



**Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Gestión Integrada de Cuencas**

**Integridad ecológica como una herramienta de evaluación
en cuencas hidrográficas. Caso de estudio Microcuenca
del Río Jalpan**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en Gestión Integrada de Cuencas

Presenta:

Martin Jonatan Torres Olvera

Querétaro, Querétaro, México. Octubre de 2018.



Integridad ecológica como una herramienta de evaluación en cuencas hidrográficas. Caso de estudio Microcuenca del Río Jalpan

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

Presenta:

Martin Jonatan Torres Olvera

Dirigido por:

Dr. Juan Pablo Ramírez Herrejón

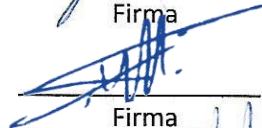
Codirigido por:

M. en C. Ulises Torres García

Dr. Juan Pablo Ramírez Herrejón
Presidente


Firma

M. en C. Ulises Torres García
Secretario


Firma

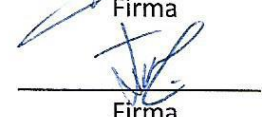
Dr. Juan Alfredo Hernández Guerrero
Vocal


Firma

Dr. Raúl Francisco Pineda López
Suplente


Firma

M. en GIC. José Carlos Dorantes Castro
Suplente


Firma

Dra. Juana Elizabeth Elton Puente
Directora de la Facultad de Ciencias Naturales



Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Directora de Investigación y Posgrado

RESUMEN.

El objetivo de este trabajo de tesis fue el proponer a la ecología de los ríos como informantes de la degradación de un territorio donde se vinculan aspectos físicos, químicos, biológicos y sociales, entendido como cuenca hidrográfica. Para ello se hizo uso del concepto de integridad ecológica, el cual es definido como la capacidad de un sistema de mantener una comunidad balanceada y adaptada de organismo, con una estructura, funcionalidad y riqueza específica; Incluyendo a los humanos como un elemento más que altera y se ve alterado con las acciones que se realizan en la búsqueda de la satisfacción de sus necesidades. En este estudio se evaluaron variables cuantificables del cauce principal (Río Jalpan), así como variables que reflejaran la modificación y aptitud del ambiente en materia de calidad: Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del agua, la geomorfología del cauce, a través de la determinación de los tipos de cauces y análisis granulométricos de cada sitio, la calidad ambiental visual, la calidad de las riberas, la calidad del agua y la integridad biótica a través del uso de bioindicadores, la calidad ambiental urbana, zonas funcionales, impactos directos e indirectos de los diferentes sitios y la aplicación de entrevistas semi-estructuradas a los actores clave, obtenidos a través de la realización de un socio-grama en relación a la degradación ambiental den la región. Buscando la relación de la calidad de los diferentes sitios con la forma de división y manejo del territorio. Se encontró que los sitios más degradados fueron donde las actividades humanas tenían una mayor presión, causando una percepción generalizada de contaminación de las aguas del cauce principal. sin embargo, también se encontró que los impactos de las diferentes fuentes de degradación estaban localizados en sitios puntuales y temporalidades específicas, por lo cual una mitigación o restauración de dichos efectos negativos es viable implementando las acciones de manejo aquí recomendadas.

Palabras clave: integridad ecológica, indicadores, cuenca.

SUMMARY.

The objective of this thesis was to propose to the channels as informants of the degradation of a territory where physical, chemical, biological and social aspects are linked, understood as a hydrography basin. For this, it was used the concept of ecological integrity, which is defined as the capacity of a system to maintain a balanced and adapted community of organisms, with a structure, functionality and specific richness. Including humans as an element that alters and is altered with the actions that are carried out in the search for the satisfaction of their needs. Therefore, quantifiable variables of the main channel (Jalpan River) as well as variables that reflect the modification and aptitude of the environment in terms of environmental quality were evaluated: We evaluated the physicochemical parameters of the water, the geomorphology of the channel through the determination of the types of channels and granulometric analysis of each site, the visual environmental quality, the quality of the banks, the quality of the water and the biotic integrity through the use of bioindicators, urban environmental quality, functional zones, direct and indirect impacts of the different sites and the application of semi-structured interviews to key actors, obtained through the realization of a socio-gram in relation to environmental degradation give the region. Looking for the relationship of the quality of the different sites with the form of division and management of the territory. Finding that the most degraded sites were in which human activities had a higher pressure, causing a generalized perception of contamination of the waters of the main channel. However, it was also found that the impacts of the different sources of degradation were located in specific sites and specific temporalities, so a mitigation or restoration of these negative effects is feasible having a budget for the implementation of the management actions recommended here.

Key words: ecological integrity, indicators, watershed.

DEDICATORIA.

