamente el 3.4% (un jefe de familia) más de 2.5 horas. Finalmente, para SMM se tiene que un quinto de sus jefes de familia (20%) requieren para todos sus desplazamientos del día de 30 minutos a una hora, otra quinta parte (20.0%) de una hora a una hora y media y otra quinta porción (20.0%) de dos horas a dos horas y media.

Cuadro 57. Tiempo total invertido al día en traslados para quien trabaja en Morelia para JM, SMM y SJT.

	≤30 min		>30min-1.0 h		>1-0-1.5 h		>1.5-2.0 h		>2.0-2.5 h		>2.5 h		Sin dato		Total de jefes de familia que trabajan en Morelia	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	2	6.9	4	13.8	5	17.2	8	27.6	4	13.8	1	3.4	5	17.2	29	100.0
SMM	0	0.0	1	20.0	1	20.0	0	0.0	1	20.0	0	0.0	2	40.0	5	100.0
SJT	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	8	72.7	0	0.0	3	27.3	11	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

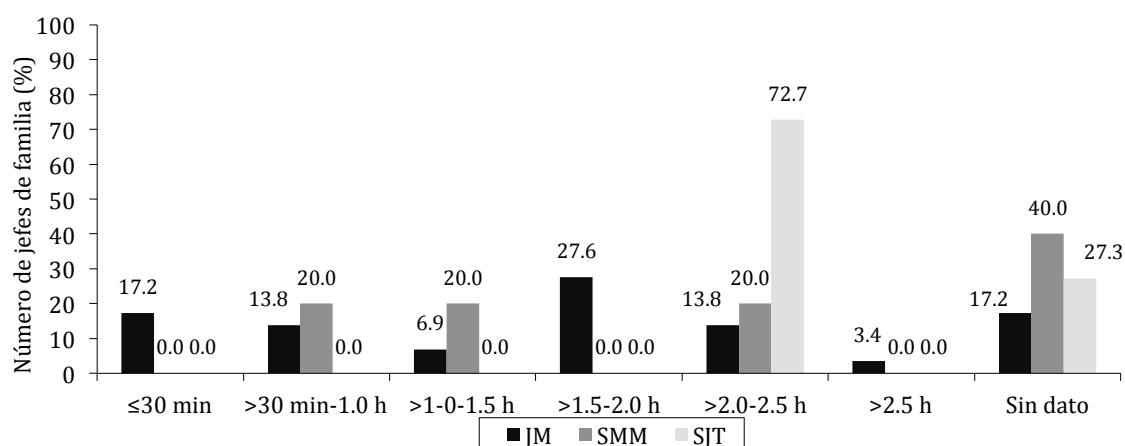


Figura 85. Tiempo total invertido por el jefe de familia al día en traslados para quien trabaja en Morelia para JM, SMM y SJT.

El gasto semanal en traslados de ida y vuelta a Morelia (gasolina o pago del transporte público), por parte de los jefes de familia -contemplados en la muestra- que trabajan en la ciudad puede observarse en el Cuadro 58 y en la Figura 86. Para JM el 27.6% invierte 100 pesos o menos en sus traslados a la semana, el 31.0% de 100 a 200 pesos, el 17.2% de 200 a 300 pesos, el 10.3% de 300 a 400 pesos y sólo en esta localidad se registró un desembolso mayor a 400 pesos con el 3.4% (un jefe de familia). Para SMM casi la mitad de sus jefes de familia (40.0%) requieren de 100 pesos o menos a la semana, en tanto que una quinta porción de estos (20.0%) necesitan de 200 a 300 pesos y otro quinto (20.0%) entre 300 y 400 pesos. Finalmente, para SJT el monto utilizado a la semana es mayor a 100 pesos para todos los casos. La mayoría de los jefes de familia -un 63.6%- emplean de 100 a 200 pesos y prácticamente el resto (27.3%) de 200 a 300 pesos.

Cuadro 58. Gasto en el traslado a la semana para quien trabaja en Morelia para JM, SMM y SJT.

	≤\$100		>\$100-\$200		>\$200-\$300		>\$300-\$400		>\$400-\$500		Sin dato		Total de jefes de familia que trabajan en Morelia	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	8	27.6	9	31.0	5	17.2	3	10.3	1	3.4	3	10.3	29	100.0
SMM	2	40.0	0	0.0	1	20.0	1	20.0	0	0.0	1	20.0	5	100.0
SJT	0	0.0	7	63.6	3	27.3	0	0.0	0	0.0	1	9.1	11	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

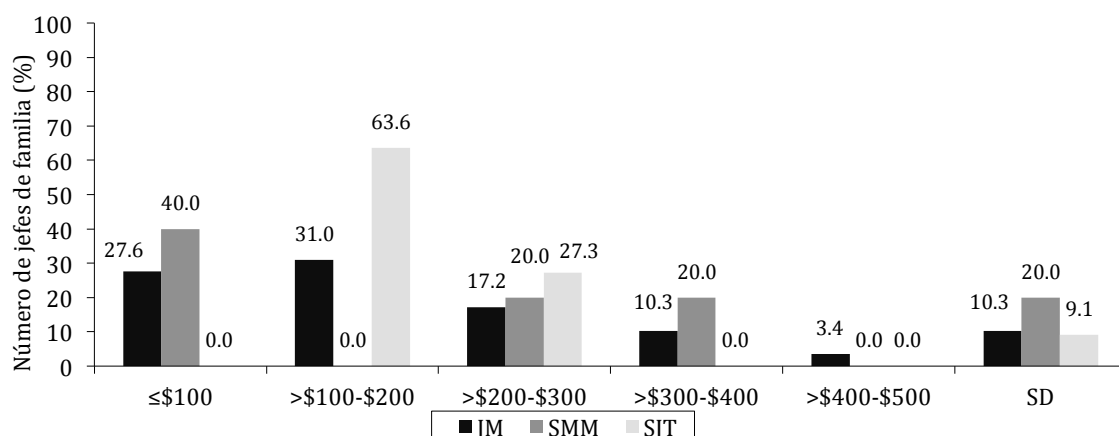


Figura 86. Gasto en el traslado a la semana para quien trabaja en Morelia para JM, SMM y SJT.

Migración y economía familiar

En el Cuadro 59 y la Figura 87 puede observarse que prácticamente todos de los jefes de familia de la muestra para SMM y SJT son originarios de la localidad, no así para JM que sufre una dinámica poblacional distinta. En esta última se han asentado núcleos familiares provenientes de fuera de la misma, con jefes de familia que provienen en su mayoría de Morelia (seis) –lo cual representa más del 10% para el total de la muestra-, otros más de asentamientos rurales cercanos (cuatro) y de fuera del municipio (cuatro: Uruapan, Huaniqueo y dos del DF), del resto (tres) no se obtuvo el dato. De los 17 jefes de familia que inmigraron a JM, nueve lo hicieron en los últimos 10 años. Entre ellos, cinco de Morelia (uno hace menos de un año, dos entre uno y tres años y dos más entre ocho y 10 años).

Cuadro 59. Procedencia del jefe de familia para JM, SMM y SJT.

	Originarios de la localidad		Originarios de Morelia		Originarios de otro lugar		Total de jefes de familia que trabajan en Morelia	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	36	67.9	6	11.3	11	20.8	53	100.0
SMM	21	95.5	1	4.5	0	0.0	22	100.0
SJT	22	100.0	0	0.0	0	0.0	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

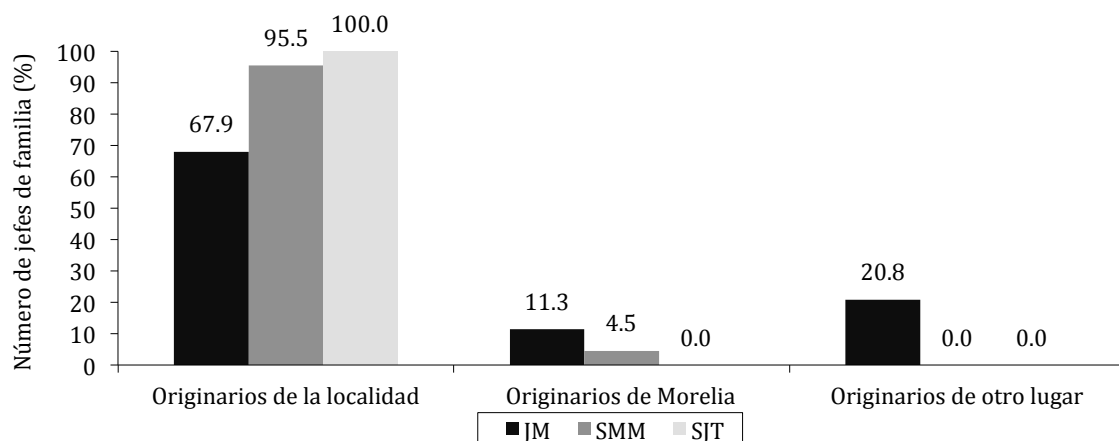


Figura 87. Procedencia del jefe de familia para JM, SMM y SJT.

Resulta interesante –como ya se mencionó anteriormente- que sólo en la localidad de JM se hallaron jefes de familia que hayan emigrado y no hayan vuelto. Es decir que radican y trabajan permanentemente fuera de la localidad. Se trata de dos que habitan en los EUA. No obstante, a partir de registrar el conjunto de los que han emigrado cuando menos una vez o que lo hacen por temporadas se obtuvieron el Cuadro 60 y la Figura 88.

La mayor emigración de los jefes de familia de la muestra se presentó para la localidad de JM con un 26.4%, seguida de SJT con un 22.7% y finalmente de SMM con 13.6%. La mayoría emigraron por razones de búsqueda de empleo o por trabajo temporal.

Cuadro 60. Jefes de familia que emigraron y regresaron para JM, SMM, SJT.

	Jefes de familia que emigraron y regresaron		Total de jefes de familia para la muestra	
	VA	%	VA	%
JM	14	26.4	53	100.0
SMM	3	13.6	22	100.0
SJT	5	22.7	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

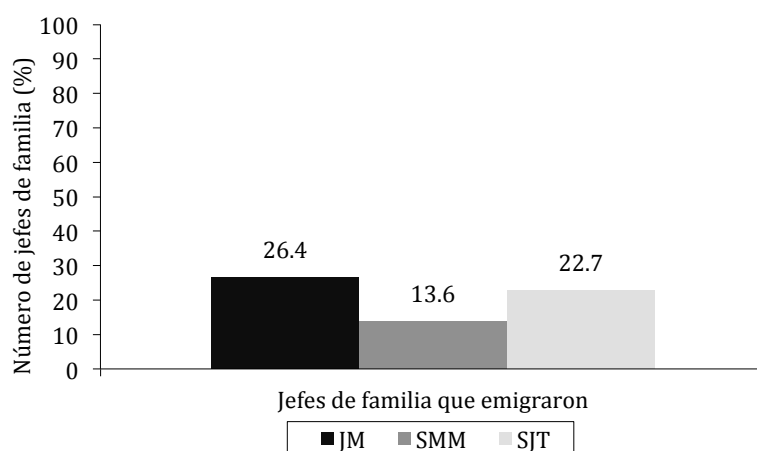


Figura 88. Jefes de familia que emigraron y regresaron para JM, SMM y SJT.

Como se aprecia en el Cuadro 61 y la Figura 89, con excepción de SMM, los jefes de familia que emigraron y volvieron lo hicieron en su mayoría a los EUA con un 64.3% para JM y un 60.0% para SJT, en tanto que para la primera localidad un 33.3% se han trasladado a ese y un 66.7% a otros lugares.

Destaca que dos de los jefes de familia de JM emigraron en algún momento a Morelia y regresaron a su localidad. Entre otros lugares de emigración se obtuvo para JM un jefe de familia que lo hizo a Canadá y para SMM uno que radicó al norte de México. Mientras que las tres localidades compartieron al DF como destino de un jefe de familia para cada una.

Cuadro 61. Lugar al que emigró y del cual regresó el jefe de familia para JM, SMM, SJT.

	EUA		Morelia		Otro		Sin dato		Total de jefes de familia que emigraron	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	9	64.3	2	12.5	2	12.5	1	6.3	14	100.0
SMM	1	33.3	0	0.0	2	66.7	0	0.0	3	100.0
SJT	3	60.0	0	0.0	1	20.0	1	20.0	5	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

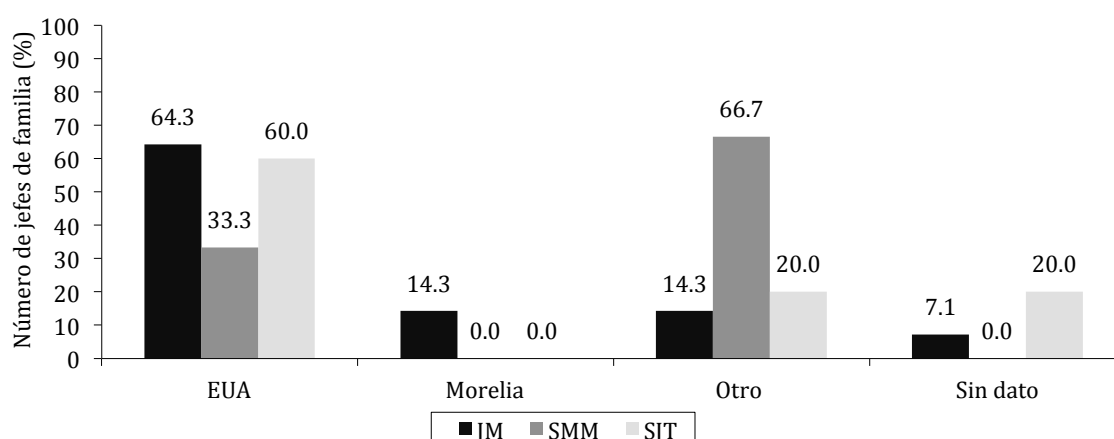


Figura 89. Lugar al que emigró y del cual regresó el jefe de familia para JM, SMM y SJT.

En el Cuadro 62 y la Figura 90 se muestra el número de encuestados con familiares originarios de la localidad (que no son el jefe de familia) que han emigrado (hayan regresado o no, o que lo hagan por temporadas). Destaca que alrededor del 40% de la muestra tiene parientes con dicha característica.

Por otro lado, en el Cuadro 62 y la Figura 91 se distinguen resultados similares a los obtenidos para los jefes de familia que emigraron y regresaron, al menos en el caso de los EUA –aunque en mayor proporción–, donde el mayor porcentaje lo representa la localidad de JM con 90.0% de los encuestados que poseen familiares en dicho país, seguida de SJT con 88.9% y finalmente de SMM con 50.0%. Destaca que un 25.0% de la muestra

para SMM posee parientes que residen Morelia, al igual que un 11.1% para SJT y un 5.0% para JM.

La categoría “otro”, representa a un encuestado de JM que posee familia en Canadá y a dos encuestados más de SMM que cuentan con parientes en el DF.

Cuadro 62. Familiares originarios de la localidad que hayan emigrado.

	EUA		Morelia		Otro		Total de familiares que emigraron			Total de jefes de familia	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	%*	VA	%
JM	18	90.0	1	5.0	1	5.0	20	100.0	37.7	53	100.0
SMM	4	50.0	2	25.0	2	25.0	8	100.0	36.4	22	100.0
SJT	8	88.9	1	11.1	0	0.0	9	100.0	40.9	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje; %*: valor relativo expresado en porcentaje del total de jefes de familia que cuentan con familiares originarios de la localidad que emigraron.

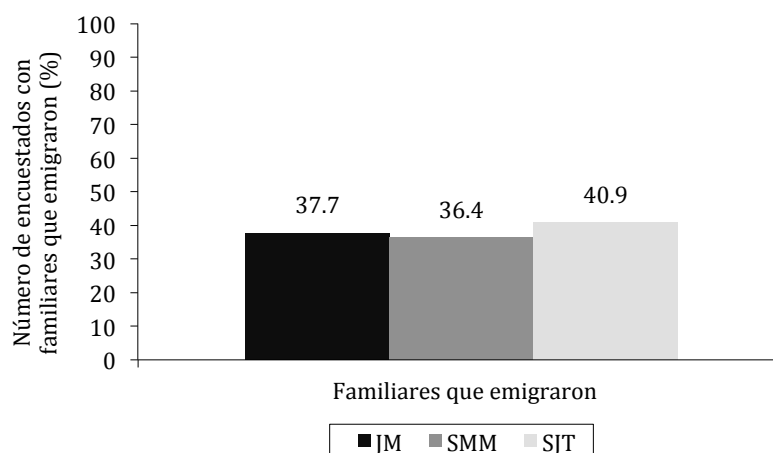


Figura 90. Familiares originarios de la localidad que emigraron de JM, SMM y SJT.

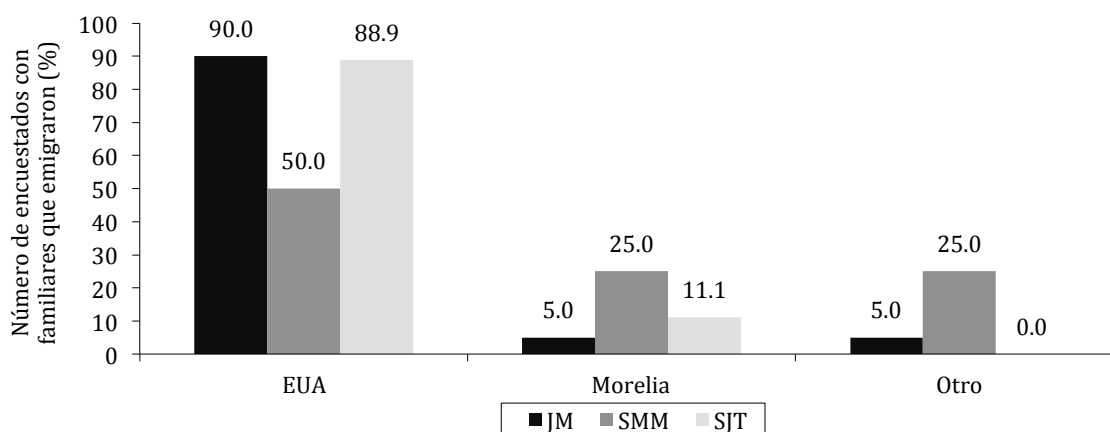


Figura 91. Lugar al que emigraron los familiares originarios de la localidad para JM, SMM y SJT.

Finalmente, del total de los encuestados sólo uno de JM expresó tener planes de emigrar, en su caso, a los EUA. Por otro lado, 17 (32.1%) de JM, cuatro (18.2%) de SMM y ninguno (0.0%) de SJT cambiarían su lugar de residencia a otro si tuviesen la oportunidad. De los de JM cinco mencionaron que lo haría para conseguir empleo, tres más por cuestiones de

inseguridad en el poblado y dos dijeron lo siguiente: “porque hay mucho tráfico y nuevos fraccionamientos” y “nos van a ir sacando de aquí”. Los siete restantes dieron otras respuestas (comodidades, acceso a servicios educativos y de salud, entre otras). Por su parte, de los de SMM, tres manifestaron que lo harían para encontrar trabajo y uno por cuestiones de tranquilidad, es decir, porque ya siente muy cerca a la ciudad y preferiría vivir “pa la sierra”. Todos los que no deseaban cambiar su lugar de residencia, concuerdan en las tres localidades que ya se encuentran ahí y que no le ven sentido a mudarse. Cuando se preguntó el porqué de no cambiar el lugar de residencia, se recibieron respuestas como las siguientes: para JM, “de aquí somos”, “aquí está tranquilo”, “soy de aquí...¿a qué?”, “aquí tenemos nuestra casa”, entre otras; para SMM, “aquí es más tranquilo”, “aquí está más a gusto”, “¿pa qué?”, entre otras; y para SJT, “aquí estoy más a gusto”, “porque [en la ciudad] está muy ruidoso y contaminado”, entre otras.

Cabe mencionar que sólo encuestados de JM reciben remesas, cinco de los EUA y uno de Canadá, lo cual equivale en total al 11.3% de la muestra en ese poblado. Para cuatro de ellos éstas representan menos de la mitad del ingreso familiar, para otro la mitad y para uno más, supera la mitad.

Agua

Inicialmente es importante exponer que de acuerdo con la investigación en campo y los datos brindados por el OOAPAS (2011a, b) cada una de las localidades de JM, SMM y SJT cuenta con un comité de agua potable –integrado por habitantes de cada poblado– que administra sus propios sistemas de agua potable y alcantarillado. Aunque el OOAPAS apoya en materia de saneamiento de las aguas residuales (con las plantas de tratamiento de Jesús del Monte y de San Miguel del Monte) (Cuadro 63), así como en problemas operativos del alcantarillado.

Cuadro 63. Agua residuales y su tratamiento en la cuenca del río Chiquito.

Localidad	Aportación de agua residual (l/s)	Agua tratada (%)	Observaciones
Jesús del Monte	8.67	41.3	Parte del drenaje no va hacia la planta de tratamiento, pero se tiene el proyecto de rediseño para ampliar su capacidad
San Miguel del Monte	1.85	55.3	Falta conectar parte de las viviendas
San José de las Torres	1.51	0	Se tiene en proyecto la planta de tratamiento para tratar las aguas residuales de esta localidad conjuntamente con las de Río Bello

Fuente: OOAPAS (2011b)

A pesar de que la mayoría de la población cuenta con abastecimiento de agua, éste no cubre al cien por ciento para todos los casos. JM es el que cuenta con la mayor

cobertura, la cual equivale a un 98.1% de la muestra, aunque se considera que tiene un 100%, pues no se obtuvo el dato de una vivienda –que muy probablemente cuenta con el servicio- y por ello es que no se alcanzó la totalidad. La localidad de SMM sigue de la anterior, con un 95.5% de viviendas –de la muestra- que tienen cubierto el abasto de agua, el otro 4.5% representa a una que no lo tiene. Finalmente, con 86.4% SJT alcanza el menor porcentaje de cobertura, donde el 13.6% que no cuenta con toma de agua equivale a tres viviendas (ver Cuadro 64 y Figura 92).

El abastecimiento de agua es diferente para cada localidad. En JM se brinda el servicio cada tres días (dos no, uno sí, y así sucesivamente) alrededor de seis horas cada vez. En SMM hay agua en todo momento y en SJT también. No obstante, para la última localidad sólo durante la mitad del año, desde que inicia la época de lluvias aproximadamente en junio, hasta diciembre. Posteriormente en la época de secas falla bastante e incluso algunas viviendas se quedan totalmente sin agua, por lo que tienen que comprar agua de pipa.

Cuadro 64. Toma de agua por vivienda encuestada para JM, SMM, SJT.