A mis padres por apoyarme en cada una de mis decisiones, por no limitar mi curiosidad y ganas de aprender, aun cuando no quedaba claro lo que estaba haciendo siempre estuvieron ahí.

A mis hermanos por su cariño y presencia en los momentos importantes, a Ginebra, aunque no estuvo presente desde el inicio de esta etapa, es y será parte importante de mi vida, esperando poder trasmitirle la mayoría de los conocimientos aprendidos.

A Natalia por aguantar las frustraciones que implicaron este reto, por escuchar las experiencias, ensayos de exposiciones y resultados obtenidos en cada uno de los pasos, aun sin entender del todo, de lo que estaba hablando. Y antes que todo por su cariño.

AGRADECIMIENTOS.

Una amplia lista será recitada en este apartado, pero no pienso dejar fuera a cada uno de los actores que intervinieron directa o indirectamente en la realización de este proyecto y si así fuera me disculpo de antemano.

Gracias a la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas de la Universidad Autónoma de Querétaro, por abrir sus puertas para la obtención de herramientas que fomentan mi crecimiento profesional y personal; a mis profesores por el conocimiento trasferido, discusiones, observaciones y críticas constructivas, de cada uno de ustedes me llevo un grato recuerdo.

A mi familia, mis padres: José Martín y Guillermina a mis hermanos: Dorim Geraldine y Karol Ignacio por la paciencia, apoyo y consejos, por no dejar de creer en mí y no dejarme vencer en los momentos de estrés y frustración, y ante todo por todo su cariño y amor.

A mi pareja: Natalia, con quien compartí cada uno de los pasos y tropiezos de este proceso y hacerlo más llevadero.

A mis primos: Andre I. y Renato David por ser compañeros de vida, de experiencias y de departamento, por las pláticas y discusiones de los diferentes temas haciéndome ver diferentes puntos tanto académica y personalmente.

A mis amigos: Estefanía Velázquez y Samuel García, por todas esas experiencias y apoyo, por esos regaños y ánimos brindados en los momentos precisos.

A mis asesores de tesis: Dr. Juan Pablo Ramírez Herrejón, M. en C. Ulises Torres García, Dr. Juan Alfredo Hernández Guerrero Dr. Raúl Francisco Pineda López, M en GIC. José Carlos Dorantes Castro, por su guía, asesoramiento, revisiones de contenido y formato, y ante todo por no dejar que pasara de lado la diversión y la pasión al realizar este proyecto.

A todo el equipo del laboratorio de integridad biótica: Omar Yair, Erika, Karla, Gabriela, Daniela, Pamela, Arely, Miriam... y especialmente a Gabriel y Omar por toda su ayuda brindada.

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, a cargo de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, por permitirme realizar una estancia para completar los datos faltantes de mi proyecto.

Al Instituto Politécnico Nacional, por el periodo de movilidad que realice en esta institución especialmente al equipo de trabajo de la Dra. Eugenia López López, a Erick y Axel por todo el acompañamiento en la misma y compartir su información, de suma utilidad el contenido de la tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría.

Y a todos aquellos que influyeron de alguna manera en la realización académica y personal de los últimos dos años.

Gracias infinitas.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	13
JUSTIFICACIÓN.....	17
GENERAL.....	18
ESPECÍFICOS.....	18
CAPÍTULO 1. LA INTEGRIDAD DE LA CUENCA, EL REFLEJO DE LA SALUD AMBIENTAL.....	19
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES.....	23
CAPÍTULO 3. MÉTODOS.....	35
3.1 GENERALIDADES.....	35
3.2 ÁREA DE ESTUDIO.....	36
3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS.....	38
Río Adentro.....	39
La Playita.....	39
Puente USEBEQ.....	40
Presa Vieja.....	40
Saldiveña.....	41
Purísima de Arista.....	41
Trapiche.....	42
3.5 FÍSICO-QUÍMICOS.....	46
3.6 GEOMORFOLOGÍA.....	47
3.7 MACROINVERTEBRADOS.....	48
3.7.1 ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA BASADO EN ASOCIACIONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS (IIBAMA).....	49
3.7.2 VALORES DE TOLERANCIA Y BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY (BMWP).....	50
3.8 CALIDAD AMBIENTAL VISUAL (VBHA).....	50
3.9 ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERAS (RQI).....	51
3.10 ZONAS FUNCIONALES.....	51
3.11 USO DE SUELO E IMPACTOS DIRECTOS.....	52
3.12 ÍNDICE DE LA CALIDAD AMBIENTAL URBANA (ICAU).....	52
3.13 SOCIO-GRAMA, PERCEPCIONES Y CONOCIMIENTOS DE LA MRJ.....	54

3.14 ANÁLISIS DE DATOS.....	55
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	56
4.2 FÍSICO-QUÍMICOS	56
4.3 GEOMORFOLOGÍA.....	57
4.5 ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA BASADO EN ASOCIACIONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS (IIBAMA).	67
4.6 INDICE DE CALIDAD DE AGUA: BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY	72
4.7 CALIDAD AMBIENTAL VISUAL (VBHA).....	73
4.8 ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERAS (RQI).	75
4.9 ZONAS FUNCIONALES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JALPAN.	77
4.10 USO DE SUELO E IMPACTOS DIRECTOS.....	78
4.11 ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL URBANO (ICAU).....	81
4.12 SOCIO-GRAMA, PERCEPCIONES Y CONOCIMIENTOS DE LA MRJ.	87
4.11. INTEGRACIÓN GRAFICA DE DATOS.....	94
4.12. ANÁLISIS DE DATOS FISICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS.	96
5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	99
5.1 REFLEXIONES FINALES Y RECOMENDACIONES DE MANEJO.....	102
6. BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXO 1. Variables consideradas en la evaluación de la calidad ambiental urbana.	114
ANEXO 2. Guion de entrevista semi-estructurado realizada a los actores de relevancia en la microcuenca del Río Jalpan.	115
ANEXO 3. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauces.	124
ANEXO 4. Valores de tolerancia establecidos para la microcuenca del Río Jalpan.	127
ANEXO 5. Familias de macroinvertebrados encontrados por sitio y las calificaciones obtenidas en las variables del IIBAMA.....	128
ANEXO 6. Pasos para la obtención de los valores de tolerancia y el BMWP.	135

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Amenazas a las funciones de ecosistemas relacionados con el agua debido a actividades humanas.....	¡Error! Marcador no definido.2
Cuadro 2. Definición de unidades hidromorfológicas.....	44
Cuadro 3. Parámetros fisicoquímicos del agua	56
Cuadro 4. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauce del sitio Río Adentro.	121
Cuadro 5. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauce del sitio La Playita.	121
Cuadro 6. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauce del sitio Puente USEBEQ. .	122
Cuadro 7. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauce del sitio Presa Vieja.	122
Cuadro 8. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauce del sitio Saldiveña.	122
Cuadro 9. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauce del sitio Purísima.....	123
Cuadro 10. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauce del sitio Trapiche.....	123
Cuadro 11. Lista de familias e individuos colectados por sitio.....	65
Cuadro 12. Valores de tolerancia para las familias encontradas en la MRJ.	124
Cuadro 13. Familias y variables de los macroinvertebrados colectados en Río Adentro.....	125
Cuadro 14. Calculo del IIBAMA de Río Adentro.	125
Cuadro 15. Familias y variables de los macroinvertebrados colectados en La Playita.	126
Cuadro 16. Calculo del IIBAMA de La Playita.....	126
Cuadro 17. Familias y variables de los macroinvertebrados colectados en Puente USEBEQ	127
Cuadro 18. Calculo del IIBAMA de Pte. USEBEQ.....	127
Cuadro 19. Familias y variables de los macroinvertebrados colectados en Presa Vieja.	128
Cuadro 20. Calculo del IIBAMA de Presa Vieja.	128
Cuadro 21. Familias y variables de los macroinvertebrados colectados en Saldiveña.	129
Cuadro 22. Calculo del IIBAMA de Saldiveña.....	129
Cuadro 23. Familias y variables de los macroinvertebrados colectados en Purísima.....	130
Cuadro 24. Calculo del IIBAMA de Purísima de Arista.....	130
Cuadro 25. Familias y variables de los macroinvertebrados colectados en Trapiche.	131
Cuadro 26. Calculo del IIBAMA de Trapiche.	131
Cuadro 27. Calificaciones y categorías del índice BMWP para la MRJ.	71
Cuadro 28. Calificaciones y categorías del VBHA.	72
Cuadro 29. Calificaciones y categorías del índice de calidad de riberas.....	74
Cuadro 30. Calificaciones y categorías de cada indice analizado.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Número de artículos de integridad ecológica publicados del año 2000-2017 en la colección principal de <i>Web of science</i>	30
Figura 2. Diagrama metodológico general	35
Figura 3. Delimitación de la zona de estudio, denominada Microcuenca del Río Jalpan (MRJ).....	36
Figura 4. Calificaciones de la calidad del agua y sus categorías obtenidas en cada sitio de muestreo del estudio realizado por Ramos-Barrios.....	37
Figura 5. Vista general y modificaciones al cauce del sitio Río Adentro.....	37
Figura 6. Vista general y modificaciones al cauce del sitio La Playita.	38
Figura 7. Vista general y modificaciones al cauce del sitio Puente USEBEQ.....	39
Figura 8. Vista general y modificaciones al cauce del sitio Presa Vieja.....	39
Figura 9. Vista general y modificaciones al cauce del sitio Saldiveña.	40
Figura 10. Vista general y modificaciones al cauce del sitio Purísima de Arista.....	40
Figura 11. Vista general del sitio El Trapiche.	41
Figura 12. Vista satelital de las localidades urbanas evaluadas.....	42
Figura 13. Esquema ilustrativo de la selección del tramo del río.....	43
Figura 14. Ejemplos de unidades hidromorfológicas.....	45
Figura 15. Clasificación natural de los ríos.....	46
Figura 16. Ejemplo de perfiles realizados para la determinación de los tipos de cauces..	47
Figura 17. Esquema del muestreo e identificación de macroinvertebrados acuáticos.....	48
Figura 18. Digitalización y subdivisiones de la localidad urbana de Jalpan de Serra.	52
Figura 19. Digitalización y subdivisiones de la localidad urbana de Purísima de Arista....	53
Figura 20. Perfil geomorfológico del sitio Río Adentro.....	56
Figura 21. Perfil geomorfológico del sitio La Playita.....	58
Figura 22. Perfil geomorfológico del sitio Puente USEBEQ.....	59
Figura 23. Perfil geomorfológico del sitio Presa Vieja.	60
Figura 24. Perfil geomorfológico del sitio Saldiveña.....	61
Figura 25. Perfil geomorfológico del sitio Purísima.	62
Figura 26. Perfil geomorfológico del sitio Trapiche.....	63
Figura 27. Gráfico de las categorías del BMWP para cada sitio de estudio.	71
Figura 28. Zonas funcionales de la MRJ.....	76
Figura 29. Uso de suelo e impactos directos en la MRJ.....	78
Figura 30. Zonas de influencia de impactos.....	79
Figura 31. Variables ambientales del ICAU de Purísima de Arista establecidos por grupos temáticos.....	80