	Tiene		No tiene		Sin dato		Total de viviendas encuestadas	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	52	98.1	0	0.0	1	1.9	53	100.0
SMM	21	95.5	1	4.5	0	0.0	22	100.0
SJT	19	86.4	3	13.6	0	0.0	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

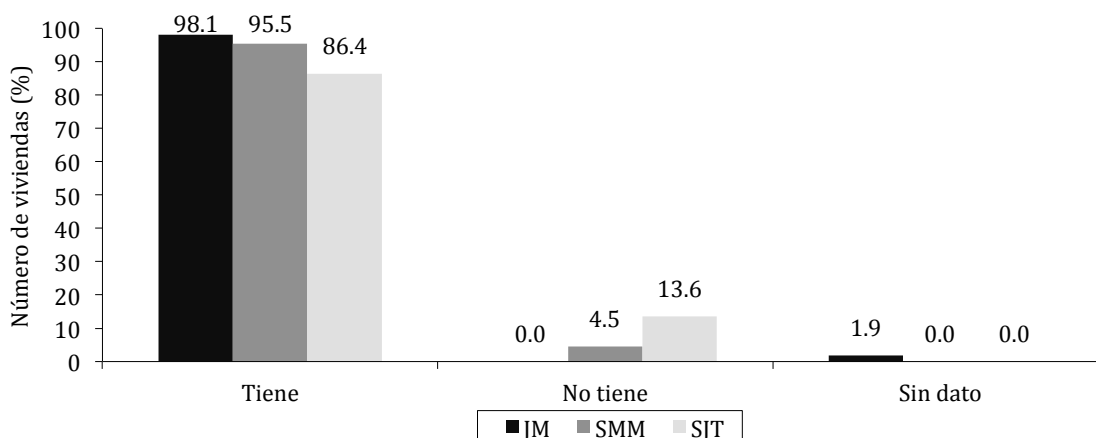


Figura 92. Toma de agua por vivienda encuestada para JM, SMM y SJT.

Para SMM y JM la mayoría de los encuestados de las viviendas que cuentan con toma de agua consideran que el agua recibida es suficiente (Cuadro 65 y Figura 93). En la primera un 90.5% ya que reciben el líquido de manera permanente y sólo una vivienda de la muestra no cuenta con el servicio; en la segunda un 73.1% pues se les abastece de agua por periodos de aproximadamente seis horas cada tres días (cuando anteriormente se

hacía de manera permanente⁶⁷), además del descontento porque expresaron que hace más de 10 años han solicitado la autorización para hacer la perforación de otro pozo y no la han recibido, cuando a los nuevos fraccionamientos si se les autoriza. Por otro lado, en SJT sólo el 26.3% creen que el abastecimiento de agua es suficiente, ya que –como se mencionó anteriormente- su abasto de agua es continuo, pero falla la mitad del año (de enero a mayo aproximadamente). Asimismo, tres viviendas de las 22 encuestadas de la localidad no poseen toma de agua.

Cuadro 65. ¿Considera suficiente la cantidad de agua que recibe?

	Si		No		Total de viviendas encuestadas que cuentan con toma de agua	
	VA	%	VA	%	VA	%
JM	38	73.1	14	26.9	52	100.0
SMM	19	90.5	2	9.5	21	100.0
SJT	5	26.3	14	73.7	19	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

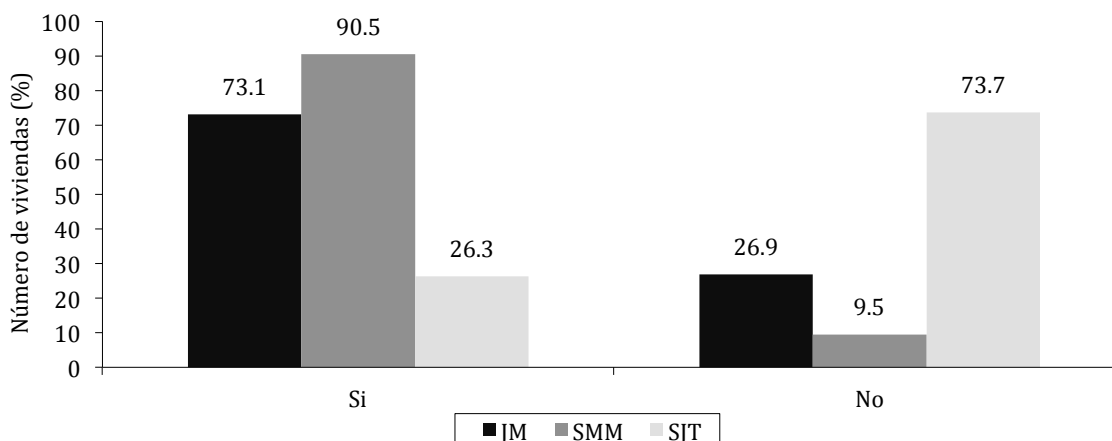


Figura 93. ¿Considera suficiente la cantidad de agua que recibe?

De todas las viviendas de la muestra que cuentan con toma de agua para JM, SMM y SJT, en el 36.5, 71.4 y 63.2% -respectivamente- se bebe sin ningún método de purificación (como hervirla o clorarla) (Cuadro 66 y Figura 94).

Cuadro 66. ¿Bebe el agua sin purificarla?

	Si		No		Sin dato		Total de viviendas encuestadas que cuentan con toma de agua	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	19	36.5	32	61.5	1	1.9	52	100.0
SMM	15	71.4	6	28.6	0	0.0	21	100.0
SJT	12	63.2	7	36.8	0	0.0	19	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

⁶⁷ A pesar de que se preguntó al respecto, los encuestados dieron diferentes respuestas para el momento en que dejó de abastecerse el agua permanentemente (la mayoría de las respuestas indican que fue entre cinco y 10 años atrás).

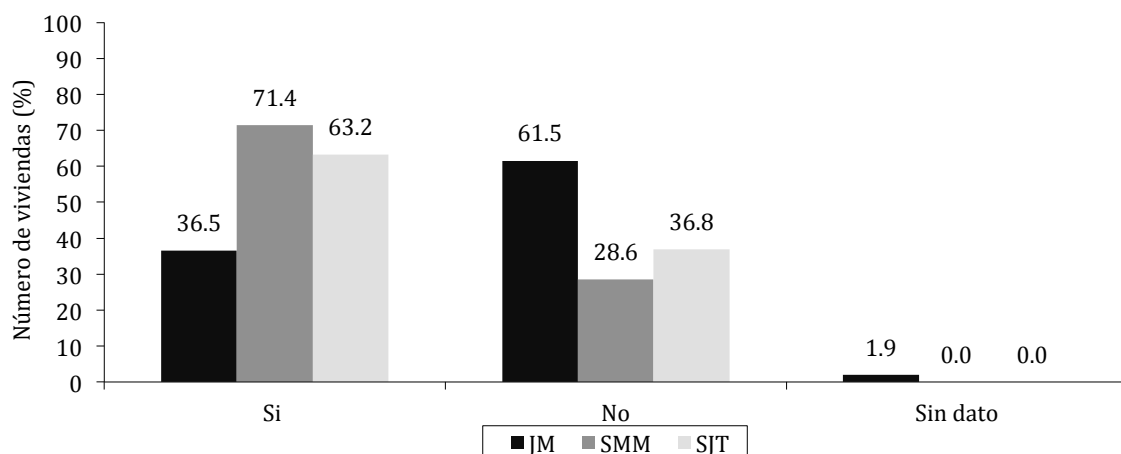


Figura 94. ¿Bebe el agua sin purificarla?

Del total de viviendas con toma de agua, se registraron aquellas en las que ésta dejó de consumirse por enfermedad. Los resultados fueron dos para JM (3.8%), una para SMM (4.8%) y cuatro para SJT (21.1%) (Cuadro 67 y Figura 95). Al respecto, un encuestado de la primera localidad comentó que "antes de que metieran la del pozo sí [la bebían], pero cambió el sabor". Por otro lado, en SMM y en SJT, varios encuestados manifestaron que antes ingerían el agua tal y como la recibían, sin embargo, ahora la hierven o la cloran.

Cuadro 67. ¿Dejó de consumir el agua por haberse enfermado?

	Si		No		Total de viviendas encuestadas que cuentan con toma de agua	
	VA	%	VA	%	VA	%
JM	2	3.8	50	96.2	52	100.0
SMM	1	4.8	20	95.2	21	100.0
SJT	4	21.1	15	78.9	19	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

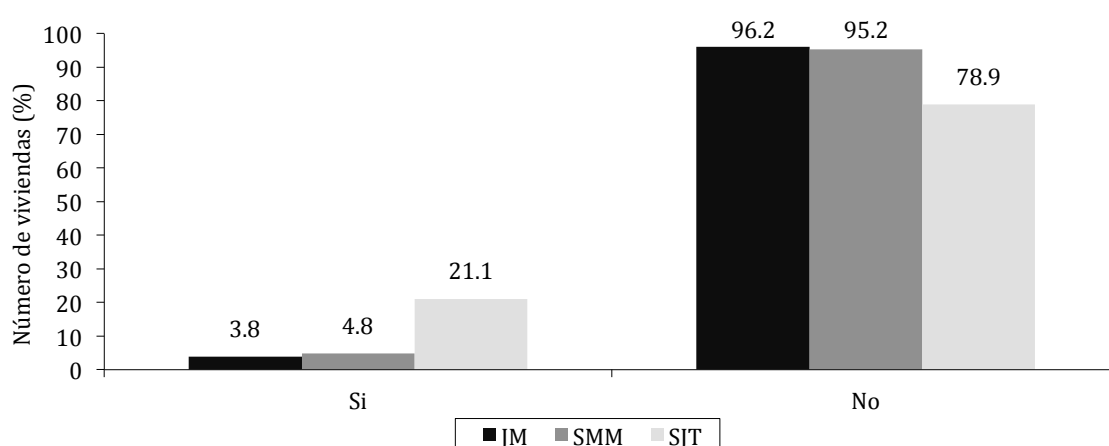


Figura 95. ¿Dejó de consumir el agua por haberse enfermado?

Destaca que la mayoría de los encuestados que cuentan con servicio de abastecimiento de agua en sus vivienda, consideran que el líquido que reciben es de buena calidad para uso doméstico: 94.2% para JM, 90.5% para SMM y 100.0% para SJT (Cuadro 68 y Figura 96).

Cuadro 68. ¿Considera que el agua es de buena calidad para uso doméstico?

	Si		Más o menos		No		No sabe		Total de viviendas encuestadas que cuentan con toma de agua	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
	JM	49	94.2	1	1.9	1	1.9	1	1.9	52
SMM	19	90.5	1	4.8	0	0.0	1	4.8	21	100.0
SJT	19	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	19	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

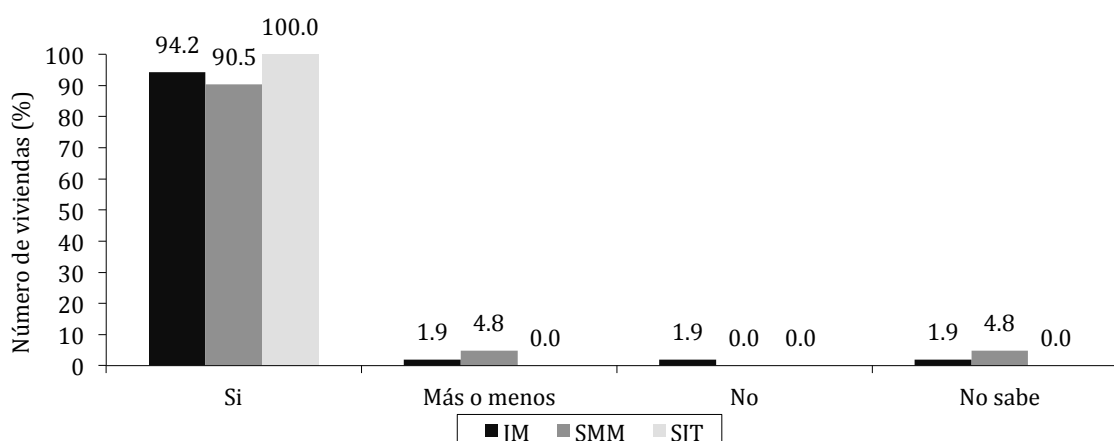


Figura 96. ¿Considera que el agua es de buena calidad para uso doméstico?

Finalmente, todas las viviendas encuestadas para JM (100.0%) cuentan con drenaje. No así para las de SMM y SJT, donde dos (9.1%) y cuatro (18.2%) –respectivamente- no tienen y poseen fosa séptica. De acuerdo con el OOPAS (2011b) las aguas residuales de las tres localidades son descargadas en una corriente tributaria del río Chiquito para cada caso, aunque las de SJT también se vierten en otra -al arroyo San José- (como ya se mencionó, parte de las aguas residuales de JM y SMM son tratadas).

Ambiente

Sobre a la recolección de basura, todos los encuestados de las tres localidades dijeron contar con el servicio y hacer uso del mismo. Expusieron que el ayuntamiento se encarga de brindarlo una o dos veces a la semana y en JM se mencionó que casi diario pasa también un recolector particular.

Por otro lado, se le pidió a los encuestados de la muestra que clasificara en orden jerárquico (del más al menos importante) tres de los siguientes problemas a) calidad del agua que recibe (calidad del agua de uso doméstico), b) Deforestación, c) Basura, d) Lavado/pérdida de suelo (erosión del suelo), e) desaparición de fauna/animales silvestres, f) exceso de ganado suelto/extensivo (ganadería extensiva), g) la tierra ya no produce como antes/baja productividad agrícola y h) crecimiento/expansión de la ciudad.

En el Cuadro 69 y la Figura 97 se muestran los resultados para el problema que consideran como el más grave.

Para JM y SMM el problema considerado como el más grave fue la deforestación, con 35.8 y 45.5% respectivamente. No así para SJT, donde éste representó el 18.2% y el más delicado lo fue la calidad del agua de uso doméstico. Quizá este último dato estuvo influido no sólo por la calidad de la misma, sino por los problemas de abasto que padecen en esta localidad durante la mitad del año. En los primeros dos poblados la calidad del agua de uso doméstico sólo fue considerada como el problema más importante en un 5.7 y 4.5% de los casos, correspondientemente.

Seguido de la deforestación, en JM el 18.9% de los encuestados y en SMM el 13.6% consideraron a la basura como el problema más grave, un porcentaje idéntico de la última localidad manifestó que la erosión del suelo es el problema más delicado, en tanto otro de la misma magnitud dijo que lo era la expansión de la ciudad. Para SJT, después de la calidad del agua, se ubicó la deforestación y la baja productividad agrícola ambas con 18.2%.

En cuanto a la expansión de la ciudad, destaca que en SJT sólo fue considerada como el problema más grave por un 4.5% de los encuestados, en tanto que para JM por un 9.4% y para SMM por un 13.6%. No obstante, un 19.5% de la población encuestada para JM consideró la expansión urbana como uno de sus tres problemas ambientales más delicados, en tanto que en SMM y en SJT se mantuvieron los mismos porcentajes (13.6 y 4.5% respectivamente) para ese problema ambiental dentro de los tres expuestos como los más importantes. Al respecto, en JM hubo expresiones tales como “ya no somos libres”, “todo se está llenando de casas” y se manifestó que los campesinos vendieron sus tierras y ya no hay cultivos, que no hay parques o canchas para los niños y que las vialidades son deficientes y por lo tanto hay más contaminación por emisiones vehiculares. En SMM manifestaron que “la ciudad ya está muy cerca”.

Por su parte, en JM nadie mencionó la erosión del suelo como el problema ambiental más grave, tampoco en SMM y en SJT nadie lo hizo para la desaparición de la fauna silvestre. Asimismo, en ninguna de las tres localidades se consideró la opción de la ganadería extensiva como el problema ambiental más delicado.

Cuadro 69. Problema ambiental considerado como el más grave en la localidad para JM, SMM y SJT.

	Calidad del agua de uso doméstico		Deforestación		Basura		Erosión del suelo		Desaparición de fauna silvestre		Baja productividad agrícola		Expansión de la ciudad		Sin dato		Total de encuestados	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	3	5.7	19	35.8	10	18.9	0	0.0	5	9.4	8	15.1	5	9.4	3	5.7	53	100.0
SMM	1	4.5	10	45.5	3	13.6	3	13.6	0	0.0	2	9.1	3	13.6	0	0.0	22	100.0
SJT	7	31.8	4	18.2	2	9.1	3	13.6	0	0.0	4	18.2	1	4.5	1	4.5	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

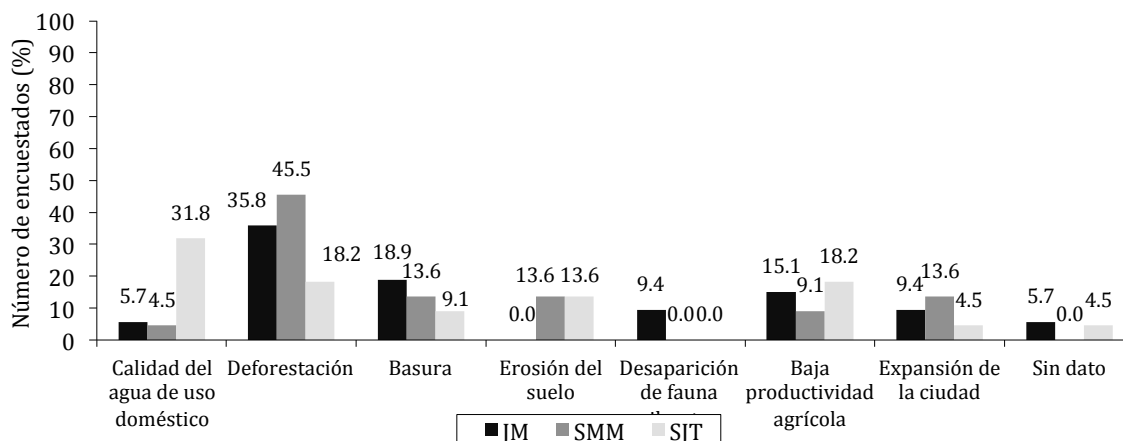


Figura 97. Problema ambiental considerado como el más grave en la localidad para JM, SMM y SJT.

Entre otros problemas graves mencionados por los encuestados en JM cuatro aludieron a problemas de inseguridad, tres a que hay muchos perros callejeros, uno a la captura ilegal de aves en los alrededores de la localidad, uno más a que viene gente de fuera y tira la basura y otro a la quema de la misma. En SMM expresaron que hay quema de basura y que llega gente de fuera de la localidad a tirarla cerca de la misma y a provocar incendios: “gente de Morelia tira basura porque nosotros la hemos recogido y viene de la ciudad a tirar hasta costales”, “los que se pasean en el bosque dejan mucha basura y provocan incendios”. En SJT cuatro encuestados expusieron el problema de la escasez del agua y que vienen motociclistas y vehículos todo terreno que dañan los caminos, los árboles y dejan basura.

Los encuestados expusieron diversas causas y perjuicios acerca de los problemas ambientales que se mencionaron anteriormente. Algunas –la mayoría– de éstas y estos se muestran en los Cuadros 70 y 71 para JM, en los Cuadros 72 y 73 para SMM y en los Cuadros 74 y 75 para SJT. Tanto las causas como los perjuicios para cada problema ambiental se homogenizaron en diversas categorías, que también se muestran en dichos cuadros.

En JM algunos de los encuestados consideran que el problema en la calidad del agua de uso doméstico se debe a su sobreexplotación, a la deforestación y a la contaminación; pero no mencionan como les perjudica. Por otro lado, no expresan las

causas de la expansión de la ciudad, pero exponen que les perjudica porque genera: mayor tránsito vehicular, deterioro ambiental, mala calidad/escasez del agua, división social, pérdida de espacios para cultivos e inseguridad. Como ya se mencionó, cuatro encuestados de esta localidad expusieron que la inseguridad es un problema grave en la misma, por lo que también expusieron que su principal causa es la expansión urbana y la sobrepoblación (ya que llegan nuevos habitantes, trabajadores y personas que desconocen, de los que intuyen que algunos delinquen)

Cuadro 70. Principales causas de los problemas ambientales expuestas por los encuestados de la localidad de JM.

Problema	Manifestadas	Homogenizadas
Calidad del agua de uso doméstico	• Sobreexplotación de los mantos acuíferos provoca que la gente se quede sin agua	Sobreexplotación
	• Deforestación	Deforestación
	• Contaminación	Contaminación
Deforestación	• Se ha modificado la actividad agrícola a servicios	Falta de cultura ambiental y desinterés
	• Explotación de madera y leña	
	• "a <i>Altozano</i> "	Expansión urbana y sobrepoblación
	• "para construir casas"	
	• A la construcción de nuevos fraccionamientos	Negligencia de las autoridades
• "por el hombre y autoridades que no actúan, patrullas escoltando a talamontes"		
• Corrupción		
Venta de terrenos por parte de la población local	• "por trabajo cortan árboles"	Falta de empleo y aprovechamiento forestal
	• "hay mucho talamonte porque ya no hay trabajo"	
	• Venta de terrenos	
Basura	• "viene gente de fuera y tira basura"	Falta cultura ambiental y desinterés
	• "todos tiran basura por maleducados"	
	• "falta de cultura"	
	• "uno mismo no inculca la educación y la gente viene a tirar basura"	
	• "uno mismo no le dice a los hijos la basura no se debe de tirar"	
Erosión del suelo	Sin dato	No aplica
Desaparición de fauna silvestre	• "porque los matan o por cambios de temperatura"	Cacería
	• Deforestación por construcción de fraccionamientos	Expansión urbana y sobrepoblación
Ganadería intensiva	Sin dato	No aplica
Baja productividad agrícola	• "la tierra ya no produce, porque se echa a perder, porque llueve mucho o poco"	Deterioro de los suelos, plagas y altos costos de los agroquímicos
	• "ya hay mucho gusano, gallina ciega y chocho que se comen la milpa y la tierra ya se desgastó, ...abono muy caro"	
	• "el abono esta muy caro, el chocho se viene y el plaguicida también es caro"	
	• "la tierra se desgastó"	
Expansión de la ciudad	• "crece la ciudad toda la gente se viene de muchas partes, no sólo de Morelia"	Otra
*Inseguridad	• "porque entró mucha gente que no es de aquí, delincuentes"	Expansión urbana y sobrepoblación

* La inseguridad no fue una categoría que se les haya dado como opción de respuesta a los encuestados, sin embargo cuatro de ellos la mencionaron como otro problema importante.

Cuadro 71. Principales perjuicios de los problemas ambientales expuestos por los encuestados de la localidad de JM.

Problema	Manifestados	Homogenizados
Calidad del agua de uso doméstico	Sin dato	No aplica
Deforestación	<ul style="list-style-type: none"> • "todo se va deteriorando" • Hay más erosión 	Deterioro ambiental
	<ul style="list-style-type: none"> • "quema más el sol" • "mucho calor" • "se siente mucho el calor ...ya no es como antes" • "falta aire" • "hay menos oxígeno" 	Cambio en el microclima
Basura	<ul style="list-style-type: none"> • "nos enfermamos" • Contaminan el agua 	Mala calidad/escasez del agua
Erosión del suelo	Sin dato	No aplica
Desaparición de fauna silvestre Ganadería intensiva	<ul style="list-style-type: none"> • "altera la cadena natural..." • "...ya no hay agua" 	Deterioro ambiental Mala calidad/escasez del agua
	Sin dato	No aplica
Baja productividad agrícola	<ul style="list-style-type: none"> • "afecta porque de los que siembran come uno y escasea la tortilla y el alimento" • "hace dos años que no sembramos y nos sube mucho de precio el maíz" 	Escasez de alimento y por ende aumento en sus precios
	<ul style="list-style-type: none"> • "la tierra ya no es fértil, ya no produce igual de maíz, frijol, necesita uno abonarla" 	Gasto en fertilizantes
Expansión de la ciudad	<ul style="list-style-type: none"> • Tránsito vehicular afecta su movilidad 	Mayor tránsito vehicular
	<ul style="list-style-type: none"> • "contaminación de <i>Altozano</i> por la deforestación" • Contaminación por emisiones vehiculares • Genera calor 	Deterioro ambiental
	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor uso del agua 	Mala calidad/escasez del agua
	<ul style="list-style-type: none"> • "cada vez viene más gente de fuera y genera resentimientos entre ricos y pobres" 	División social
	<ul style="list-style-type: none"> • "sobrepoblación afecta a los campesinos porque ya no hay tierras de cultivo" 	Pérdida de espacios para cultivo
	<ul style="list-style-type: none"> • "antes estaba tranquilo y ahora ya no se conoce a la gente" 	Inseguridad
*Inseguridad	Sin dato	No aplica

* La inseguridad no fue una categoría que se les haya dado como opción de respuesta a los encuestados, sin embargo cuatro de ellos la mencionaron como otro problema importante.