Figura 32. Distribución de la calidad ambiental de la localidad de Purísima de Arista por grupo temático: Agua, Suelo y Aire.....	81
Figura 33. Variables ambientales del ICAU de Purísima de Arista establecidos por grupos temáticos.	83
Figura 34. Distribución de la calidad ambiental de la localidad de Jalpan de Serra por grupo temático: Agua, Suelo y Aire.....	84
Figura 35. Mapeo de actores de la microcuenca del río Jalpan en relación a la degradación ambiental.....	86
Figura 36. Mapeo de actores de la microcuenca del río Jalpan en relación a los usos y percepciones del Río.	87
Figura 37. Percepciones y usos del agua del Río Jalpan.....	91
Figura 38. Integración gráfica de los diferentes índices analizados.....	93
Figura 39. Análisis de componentes principales.	94
Figura 40. Análisis de agrupamiento de Clúster.....	95
Figura 41. Análisis de Correspondencia.....	96

INTRODUCCIÓN.

Conocer el grado de impacto o degradación de las cuencas se ha convertido en una preocupación a nivel mundial, exigiendo el desarrollo de métodos, que nos permita conocer la alteración debido a las actividades humanas, diferenciándola de los procesos que se dan naturalmente (Mercado-Silva *et al.*, 2006). La agricultura, ganadería, construcción, tala, extracción minera, caza, incendios forestales, algunas actividades recreativas e inundaciones, son reconocidos como el principal agente de cambio en el paisaje natural, con las cuales se modifica la estructura, composición y/o función del ecosistema de la cuenca (Grez y Bustamante, 1995). La mayoría de estas actividades causan la degradación de los suelos, entendida como la capacidad actual o futura del suelo para sostener la vida humana (Oldeman, 1995). Así que las prácticas actuales que son llevadas sin un tenor de sustentabilidad propicia la degradación ambiental comprometiendo la calidad de vida.

Para saber el grado de impacto de dichas actividades es necesario llevar a cabo una evaluación ambiental de los ecosistemas de la cuenca, reconociendo que éstos son sistemas abiertos y muchas veces no tienen límites bien definidos, esto significa que la materia y energía entran y salen libremente, conectando unos ecosistemas con otros (Maass y Martínez, 1990).

Para lidiar con este carácter abierto de los ecosistemas donde sus límites no están definidos, y para tener una mejor apreciación y control de las interacciones entre sistemas colindantes, se ha utilizado el concepto de cuencas hidrográficas como criterio para definir unidades de análisis, dado su carácter funcional e integral, aunado al hecho de que tienen límites precisos y salidas puntuales (Sarukhán y Maass, 1990), además son expresiones naturales del paisaje reconocidas desde el tiempo de los sumerios en las cuales muchos de los procesos que controlan la dinámica del ecosistema son contenidos hacia el interior de dicho espacio (Maass y Cotler, 2007).