En SMM un encuestado considera que una de las causas del problema en la calidad del agua de uso doméstico es su contaminación (por animales muertos que tiran sobre los cauces de los ríos y arroyos), pero al igual que en JM ninguno expone como les perjudica tal problema. Por otra parte, algunos encuestados creen que una de las causas de la expansión urbana es la venta de terrenos por parte de la población local y exponen que el crecimiento de la ciudad les perjudica porque ocasiona: deterioro ambiental, división social e inseguridad.

Cuadro 72. Principales causas de los problemas ambientales expuestas por los encuestados de la localidad de SMM.

Problema	Manifestadas	Homogenizadas
Calidad del agua de uso doméstico	<ul style="list-style-type: none"> • "a que algunos animales de los ranchos de más arriba se mueren y los tiran al agua" 	Contaminación
Deforestación	<ul style="list-style-type: none"> • "tala ilegal" • "se llevan la madera y prenden fuego" • Las autoridades del gobierno no son eficientes • Corrupción, 	Negligencia de las autoridades
	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de fraccionamientos • "no hay trabajo y los que tienen aserraderos le hacen la lucha para que entre madera", "los aserraderos" 	Expansión urbana y sobrepoblación Falta de empleo y aprovechamiento forestal
Basura	<ul style="list-style-type: none"> • "no tenemos precaución para tirar la basura, a veces llegan camionetas de la ciudad para tirar la basura" 	Falta cultura ambiental y desinterés
Erosión del suelo	Sin dato	No aplica
Desaparición de fauna silvestre	Sin dato	No aplica
Ganadería intensiva	Sin dato	No aplica
Baja productividad agrícola	<ul style="list-style-type: none"> • "porque está muy débil la tierra y ya no se da como antes" • "a la milpa si no se le pone fertilizante no da porque la tierra ya está sin fuerza para dar" • "la tierra ya no da porque ya no llueve igual que antes, llueve a destiempo" 	Deterioro de los suelos, plagas y altos costos de los agroquímicos
	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento global 	Modificación en el régimen de lluvias Calentamiento global
Expansión de la ciudad	<ul style="list-style-type: none"> • "las mismas personas de aquí venden sus terrenos" 	Venta de terrenos por parte de la población local

Cuadro 73. Principales perjuicios de los problemas ambientales expuestos por los encuestados de la localidad de SMM.

Problema	Manifestados	Homogenizados
Calidad del agua de uso doméstico	Sin dato	No aplica
Deforestación	<ul style="list-style-type: none"> • "ya no hace tanto aire como antes, ya el sol quema bien feo..." • "aumenta el calor con la tala" • "...hay cambios bruscos de clima" 	Cambio en el microclima
	<ul style="list-style-type: none"> • "...el agua se seca más rápido" • "ya no hay tanta agua" • "afecta al agua" • "el agua del manantial a veces se acaba" • "acaba el agua..." 	Mala calidad/escasez del agua
	<ul style="list-style-type: none"> • "el gobierno no hace caso, entonces se desanima uno" 	Desánimo
Basura	Sin dato	No aplica
Erosión del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • "no sé, sólo me comentan, las casas se abren" 	Daños a la infraestructura
Desaparición de fauna silvestre	Sin dato	No aplica
Ganadería intensiva	Sin dato	No aplica
Baja productividad agrícola	Sin dato	No aplica
Expansión de la ciudad	<ul style="list-style-type: none"> • "el pavimento hace daño porque la tierra debe respirar" • "el agua es de los árboles" • "... hay menos agua en los arroyos" 	Deterioro ambiental
	<ul style="list-style-type: none"> • "inconvenientes, no hay libertad" • "nos van a invadir..." 	División social
	<ul style="list-style-type: none"> • "genera inseguridad" 	Inseguridad

Por su parte, algunos de los encuestados para SJT consideran que el problema de la calidad del agua del uso doméstico se debe principalmente a la deforestación (recordando que en este poblado sufren también problemas de abasto del líquido durante la mitad del año). De la misma forma que en las localidades anteriores, no exponen como es que dicho problema del agua les perjudica. En contraparte, a diferencia de los encuestados de los otros dos poblados, lo de éste no expusieron ni las causas, ni los perjuicios de la expansión urbana.

Cuadro 74. Principales causas de los problemas ambientales expuestas por los encuestados de la localidad de SJT.

Problema	Manifestadas	Homogenizadas
Calidad del agua de uso doméstico	<ul style="list-style-type: none"> • "ya no hay tanto árbol" • "tala de árboles" • "se tumban los pinos" 	Deforestación
Deforestación	<ul style="list-style-type: none"> • "gente que tira arboles y no reforesta" • "por construcción de casas y no hacer tierra de cultivos y después venderlas como lotes" 	Falta de cultura ambiental y desinterés Expansión urbana y sobrepoblación
Basura	<ul style="list-style-type: none"> • "gente de fuera viene de día de campo desde que pusieron la carretera" • "a la gente no le importa" 	Falta de cultura ambiental y desinterés
Erosión del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de árboles • Por tala de árboles 	Deforestación
Desaparición de fauna silvestre	Sin dato	No aplica
Ganadería intensiva	Sin dato	No aplica
Baja productividad agrícola	<ul style="list-style-type: none"> • "los químicos en vez de darle vida a la tierra la están matando y la tierra ya no puede producir vida por sí sola" • "la tierra ya no produce, ya no es la de antes" • Uso de fertilizantes 	Deterioro de los suelos, plagas y altos costos de los agroquímicos
Expansión de la ciudad	Sin dato	No aplica

Cuadro 75. Principales perjuicios de los problemas ambientales expuestos por los encuestados de la localidad de SJT.

Problema	Manifestados	Homogenizados
Calidad del agua de uso doméstico	Sin dato	No aplica
Deforestación	<ul style="list-style-type: none"> • Escasez del agua • "la tala de árboles nos deja sin agua" • "nos afecta porque ya no nos cae agua" 	Mala calidad/escasez del agua
Basura	<ul style="list-style-type: none"> • "ensucian" 	Pérdida de valor estético
Erosión del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • "afecta en la siembra" 	Pérdida de espacios para cultivo
Desaparición de fauna silvestre	Sin dato	No aplica
Ganadería intensiva	<ul style="list-style-type: none"> • Afecta sobre todo en las laderas 	Deterioro ambiental
Baja productividad agrícola	<ul style="list-style-type: none"> • "afecta en la siembra" • "porque somos campesinos" • "de ahí sacamos tortilla para comer" • Se cosecha poco maíz y de tamaño pequeño 	Escasez de alimento y por ende aumento en sus precios
Expansión de la ciudad	Sin dato	No aplica

Por otra parte, de los problemas ambientales la deforestación fue considerado como el más antiguo para los encuestados de las tres localidades. En 26.4% para JM, 36.4% para SMM y 27.3% para SJT. En segundo lugar para los primeros dos poblados se mencionó a la baja productividad agrícola con 13.2 y 13.6% respectivamente, y para SJT lo fue la basura con 18.2% de la muestra (Cuadro 76 y Figura 98).

Para el caso de la deforestación, los únicos tres encuestados de JM que respondieron el tiempo que lleva existiendo este problema, dijeron “toda la vida”. De SMM ninguno precisó el tiempo y las personas de SJT que lo hicieron expusieron que ocurre desde hace 10 y 15 años respectivamente.

Cuadro 76. Problema ambiental considerado como el más antiguo para JM, SMM y SJT.

	Baja productividad agrícola		Basura		Calidad/escasez del agua de uso doméstico		Deforestación		Desaparición de fauna silvestre		Erosión		Ganadería extensiva		Sin dato		Total de encuestados	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	7	13.2	6	11.3	3	5.7	14	26.4	1	1.9	1	1.9	1	1.9	20	37.7	53	100.0
SMM	3	13.6	0	0.0	0	0.0	8	36.4	2	9.1	2	9.1	0	0.0	7	31.8	22	100.0
SJT	2	9.1	4	18.2	2	9.1	6	27.3	0	0.0	1	4.5	0	0.0	7	31.8	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

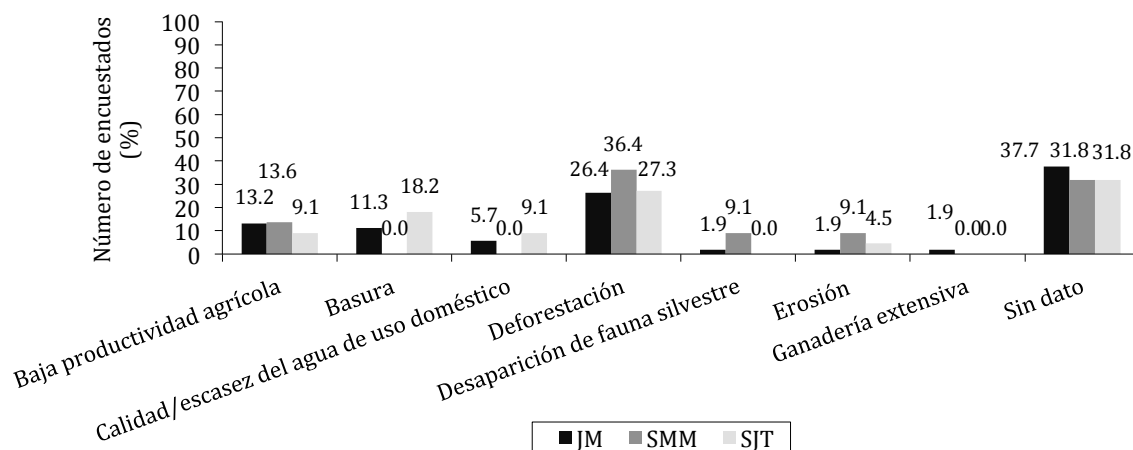


Figura 98. Problema ambiental considerado como el más antiguo para JM, SMM y SJT.

Por otro lado, el problema ambiental considerado como el más reciente para las localidades de JM y SMM fue la expansión urbana, con 30.2 y 27.3% respectivamente, en tanto que para SJT - donde el crecimiento de la ciudad sólo representó el 4.5%- el problema ambiental menos antiguo fue la baja productividad agrícola (Cuadro 77 y Figura 99).

Al respecto de la expansión urbana, en JM un encuestado expuso: “se nos está viniendo Morelia para acá”; y otro: “la ciudad está invadiendo todas las tierras de siembra”, en tanto que al respecto de la escasez del agua una persona dijo que “hace falta otro pozo porque en algunas casas no les alcanza el agua”.

Cuadro 77. Problema ambiental considerado como el más reciente para JM, SMM y SJT.

	Baja productividad agrícola		Basura		Calidad/escasez del agua de uso doméstico		Contaminación		Deforestación		Erosión		Expansión urbana		Sin dato		Total de encuestados	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	2	3.8	3	5.7	3	5.7	1	1.9	3	5.7	2	3.8	16	30.2	23	43.4	53	100.0
SMM	4	18.2	1	4.5	1	4.5	0	0.0	2	9.1	1	4.5	6	27.3	7	31.8	22	100.0
SJT	4	18.2	2	9.1	3	13.6	0	0.0	3	13.6	0	0.0	1	4.5	9	40.9	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

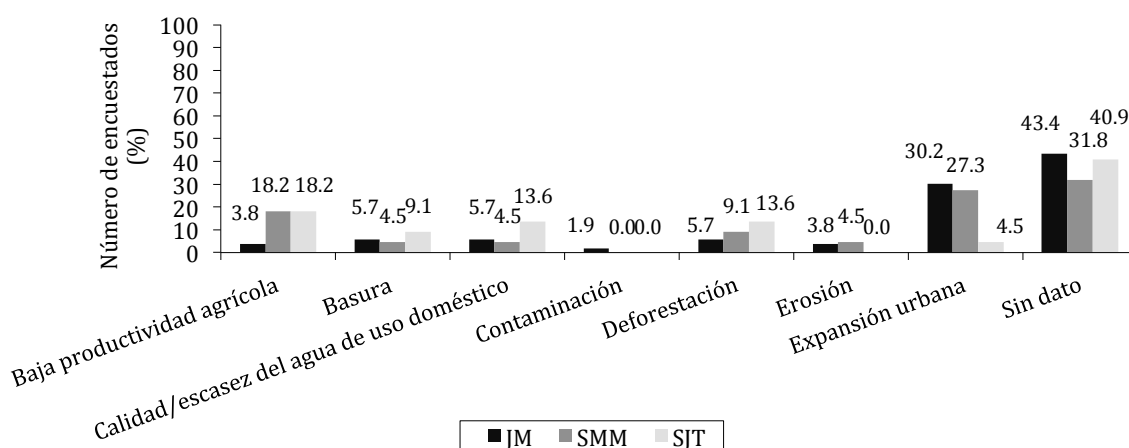


Figura 99. Problema ambiental considerado como el más reciente para JM, SMM y SJT.

También se cuestionó a las personas de la muestra si es que se organizan para realizar actividades de preservación, protección y mejora del entorno o ambiente. Cabe mencionar que en las localidades se mencionaron las mismas acciones de organización colectiva. Se expresó la existencia de un comité del agua –para cada una- que se encarga del abasto del líquido, así como de la limpieza y protección de los cuerpos de agua. Asimismo, se dijo que las personas que reciben apoyos del programa oportunidades barren espacios públicos como las calles una o dos veces al mes y se indicó que la protección y la reforestación del bosque corre a cargo de los ejidatarios o de quienes poseen terrenos de uso forestal.

En otro sentido, se pidió a los encuestados que calificaran del cero al 10 (siendo el cero la nota más baja y el 10 la más alta) el estado de la naturaleza cercana a la localidad en la que habitan. Las calificaciones más repetidas para las tres localidades fueron las siguientes: en JM y en SJT un 30.2% y un 36.4% respectivamente dieron una nota de siete, en tanto que en SMM un 54.5% de la muestra otorgó un valor de ocho. Cabe mencionar que en ninguno de los tres poblados se calificó con cero y sólo un 1.9% de JM, un 9.1% de SMM y un 4.5% de SJT dieron una evaluación de 10 (Cuadro 78 y Figura 100).

El promedio de la calificación para el estado de los espacios naturales cercanos a cada localidad fue de 6.2 en JM, 7.6 en SMM y 7.1 en SJT.

Cuadro 78. Calificación otorgada al estado de la naturaleza cercana a la localidad para JM, SMM y SJT.

	10		9		8		7		6		5		4		3		2		1		0		Sin dato		Total de encuestados		Media
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	
JM	1	1.9	1	1.9	11	20.8	16	30.2	6	11.3	10	18.9	0	0.0	2	3.8	1	1.9	3	5.7	0	0.0	2	3.8	53	100.0	6.2
SMM	2	9.1	1	4.5	12	54.5	4	18.2	1	4.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	4.5	0	0.0	1	4.5	22	100.0	7.6
SJT	1	4.5	2	9.1	6	27.3	8	36.4	3	13.6	1	4.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	4.5	0	0.0	0	0.0	22	100.0	7.1

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

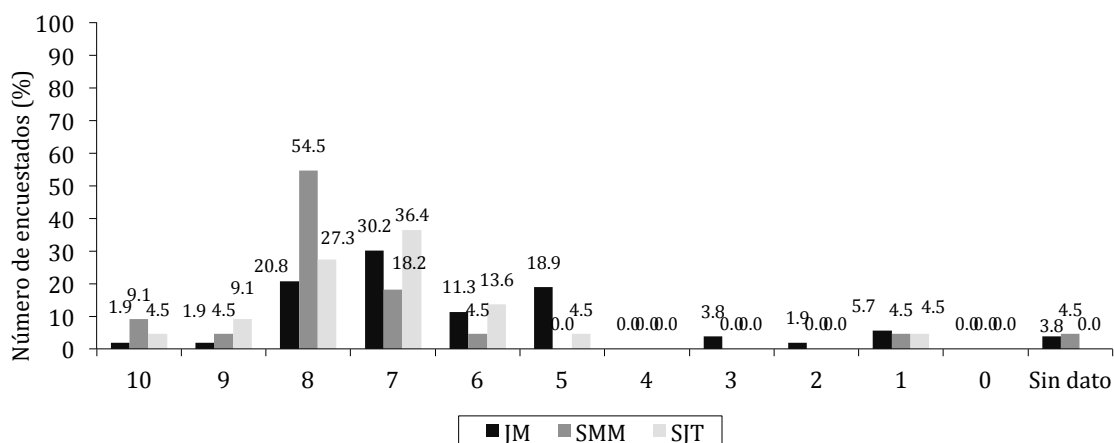


Figura 100. Calificación otorgada al estado de la naturaleza cercana a la localidad para JM, SMM y SJT.

De acuerdo al Cuadro 79 y la Figura 101, más de la mitad de los encuestados de cada localidad consideran que recientemente llueve menos -cantidad de agua- o con menor frecuencia. Un 54.7% para JM, un 72.7% para SMM y un 77.3% para SJT. Lo anterior hace evidente que la mayor parte de la muestra considera que el régimen de lluvias ha cambiado últimamente, pues sólo el 5.7% del primer poblado considera que llueve lo mismo de siempre, ya que en los otros dos nadie consideró esta respuesta.

Cuadro 79. En cuanto a la lluvia, los encuestados de JM, SMM y SJT consideran que recientemente...

	Llueve más o con mayor frecuencia		Llueve menos o con menor frecuencia		Llueve lo mismo de siempre		Las lluvias son irregulares		Sin dato		Total de encuestados	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	12	22.6	29	54.7	3	5.7	8	15.1	1	1.9	53	100.0
SMM	1	4.5	16	72.7	0	0.0	5	22.7	0	0.0	22	100.0
SJT	3	13.6	17	77.3	0	0.0	2	9.1	0	0.0	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

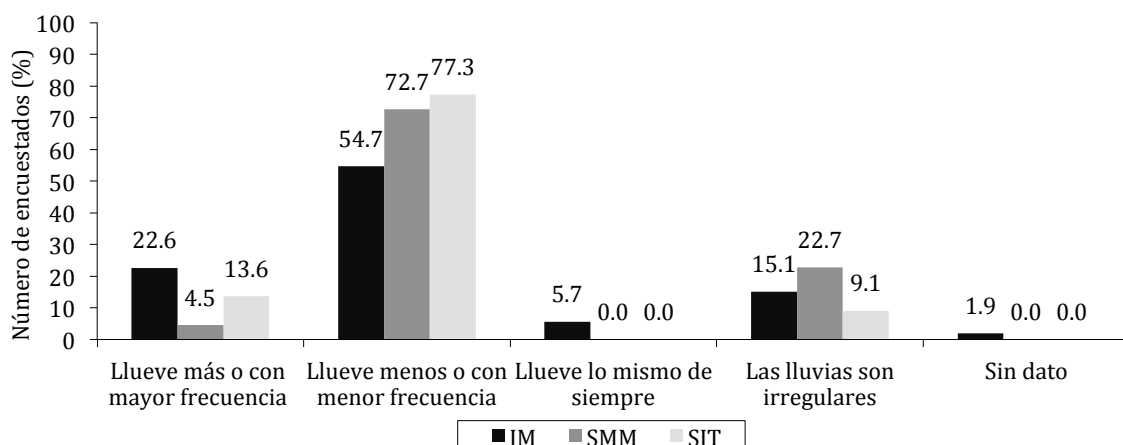


Figura 101. En cuanto a la lluvia, los encuestados de JM, SMM y SJT consideran que recientemente...

Poco más de la mitad de los encuestados para las tres localidades consideran que el cambio en el régimen de lluvias ha ocurrido en los últimos 10 años. Un 50.9% para JM, un 54.5% para SMM y un 59.1% para SJT (Cuadro 80 y Figura 102).

Cuadro 80. Tiempo atrás en que se percataron del cambio en el régimen de lluvias.

	10 años o menos		>10-20 años		>20 años		Sin dato		Total de encuestados	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	27	50.9	4	7.5	5	9.4	17	32.1	53	100.0
SMM	12	54.5	3	13.6	2	9.1	5	22.7	22	100.0
SJT	13	59.1	4	18.2	2	9.1	3	13.6	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

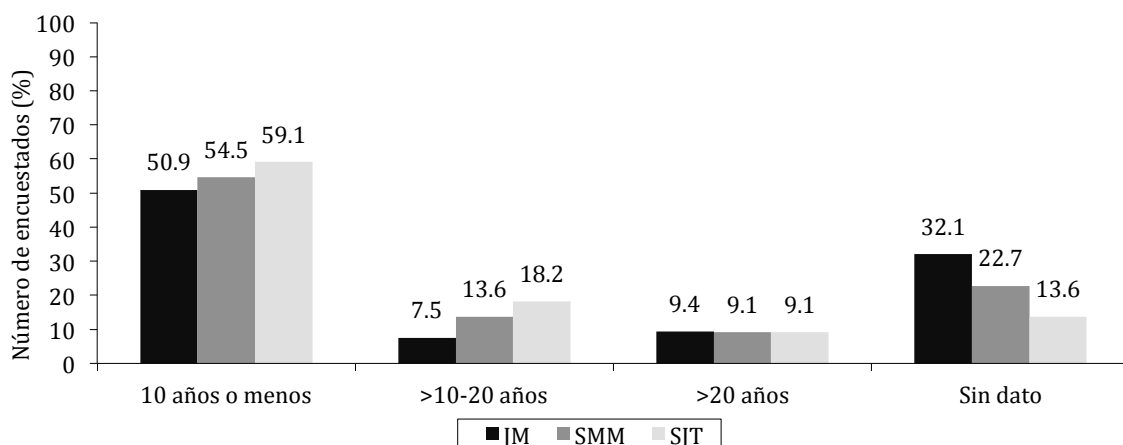


Figura 102. Tiempo atrás en que se percataron del cambio en el régimen de lluvias para JM, SMM y SJT.

Las causas atribuidas por la muestra de las tres localidades a tal cambio en el régimen de lluvias se observan en el Cuadro 81 y en la Figura 103. La que se halla representada mayormente –para los tres casos– es la deforestación. Con 26.4% para JM, 45.5% para SMM y 31.8% para SJT. Habrá que mencionar que cerca de la mitad (40.9%) de los encuestados para SJT respondieron que no conocen las causas, y casi la cuarta parte de JM y SMM (22.6 y 22.7% respectivamente) tampoco

las saben. Una menor parte alude al cambio climático –incluido el calentamiento global-⁶⁸, otros menos a la contaminación y otros pocos a agentes divinos.