Las cuencas hidrográficas son territorios en donde confluyen los elementos de los diferentes sectores (bióticos, físicos, químicos, social) involucrados en todos los procesos que son realizados al interior de dicho territorio, por lo cual las evaluaciones en una cuenca deben de tratar de abarcar todos los aspectos de estos elementos y tener en cuenta las interacciones que tienen.

Para llevar a cabo la evaluación de los ecosistemas al interior de las cuencas se han utilizado diferentes métodos, en los cuales se hace uso de variables cuantificables del medio, así como juicios de valor social (Woodley y Key, 1993). Desafortunadamente en la mayoría de los escenarios estas variables no se conjuntan, lo cual nos lleva a tener evaluaciones sectoriales, por ejemplo, meramente morfológicas, físicas, bióticas, así como sociales, las cuales, al ser evaluaciones aisladas, reflejan sólo una parte de los fenómenos que se llevan a cabo en nuestra unidad de análisis;

Al respecto, la integridad ecológica es una herramienta de evaluación de la degradación de los ecosistemas y se define como:

“La capacidad de un ambiente de soportar y mantener una comunidad adaptada, balanceada e integrada de organismos, que tiene una composición específica, diversidad y organización funcional comparable con los sistemas de la misma región y/o con condiciones históricas del mismo sitio” (Karr y Dudley, 1981, p. 56).

Bajo este concepto, la integridad ecológica solo puede ser evaluada si se consideran variables antrópicas las cuales reflejan la aptitud del ambiente para responder a las necesidades que demanda la población humana (Kay, 1993), explicando de manera general la relación que existe entre el binomio hombre-naturaleza. Por lo cual, no solo obedece a patrones de composición y funcionalidad, dentro y entre sistemas complejos, sino a su modelamiento por factores socio-económicos, políticos y administrativos, donde los humanos como parte integral de los ecosistemas alteran y se ve afectado como el resto de los componentes, por los cambios en las dinámicas naturales de su entorno (Parrish *et al.*, 2003).

En este contexto, no solo el conocimiento científico tradicional, sino también las percepciones de los pobladores con respecto a los servicios eco-sistémicos son sumamente importantes, para mantener la integridad ecológica, estas percepciones son útiles en el diseño de mecanismos eficientes de conservación ambiental, al igual que en la generación de apoyo a esos mecanismos garantizando en cierta medida la continuidad y sostenibilidad de los procesos en el tiempo (Caicedo, 2013).

El territorio de las cuencas hidrográficas es delimitado por la dirección de sus escurrimientos que se extienden prácticamente por todo este espacio, y se unen en un cauce principal, en el cual su estado de conservación o degradación es el resultado del manejo realizado en el mismo. En términos resumidos la salud del río o cauce principal está construida por las interacciones de los diferentes sectores de la cuenca, haciendo al cauce un informante sumamente útil de la condición actual de una cuenca.

La evaluación de la microcuenca del río Jalpan (MRJ) se llevó a cabo, a través de la medición de diferentes variables a diferentes escalas, haciendo énfasis en el cauce principal (río Jalpan), se realizó un análisis de integridad biótica y calidad del agua basado en ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos, la aplicación del índice de calidad visual del hábitat, se analizó también la calidad de las riberas, los tipos de cauce, un índice de calidad ambiental urbana, de la misma manera se llevó a cabo el análisis espacial de la microcuenca, ubicando impactos directos sobre el cauce y un análisis de uso de suelo. La MRJ se localiza al Norte del estado de Querétaro, dentro de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda, y este nace en el municipio de Pinal de Amoles, el lugar conocido como “la Cueva del Puente de dios”, atraviesa los municipios de Jalpan de Serra y Arroyo Seco, finalizando o teniendo su punto de salida al incorporarse al Río Santa María. En el cual no existe un referente previo de evaluación de la integridad ecológica; sin embargo, se tienen dos aproximaciones basadas en la calidad del agua, usando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores.

En este contexto el presente trabajo busca la evaluación de la microcuenca del Río Jalpan utilizando el concepto de integridad ecológica como una herramienta integradora de diferentes variables.

JUSTIFICACIÓN.

Una evaluación de integridad ecológica permite conocer el estado de degradación de un espacio geográfico en un tiempo específico, permitiéndonos conocer también las principales causas de los impactos causantes de la degradación. Pero dicha evaluación en un territorio extenso, como lo son las cuencas, es sumamente complicada ya que implica un alto esfuerzo de trabajo, que se traduce en largos tiempos de análisis, los cuales no se cuentan en la mayoría de los proyectos. Por tal motivo la selección de espacios donde confluyan la mayoría de los actores (uso del recurso) es necesaria para tener una aproximación fiel a lo que está ocurriendo en dicho territorio.