Entre algunas de las causas expuestas para el cambio en el régimen de lluvias un encuestado de JM expresó que "antes no había pavimento ni cemento en las casas, ahora todo [lo que llueve] se va por las coladeras", en tanto que otro de SMM dijo que la razón se debe "a la deforestación, somos la plaga más fea que existe, nosotros si acabamos con todo".

Cuadro 81. Causas consideradas por los encuestados para el cambio en el régimen de lluvias.

	Cambio climático		Contaminación		Deforestación		Agentes divinos		No sabe		Sin dato		Total de encuestados	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	12	22.6	5	9.4	14	26.4	1	1.9	12	22.6	9	17.0	53	100.0
SMM	3	13.6	1	4.5	10	45.5	0	0.0	5	22.7	3	13.6	22	100.0
SJT	1	4.5	3	13.6	7	31.8	1	4.5	9	40.9	1	4.5	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

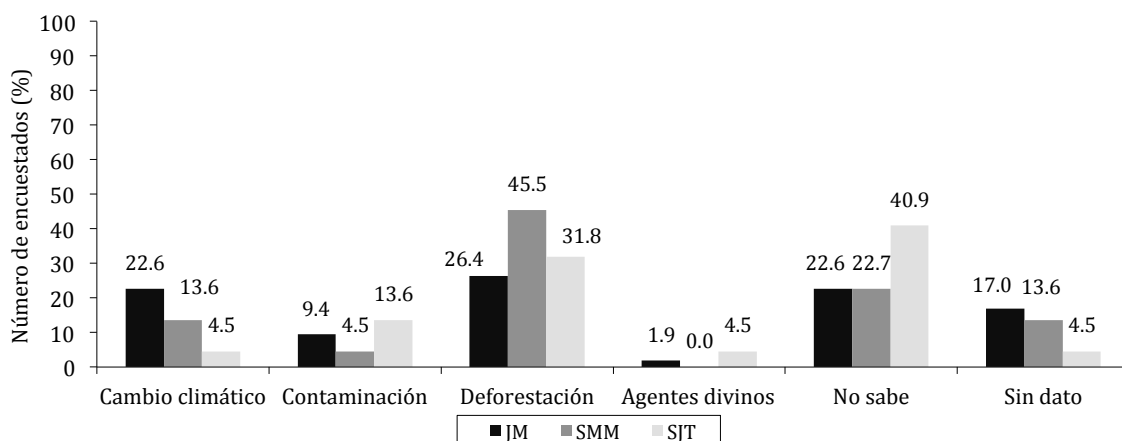


Figura 103. Causas consideradas por los encuestados para el cambio de régimen de lluvias en JM, SMM y SJT.

Periurbanización

Sobre los procesos de periurbanización se le preguntó a los encuestados de la muestra que opinan de los nuevos fraccionamientos, si es que les perjudica o les beneficia y de que manera. Lo mismo para el caso de los nuevos centros comerciales. Para evitar influir en sus respuestas, en la medida de lo posible no se les mencionó cuales, ni se indicó de que tipo, sino simplemente "nuevos fraccionamientos" y "nuevos centros comerciales", aunque durante la aplicación de la encuesta se observó que inmediatamente relacionaban la pregunta con los fraccionamientos y centros comerciales cercanos.

⁶⁸ En la mayoría de los casos estos términos parecen más bien parte de un discurso que han adoptado los encuestados de los medios de comunicación o de fuentes no científicas y que mencionan como causa del cambio en el régimen de las lluvias. Pues no exponen como es que ocurre el proceso ni sus alcances, o lo explican inadecuadamente.

Los encuestados hicieron referencia a diversos tipos de perjuicios ocasionados por los nuevos fraccionamientos, una vez homogenizadas sus respuestas en categorías resultaron las siguientes: deterioro ambiental (principalmente deforestación y contaminación), división social (SRS especialmente), escasez del agua, expansión urbana y sobrepoblación, inseguridad y delincuencia, mayor tránsito vehicular, reducción de espacios rurales (esencialmente tierras de cultivo), “no sabe” y “no perjudica” (Cuadro 82 y Figura 104). Cabe mencionar que un mismo encuestado pudo aludir a una o más categorías, por ende en el análisis correspondiente de los datos se consideró el total de respuestas y no el total de encuestados -como en casos anteriores-. No obstante, la cifra entre ambos totales no es muy distinta, pues sólo pocas personas aludieron a más de una categoría.

La mayor proporción del total de respuestas -de los encuestados- para JM, SMM y SJT aluden al deterioro ambiental como perjuicio de los nuevos fraccionamientos. Con un total de 32.2, 28.0 y 20.8% respectivamente. No obstante, un 16.9, 24.0 y 33.3% correspondientemente, consideran que no perjudican.

Como perjuicios de los nuevos fraccionamientos, en JM un 15.3% de los encuestados expresó su preocupación por el incremento del tránsito vehicular, un 11.9% por la reducción de espacios rurales, un 8.5% por la expansión urbana y sobrepoblación, un 5.1% por la escasez del agua y un 3.4% por la división social. Para SMM y SJT los perjuicios manifestados por la muestra mostraron proporciones similares entre esas localidades y diferentes con las de JM en casi todas las categorías. La expansión urbana y sobrepoblación fue aludida por el 16.0% de SMM y no fue referida por ninguna persona de SJT; la inseguridad y delincuencia se expuso en un 12.0% en SMM y en un 16.7% en SJT; la escasez del agua en un 8.0% para el primer poblado y en un 8.3% para el segundo; en un 4.0% la división social para SMM y en un 8.3% para SJT; y finalmente el mayor tránsito vehicular y la reducción de espacios rurales con 4.0% -cada una- para SMM y con 4.2% -cada cual- para SJT.

De las cinco personas encuestadas (9.4% del total) que habitan en fraccionamientos de la localidad de JM, dos consideran que estos no perjudican, otro que impactan en el clima y en el suelo, uno más que afectan en la vialidad porque hay un desarrollo poco ordenado y el quinto mencionó la tala de bosques, el aumento de la contaminación, cambios en el régimen de lluvia y la generación de calor. Por otro lado, algunas de las respuestas de los demás encuestados para los perjuicios por los nuevos fraccionamientos se muestran en el Cuadro 83.

Cuadro 82. Perjuicios por los nuevos fraccionamientos para JM, SMM, SJT.

	Deterioro ambiental		División social		Escasez del agua		Expansión urbana y sobrepoblación		Inseguridad y delincuencia		Mayor tránsito vehicular		Reducción de espacios rurales		No sabe		No perjudica		Sin dato		Total de respuestas	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	19	32.2	2	3.4	3	5.1	5	8.5	2	3.4	9	15.3	7	11.9	1	1.7	10	16.9	1	1.7	59	100.0
SMM	7	28.0	1	4.0	2	8.0	4	16.0	3	12.0	1	4.0	1	4.0	0	0.0	6	24.0	0	0.0	25	100.0
SJT	5	20.8	2	8.3	2	8.3	0	0.0	4	16.7	1	4.2	1	4.2	1	4.2	8	33.3	0	0.0	24	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

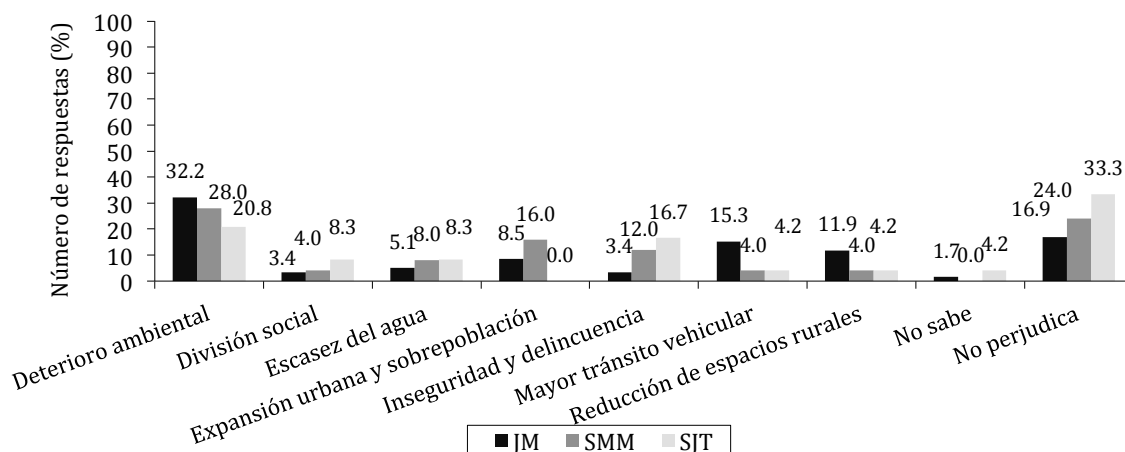


Figura 104. Perjuicios por los nuevos fraccionamientos para JM, SMM y SJT.

Cuadro 83. Algunas respuestas de los encuestados para los perjuicios de los nuevos fraccionamientos.

JM*	<ul style="list-style-type: none"> "los que construyen ya no quieren que pasen por ahí otras personas y quieren comprar todo y obligar a vender para un beneficio de ellos, y presionan" "nos ha alterado la ruta original del transporte. La ruta era plaza Carrillo-Jesús del Monte, hace unos diez años se hacían 25 minutos y ahora pasa por todos esos lugares [fraccionamientos]" "afecta de a montón, en semana santa nos íbamos a algunos de esos lugares [ya urbanizados], no podemos entrar" "afecta la sobrepoblación, todo lo natural se está terminando" "bonito cuando estaba solo, ahora ya hay pura gente que se arrimó para acá" "nos están invadiendo gente que no conocemos, se quieren adueñar del pueblo" "poco a poco como si nos fueran ahorcando, nos afecta, pelean mucho por el agua porque se les niega y se sabe que algunos si tienen"; "se perdió tierra de gente y reducen el espacio, hay gente que roba, va a haber tráfico" "tantos ríos que taparon, en Altozano y el Tec [de Monterrey] había laguna" "nos ha afectado mucho, no hay nada en lo que nos beneficie, ya no llegamos pronto al trabajo" "todo está circulado, se está acabando la naturaleza" "nos dan en toda la torre, compran a un centavo y venden a cien, afectan a todos los árboles y los tiran" "nos están rodeando ya no nos dejan espacio para jugar" Afectan a la naturaleza, no cubren una necesidad, es un negocio, no es equitativa su distribución Hay menos agua a los habitantes Repercute en el agua y en los árboles
SMM	<ul style="list-style-type: none"> "no estoy de acuerdo, nunca lo he estado, para abastecer los tantos servicios es difícil. El gobierno tiene la culpa" "se está viniendo mucho ruido para acá" "a lo mejor nos va a escasear el agua" "viene gente malhechora, ya te ponen en privado, ya no puede andar ni un animal libre ¿ya pa' dónde lleva uno a su vaquita?" "mucho pavimento..., mucho calor" "ya no alcanza el agua para tantas casas" "tumban todo y tal vez hasta aquí lleguen algún día" "invaden, cada vez hay más gente" "[no afecta] estamos muy lejos todavía"

- "es nadamás para los ricos.. y han tumbado muchos árboles"
- "[no afecta] todavía"
- SJT • "[no afecta] todavía estamos lejos"
- Se construyen en terrenos de bosque
- Se construyen sobre parcelas

*Sólo se muestran las respuestas de los encuestados que no habitan en fraccionamientos (en SMM y en SJT no existen fraccionamientos).

Los beneficios por los nuevos fraccionamientos que señalaron los encuestados de la muestra se agruparon en las siguientes categorías: generación de desarrollo, fuente de empleo, oferta de vivienda, atracción de servicios, "otros", "no sabe" y "no beneficia". En este caso, nadie contestó con más de una respuesta para cada categoría, por lo que en el Cuadro 84 y en la Figura 105 aparecen los datos para todos los encuestados y no –como en el caso de los perjuicios- la cantidad de respuestas.

De inicio la mayor parte de los encuestados de las tres localidades consideran que no existen beneficios por los nuevos fraccionamientos. Un 62.3% para JM y un 77.3%, tanto para SMM, como para SJT. No obstante, el 18.9% del primer poblado, el 9.1% del segundo y el 13.6% del tercero consideran que los nuevos fraccionamientos benefician por ser fuente de empleo (en la construcción de los mismos principalmente y también para las mujeres como empleadas domésticas). Un 3.8% de JM y un 9.1% de SMM (ningún encuestado de SJT) creen que beneficia porque generan desarrollo; un 1.9% de JM y un 4.5% de SJT (nadie de SMM) les atribuyen ventajas por la atracción de servicios y sólo un 3.8% de JM (ninguna persona para SMM y SJT) ven un provecho en la oferta de vivienda.

De los cinco encuestados (9.4% del total) que habitan en fraccionamientos dentro de JM, dos mencionaron que no existen beneficios por los nuevos centros residenciales, otro dijo que son "necesarios para vivir", uno más que está bien y que ahí vive porque "Morelia ya no tiene para donde crecer" y el quinto expresó estar de acuerdo "siempre y cuando estén bien hechos y estudiados". Algunas de las respuestas del resto de JM y de las otras dos localidades aparecen en el Cuadro 85.

Cuadro 84. Beneficios por los nuevos fraccionamientos para JM, SMM y SJT.

	Generación de desarrollo		Fuente de empleo		Oferta de vivienda		Atracción de servicios		Otros		No sabe		No beneficia		Sin dato		Total de encuestados	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	2	3.8	10	18.9	2	3.8	1	1.9	4	7.5	0	0.0	33	62.3	1	1.9	53	100.0
SMM	2	9.1	2	9.1	0	0.0	0	0.0	1	4.5	0	0.0	17	77.3	0	0.0	22	100.0
SJT	0	0.0	3	13.6	0	0.0	1	4.5	0	0.0	1	4.5	17	77.3	0	0.0	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

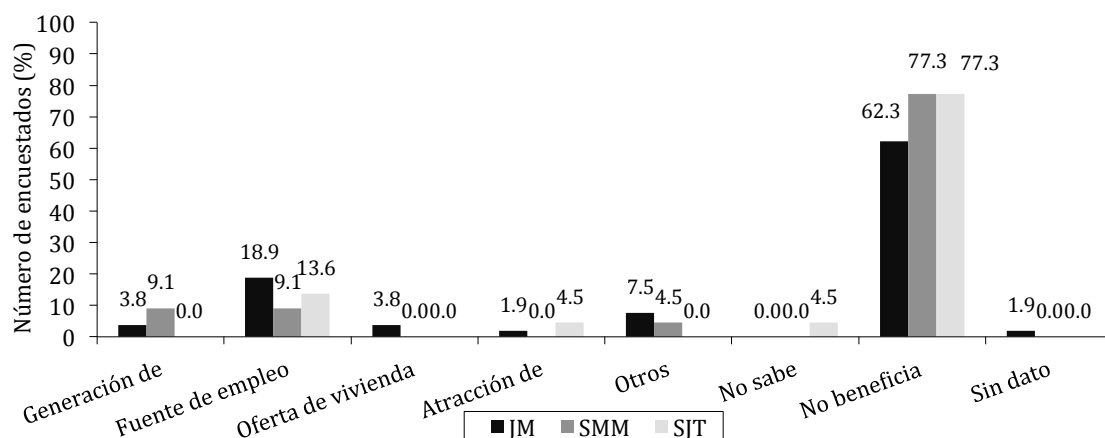


Figura 105. Beneficios por los nuevos fraccionamientos para JM, SMM y SJT.

Cuadro 85. Algunas respuestas de los encuestados para los beneficios por los nuevos fraccionamientos.

JM*	<ul style="list-style-type: none"> • "nos beneficia porque nos pusieron alumbrado público y carretera" • "está bien porque está progresando el país" • Fuente de empleo para mujeres (limpieza y hombres (vigilantes) • Ponen áreas de árboles
SMM	<ul style="list-style-type: none"> • "dan más valor a las propiedades" • "se ve mejor que antes"
SJT	<ul style="list-style-type: none"> • Hay más trabajo • Hay más servicios

*Sólo se muestran las respuestas de los encuestados que no habitan en fraccionamientos (en SMM y en SJT no existen fraccionamientos).

La mayoría de los encuestados para las tres localidades consideran que los nuevos fraccionamientos son perjudiciales. Un 79.2% para JM, un 72.7% para SMM y un 59.1% para SJT. Sólo una minoría de la muestra cree que no perjudican, 18.9, 27.3 y 36.4% respectivamente (Cuadro 86 y Figura 106).

Cuadro 86. Efectos perjudiciales de los nuevos fraccionamientos para JM, SMM, SJT

	Perjudican		No perjudican		No sabe		Total de encuestados	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	42	79.2	10	18.9	1	1.9	53	100.0
SMM	16	72.7	6	27.3	0	0.0	22	100.0
SJT	13	59.1	8	36.4	1	4.5	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

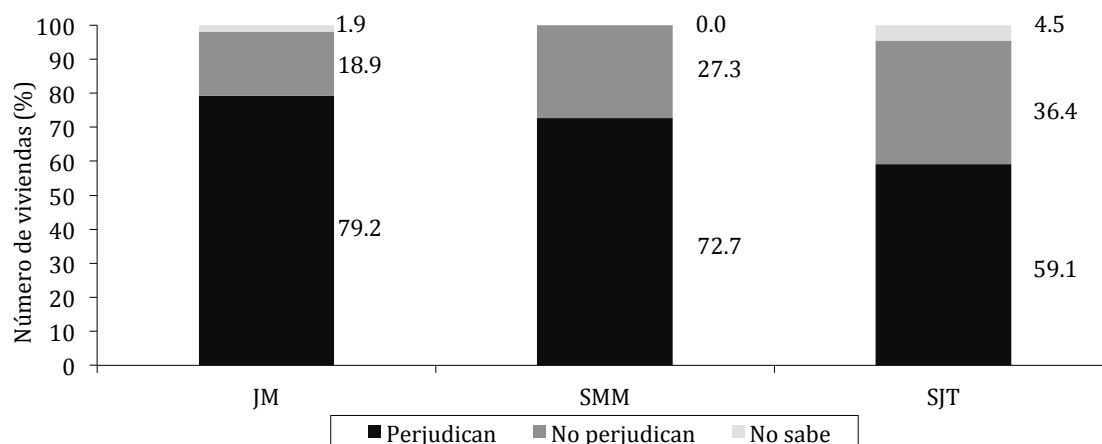


Figura 106. Efectos perjudiciales de los nuevos fraccionamientos para JM, SMM y SJT.

Por otro lado, una pequeña proporción de los encuestados de los tres poblados consideran que los nuevos fraccionamientos benefician. Para JM un 35.8%, para SMM un 22.7% y para SJT un 18.2%. Mientras que la mayor proporción de la muestra, 62.3, 77.3 y 77.3% respectivamente, expresó que no benefician (Cuadro 87 y Figura 107).

Cuadro 87. Efectos benéficos de los nuevos fraccionamientos para JM, SMM, SJT

	Benefician		No benefician		No sabe		Sin dato		Total de encuestados	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	19	35.8	33	62.3	0	0.0	1	1.9	53	100.0
SMM	5	22.7	17	77.3	0	0.0	0	0.0	22	100.0
SJT	4	18.2	17	77.3	1	4.5	0	0.0	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

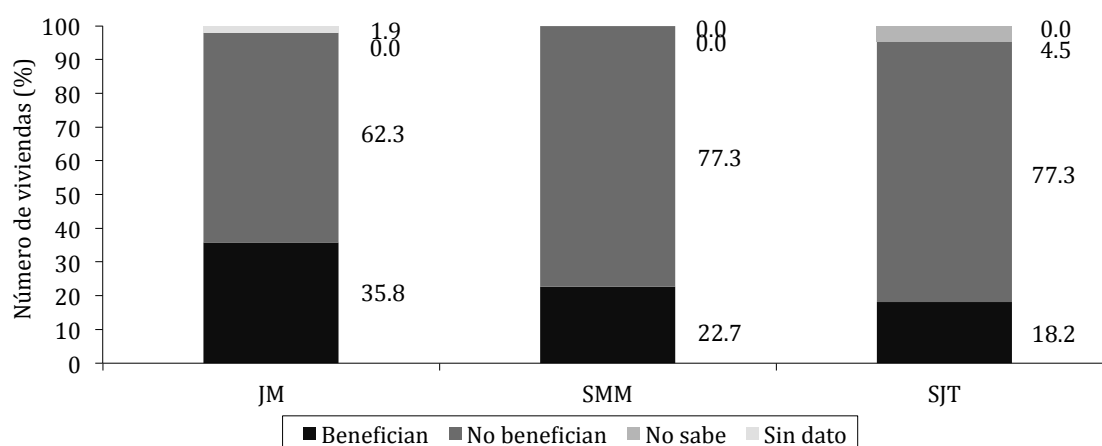


Figura 107. Efectos benéficos de los nuevos fraccionamientos para JM, SMM y SJT.

En cuanto a los perjuicios ocasionados por los nuevos centros comerciales, se homogenizaron las respuestas de los encuestados de la muestra y se crearon las siguientes categorías: deterioro ambiental, división social, expansión urbana y sobrepoblación, mayor tránsito vehicular, reducción de espacios rurales, “no sabe” y “no perjudica”. Algunos de los encuestados

expresaron más de una, por lo cual –al igual que los perjuicios por los nuevos fraccionamientos-, el Cuadro 88 y la Figura 108 muestran el total de respuestas y no el total de encuestados.

En la mayoría de las respuestas de las tres localidades se expresó que los nuevos centros comerciales no son perjudiciales. Un 53.7% para JM, un 77.3% para SMM y 73.7% para SJT. No obstante, 20.4, 13.6 y 10.5% respectivamente, consideraron que ocasionan mayor tránsito vehicular; 13.0, 4.5 y 5.3% correspondientemente dijeron que generan deterioro ambiental. Una menor proporción, 3.7% para JM y 5.3% para SJT (nadie para SMM) manifestó que los nuevos centros comerciales propician división social, mientras que sólo en JM, con un 5.9%, se expuso que promueven la expansión urbana y sobrepoblación y únicamente en ese mismo poblado se refirió con un 1.9% a la reducción de los espacios rurales como consecuencia de los nuevos centros comerciales.

De las cinco personas encuestadas (9.4% del total) que viven en fraccionamientos dentro de JM, tres expusieron que los nuevos centros comerciales no perjudican, otro más que ocasionan más tránsito vehicular y el quinto que generan daños al ambiente. Algunas de las respuestas del resto de los otras encuestados se muestran en el Cuadro 89.

Cuadro 88. Perjuicios de los nuevos centros comerciales para JM, SMM y SJT.