La evaluación ambiental en cuencas permite entender las interrelaciones entre los recursos disponibles y las condiciones propias del sitio a evaluar, así como la apropiación de estos por parte de la sociedad, al igual que los impactos en la cantidad, calidad y temporalidad causados por los mismos. Además permite evaluar y explicar de manera general las externalidades resultado de la forma en la que se lleva a cabo el manejo en un territorio, con lo cual se pueden establecer pautas en el manejo actual, buscando minimizar y/o mitigar los impactos hacia el medio ambiente, obteniendo información sumamente útil para los tomadores de decisiones.

Así pues, la microcuenca del Río Jalpan es una unidad apropiada para el análisis de los procesos ambientales producidos como consecuencia de las acciones en materia de uso y manejo de los recursos de suelo, agua y vegetación. Presenta un gradiente de degradación antrópica, aunado a que se tiene fácil acceso al río en la mayoría de su recorrido; Sin embargo, para poder llevar a cabo esta evaluación es necesario que la investigación se realice a través de herramientas integradoras de conceptos. La evaluación de la microcuenca con énfasis en el cauce principal permitirá conocer el estado actual de la degradación de la misma, permitiendo obtener información de las causas de los impactos para priorizar las acciones a realizar en materia de desarrollo social, así como de conservación del ecosistema, por parte de los tomadores de decisiones, así como de la sociedad en general.

OBJETIVOS.

GENERAL.

- Proponer a la integridad ecológica de los ríos como una herramienta de evaluación de los impactos antrópicos sobre la Microcuenca de Río Jalpan

ESPECÍFICOS.

- Conocer la condición ecológica actual en el Río Jalpan a través de la determinación de la integridad ecológica.
- Estimar la relación entre la integridad de la comunidad de macroinvertebrados, la calidad del hábitat, la calidad del agua, y la calidad de las riberas y de una manera cualitativa establecer la relación de las mismas con la calidad ambiental urbana, los tipos de cauce, uso de suelo agrícola, impactos directos, las zonas funcionales de la microcuenca y las percepciones y usos de río por parte de sus habitantes.
- Proponer un método para llevar a cabo la evaluación de la integridad ecológica a través del uso de: Físico-químicos del río, los tipos de cauces, la integridad biótica, la calidad del agua, la calidad de las riberas, la calidad ambiental visual, la calidad ambiental urbana, el uso de suelo y la relación de los pobladores de la microcuenca con el río.

CAPÍTULO 1. LA INTEGRIDAD DE LA CUENCA, EL REFLEJO DE LA SALUD AMBIENTAL.

Las cuencas hidrográficas son definidas como un área natural donde el agua proveniente de la precipitación confluye, superficialmente, formando un curso principal de agua el cual desemboca al mar, a un lago o a un río de mayor tamaño, y es delimitada por la división geográfica de los escurrimientos, a través del trazado de una línea imaginaria denominada “parteaguas” tomando como referencia los puntos más elevados que rodean a un río (Ramakrishna, 1997; Cotler y Priego, 2007).

Además, tienen un carácter jerárquico y anidado en el que una gran cuenca (digamos de miles de km²) está formada por sub-cuencas más pequeñas (de unos cuantos km²), las que a su vez están conformadas por otras cuencas aún más pequeñas (de varias hectáreas), lo que permite trabajar a diferentes escalas espaciales dependiendo de los objetivos y alcances de los proyectos (Maass, 2003).

Una cuenca hidrográfica está conformada por componentes: i) físicos, el agua y el suelo; ii) bióticos, flora, fauna y todos los organismos vivos; y iii) sociales como la población, cultura, economía e instituciones (Dourojeani, 2002). Estos componentes se interrelacionan, formando una entramada red de procesos dentro de la misma. Al alterarse uno de estos componentes, ocurren desbalances que puede poner en riesgo a todo el ecosistema (Ramakrishna, 1997), estos desbalances son causados principalmente por la manera en que son llevada a cabo las actividades antrópicas dentro de la cuenca entendidas como el manejo del territorio.

El manejo de cuencas consiste en el análisis, protección, desarrollo, operación y mantenimiento del suelo, vegetación y agua, basado en la conservación de su funcionamiento integral, brindando un espacio para la intervención de acciones integrales en beneficio de sus habitantes y generaciones futuras (Campos *et al.*, 2008). El manejo puede tener varios propósitos: la conservación, la apropiación de los recursos naturales, el mantenimiento de servicios ecosistémicos, la

restauración, entre otros (Cotler y Priego, 2007); y para llegar a este es necesaria la implementación de una serie de pasos a seguir, comenzando con una evaluación y síntesis del conocimiento base, sobre los procesos que estructuran y mantienen funcionando al ecosistema. Esta evaluación no se restringe a los estudios de corte científico, sino que también incorpora el conocimiento tradicional que los pobladores tienen sobre el mismo (Stanford y Poole, 1996).