	Deterioro ambiental		División social		Expansión urbana y sobrepoblación		Mayor tránsito vehicular		Reducción de espacios rurales		No sabe		No perjudica		Total de respuestas	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	7	13.0	2	3.7	3	5.6	11	20.4	1	1.9	1	1.9	29	53.7	54	100.0
SMM	1	4.5	0	0.0	0	0.0	3	13.6	0	0.0	1	4.5	17	77.3	22	100.0
SJT	1	5.3	1	5.3	0	0.0	2	10.5	0	0.0	1	5.3	14	73.7	19	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

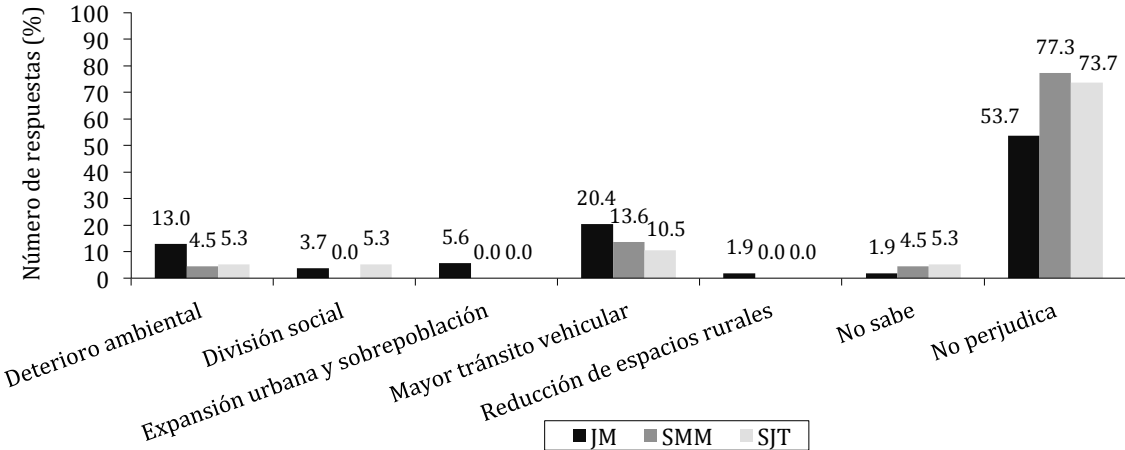


Figura 108. Perjuicios de los nuevos centros comerciales para JM, SMM y SJT.

Cuadro 89. Algunas respuestas de los encuestados para los perjuicios por los nuevos centros comerciales.

JM*	<ul style="list-style-type: none">• "nos quieren acabar la subida a Santa María, es avaricia"• "en un tiempo pensamos que iba a beneficiar por las fuentes de empleo, pero pagan muy poco" (\$650 a la semana en todas las tiendas)• "se meten muchos carros para acá, ya uno ni conoce a la gente, ya no es igual"• "no, no beneficia en nada, no hay quien compre"• "no [beneficia], porque son muy caros"• "es sólo para gente de dinero, todo es muy caro"• "ni me afecta, ni me beneficia es sólo para gente de dinero, todo es muy caro"• "no podemos comprar, sólo los que están viviendo en fraccionamientos"• Contaminación, ruido, no son tiendas comunes para el pueblo
SMM	<ul style="list-style-type: none">• "haría más daño a la naturaleza que construyeran centros comerciales por aquí"• "a nosotros no nos beneficia, pensamos nosotros que ahí va la gente millonaria"• Tardan más en llegar a Morelia
SJT	<ul style="list-style-type: none">• "Afecta a los dueños de las tiendas" (por competencia)• El camión tarda más tiempo en llegar a Morelia• No van a ahí y el trabajo es mal pagado

*Sólo se muestran las respuestas de los encuestados que no habitan en fraccionamientos (en SMM y SJT no existen fraccionamientos).

Para los beneficios por los nuevos centros comerciales, se homogenizaron las respuestas de los encuestados y se obtuvieron las categorías siguientes: cercanía, fuente de empleo, ofrecen precios más bajos, sitios de recreación, otros, "no sabe" y "no beneficia". Como ninguna de las personas de la muestra contestó con más de una respuesta para cada categoría, en el Cuadro 90 y la Figura 109 aparecen el total de encuestados, con una respuesta para cada uno.

La mayor proporción de los encuestados para los tres poblados consideran que los nuevos centros comerciales no son benéficos. Un 43.4% para JM, un 54.5% para SMM y un 63.6% para SJT. Estos porcentajes, son seguidos por un 22.6, 31.8 y 13.6% respectivamente, que creen que los nuevos centros comerciales benefician pues se hallan cerca y pueden comprar en ellos; el 18.9, 9.1 y 4.5% correspondientemente expone que benefician por ser una fuente de empleo. Un 3.8% para JM y un 9.1% para SJT (ningún encuestado para SMM) manifiesta que en estos sitios se ofrecen precios más bajos, en tanto que sólo un encuestado de la primera localidad (1.9%) dijo que los nuevos centros comerciales son benéficos porque que representan sitios de recreación.

De los cinco encuestados (9.4% del total) que habitan en fraccionamientos dentro de JM, sólo uno expuso que los nuevos centros comerciales no benefician, mientras que otro dijo que sí lo hacen pues se requiere de "menos tiempo y dinero para bajar a comprar cosas", otro más que "le parece perfecto, ya no tiene que trasladarse", uno que está bien ya que le queda más cerca y el quinto está de acuerdo con dichos sitios al decir que son el "único lugar de convivencia" a su alcance. Algunas de las respuestas para el resto de los encuestados de las tres localidades se hallan en el Cuadro 91.

Cuadro 90. Beneficios por los nuevos centros comerciales para JM, SMM y SJT.

	Cercanía		Fuente de empleo		Ofrecen precios más bajos		Sitios de recreación		Otros		No sabe		No beneficia		Sin dato		Total de encuestados	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	12	22.6	10	18.9	2	3.8	1	1.9	2	3.8	1	1.9	23	43.4	2	3.8	53	100.0
SMM	7	31.8	2	9.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	12	54.5	1	4.5	22	100.0
SJT	3	13.6	1	4.5	2	9.1	0	0.0	0	0.0	1	4.5	14	63.6	1	4.5	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

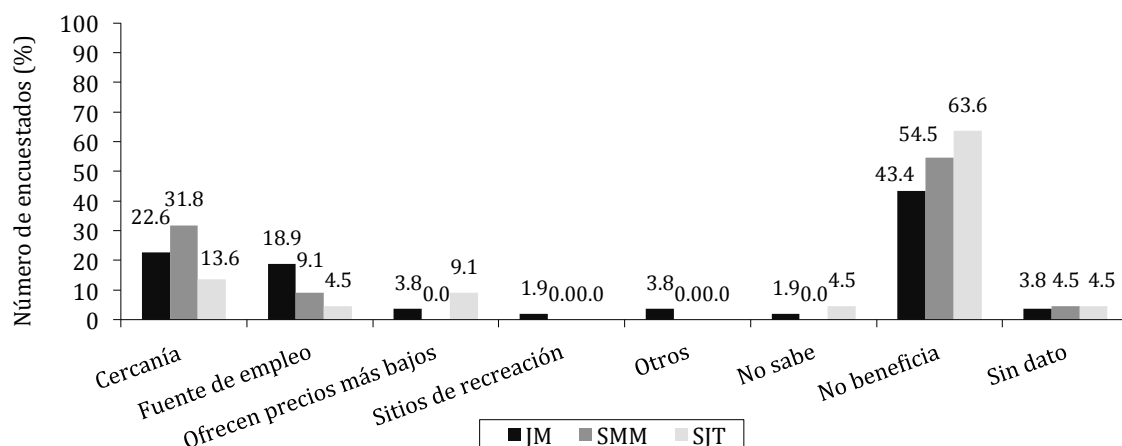


Figura 109. Beneficios por los nuevos centros comerciales para JM, SMM y SJT.

Cuadro 91. Algunas respuestas de los encuestados para los beneficios por los nuevos centros comerciales.

JM	<ul style="list-style-type: none"> • "nos beneficia porque ya no nos toca bajar allá abajo" • "está bien porque todos tenemos necesidad de consumir" • "está bien, porque ya no va uno hasta el centro y agarra más cerca las tiendas" • "[beneficia] porque pueden dar ofertas, dan empleo en la obra" • "beneficia para no ir hasta Morelia" • "me beneficia porque hay más trabajo" • "son sólo para gente rica, pero es una fuente de empleo" • Ofrecen empleo tanto en la obra como en la tienda • Si hay fraccionamientos debe haber centros comerciales y a veces hay ofertas • "son indispensables de todas maneras y es una ventaja, se economiza en transporte" • "sería más práctico" • "me queda más cerca" • "es muy caro, pero dan trabajo" • "Para no ir hasta Morelia"
SMM	<ul style="list-style-type: none"> • "hay más trabajo" • "[no beneficia] nosotros no vamos a eso" • "[no beneficia] uno no compra ahí, está bien caro" • Los servicios están más cerca • Ya no bajarían hasta el centro de Morelia • No hay que ir tan lejos a hacer las compras
SJT	<ul style="list-style-type: none"> • "es más barato" • "[no beneficia] uno no compra ahí" • Beneficia porque pueden ir • Les queda más cerca • Ya no hay que ir hasta Morelia y ofrecen trabajo

*Sólo se muestran las respuestas de los encuestados que no habitan en fraccionamientos (en SMM y SJT no existen fraccionamientos).

A diferencia de los nuevos fraccionamientos, la mayoría de los encuestados consideran que los nuevos centros comerciales no perjudica: un 54.7 % para JM, un 81.8% para SMM y un 63.6%

para SJT. Mientras que un 43.4, 16.6 y 31.8% respectivamente cree que los nuevos centros comerciales perjudican (Cuadro 92 y Figura 110).

Cuadro 92. Efectos perjudiciales de los nuevos centros comerciales para JM, SMM, SJT.

	Perjudica		No perjudica		No sabe		Total de encuestados	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	23	43.4	29	54.7	1	1.9	53	100.0
SMM	3	13.6	18	81.8	1	4.5	22	100.0
SJT	7	31.8	14	63.6	1	4.5	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje

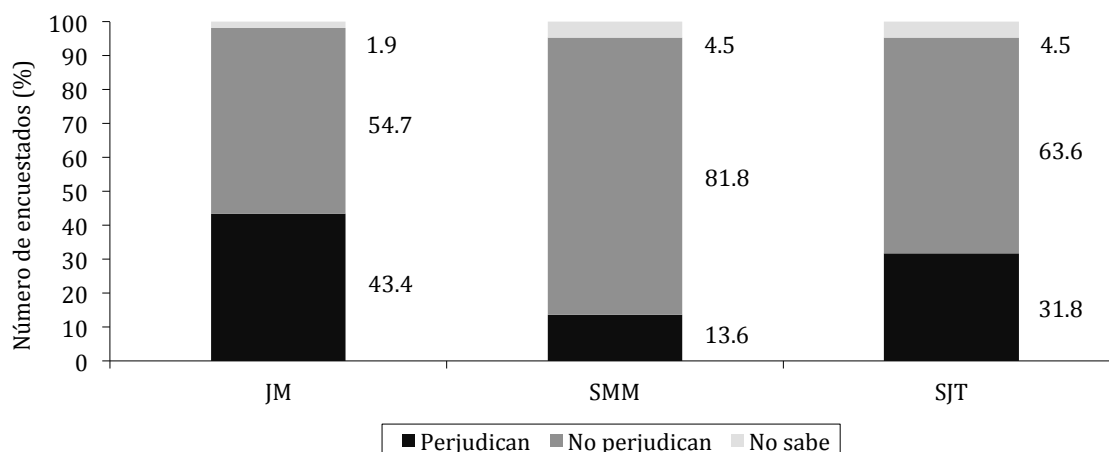


Figura 110. Efectos perjudiciales de los nuevos centros comerciales para JM, SMM y SJT.

Finalmente, 50.9% de los encuestados para JM, 40.9% para SMM y 27.3% para SJT consideran que los nuevos centros comerciales benefician. Mientras que el 43.4, 54.5 y 63.6% respectivamente expresan que no benefician (Cuadro 93 y Figura 111).

Cuadro 93. Efectos benéficos de los nuevos centros comerciales para JM, SMM, SJT.

	Beneficia		No beneficia		No sabe		Sin dato		Total de encuestados	
	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%	VA	%
JM	27	50.9	23	43.4	1	1.9	2	3.8	53	100.0
SMM	9	40.9	12	54.5	0	0.0	1	4.5	22	100.0
SJT	6	27.3	14	63.6	1	4.5	1	4.5	22	100.0

VA: valor absoluto, %: valor relativo expresado en porcentaje valor relativo expresado en porcentaje valor relativo expresado en porcentaje

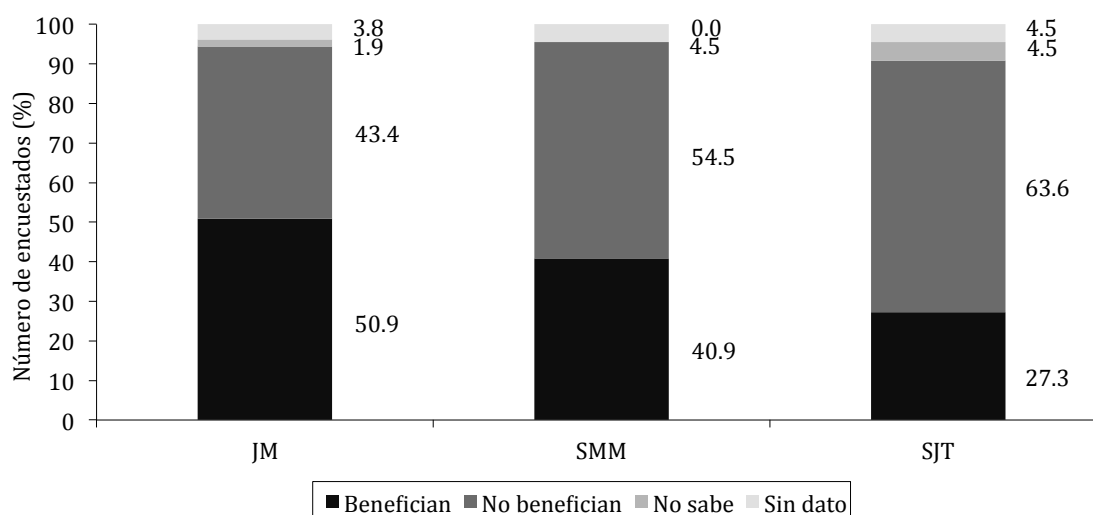


Figura 111. Efectos benéficos de los nuevos centros comerciales para JM, SMM y SJT.

Discusión y conclusiones

En la cuenca del río Chiquito, las tres localidades consideradas para la muestra no presenta una proporción considerable de viviendas construidas con materiales precarios. Casas de adobe o madera se encuentran en menos del 10% en JM y SMM en un 13.6% en SJT (sólo un 1.9% -una casa- en JM fue de cartón y/o lámina). Únicamente en el primer poblado se hallaron fraccionamientos privados –lo que se corroboró visualmente en campo- y representan casi el 10% de la muestra. La mayoría de ellos son de reciente construcción, incluso algunos se encuentra aún sin concluirse o parcialmente deshabitados.

En cuanto a los tipos de empleo que poseen los jefes de familia, destaca que en SMM y en SJT alrededor de la tercera parte son campesinos (40.9 y 31.8% respectivamente), mientras que en JM menos del 10% se dedican al sector económico primario. Desde el punto de vista productivo, esto indica un contexto mayormente rural en las primeras localidades, que en la última. Aunque, la agricultura de subsistencia prevale en buena parte de la población de los tres poblados, en JM ha disminuido por la venta de tierras agrícolas –principalmente ejidales- para la construcción de nuevos fraccionamientos (entre ellos el CHC *Altozano*). Los tres asentamientos también presentan una buena proporción de albañiles, que es superior en SJT y JM (22.7 y 15.1% correspondientemente) que en SMM (9.1%). Por otro lado, en términos laborales es mucho más heterogéneo JM que SMM y SJT. En la primera localidad aparecen algunas categorías que no se presentan en las otras localidades, como profesionistas (11.3%) y empleadas domésticas (9.4%). Los jefes de familia sin trabajo no representaron más del 10% en ningún caso.

Buena parte de los jefes de familia trabajan exclusivamente en Morelia, casi la mitad de JM y SJT (43.4 y 45.5% respectivamente) y una quinta parte de SMM (18.2%). De las tres

localidades, sólo en JM se registró un 3.8% -dos jefes de familia- que laboran en los EUA. En las primeras dos localidades muchos de los jefes de familia que trabajan en la ciudad son empleados de la construcción –albañiles- que suelen caminar hacia la misma por veredas, pues la distancia desde esos poblados -más cercana que la existente desde SMM- se los permite. Lo anterior se ve motivado por los grandes tiempos que representan los traslados (desde SJT y SMM en transporte colectivo se realiza –dependiendo el momento del día- alrededor de una hora para ir o regresar a Morelia –al centro histórico- y para JM poco más de 30 minutos), así como los altos costos del transporte público (mínimamente 24 pesos diarios para los habitantes de SJT y SMM y 12 pesos para los de JM, aunque en los peores escenarios llega a ser mayor de 70 pesos en las primeras y mayor de 50 en la última). Con gastos semanales que alcanzan más de 300 pesos en algunos casos.

Con relación a la migración, se distingue que prácticamente todos los jefes de familia de la muestra para SMM y SJT son originarios de la localidad. No así para JM, donde un 32.1% de los mismos provienen de fuera del poblado y la tercera parte de esa proporción de Morelia (11.3%). Por otro lado, existen jefes de familia que han emigrado de la localidad y luego regresado a la misma, cerca de un cuarto de JM y SJT (26.4 y 22.7% respectivamente) y 13.6% de SMM. La mayoría lo hicieron a los EUA, más de la mitad para JM y SJT (64.3% y 60.0%) y un tercio de SMM (33.3%), mientras que sólo un 14.3% de JM a Morelia. Sólo en el último asentamiento se registraron jefes de familia que radican permanente en los EUA con un porcentaje de 3.8, que equivale a dos personas. Cabe mencionar que cerca de un 40.0% de los encuestados poseen familiares originarios de la localidad que han emigrado –de manera permanente o no- (que no son el jefe de familia), principalmente a los EUA (aproximadamente el 90.0% de JM y SJT y el 50.0% de SMM); aunque destaca que también a Morelia pero en menor proporción (25.0% de SMM, 11.1% de SJT y 5.0% de JM).

Al respecto del agua, las tres localidades cuentan cada una con un comité de agua potable que administra sus propios sistemas de agua potable. Aunque el OOAPAS brinda el saneamiento de las aguas residuales (41.3% de las de JM y 55.3% de las de SMM, para las de SJT no hay planta de tratamiento), así como apoyo en problemas operativos del alcantarillado. Los poblados de JM y SMM tienen prácticamente cubierta la totalidad del servicio de abastecimiento público con tomas domiciliarias (sólo una vivienda de la muestra de SMM no lo tiene), mientras que en SJT el 13.6% de las viviendas encuestadas no lo tienen (tres casas). Sin embargo, el Censo de Población y Vivienda 2010 expone que hay viviendas habitadas que no disponen de agua entubada de la red pública: 4.1% de JM, 15.8% de SMM y 16.6% de SJT.

En JM el servicio de agua potable se brinda en tandas de alrededor de seis horas cada tres días. Mientras que en SMM y SJT es de carácter permanente, pero en la última localidad suele fallar durante la mitad del año, aproximadamente desde los meses de diciembre o enero –

época de secas- hasta el mes de junio –cuando inicia la temporada de lluvias-, incluso algunas viviendas se quedan totalmente sin abasto, por lo que deben recurrir a la compra de agua de pipa. Lo anterior se ve reflejado cuando el 73.7% de los encuestados de SJT exponen que la cantidad de agua recibida no es suficiente -ya que se refieren al aspecto temporal- mientras que un 26.9% de JM dicen que no lo es pues se refieren al tandeado del agua que entre 5 y 10 años atrás era constante. Sólo un 9.5% de SMM no consideran suficiente la cantidad de agua que reciben.

En cuanto a la calidad del agua se encontró que en JM el 36.5% de las viviendas de la muestra la beben sin purificarla, mientras que en SMM y SJT lo hacen un 71.4% y un 63.2% respectivamente. Un 21.1% de los encuestados de SJT (cuatro personas) expusieron que dejaron de consumirla tal y como llega a su domicilio por haberse enfermado, en tanto que para JM y SMM esto sólo ocurrió en un 3.8% (dos personas) y un 4.8% (una persona) correspondientemente. A pesar de lo anterior, casi toda la población encuestada de las tres localidades considera que el agua es de buena calidad para el uso doméstico en general. Cabe mencionar que en campo se constató que algunos de los encuestados dejaron de ingerir el agua tal y como se les abastece sin especificar razones claras o consistentes. Optaron por comprar agua embotellada –de garrafón- cuando esta se volvió de uso común, motivados porque les genera una suerte de posición social (estatus social), así como por rumores de contaminación en el agua –influidos en buena medida por agentes exógenos como los medios de comunicación en los que se refiere a la problemática, aunque no necesariamente en su lugar de residencia-. Por lo cual esto se ha convertido ya en una costumbre para muchos, sobre todo en la localidad con características más urbanas, es decir JM. No obstante, en la última algunos de los encuestados expusieron su desconfianza en la calidad del líquido desde que insertaron al sistema de abastecimiento público agua extraída de un pozo, diciendo que cuando eso ocurrió, la misma cambió de sabor.

Sobre el drenaje se tuvo para la muestra que todas las viviendas de JM cuentan con el mismo, mientras que un 9.1% (dos viviendas) de SMM y un 18.2% (cuatro viviendas) de SJT tienen fosa séptica pues no poseen tal servicio. Lo anterior es hasta cierta medida consistente con lo expuesto por el Censo de Población y Vivienda 2010, el cual reporta un 2.1% de viviendas habitadas sin drenaje para JM, 16.4% para SMM y 28.4% para SJT. Cabe mencionar que las descargas de aguas residuales de las tres localidades se hacen para cada caso en una corriente tributaria del río Chiquito, aunque las de SJT también son vertidas en otra –el arroyo San José-.

Con relación a la recolección de basura todas las localidades cuentan con el servicio y todos lo encuestados expusieron hacer uso del mismo. El ayuntamiento lo brinda una o dos veces por semana y en JM hay un recolector particular que acude casi diario.

Existe una similitud entre las localidades de JM y de SMM para los problemas ambientales considerados por los encuestados como los más graves. En dichos poblados la mayoría expresó que el problema más delicado es la deforestación y una proporción un poco menor que la basura lo es (con el mismo porcentaje del último, en SMM se expresó como problema más delicado a la erosión del suelo y a la expansión de la ciudad). En tanto que para SJT la mayor parte mencionó a la calidad del agua de uso doméstico –que no figuró para JM y SMM- y otra menor porción apuntó igualmente a la deforestación y a la baja productividad agrícola. Lo que si es evidente es que en los tres poblados se comparte la idea de que la deforestación, la baja productividad agrícola y la basura son los problemas ambientales más relevantes.

Entre algunas de las causas de la deforestación se exponen la falta de cultura ambiental y desinterés, la expansión urbana y sobrepoblación, la negligencia de las autoridades, la falta de empleo y aprovechamiento forestal y la venta de terrenos por parte de la población local. Dentro de sus perjuicios se mencionaron el deterioro ambiental, el cambio en el microclima, mala calidad y/o escasez del agua. Por otra parte consideran que la baja productividad agrícola se debe al deterioro de los suelos, plagas y altos costos de los agroquímicos, a la modificación en el régimen de lluvias y al calentamiento global, con efectos negativos como la escasez de alimento y por ende aumento en sus precios y el gasto en fertilizantes. Sobre el problema de la basura lo atribuyen a la falta de cultura ambiental y desinterés que (varios se quejan de las personas de Morelia que visitan los alrededores y que la dejan ahí mismo, o incluso que sólo van a tirarla en esos sitios) y dicen que repercute como mala calidad y/o escasez del agua y con la pérdida de valor estético.

Que la calidad del agua haya aparecido como el problema ambiental considerado como el más grave en SJT puede estar influido por la escasez del líquido que sufre la población durante casi la mitad del año, pero tal vez también por la calidad del mismo. Pues aunque todos los encuestados expusieron que es de buena calidad para el uso doméstico y un 63.2% la bebe sin purificarla, un 21.1% dejó de hacerlo por haberse enfermado.

La expansión de la ciudad sólo fue considerada como el problema más grave por un 4.5% de los encuestados de SJT, por un 9.4% de JM y por un 13.6% de SMM. Sin embargo, alrededor de la quinta parte (19.5%) de la población encuestada para JM consideró a la expansión urbana como uno de los tres problemas ambientales más delicados, lo cual resalta pues es una localidad de carácter urbano y prácticamente conurbada con la ciudad. Dicho de otra forma, se halla en un espacio donde los procesos periurbanos ocurren a su máxima expresión, en tanto que en SMM y SJT -poblados de características mayormente rurales- el 13.6 y 4.5% de los encuestados respectivamente, contemplaron a la expansión urbana dentro de los tres problemas ambientales más importantes.

La erosión del suelo sólo fue expuesta como el problema ambiental más delicado por encuestados de las localidades de mayor carácter rural (13.6% tanto en SMM, como en SJT) y por ninguno en JM que posee condiciones mayormente urbanas. Mientras que en este último poblado la desaparición de fauna silvestre fue considerada como el problema más grave por el 9.4% de la muestra, a diferencia de los otros dos asentamientos donde nadie la consideró.

Por otra parte, destaca que en las tres localidades la población encuestada reconoce a la deforestación como el problema ambiental más antiguo, En tanto que al menos casi la tercera parte de los encuestados en JM y SMM identifican a la expansión urbana como el problema ambiental más reciente.

Una vez identificada la problemática ambiental por parte de los encuestados, estos calificaron (de uno a 10) el estado de la naturaleza, obteniendo el menor promedio la localidad de mayor carácter urbano, es decir JM con 6.2, seguida por casi un punto de diferencia SJT con 7.1 y por más de un punto de SMM con 7.6.

En cuanto al régimen de lluvias más de la mitad de los encuestados de las tres localidades consideran que recientemente llueve menos -cantidad de agua- o con menor frecuencia. Asimismo, más de la mitad de la población encuestada para los tres poblados expusieron que el régimen se modificó durante la última década. En cuanto a las causas de tal cambio, la deforestación fue la que se expresó mayormente en todas las localidades.

Sobre los procesos de periurbanización, la mayoría de los encuestados para JM, SMM y SJT manifestaron que los nuevos fraccionamientos son perjudiciales (79.2, 72.7 y 59.1% respectivamente). Y sólo una minoría consideran que no lo son (18.9, 27.3 y 36.4% correspondientemente). La mayor proporción del total de respuestas de la población encuestada (puede haber más de una por encuestado) de JM, SMM y SJT (32.2, 28.0 y 20.8% de manera respectiva) refiere al deterioro ambiental como perjuicio de los nuevos fraccionamientos. Aunque -en porcentajes menores- también se alude a efectos negativos tales como el incremento del tránsito vehicular, la reducción de los espacios rurales, la expansión urbana y sobrepoblación, la escasez del agua y la división social.

Por otra parte, la minoría de los encuestados de JM, SMM y SJT consideran que los nuevos fraccionamientos benefician (35.8, 22.7 y 18.2% respectivamente). En tanto que la mayoría exponen que no benefician (62.3, 77.3 y 77.3% correspondientemente). La población encuestada expresó que los nuevos fraccionamientos son benéficos pues brindan fuentes de empleo para albañiles durante su construcción y para mujeres como empleadas domésticas una vez que son habitados. En otra proporción mucho menor, algunos encuestados ven beneficios en una supuesta generación de desarrollo y en la atracción de servicios.

En cuanto a los nuevos centros comerciales, -a diferencia de los nuevos fraccionamientos- una minoría de los encuestados para JM, SMM y SJT (43.4, 16.6 y 31.8%

correspondientemente) manifiestan que perjudican. Mientras que la mayoría (54.7, 81.8 y 63.6% respectivamente) consideran que no perjudican. Dentro del total de respuestas de la población encuestada (puede haber más de una por encuestado) la mayor proporción (20.4, 13.6 y 10.5% de forma respectiva) señala un mayor tránsito vehicular como perjuicio de los nuevos centros comerciales. Entre otros efectos negativos -con menor porcentaje- se expresa que producen deterioro ambiental, división social, expansión urbana y sobrepoblación y reducción de los espacios rurales.

Por otro lado, en cuanto a los beneficios de los nuevos centros comerciales sólo en la localidad de carácter urbano JM la mayoría de los encuestados consideran que son benéficos (50.9%), mientras que una minoría de las localidades con características rurales también expresan que lo son (40.9% para SMM y 27.3% para SJT). Desde otro sentido, la menor porción de la muestra de JM expone que no benefician (43.4%), en tanto que la mayor parte de la población encuestada de SMM y SJT señala que no son benéficos (54.5 y 63.6% respectivamente).

DISCUSIÓN GENERAL

La cuenca periurbana del río Chiquito actualmente sufre de una fuerte presión de la ciudad de Morelia hacia ella, sin embargo dicha presión no sólo radica en la expansión de la mancha urbana hacia la misma -proceso que es creciente-. Históricamente, la cuenca ha desempeñado un papel trascendental como fuente de recursos naturales para la ciudad, entre los que destacan los hídricos y los forestales. Además, brinda servicios ambientales como la regulación microclimática de la ciudad y es un espacio de recreación y apreciación estética de la población citadina.

En la última década la dinámica social de la cuenca se ha visto impactada por el crecimiento de la ciudad de Morelia. Se ha convertido en un espacio periurbano que no sólo provee de recursos naturales a la urbe, sino que también experimenta flujos laborales diarios de una buena parte de su población, así como de nuevos habitantes -generalmente provenientes de la ciudad- que han encontrado en la cuenca un lugar de residencia.

La llegada de nuevos habitantes es evidente en la localidad de JM, con la construcción de conjuntos habitacionales privados -y cerrados- que pocos vínculos guardan con su entorno, pues fungen muchas veces sólo como espacios de dormitorio. Las familias que en ellos habitan, generalmente de nivel socioeconómico medio y alto, desempeñan buena parte de sus actividades cotidianas en la ciudad (trabajo, escuela, recreación, entre otras) -o incluso dentro de los mismos fraccionamientos, por la infraestructura con la que algunos de ellos cuentan-. Lo anterior ha ocasionado procesos de división social como SRS, tal y como lo expresa una porción de la población de JM: sienten desconfianza y un desplazamiento o invasión territorial.

Sin embargo, a diferencia de JM donde el proceso de conurbación ya ocurrió; los servicios básicos (agua, luz y drenaje) están cubiertos en más del 95.0% de las viviendas habitadas; alrededor del 10.0% de los jefes de familia se dedican al sector primario y casi la mitad laboran en la ciudad; y con una población de ronda los 5,000 habitantes se trata ya de una localidad o un espacio prácticamente urbano. No obstante, en el resto de la cuenca no es así, pues predominan los espacios mayormente rurales.

SMM y SJT son los dos poblados que le siguen demográficamente a JM, con menos de 1,000 pobladores en cada uno. Ambos se encuentran en entornos plenamente rurales, donde la distancia -de los dos- a JM es de alrededor de seis kilómetros y al centro de la ciudad (plaza Carrillo) de cerca de 15 kilómetros. Más de un 15.0% de las viviendas habitadas no disponen del servicio de agua, ni de drenaje, mientras que en el primero el 6.0% no cuenta con luz eléctrica y en el segundo el 3.0%. Alrededor de una tercera parte de sus habitantes se dedican al sector primario. En estos no hay -todavía- conjuntos residenciales, ni desarrollo cercano de ningún tipo de centros comerciales, sólo casas campestres (de descanso o de campo) que no son habitadas más que temporalmente -como fines de semana- por la gente de la ciudad. A pesar de ello y aunque estas dos localidades no poseen rasgos -como JM- que permitan definir las como urbanas, no pueden considerarse como plenamente rurales, pues mantienen vínculos estrechos con la ciudad, en algunos casos casi tan importantes como los de JM.

Una proporción importante de los jefes de familia de JM (22.7%) trabajan como albañiles en la ciudad de Morelia. Situación que se comparte con SJT (15.1%) y SMM (9.1%), aunque en las últimas dos localidades y mayormente en SMM, su contexto rural permite que sea mucho más común que estos se dediquen a las actividades agropecuarias y forestales. Cabe mencionar que los grandes tiempos y los altos costos que representan los traslados hacia la ciudad en el transporte colectivo han motivado que muchos de los jefes de familia, principalmente de JM y SJT, caminen hacia la ciudad por veredas, pues la distancia -más cercana que la existente desde SMM- se los permite.

En cuanto a la migración, sólo se presenta de manera significativa en JM y ocurre esencialmente hacia los EUA. Esto puede deberse a que en los últimos años los pobladores de esa localidad han vendido de poco en poco sus propiedades agropecuarias y forestales -principalmente ejidales- a especuladores urbanos o a familias de la ciudad que desean construir casas de campo. Estos terrenos representaban su fuente de trabajo y por ende de ingresos, por lo que el deshacerse de ellos los ha obligado eventualmente a buscar empleo en la ciudad de Morelia o fuera del país. La venta de terrenos comienza a ser una actividad común en otras partes de la cuenca y es probable que los pobladores a la larga puedan verse enfrentados a situaciones como las ocurridas en JM.

Acercas de los nuevos fraccionamientos, la mayoría de la población de JM, SMM y SJT considera que son perjudiciales y no les benefician en nada, ya que generan deterioro ambiental, mayor tránsito vehicular, reducción de los espacios rurales, expansión urbana y sobrepoblación, escasez del agua y división social. Mientras que sólo una minoría ve algunos beneficios como la fuente de empleo, principalmente para albañiles -durante la construcción- y para empleadas domésticas -cuando son habitados-, una supuesta generación de desarrollo y una atracción de servicios. Por otro lado, sobre los nuevos centros comerciales la mayor parte de los habitantes de los tres poblados consideran que no son perjudiciales, pero un sector reconoce que pueden afectar principalmente con el incremento en el tránsito vehicular. No obstante, sobre los beneficios expresados hay una diferencia con la percepción mostrada por los habitantes de la localidad mayormente urbana (JM) con la de los de las localidades mayormente rurales (SMM y SJT). A diferencia de las últimas dos, en la primera se alcanza poco más de la mitad (50.9%) de los pobladores que creen que los nuevos centros comerciales son benéficos (por la cercanía, por las ofertas y porque ofrecen empleo) en tanto que en SJT un 54.5% y en SMM un 63.6% consideran que no lo son.

En otro sentido, la población de las tres localidades comparten la noción de que los tres problemas ambientales más importantes a sus alrededores son la deforestación, la baja productividad agrícola y la basura. Además, vinculan el primero y el último con los procesos de expansión urbana de Morelia. Resalta que los encuestados de JM calificaron (de uno a 10) el estado de la naturaleza circundante a su localidad con un promedio menor (6.2) que los poblados con características mayormente rurales: SMM (7.6) y SJT (7.1).

Aunque casi toda la población encuestada de las tres localidades considera que la calidad del agua para el uso doméstico en general es buena. En SJT, alrededor de la tercera parte de los encuestados la consideran como el problema ambiental más importante, mientras que tal

consideración sólo ocurre en cerca del 5.0% de JM y de SMM. Lo anterior puede estar influido por la escasez del líquido que sufre la población de SJT durante casi la mitad del año, pero tal vez también por la calidad del mismo. Pues aunque todos los encuestados expusieron que es buena para el uso doméstico y un 63.2% la bebe sin purificarla, un 21.1% dejó de hacerlo por haberse enfermado. Cabe mencionar que los manantiales *La Pitahaya* y *La Tijera* son los que surten de agua a dicha población desde hace más de 20 años. El primero es de mayor caudal y su calidad fue evaluada durante la presente investigación. Obtuvo una calidad general del agua buena, que es compatible con la ingesta humana con tan sólo una purificación ligera –como clorarla o hervirla-, no obstante se considera que el consumo de esta agua no representa riesgos para la salud humana, ya que los niveles de *E. coli* registrados son muy bajos y seguramente se trata de coliformes de vida libre -y no de origen fecal-, ya que no existen evidencias en el lugar de fuentes de contaminación fecal. Por lo que los problemas de enfermedades por el consumo de la misma pueden estar relacionados a su manejo una vez que llega al pueblo, aunque se observó en campo que la cisterna donde es captada el agua en ocasiones suele taparse con materia orgánica, y debido a que se halla lejos de la localidad no parece recibir un mantenimiento frecuente, de tal manera que al estancarse puede deteriorarse su calidad. Asimismo puede ser causa de la escases pues en ocasiones no sólo se tapa, sino que las corrientes superficiales de ambos manantiales llegan a desviarse antes de llegar a la cisterna por la obstrucción con materia orgánica (desde sedimentos, hojas, ramas y troncos).

Por otra parte, aunque las tres localidades cuentan cada una con un comité de agua potable que administra sus propios sistemas de captación y distribución del líquido. Es el OOAPAS quien brinda el saneamiento de las aguas residuales (41.3% de las de JM y 55.3% de las de SMM, para las de SJT no hay planta de tratamiento), así como apoyo en problemas operativos del alcantarillado. Destaca que son las descargas de aguas residuales –tratadas y sin tratar- de dichos poblados y de otros más pequeños de la cuenca (evaluadas en los puntos *SMM*, *Planta de tratamiento SMM*, *Planta de tratamiento JM* y *Carretera JM*) las que ocasionan en conjunto con los procesos erosivos un mayor deterioro en la calidad del agua de la misma.

Lo anterior se hace evidente en la evaluación de la calidad del agua, pues la mayoría de las localidades descargan sus aguas residuales en la zona de tránsito de la cuenca, lo cual ocasiona impactos en la calidad de las corrientes superficiales. Toda vez que el agua de mejor calidad proviene de la zona de cabecera de la cuenca y al pasar por la zona de tránsito sufre alteraciones importantes en su calidad. No obstante, se encontró que al llegar a la zona de emisión sufre un proceso natural de autodepuración que se ve revertido cuando atraviesa la ciudad y recibe una importante descarga de aguas residuales.

CONCLUSIÓN GENERAL

De acuerdo a los resultados puede establecerse que los procesos periurbanos en la cuenca influyen a sus localidades más grandes: JM, SMM y SJT y seguramente también a las más pequeñas. No obstante, de acuerdo a los vínculos con la ciudad de Morelia, principalmente de flujos laborales y como fuente de servicios (educativos, de salud, de productos básicos, etc.) puede distinguirse que el primer asentamiento es prácticamente de carácter urbano, pues presenta mayores relaciones con la misma, que con el medio rural que aún le circunda ya que muchos de sus pobladores han vendido -o dejado de trabajar- las tierras que poseían en esos lugares. Por otro lado, los poblados de SMM y SJT presentan condiciones mayormente rurales, sobre todo en sus actividades productivas, aunque no deben perderse de vista las relaciones que también mantienen con la ciudad, en especial SJT por su cercanía a pie.

Por otro lado, la zona de cabecera de la cuenca posee los sitios con mejor calidad del agua que se muestra constante a lo largo del año, además ahí existe una cubierta vegetal poco fragmentada con impactos menores por el manejo de los recursos naturales. La zona de tránsito de la cuenca es heterogénea en cuanto a la calidad del agua, pero es ahí donde ocurre el deterioro más importante, ocasionado por los procesos erosivos –magnificados en ese lugar- y por la descarga de aguas residuales –tratadas y sin tratar- que provienen de las diferentes localidades. Posteriormente, en la zona de emisión el agua muestra una recuperación natural de su calidad, que se vincula a la existencia de una reserva natural y a la menor energía del relieve (con una menor turbulencia permite la sedimentación de los SST y con ellos, de otros contaminantes). Sin embargo, una vez que el agua ingresa a la ciudad ve fuertemente disminuida su calidad al recibir una importante cantidad de descargas residuales.

En definitiva, el papel histórico de la cuenca del río Chiquito como exportadora de recursos naturales, principalmente hídricos y forestales, ha sido determinante para la ciudad de Morelia desde su fundación. Pero en años recientes se presenta una modificación de la relación con la última, pues dicho flujo de recursos va cada vez en decremento tanto en cantidades absolutas, como en importancia para los grandes especuladores inmobiliarios, los gobiernos locales e incluso la población citadina. Lo cual se distingue en los acelerados procesos de urbanización que desde la última década presionan el medio rural de la cuenca; creando y fortaleciendo nuevos flujos con la ciudad, principalmente laborales, ya que no sólo son los pobladores originarios de la cuenca quienes trabajan en la misma, sino también quienes llegan a vivir a ella. Asimismo, se ha depreciado su valor ecológico, reduciéndolo a sitios de recreación o a un espacio donde la gente con mejores condiciones económicas elige como su lugar de residencia permanente o de fin de semana –en casas de campo-.

Lo anterior se refleja en procesos crecientes de SRS que generan desconfianza entre la población local y un impacto en sus costumbres y cultura. Pues no sólo son fraccionamientos privados los que se han instalado en la cuenca, también parte del CHC *Altozano* que cuenta con centros comerciales de tipo “americano” o *mall*, totalmente ajenos al contexto rural que prevalecía en el lugar hasta hace poco tiempo.

Debe reconocerse que el índice utilizado para evaluar la calidad del agua en la cuenca (ICA) es una primera aproximación a la calidad general de la misma, pues no contempla la contaminación por otro tipo de parámetros específicos (como metales pesado, plaguicidas, grasas y aceites, etc.), aunque por las condiciones rurales de la cuenca y las fuentes de contaminación antropogénica principalmente de descargas de aguas residuales se considera hasta cierta medida representativo. En todo caso, habrá que hacer mayores ajustes al mismo para adaptarlo a las condiciones específicas de la cuenca, pero se ha de recalcar que ese no era un objetivo de la presente investigación. Sólo se empleó el ICA con la finalidad de agrupar los parámetros evaluados y conocer un tipo de calidad general. No obstante, queda abierta una oportunidad para hacer nuevos estudios que apliquen otros tipos de ICA y/o incluyan otros parámetros de calidad del agua más específicos.

Finalmente, se aclara que el presente trabajo es un acercamiento desde una perspectiva geográfica ambiental, que no pretende en ningún momento alcanzar equilibrios multi e interdisciplinarios, ni supuestas integralidades conceptuales o metodológicas, sino que asume en principio el valor de los enfoques disciplinarios –ya sean biofísicos o sociales- como insumo al análisis del ambiente de una manera espacial. Por lo tanto, esta investigación no reemplaza de ninguna manera y en ningún momento otras importantes aproximaciones para el análisis ambiental desde campos del conocimiento más específicos como la Geografía Física, la Ecología, las Ingenierías y otros; ni tampoco de aquellos como la Geografía Humana, la Antropología, la Historia, la Sociología y demás.

RECOMENDACIONES

- Debe de protegerse a toda costa de la presión inmobiliaria el área de la reserva natural ubicada en la parte baja de la cuenca, pues desempeña una función elemental como un espacio de autodepuración de la contaminación del agua. Así como uno de los pocos sitios de recreación que aún quedan para los habitantes de la ciudad de Morelia.
- Las autoridades municipales de Morelia deben reconocer el papel elemental que desempeñan para promover la inserción de la cuenca del río Chiquito en un modelo de gestión de cuencas periurbanas, toda vez que la última se encuentra completamente dentro de los límites del municipio y sus aguas son aún fuente de abasto para un sector de la ciudad de Morelia.
- Es importante desarrollar y aplicar un Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Morelia que contemple a la cuenca como un sitio de alto valor ecológico y recreativo, así como un espacio rural donde muchos de sus pobladores aún encuentran su sustento con base en las actividades del sector primario. Este documento debe tomar en cuenta la interconexión natural que existe entre la microcuenca del río Chiquito y la cuenca de Cuitzeo. Además de ser coherente con el Ordenamiento ecológico territorial del municipio de Morelia y con el Ordenamiento regional de la cuenca del lago de Cuitzeo.
- Por la importancia -ya argumentada- de la cuenca del río Chiquito es recomendable conformar un Comité de cuenca con representación de todos los sectores que sea eje para la implantación de un modelo de gestión de cuencas periurbanas. Ya que se cuenta con Comités del agua (en las localidades más grandes de la cuenca) y el apoyo del OOAPAS. Los primeros desempeñan actividades relacionadas con la captación y el abastecimiento del agua, así como a la protección de las fuentes principales; y los segundos apoyan con el saneamiento de las aguas residuales y el alcantarillado. Por ende, la gestión del agua se vuelve sectorizada al abastecimiento público y a su tratamiento, lo que carece de una visión a nivel de cuenca que contemple los procesos funcionales de diversas índoles en dicha unidad territorial.
- Es fundamental que las aguas residuales domésticas de la cuenca del río Chiquito, tanto en su zona de tránsito como de adentro de la ciudad, sean tratadas en su totalidad. Pues las de la primera zona representa una de las principales causas de contaminación de las corrientes superficiales y las segundas deterioran fuertemente la calidad del agua que se une al río Grande y finalmente llega al lago de Cuitzeo. Además, el agua que atraviesa la ciudad puede resultar en un foco de agentes patógenos (como microorganismos e insectos y roedores que los transportan), a su vez el ICA_{FQ} y el ICA_{E. coli} de los dos puntos de muestreo en la ciudad (*García Obeso* y *Av. Michoacán*) expone que debe evitarse el contacto humano con estas aguas, por lo que el riesgo de que alguien caiga en el cauce y sufra daños en su salud se mantiene presente.
- Se recomienda realizar actividades de restauración en las zonas de la cuenca que presentan cárcavas y espacios con suelo desnudo, pues son procesos erosivos registrados desde hace al menos un siglo y que continúan siendo –en conjunto con las

descargas de aguas residuales- uno de las principales factores que disminuyen la calidad del agua.