La primera fase (evaluación y síntesis de conocimiento) permite identificar los procesos ecológicos y componentes del sistema que son más relevantes en el control y mantenimiento de la integridad, también permite conocer las afectaciones presentes en el sistema y propone las causas de las mismas, sentando la base de atención prioritaria hacia estas problemáticas (Stanford y Poole, 1996).

Este primer paso es fundamental en el desarrollo de un programa de manejo, ya que es el que establece las pautas en el manejo, proporciona un punto de partida y se postula como punto de comparación (condición inicial del sistema antes de ser manejado). Sin éste no se puede avanzar “teóricamente” hacia las siguientes fases, así que se puede hacer gestión sin llegar al manejo y manejo sin tener una gestión estricta, pero es imposible hacer gestión y manejo sin una evaluación previa.

Siguiendo este principio la integridad ecológica es una herramienta de evaluación sumamente útil ya que su enfoque holístico en relación a una cuenca hidrográfica, hace referencia no sólo al mantenimiento de procesos funcionales ecosistémicos dentro de los rangos de variabilidad natural, sino también al mantenimiento de niveles adecuados de la calidad de vida de los pobladores de la cuenca (Caicedo, 2013).

El manejo integrado comprende un sentido cualitativo, cuantitativo y ecológico, desde una perspectiva multidisciplinaria y centrada en las necesidades de la sociedad y la naturaleza. Lo que significa reconocer que los sistemas hídricos ecológicamente saludables reflejan un uso en equilibrio o sustentable por parte del hombre, la flora y la fauna (Van Hofwegen y Jasper, 2000).

El agua es un recurso indispensable para el desarrollo de las poblaciones (no solo humanas) y para satisfacer las diversas demandas y requerimientos, ya sea de manera directa o indirecta, es intervenida de diversas formas que pueden modificar los patrones espacio-temporales de su disponibilidad, alterando los ecosistemas y los servicios que éstos ofrecen (Cuadro 1). Siendo una prioridad la atención de esta problemática, ya que, según Postel, Daily y Ehrlich para 1996, el 30 % de la escorrentía mundial presenta algún grado de modificación antrópica; de igual manera Dybesius y Nilsso en 1994, mencionan que el 77% de los ríos localizado en los países del tercio norte del mundo presentan algún tipo de regulación de sus cauces.

Los efectos causados por las alteraciones anteriormente mencionadas se acumulan en el agua, la cual es el eje rector en cuencas, ya que une al territorio a través de su recorrido formando arroyos y ríos; y por sus características particulares, crean un sinfín de interacciones e interdependencia entre la forma de utilizar el recurso y los que la usan (Pineda-López *et al.*, 2007). Así pues, los efectos antrópicos tanto positivos como negativos confluyen en el agua, los cuales se van haciendo más notorios conforme la altitud disminuye y el caudal aumenta, en un fenómeno conocido como efectos acumulativos dados por la naturaleza de la unidireccionalidad de los escurrimientos. En otras palabras, lo que ocurre cuenca arriba repercute cuenca abajo (Pineda-López *et al.*, 2007).

En este contexto, la evaluación de la integridad ecológica con énfasis en los ríos puede ser una herramienta sumamente útil para conocer la salud ambiental de una cuenca, indicando la manera en la cual se realiza el manejo dentro de la misma marcando las pautas y prioridades por atender. Al tener un estudio técnico-científico base, se pueden implementar planes de monitoreo año con año, y contar con una excelente información de las afectaciones o beneficios de actividades realizadas.

La integridad ecológica (en este escrito haremos referencia a la integridad con el término salud ambiental dejando en claro que son términos conceptualmente diferentes) es un reflejo de la manera en la que se lleva a cabo el uso de los

recursos naturales. Por lo cual, si en un territorio se hace la explotación de estos sin tomar en cuenta sus tiempos de recuperación, la mitigación de impactos y el manejo de residuos, entre otros, difícilmente se tendrá una buena integridad ecológica, en cambio si el uso de los recursos es a través de un aprovechamiento tratando de aproximarse lo más posible a un uso sustentable, seguramente el nivel de integridad ecológica sea mayor.

Cuadro 1. Amenazas a las funciones de ecosistemas relacionados con el agua debido a actividades humanas según Daily (1997).

Actividad Humana	Impacto en ecosistema hídrico	Funciones en Peligro
Crecimiento de población y de consumo	Aumentan las presiones para desviar más agua y adquirir más tierra cultivables aumenta contaminación del agua, lluvia ácida y el potencial de cambio climático	Virtualmente todas las funciones del ecosistema hídrico.
Desarrollo de infraestructura (represas, diques, muelles fluviales, desvíos de ríos)	La pérdida de integridad de los ecosistemas altera la frecuencia y cantidad de caudales fluviales, la temperatura del agua, el transporte de nutrientes y sedimentos y el reabastecimiento de deltas, e impide las migraciones de peces.	La cantidad y calidad del agua, hábitat, fertilidad de las llanuras inundables, deportes, pesca, mantenimiento de deltas y sus economías
Conversión de la tierra y mala utilización de la misma (drenaje de humedales, deforestación)	Elimina componentes clave del medio ambiente hídrico; pérdida de funciones, integridad, hábitat y biodiversidad; altera las pautas arroyadas, impide la recarga natural, llena de cieno los cuerpos de agua	Control natural de inundaciones, hábitat para peces y aves acuáticas, recreo, suministro de agua, cantidad y calidad de agua, transporte
Cosechar y explotar en exceso	Agota los recursos vivos, funciones de los ecosistemas y biodiversidad (agotamiento de agua subterránea, pérdida de pesca)	Producción de alimentos, deporte y pesca comercial, hábitat, suministro de agua y cantidad y calidad del agua
Introducción de especie exóticas	Elimina especies nativas, altera el ciclo de producción y nutrientes, pérdida de biodiversidad	Calidad del agua, pesca deportiva y comercial, hábitat de peces y vida silvestre, transporte
Derrame de sustancias químicas y contaminantes biológicos en el agua, tierra y aire	La contaminación de cuerpos hídricos altera la química y ecología de ríos, lagos y humedales	Suministro de agua, hábitat, pesca, recreo
Emisiones de gases de efecto invernadero que inducen a cambio climático	Cambios climáticos potenciales en pautas de derrame debido a aumentos en la temperatura y cambios en los patrones de lluvias	Suministro de agua, energía hídrica, transporte, hábitat de peces y vida silvestre, dilución de contaminación, recreo, pesca, control de inundaciones

Tomado de Aguirre Núñez (2011).

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES.

La descripción del fenómeno que ahora engloba al concepto de la integridad ecológica se presenta en 1949 por Aldo Leopold en su libro *A sand county almanac* en el cual desarrolla la ética desde una perspectiva ecológico-ambiental y no solo como una característica filosófica en la cual se diferencia lo que es socialmente aceptable y lo que es antisocial. Buscando la erradicación del pensamiento de que los individuos son partes independientes de un entramado de “cosas”, dejando en claro que somos grupos o comunidades interdependientes y que estamos limitados por las condiciones que se presenten en el lugar donde nos desarrollamos.

Este tipo de ética nombrada por Lepold “la ética de la Tierra” solo amplia los límites de las comunidades humanas y lo enmarca en los recursos naturales, no como entidades intocables y permanentes en el tiempo, en donde no se permita la alteración, gestión, o el uso de estos recursos; sino más bien que afirma el derecho a la continuación de su existencia, y por lo menos, en manchones, la existencia de estados “naturales” (prístinos).

En términos resumidos se desarrolla la idea de la Tierra como un todo y no como una mezcla de componentes parciales, el autor hace referencia a los distintos niveles de organización y las cadenas alimentarias planteando la idea de que las interacciones que se dan no son lineales, sino más bien, una compleja red de procesos, en la cual el humano forma parte de éstos como un elemento más, dejando de lado el papel de conquistador de la tierra.

Bajo esta misma corriente de pensamiento surge en 1979 una teoría postulada por J. E. Lovelock, en la cual se presenta la interrogante de si el planeta tierra es más que solo la suma de todos sus elementos y se plantea a éste como el sistema más complejo conocido por el hombre. Lo considera como un súper-organismo individual capaz de mantener las condiciones que hacen posible la vida sobre el mismo y de los cuales somos un componente más que hace que todo este entramado de interacciones funcione de manera “correcta”.

Con estas bases, y muchas otras en este mismo tenor, permeando en la sociedad, surge una manera diferente de pensamiento contraria a la forma tradicional en la cual la especie humana se excluía así misma de la naturaleza, haciendo uso de esta para su conveniencia. Esta nueva forma de abordar la relación hombre-naturaleza comienza a tomar auge conforme se comienzan hacer notorio los impactos de las actividades humanas sobre el medio ambiente, cambiando las condiciones de la calidad y cantidad de los servicios que la naturaleza brindó en un "inicio". A tal grado que ahora, la gran mayoría de las políticas públicas (si no es que todas) a nivel mundial tienen dentro de sus consideraciones criterios para el desarrollo de las sociedades de