FUENTES CONSULTADAS

Referencias bibliográficas

ABOITES, L. (2002). "Notas sobre el optimismo mexicano y los vínculos entre geografía, ingeniería hidráulica y política (1926-1976)" en P. Ávila (ed.), *Agua, cultura y sociedad en México*. COLMICH/IMTA, México, pp. 185-198

AGUILAR, A. G. (2009). "Urbanización periférica e impacto ambiental. El suelo de conservación en la Ciudad de México" en A. G. Aguilar e I. Escamilla (coords.) *Periferia urbana, deterioro ambiental y reestructuración metropolitana*, IG, UNAM/Miguel Ángel Porrúa, México, pp. 21-52

AGUILAR, A. G. e I. Escamilla (2009). "Introducción" en A. G. Aguilar e I. Escamilla (coords.) *Periferia urbana, deterioro ambiental y reestructuración metropolitana*, IG, UNAM/Miguel Ángel Porrúa, México, pp. 5-18

AGUILAR, A. G. y B. Graizbord (2001). "La distribución espacial de la población. Concentración y dispersión" en J. Gómez de León y C. Rabell (coords.), *La población de México. Tendencias y perspectivas sociodemográficas hacia el siglo XXI*, CONAPO/FCE, México, D.F., pp. 553-594

AGUILAR A. G. y J. A. Vieyra (2006). "El sistema urbano nacional y su articulación con los espacios rurales. Implicaciones para el ordenamiento territorial" en J. Delgadillo (coord.) *Política territorial en México. Hacia un modelo de desarrollo basado en el territorio*, SEDESOL/IIEc, UNAM, México, pp. 231-259

AGUILAR, M. y C. Contreras (2009). "La geografía ambiental. Orígenes, ámbito de estudio y alcances" en M. Chávez, O. M. González y M. del C. Ventura (eds.) *Geografía humana y ciencias sociales. Una relación reexaminada*, COLMICH, Zamora, pp. 261-296

AGUILAR, V., M. Kolb, P. Koleff y T. Urquiza (2010). "Las cuencas de México y su biodiversidad: una visión integral de las prioridades de conservación" en H. Cotler (coord.) *Las cuencas hidrográficas de México. diagnóstico y priorización*, SEMARNAT/INE/Fundación Gonzalo Río Arronte, México, pp. 142-153

Disponible en:

<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/639/biodiversidad.pdf>
(junio, 2011)

ALVARADO, C., A. Vieyra y J. Hernández (2008). "Diferenciación socio-residencial en el área urbana de la ciudad de Cuernavaca, Morelos" en *Instituto de Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, no. 66, México, pp. 135-152

Disponible en:

http://www.igeograf.unam.mx/web/iggweb/publicaciones/boletin_editorial/boletin/bol66/bltn66art8.pdf
(mayo, 2011)

ANZALDO, C. y E. A. Barrón (2009). "La transición urbana de México, 1900-2005" en CONAPO, *La situación demográfica de México 2009*, México, D.F., pp. 53-66

Disponible en:

<http://www.conapo.gob.mx/publicaciones/sdm/sdm2009/04.pdf>
(mayo, 2011)

APARICIO, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*, Editorial Limusa, México

ARELLANO, J. (2002). *Introducción a la Ingeniería Ambiental*, Alfaomega Grupo Editor/IPN, México

ATSDR (2004). *Toxicological profile for ammonia*, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta

Disponible en:

<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp126.pdf>

(mayo, 2011)

ÁVILA, H. (2001). "Ideas y planteamientos teóricos sobre los territorios periurbanos. Las relaciones campo-ciudad en algunos países de Europa y América" en *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, no. 45, pp. 108-127

Disponible en:

http://www.igeograf.unam.mx/web/iggweb/publicaciones/boletin_editorial/boletin/bol45/b45art7.pdf

(mayo, 2011)

ÁVILA, H. (2004). "La agricultura en las ciudades y su periferia: un enfoque desde la Geografía" en *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, no. 53, pp. 98-121

Disponible en:

http://www.igeograf.unam.mx/web/iggweb/publicaciones/boletin_editorial/boletin/bol53/b53art6.pdf

(mayo, 2011)

ÁVILA, P. (1991). "Estudio preliminar sobre el deterioro socioambiental en la ciudad de Morelia: El caso del agua" en G. López (coord.), *Urbanización y desarrollo en Michoacán*, COLMICH/Gobierno del Estado de Michoacán, Zamora, pp. 233-259.

ÁVILA, P. (2007). *Agua, ciudad y medio ambiente: una visión histórica de Morelia*, CIEco, UNAM/SEDESOL/Ayuntamiento de Morelia/Observatorio Urbano de Morelia, México

BASALENQUE, D. (1989). *Historia de la Provincia de San Nicolás Tolentino de Michoacán*, Balsal Editores, Morelia

BIRRICHAGA, D. (2009). "Legislación en torno al agua, siglos XIX y XX" en CONAGUA, *Semblanza histórica del agua en México*, SEMARNAT, México, pp. 43-59

Disponible en:

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-28SemblanzaHistoricaMexico.pdf>

(abril, 2011)

BOCCO, G. (2010). "Geografía y Ciencias Ambientales: ¿campos disciplinarios conexos o redundancia epistémica?" en *Investigación ambiental. Ciencia y política pública*, SEMARNAT/INE, vol. 2/no. 2, México, pp. 25-31

Disponible en:

<http://www.revista.ine.gob.mx/article/view/66/84>

(mayo, 2011)

BOCCO, G. y S. Urquijo (2011). "La Geografía Ambiental como Ciencia Social" en A. Lindón y D. Hiernaux (dirs.) *Los Giros de la Geografía Humana: Desafíos y Horizontes*, Anthropos Editorial, Barcelona, pp. 313-327

CARLÓN, T. Y M. Mendoza (2007). "Análisis hidrometeorológico de las estaciones de la cuenca del lago de Cuitzeo" en *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, no. 63, pp. 56-76

Disponible en:

http://132.248.170.105/web/iggweb/publicaciones/boletin_editorial/boletin/bol63/bltn63Art4.pdf

(mayo, 2011)

CASILLAS, J. A. (2007). "El Programa Nacional de Microcuencas: una estrategia de desarrollo integral" en H. Cotler (comp.) *El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, SEMARNAT/INE, México, pp. 259-275

Disponible en:

http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=528

(diciembre, 2010)

CASTREE, N., D. Demeritt y D. Liverman (2009). "Introduction: making sense of Environmental Geography" en N. Castree, D. Demeritt, D. Liverman y B. Rhoads (eds.) *A companion to Environmental Geography*, Wiley-Blackwell, Oxford, pp. 1-15

CHAPMAN, D. Y V. Kimstach (1996). "Chapter 3 – Selection of water quality variables" en D. Chapman (ed.) *Water quality assessments – a guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring*, UNESCO/WHO/UNEP, Cambridge

Disponible en:

http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqabegin.pdf

(mayo, 2011)

CONAGUA (2008). *Programa nacional hídrico 2007-2012*, SEMARNAT, México

Disponible en:

http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/PNH_05-08.pdf

(junio, 2011)

CONAGUA (2009). *Programa hídrico visión 2030 del estado de Michoacán de Ocampo*, SEMARNAT, México

Disponible en:

http://www.michoacan.gob.mx/ceac/images/stories/CEAC/PDF/programa_hidrico_vision_2030--estado_de_michoacan_de_ocampo.pdf

(junio, 2011)

CONAGUA (2010). *Estadísticas del agua en México, edición 2010*, SEMARNAT, México

Disponible en:

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2010.pdf>

(junio, 2011)

CONAGUA (2011). *Agenda del agua 2030*, SEMARNAT, México

Disponible en:

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Temas/AgendadelAgua2030.pdf>

(junio, 2011)

CONAPO (2007). *Índice de marginación a nivel localidad 2005*, CONAPO, México

Disponible en:

http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=194

(junio, 2011)

CONESA, V. (1997). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid

COTLER, H., A. Garrido, R. Mondragón y A. Díaz (2007). *Delimitación de cuencas hidrográficas de México, a escala 1:250,000. Documento técnico*, INEGI/INE/CONAGUA, México

Disponible en:

www.infoandina.org/system/files/recursos/Delimitacion_cuencas.pdf

(junio, 2011)

CUEVAS, M. L., A. Garrido y E. I. Sotelo (2010). "Regionalización de las cuencas hidrográficas de México" en H. Cotler (coord.) *Las cuencas hidrográficas de México. diagnóstico y priorización*, SEMARNAT/INE/Fundación Gonzalo Río Arronte, México, pp. 10-13

Disponible en:

<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/639/regionalizacion.pdf>

(junio, 2011)

DALENCE, S. (comp. y trad.) (2009). *Hidroquímica - Módulo calidad de aguas*, Texto guía de la Maestría en Ciencias de la Geo-información y Observación de la Tierra (Mención en Evaluación de Recursos Hídricos), Centro de Levantamientos Aeroespaciales y Aplicaciones SIG para el Desarrollo Sostenible de los Recursos Naturales, Universidad Mayor de San Simón/ITC, Cochabamba

DeBARRY, P. A. (2004) *Watersheds: processes, assessment, and management*, John Wiley & Sons, EUA

DEBELS, P., R. Figueroa, R. Urrutia, R. Barra y X. Niell (2005). "Evaluation of water quality in the Chillan river (central Chile) using physicochemical parameters and modified water quality index" en *Environmental Monitoring an Assessment*, vol. 110/no. 1-3, pp. 301-322

DEUTSCH, W. G. y A. L. Busby (1999). *Quality assurance plan for bacteriological monitoring for Alabama Water Watch*, Auburn University, Auburn

Disponible en:

http://www.alabamawaterwatch.org/file_download/1c62b87a-d46e-4547-abbc-f92282271d90

(mayo, 2011)

DOUROJEANNI, A. y A. Jouravlev (1999). *Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos*, División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL

Disponible en:

<http://www.eclac.org/publicaciones/xml/8/5668/LCR1948-E.pdf>

(febrero, 2011)

DOUROJEANNI, A. y A. Jouravlev (2003). "Evolución de políticas hídricas en América Latina y el Caribe" en *Bahía Análise & Dados*, vol. 13/no. especial, Salvador, Brasil, pp. 347-355

Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd17/evolpolhid.pdf> (febrero, 2011)

(febrero, 2011)

DOUROJEANNI, A., A. Jouravlev y G. Chávez (2002). *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*, División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL, Santiago de Chile

Disponible en:

<http://www.eclac.org/drni/publicaciones/xml/5/11195/lcl1777-P-E.pdf>

(febrero, 2011)

DURÁN, J. M. y A. Torres (2005). "Balance y perspectivas de la cuenca Chapala-Santiago y el desarrollo urbano de la zona metropolitana de Guadalajara" en J. M. Durán, M. Sánchez y A. Escobar (eds.) *El agua en la historia de México*, UdG/COLMICH, México, pp. 353-366

ENKERLIN, E. C. y G. Cano, R. A. Garza, E. Vogel (1997). *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*, International Thomson Editores, México

ENTRENA, F. (2004). "Los límites difusos de los territorios periurbanos: una propuesta metodológica para el análisis de su situación socioeconómica y procesos de cambio" en *Sociologías*, año 6/no. 11/enero-junio, Porto Alegre, p. 28-63

Disponible en:

<http://www.scielo.br/pdf/soc/n11/n11a04.pdf>

(mayo, 2011)

EPA (1986a). *Ambient water quality criteria for dissolved oxygen (freshwater)*, Office of Water, Requisitions and Standards Criteria and Standards Division, Washington, DC

Disponible en:

<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/00001MSS.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1986+Thru+1990&Docs=&Query=440586003%20or%20Ambient%20or%20Water%20or%20Quality%20or%20Criteria%20or%20for%20or%20Dissolved%20or%20Oxygen%20or%20Freshwater&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=pubnumber%5E%22440586003%22&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=pubnumber&IntQFieldOp=1&ExtQFieldOp=1&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C86thru90%5CTxt%5C00000000%5C00001MSS.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=10&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=p%7Cf&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL>

EPA (1986b). *Ambient Water Quality Criteria for Bacteria*, EPA 440/5-84-002 Washington, D.C.

EPA (2000). *Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Dissolved Oxygen (Saltwater): Cape Cod to Cape Hatteras*, Office of Water, EUA, 49 p.

Disponible en:

http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/upload/2007_03_01_criteria_dissolved_docrteria.pdf

(julio, 2011)

EPA (2009). *National recommended water quality criteria*, Office of Water, Office of Science and Technology, EUA, 21 p.

Disponible en:

<http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/current/upload/nrwqc-2009.pdf>

(julio, 2011)

FAUSTINO, J. (1996). *Gestión ambiental para el manejo de cuencas municipales*, Unidad Técnica de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales, CATIE, Costa Rica

FERNÁNDEZ, N. J. y F. Solano (2005). *Índices de calidad y de contaminación del agua*, Universidad de Pamplona, Colombia

Disponible en:

http://unipamplona.academia.edu/NelsonFernandez/Books/113467/Indices_de_Calidad_y_Con_taminacion_del_Agua_-_ISBN_958-33-7810-0#

(mayo, 2011)

GAJÓN, V. (2005). *Las diatomeas como indicadores de las condiciones trófica del Río Chiquito, Mpio. de Morelia, Michoacán*, Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Biología, UMSNH, Morelia

GALINDO, C. y J. Delgado (2006). "Los espacios emergentes de la dinámica rural-urbana" en *Problemas del desarrollo, Revista Latinoamericana de Economía*, IIEc, UNAM, vol. 37/no. 147, México, pp. 187-216

Disponible en:

<http://www.ejournal.unam.mx/pde/pde147/PDE14708.pdf>

(mayo, 2011)

GARCÍA, E. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Serie Libros no. 6, IG, UNAM, México

GARCÍA, N. H. (ed.) (2009). *Memoria ilustrada del programa para la recuperación ambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro, 2003-2008*, IMTA/Fundación Gonzalo Río Arronte, Jiutepec

GARRIDO, A., M. L. Cuevas, H. Cotler, D. I. González y R. Tharme (2010b). "El estado de alteración ecohidrológica de los ríos de México" en H. Cotler (coord.) *Las cuencas hidrográficas de México. diagnóstico y priorización*, SEMARNAT/INE/Fundación Gonzalo Río Arronte, México, pp. 108-111

Disponible en:

<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/639/alteracion.pdf>

(junio, 2011)

GARRIDO, A., J. L. Pérez y C. E. Guadarrama (2010a). "Delimitación de las zonas funcionales de las cuencas hidrográficas en México" en H. Cotler (coord.) *Las cuencas hidrográficas de México. diagnóstico y priorización*, SEMARNAT/INE/Fundación Gonzalo Río Arronte, México, pp. 14-17

Disponible en:

<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/639/delimitacion.pdf>

(junio, 2011)

GÓMEZ, M. y M. del P. Angón (2004). *Recursos forestales no maderables aprovechados en Morelia*. SUMA, Gobierno del Estado de Michoacán, Serie 7: Fuentes para el conocimiento natural de Michoacán, Morelia

GUEVARA, R. (2009). *Cambio de uso de cobertura vegetal y uso del suelo asociado al manejo de recursos naturales en las microcuencas del Río Chiquito y Río Los Paredones, Morelia, Michoacán, México*, Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Biología, UMSNH/CIEco, UNAM, Morelia

GUTIÉRREZ, M. T. (2003). "Desarrollo y distribución de la población urbana en México" en *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, no. 50, México, pp. 77-91

Disponible en:

http://www.igeograf.unam.mx/web/iggweb/publicaciones/boletin_editorial/boletin/bol50/b50art6.pdf

(febrero, 2011)

GWP (2006). *La audacia de los pequeños pasos*, Estocolmo

Disponible en:

http://www.gwp.org/Global/The%20Challenge/Resource%20material/10th_anniv-sp.pdf?epslanguage=en

(junio, 2011)

HACH COMPANY. 2005a. "Nitrato. Método 8039" en *Manual de procedimientos del espectrofotómetro DR 2800*, Alemania

Disponible en:

<http://www.hach.com/fmmimghach?/CODE%3ADOC026.92.00747-200517108%7C1>

(mayo de 2011)

HACH COMPANY. 2005b. "Nitrógeno, amoniacal. Método 8155" en *Manual de procedimientos del espectrofotómetro DR 2800*, Alemania

Disponible en:

<http://www.hach.com/fmmimghach?/CODE%3ADOC026.92.00747-200517108%7C1>

(mayo de 2011)

HACH COMPANY. 2005c. "Fósforo, reactivo (ortofosfato). Método 8048" en *Manual de procedimientos del espectrofotómetro DR 2800*, Alemania

Disponible en:

<http://www.hach.com/fmmimghach?/CODE%3ADOC026.92.00747-200517108%7C1>

(mayo de 2011)

HACH COMPANY. 2010. "Hardness, total. Method 8213" en *Hach water analysis handbook procedures*, EUA

Disponible en:

http://www.hach.com/fmmimghach?/CODE%3ADOC316.53.01176_4-1021199%7C1

(mayo de 2011)

HEATHCOTE, I. W. (1998). *Integrated watershed management: principles and practice*, John Wiley & Sons, EUA

HENRÍQUEZ, C., F. Arenas, H. Romero y G. Azócar (2009). "Justicia socio-ambiental y sostenibilidad en el crecimiento de las ciudades medias de Chillán y Los Ángeles" en C. Bellet y M. Betão (eds.) *Las ciudades medias o intermedias en un mundo globalizado-As cidades médias au intermediárias num mundo globalizado*, Universitat de Lleida, España, pp. 389-411

Disponible en:

<http://captura.uchile.cl/jspui/bitstream/2250/10325/1/Justicia%20socio%20-%20ambiental%20y%20sostenibilidad%20en%20el%20crecimiento%20de%20las%20ciudades%20medias%20de%20Chillán%20y%20Los%20Ángeles,%20Chile.pdf>

(mayo, 2011)

INEGI (1983). *Carta hidrológica de aguas superficiales. Morelia E14-1*, escala 1:250,000, SPP, México

INEGI (1998). *Carta topográfica, Morelia E14A23*, escala 1:50,000, INEGI, México

- INEGI (2001). *Censo General de Población y Vivienda 2000*, INEGI, México
Disponible en:
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ccpv/cpv2000/default.aspx>
(enero, 2010)
- INEGI (2006). *Conteo de Población y Vivienda 2005*, INEGI, México
Disponible en:
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2005/Default.aspx>
(enero, 2010)
- INEGI (2008). *Guía para la interpretación de cartografía. Edafología*, INEGI, Aguascalientes
- INEGI (2009). *Guía para la interpretación de cartografía. Geológica*. INEGI. Aguascalientes, México. 26 p.
- INEGI (2011). *Censo de Población y Vivienda 2010*
Disponible en:
<http://www.censo2010.org.mx/>
(mayo, 2011)
- JANOSCHKA, M. (2002). "El nuevo modelo de la ciudad latinoamericana: fragmentación y privatización" en *Revista Eure*, vol. 28/no. 85/diciembre, Santiago de Chile, pp. 11-29
Disponible en:
<http://www.eure.cl/wp-content/uploads/2002/12/Doc0001.pdf>
(mayo, 2011)
- KANNEL, P. R., S. Lee, Y.-S. Lee, S. R. Kanel y S. P. Khan (2007). "Application of water quality indices and dissolved oxygen as indicators for river water classification and urban impact assessment" en *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 132/no. 1-3, pp. 93-110
- KENNEDY, A., F. Fragosa, E. Peña y J. E. Moreno (2000). *Manual de aforos*, IMTA, Progreso, Morelos
- LABASTIDA, J. y R. Ruiz (coords.) (2010). *Enciclopedia de conocimientos fundamentales UNAM-SIGLO XXI*, vol. 4, UNAM/SIGLO XXI, México
- LÓPEZ, E. (1999). *Cambio de uso del suelo y el crecimiento urbano en la ciudad de Morelia, Mich*, Tesis de Maestría en Conservación y Manejo de los Recursos Naturales, Facultad de Biología, UMSNH, Morelia
- LÓPEZ, E., G. Bocco y M. Mendoza (2001). "Predicting land-cover change in the urban fringe" en *Landscape and urban planning*, no. 55 pp. 271-285
- LÓPEZ, E. y J. Fuentes (coords.) (2007). *Elaboración e instrumentación de un modelo de ordenamiento ecológico territorial para el Municipio de Morelia (fase de diagnóstico). Informe final*, CIEco, UNAM, Morelia
- LÓPEZ, F. M. (2009). "Urbanización en la periferia sur del Distrito Federal. Cobertura de agua en la delegación Tláhuac" en A. G. Aguilar e I. Escamilla (coords.) *Periferia urbana, deterioro ambiental y reestructuración metropolitana*, IG, UNAM/Miguel Ángel Porrúa, México, pp. 161-193

MAASS, M. (2003). "El agua como elemento integrador de los procesos funcionales del ecosistema" en P. Ávila (ed.) *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional*, COLMICH/SUMA/SEMARNAT/IMTA, Zamora, pp. 109-116

MAASS, M. y H. Cotler (2007). "El protocolo para el manejo de ecosistemas en cuencas hidrográficas" en H. Cotler (comp.) *El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, SEMARNAT/INE, México, pp. 41-58

Disponible en:

http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=528

(diciembre, 2010)

MANAHAN, S. E. (2007). *Introducción a la química ambiental*, UNAM/Editorial Reverté, México

MANDELBROT, B. (1983). *The fractal geometry of nature*, W. H. Freeman and Company, Nueva York

MARENGO, C. (2004). "Una aproximación a la segregación residencial, como punto de partida en la formulación de políticas" en *Revista INVI*, Universidad de Chile, vol. 19/no. 50, Santiago de Chile, pp. 165-181

Disponible en:

<http://www.revistas.uchile.cl/index.php/INVI/article/viewFile/8813/8620>

(mayo, 2011)

MARTÍNEZ, J. A. (2002). *Apuntes y datos curiosos para forma la historia de Santa María y Jesús del Monte*, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes/Ayuntamiento de Morelia

MENDOZA, M., T. Carlón, M. Reyes, G. Bocco, M. Bravo y E. López (2006). *Regionalización hidrológica y cambio de cobertura vegetal y uso del suelo dentro de la cuenca de Cuitzeo. Bases para la planeación de los recursos hídricos en cuencas pobremente aforadas. Informe técnico final presentado al fondo mixto CONACyT-Estado de Michoacán*, UNAM/Unidad Académica, IG, Morelia, México

MEYBECK, M. y R. Helmer (1996). "Chapter 1 – An introduction to water quality" en D. Chapman (ed.) *Water quality assessments – a guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring*, UNESCO/WHO/UNEP, Cambridge

Disponible en:

http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqabegin.pdf

(mayo, 2011)

MOLINA, I. (2011). *Evaluación de la calidad del agua de la red hidráulica superficial de la parte sur-sureste del municipio de Morelia, Michoacán: hacia un modelo de gestión*. Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental, Facultad de Biología/Facultad de Ingeniería Civil/Facultad de Ingeniería Química, UMSNH, Morelia

MORA, D. A. y H. Chamizo (2007). "Estudio exploratorio-ecológico sobre las concentraciones de sales de calcio en el agua para consumo humano y la litiasis renal en Costa Rica" en *Revista Costarricense de Salud Pública*, vol. 16/no. 31/diciembre, San José, pp. 13-18

Disponible en:

http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-14292007000200004&script=sci_arttext

(mayo, 2011)

MORALES, R. (1984). *De la mano por mi ciudad*, Del Balsas Publicidad, Morelia

NEBEL, B. J. y R. T. Wright (1999). *Ciencias ambientales. Ecología y desarrollo sostenible*, Prentice Hall, México, 720 p.

NOM-001-SEMARNAT-1996 (1996). *NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales*, México

NOM-112-SSA1-1994 (1995). *NORMA Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable*, México

NOM-127-SSA1-1994 (2000). *Modificación de la NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*, México

NOM-230-SSA1-2002 (2005). *NORMA Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo*, México

ODO (2011). *Oxford Dictionaries Online*, Oxford University Press
Versión electrónica:
<http://oxforddictionaries.com/>
(abril, 2011)

OMS (2008). *Guidelines for drinking-water quality: incorporating 1st and 2nd addenda, vol. 1, recommendations*, Ginebra, 515 p.
Disponible en:
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf
(julio, 2011)

ONU. (2010a). *108ª sesión plenaria A/64/PV.108*, Asamblea General de las Naciones Unidas, Nueva York
Disponible en:
<http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N10/466/32/PDF/N1046632.pdf?OpenElement>
(mayo, 2011)

ONU. (2010b). *64/292. El derecho humano al agua y el saneamiento A/RES/64/292*, Resolución aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas
<http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N09/479/38/PDF/N0947938.pdf?OpenElement>
(mayo, 2011)

OOAPAS (2011a). *Datos e información actualizada relacionados con el agua del municipio de Morelia* (datos e información solicitada), OOAPAS, Of. No. OOAPAS.S.P./0376/2011, Morelia

OOAPAS (2011b). *Especificaciones técnicas de las plantas de tratamiento de aguas residuales de las localidades de Jesús del Monte y de San Miguel del Monte*. (datos e información solicitada). OOAPAS, Of. No. OOAPAS.S.P./0376/2011, Morelia

ORTEGA, J. (2000). *Los horizontes de la Geografía: Teoría de la Geografía*, Editorial Ariel, Barcelona

ORTIZ, R. (1996). *Glosario geohidrológico*, Facultad de Ingeniería, UASLP/Editorial Universitaria Potosina, San Luis Potosí

PÉREZ, F. (comp.) y SÁNCHEZ, M. (presentación y notas) (2007). *Noticias hidrográficas de Michoacán 1886*, CIDEM/SUMA/SEDAGRO/COLMICH/CONAGUA/CEAC/IIH, UMSNH, Fondo Editorial Morevallado, Morelia

PESCE, S. F. y D. A. Wunderlin (2000). "Use of water quality índices to verify the impact of Córdoba city (Argentina) on Suquía river" en *Water Research*, vol. 34/no. 11, pp. 2915-2926

PNUD (2006). *Informe sobre Desarrollo Humano 2006. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua*, PNUD, Nueva York

PNUMA (2010). *Perspectivas del medio ambiente: América Latina y el Caribe GEO ALC 3*, Ciudad de Panamá

Disponible en:

<http://www.pnuma.org/geo/geoalc3/Doc%20COMPLETO/GEO%20ALC%203%20WEB%20VERSION%20C.pdf>

(abril, 2011)

PODER EJECUTIVO FEDERAL (2008). "Ley de aguas nacionales" (última reforma publicada) en *Diario Oficial de la Federación*, 18 de abril, México

Disponible en:

<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/Combo/L-5.pdf>

(junio, 2011)

RAE (2001). *Real Academia Española*. Diccionario de la lengua española. Vigésima segunda edición

Versión electrónica:

<http://www.rae.es/rae.html>

(abril, 2011)

RIJSBERMAN, F. R. (2004). "Water scarcity: fact or fiction?" New directions for a diverse planet, Fourth International Crop Science Congress, 26 de septiembre - 1 de octubre, Brisbane, Australia

Disponible en:

http://www.cropscience.org.au/icsc2004/plenary/1/1994_rijsbermanf.htm#TopOfPage

(abril, 2011)

RODRÍGUEZ J. y C. Arriagada (2004). "Segregación residencial en la ciudad latinoamericana", en *Revista Eure*, vol. 30/no. 89/mayo, Santiago de Chile, pp. 5-24

Disponible en:

http://www.eure.cl/wp-content/uploads/2004/05/89_art01_Rodriguez-Arriagada.pdf

(mayo, 2011)

RUIZ, K. (2010). "Población por cuenca y zona funcional" en H. Cotler (coord.) *Las cuencas hidrográficas de México. diagnóstico y priorización*, SEMARNAT/INE/Fundación Gonzalo Río Arronte, México, pp. 60-63

Disponible en:

<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/639/dinamica.pdf>

(junio, 2011)

RUIZ, N. y J. Delgado (2008). "Territorio y nuevas ruralidades: un recorrido teórico sobre las transformaciones de la relación campo-ciudad" en *Revista Eure*, vol. 34/no. 102/agosto, Santiago de Chile, pp. 77-95

Disponible en:

http://www.eure.cl/wp-content/uploads/2008/08/102_RUIZ-DELGADO.pdf (mayo, 2011)

SAGARPA-FIRCO (2004). *Manual de operación del programa nacional de microcuencas*, SAGARPA/FIRCO, México

Disponible en:

<http://normateca.sagarpa.gob.mx/ArchivosNormateca/MICROCUENCAS.pdf>

(junio, 2011)

SALDÍVAR, A. (2007). *Las aguas de la ira: Economía y cultura en México ¿sustentabilidad o gratuidad?*, Facultad de Economía, UNAM, México

SALINAS, V. (1998). *Actualización y manejo de la base de datos de precipitación y temperatura para el estado de Michoacán*, Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Biología. UMSNH, Morelia

SÁNCHEZ, C. (2000). *Influencia del relieve en la hidrología y erosión de una cuenca de montaña*, Tesis de doctorado en Ingeniería en Agronomía, Departamento de Agronomía, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes, Universidad de Córdoba, Córdoba, España

SÁNCHEZ, E., M. F. Colmenarejo, J. Vicente, A. Rubio, M. G. García, L. Travieso y R. Borja (2007). "Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watershed pollution" en *Ecological Indicators*, vol. 7/no. 2, pp. 315-328

SÁNCHEZ, H. U. (2009). *Historia ambiental del ejido de Jesús del Monte, Morelia, Michoacán, Trabajo de archivo como metodología para la investigación integral*, Tesis de licenciatura en Ciencias Ambientales, CIEco/CIGA, UNAM, Morelia.

SANTOS, C., I. Escamilla y L. Guarneros (2009). "La expansión urbana en la zona norte de la periferia metropolitana de la Ciudad de México" en A. G. Aguilar e I. Escamilla (coords.) *Periferia urbana, deterioro ambiental y reestructuración metropolitana*, IG, UNAM/Miguel Ángel Porrúa, México, pp. 53-71

SCHUMM, S. A. (2005). *River variability and complexity*, Cambridge University Press, Edimburgo

SEDUE (1989). "Criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89" en *Diario Oficial de la Federación*, 13 de diciembre, México

SEMARNAT (2003). *Compendio de estadísticas ambientales 2002*. SEMARNAT, México

Disponible en:

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_02_Agua/data_agua/RecuadroIII.2.2.3.htm

(julio, 2011)

SEMARNAT (2005). *Compendio de estadísticas ambientales 2005*, SEMARNAT, México

Disponible en:

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/sitio_wf/Reportes/D3_AGUA/D3_AGUA05/D3_R_AGUA05_01.htm

(julio, 2011)

SKINNER, B. J., S. C. Porter y D. B. Botkin (1999). *The blue planet: an introduction to earth system science*, John Wiley & Sons, EUA

TARBUCK, E. J. y F. K. Lutgens (1999). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*, Prentice Hall, Madrid

TEIXEIRA DE MELLO, F. A. (2007). *Efecto del uso del suelo sobre la calidad del agua y las comunidades de peces en sistemas lóticos de la cuenca baja del río Santa Lucía (Uruguay)*, Trabajo de Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay
Disponilble en:
http://ambiente.fcien.edu.uy/tesis/Tesis_Franco_Teixeira_de_Mello.pdf
(junio, 2011)

UNFPA (2007). *Estado de la población mundial 2007*, UNFPA, Nueva York
Dispible en:
http://www.unfpa.org/swp/2007/presskit/pdf/swp2007_spa.pdf
(mayo, 2011)

UNFPA (2010). *Estado de la población mundial 2010*, UNFPA, Nueva York
Disponible en:
http://www.unfpa.org/swp/2010/web/es/pdf/ES_SOWP10.pdf
(mayo, 2011)

VARGAS, G. (2006). "Cambios del entorno ecológico de Valladolid-Morelia. Una perspectiva desde la Historia Ambiental" en C. E. Tapia y G. Vargas (eds.) *El impacto del desarrollo urbano en los recursos naturales*, CIDEM/Facultad de Economía, UMSNH, Morelia, pp. 69-140

VARGAS, G. (2008). *Urbanización y configuración territorial en la región de Valladolid-Morelia 1541-1991*, Morevallado Editores/SECUM, Morelia

VALENCIA, J. C., J. J. Díaz y L. Vargas (2007). "La gestión integrada de los recursos hídricos en México: un nuevo paradigma en el manejo del agua" en H. Cotler (comp.) *El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, SEMARNAT/INE, México, pp. 213-258
Disponible en:
http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=528
(diciembre, 2010)

VIEYRA, J. A. (2009). "Proyectos productivos y expansión urbana en el suelo de conservación del sur del Distrito Federal" en A. G. Aguilar e I. Escamilla (coords.) *Periferia urbana, deterioro ambiental y reestructuración metropolitana*, IG, UNAM/Miguel Ángel Porrúa, México, pp. 73-96

WWF (2007). *National surface water classification criteria and irrigation water quality guidelines for Pakistan*, Freshwater and Toxics Programme, Lahore, Pakistan
Disponible en:
<http://www.environment.gov.pk/act-rules/SurfaceWaterStds-FEB2007.pdf>
(julio, 2011)

ZAID, G. (2005). "Hidráulico" en *Letras Libres*, no. 79/julio, México, pp. 50-51
Disponible en:
<http://www.letraslibres.com/index.php?art=10569>
(marzo, 2011)

Documentos de archivo

ARANDM, Jesús del Monte, exp. 244
ARANDM, La Cuadrilla y el Durazno, exp. 1745

Páginas web

AYUNTAMIENTO DE MORELIA. *Mapa de las unidades médicas en el municipio*
<http://www.morelia.gob.mx/pdf/salud/UNIDADES%20MEDICAS%20CON%20FOTO.pdf>
(septiembre, 2011)

SEP. *Sistema Nacional de Información de Escuelas*
<http://www.snie.sep.gob.mx/SNIESC/default.aspx>
(septiembre, 2011)

SSA. *Clave única de establecimientos de salud*
<http://clues.salud.gob.mx/index.php>
(septiembre, 2011)

Software utilizado

MICROSOFT CORPORATION (2010). *Microsoft Excel 2011*, v. 14. 1. 2
SAS INSTITUTE (2010). *JMP*, v. 9. 0. 0
ESRI INC. (2009). *ArcGis Desktop*, v. 9. 3. 1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL¹
POSGRADO EN GEOGRAFÍA (Orientación en Manejo Integrado del Paisaje)



ID: _____

Proyecto de Investigación: "Calidad del agua y contexto social como base para la planeación y gestión en cuencas periurbanas. el caso del río Chiquito, Morelia, Michoacán"

Objetivo: Recabar la opinión de los habitantes de algunas localidades de la cuenca del río Chiquito acerca del crecimiento urbano y del ambiente. Asimismo, reconocer algunas de las características de su forma de vida, de manera que esta información permita la identificar el contexto social de la cuenca.

***LOS RESULTADOS DE ESTA ENCUESTA SÓLO TIENEN FINES ESTADÍSTICOS, POR LO QUE NO SERÁN PUBLICADOS HACIENDO REFERENCIA A ALGUNA VIVIENDA EN PARTICULAR, ASÍ COMO A NINGÚN TIPO DE INFORMACIÓN PERSONAL.**

Instrucciones: ENCERRAR o MARCAR la respuesta correcta y llenar los espacios donde así lo requiera.

NOTAS: 1) "jefe (a) de familia" se refiere a la persona que se encarga en mayor parte de la manutención familiar 2) La clave para la base de datos se indica entre paréntesis y en cursivas: (clave del indicador)

I. INFORMACIÓN GENERAL (de preferencia llenar este apartado al terminar la encuesta)

Encuestador:

Fecha:

Localidad:

Domicilio:

Tipo de desarrollo urbano (TIP_DURB):

- a) En colonia ()
- b) En fraccionamiento privado ()

Tipo de vivienda (TIP_VIV) (elegir sólo la opción del material que la componga mayormente):

- a) Tabique o tabicón en obra terminada ()
- b) Tabique o tabicón en obra negra ()
- c) Madera o adobe ()
- d) Cartón y/o lámina ()

¹ UNAM. Campus Morelia. Antigua carretera a Pátzcuaro 8701, Col. Exhacienda de San José de la Huerta, C. P. 58190 Morelia, Michoacán, México. Tel. +52 (443) 3223865 +52 (55) 56232865 Fax. +52 (443) 3223880 +52 (55) 56232880

Número de niveles/plantas (NUM_PLANT) _____

Persona que contesta la encuesta (PERS_ENC):

- a) Jefe (a) de familia
- b) Pareja del jefe (a) de familia
- c) Hijo del jefe (a) de familia
- d) Otro (especificar) _____

Observaciones:

II. CONTEXTO LABORAL Y RELACIONES FUNCIONALES CON LA CIUDAD DE MORELIA

*TODAS LAS PREGUNTAS VAN DIRIGIDAS AL JEFE (A) DE FAMILIA

1. ¿El jefe de la familia trabaja? (JEFE_TRAB) (si no trabaja, preguntar por alguien más que trabaje o que sostenga a la familia, de no haberlo pasar a la pregunta 8)

- a) Si
- b) No

2. ¿En qué trabaja? (TIP_TRAB) (marcar más de una si es necesario)

- a) Empleado
- b) Por cuenta propia

*Especificar el tipo de trabajo y si tiene más de uno (ESP_TRAB) _____

*Profesionista ()

3. ¿Dónde trabaja? (LUG_TRAB)

- a) En el poblado o cerca (en el campo)
- b) En Morelia
- c) En EUA
- d) Otro lugar (especificar) _____

4. ¿Percibe ingresos económicos por su trabajo? (INGRESO)

- a) Si
- b) No

5. Si es que habita en casa ¿en qué se traslada a su trabajo? (TRASL_TRAB) (si NO, pasar a la pregunta 8)

- a) A pie
- b) Transporte público
- c) Vehículo propio
- d) Otro (especificar) _____

6. ¿Cuánto tiempo dura su traslado al trabajo aproximadamente?

(T1_TRASL)

De ida: a) 10 min ó menos b) 11-20 min c) 21-30 min d) 31-45 min
e) 46 min-1 h f) 1 h ó más

(T2_TRASL)

De vuelta: a) 10 min ó menos b) 11-20 min c) 21-30 min d) 31-45 min
e) 46 min-1 h f) 1 h ó más

*Especificar cuántos traslados hace diariamente (ej. Si es que regresa a comer y vuelve después al trabajo; cada desplazamiento cuenta como 1 traslado, por lo tanto se registra primeramente los traslados de la mañana [incisos anteriores] y a continuación los de la tarde/noche)_____

(T3_TRASL)

De ida (por la tarde de ser el caso*): a) 10 min ó menos b) 11-20 min c)
21-30 min d) 31-45 min e) 46 min-1 h f) 1 h ó más

(T4_TRASL)

De vuelta (por la tarde/noche de ser el caso*): a) 10 min ó menos
b) 11-20 min c) 21-30 min d) 31-45 min e) 46 min-1 h f) 1 h ó más

7. ¿Cuánto dinero invierte aproximadamente a la semana en su traslado?
(CTO_TRASL)

(TIP_TRASL)

- a) En transporte público: _____
b) En gasolina: _____
c) Nada (porque camina, va en bicicleta, caballo, etc.) ()

8. Edad del jefe (a) de familia en años (EDAD_JEFE):

- a) 15-20 b) 21-30 c) 31-40 d) 41-50 e) 51-60 f) 61-70 g) Mayor de 70

*en el caso de que no sea el jefe de familia quien contesta la encuesta preguntar también su edad (EDAD_ENC):

- a) 10-15 b) 16-20 c) 21-30 d) 31-40 e) 41-50 f) 51-60 g) 61-70 h) Mayor de 70

III. MIGRACIÓN Y ECONOMÍA FAMILIAR

*TODAS LAS PREGUNTAS VAN DIRIGIDAS AL JEFE (A) DE FAMILIA

9. ¿El jefe (a) de familia es originario de la localidad? (JEFE_ORIG)

- a) Si b) No (especificar de donde) (LUG_ORIG)_____

10. ¿Cuántos años lleva viviendo en su localidad? (T_VIVLOC)

- b) menos de 1 año c) 1-3 años d) más de 3-5 años e) más de 5-8 años f)
más de 8-10 años g) más de 10-15 años h) más de 15 i) toda la vida
j) emigró (especificar hace cuanto tiempo) (T_MIGJEF)_____

11. ¿El jefe de familia o la familia emigró a otro lugar en el pasado y regresó?
(MIG_JEFE)

- a) Si b) No

*Si la respuesta es SI, ¿a dónde? (L_MIGJEFE)_____
¿hace cuánto tiempo regresó? (T_REGJEFE)_____¿cuánto duró? (D_MIGJEFE)_____
¿por qué? (PQ_MIGJEFE)_____

12. Si es originario de la localidad ¿tiene familiares directos, también originarios de la localidad que hayan emigrado? (FAM_MIG)

- a) Si b) No

*Si la respuesta es SI, ¿a dónde? (L_MIGFAM)_____
¿hace cuánto tiempo? (T_MIGFAM)_____¿cuánto duró? (D_MIGFAM)_____
¿por qué? (PQ_MIGFAM)_____

13. ¿Tiene planes de irse a vivir a la ciudad de Morelia o a otro lugar? (PLAN_MOV)

- a) Si b) No

*Si la respuesta es SI, ¿a dónde? (L_MOV)_____
¿por qué?(PQ_MOV)_____

¿se trasladaría con toda la familia? (TRASL_FAM) a) Si b) No

* Si la respuesta es NO, ¿si pudiera cambiaría de lugar de residencia? (CAMB)

- a) Si b) No

¿a dónde? (L_CAMB)_____
¿por qué? (PQ_CAM)_____

¿se trasladaría con toda la familia? (CAMB_FAM) a) Si b) No

14. ¿Recibe remesas del jefe (a) de familia o de algún familiar u otra persona procedentes de EUA o de algún otro lugar? (REM_EUA)

- a) Si b) No

*Si no son provenientes de EUA, especificar de que lugar (*L_NOEUA*) _____

15. Si la respuesta anterior es SI, de los ingresos familiares al mes aproximadamente ¿cuánto representan las remesas? (ayudar a la persona a hacer el cálculo por mes en caso de que reciban remesas por año o cada cierta cantidad de meses)

- a) Menos de la mitad b) La mitad c) Más de la mitad d) El doble c) Más del doble
d) Todo

16. ¿La casa en la que habita es propia? (*VIV_PROP*)

- a) Si b) No

IV. AGUA

*PREGUNTAS DIRIGIDAS A CUALQUIER HABITANTE DE LA VIVIENDA

17. ¿Tiene toma de agua en su domicilio? (*TOMA_AGUA*)

- a) Si b) No

18. Si la respuesta anterior es SI, ¿con que frecuencia y cuánto tiempo al día recibe agua?, si es NO, pasar a la siguiente

Tiempo(*T_AGUA*)_____ ¿Desde cuándo se le ha dado esta cantidad de agua? (*DC_AGUA*) _____

19. ¿De dónde proviene el agua que recibe en su domicilio? (*PROV_AGUA*)

- a) Pozo b) Manantial c) Río/Arroyo d) Abasto por pipa e) No sé

20. ¿Considera que la cantidad de agua que recibe es suficiente? (*SUF_AGUA*)

- a) Si b) No

21. ¿Utiliza esa agua para beber sin hervirla o clorarla? (*BEBE_AGUA*)

- a) Si b) No

22. Si la respuesta anterior es SI, ¿alguna vez se ha enfermado o dejó de consumirla por alguna razón? (*DEJ_CONS*)

- a) Si b) No

*Si la respuesta es SI, especificar si fue por enfermedad o por alguna otra razón (*PQ_DCONS*) _____

23. ¿Considera que el agua es de buena calidad para uso doméstico? (*B_CALAGUA*)

- a) Si b) No

24. ¿Su vivienda cuenta con drenaje? (*DRENAJE*)

- a) Si b) No

*Si la respuesta es NO, especificar (ej, fosa séptica, descarga directa a un río/arroyo, etc.) _____

V. AMBIENTE

25. ¿Cuenta con servicio de recolección de basura? (*REC_BASURA*)

- a) Si b) No

*Si la respuesta es SI, ¿lo utiliza? (*USO_REC*) _____

¿cada cuándo pasa? (*FREC_REC*) _____

¿considera suficiente la cantidad de veces que pasa? (*SUF_REC*) _____

*Si la respuesta de cualquiera de las dos preguntas anteriores es NO, ¿dónde deposita su basura? (*L_DEPBAS*) _____

26. De la siguiente lista enliste los tres problemas ambientales del más grave al menos grave en su localidad: (*PROB1*)(*PROB2*)(*PROB3*)

- | | |
|---|-------|
| a) Calidad del agua que recibe | () |
| b) Deforestación | () |
| c) Basura | () |
| d) Lavado/pérdida del suelo | () |
| e) Desaparición de fauna/animales silvestres | () |
| f) Exceso de ganado suelto/extensivo | () |
| g) La tierra ya no produce como antes/baja productividad agrícola | () |
| h) Crecimiento/expansión de la ciudad | () |

27. Si usted conoce otro problema ambiental existente en su localidad menciónelo y diga que lugar en la lista anterior ocuparía (*OTRO_PROB*)

28. ¿A qué cree que se deben el problema más grave de los que enlistó y cómo le ha afectado en su vida cotidiana? (CAUSA_PROB)(AFECT)

29. De los problemas anteriores ¿cuáles son más antiguos y cuáles más recientes? (si puede especificar un tiempo aproximado de surgimiento de cada uno hacerlo) (PROB_ANTG)(T_PROBANT)(PROB_RECEN)(T_PROBREC)

30. ¿En su comunidad se organizan para realizar actividades para preservar el ambiente tales como: limpia, cuidado y protección del bosque, reforestación, protección de cuerpos de agua (ríos y manantiales), otros? Mencione cuales (ORG_ACTIV)(TIP_ACTIV)

31. ¿Qué calificación del 0 al 10 le daría al estado de la naturaleza cercana a su localidad? (CALIF_NAT)_____

32. Debido a su experiencia, considera que recientemente: (FREC_LLUVIA)

- a) Llueve más o con mayor frecuencia
- b) Llueve menos o con menor frecuencia
- c) Llueve lo mismo de siempre

*Si la respuesta es a) ó b) ¿desde cuando? (DC_LLUVIA)_____

¿A qué cree que se deba? (PQ_LLUVIA)_____

VI. PERIURBANIZACIÓN

33. ¿Qué opina de la construcción de nuevos fraccionamientos? Si le afecta o le beneficia especifique de que manera (NFR_AFECT)(NFR_BENEF)

34. ¿Qué opina de la construcción de nuevos centros comerciales? Si le afecta o le beneficia especifique de que manera (NCC_AFECT)(NCC_BENEF)

Anexo II. Formato para el levantamiento en campo de datos hidrológicos

FORMATO DE SALIDA DE CAMPO PARA LA TOMA DE DATOS HIDROLÓGICOS

Hoja número:

Campaña de muestreo:

Fecha:

Hora:

Lugar:

Ubicación (coord. UTM):

Fotos:

Porcentaje de cubierta del dosél:

Descripción del sitio:

Parámetro	Valor
pH	
Temperatura	
Oxígeno Disuelto	
Conductividad	
Sólidos Disueltos Totales	
Gasto	

Observaciones: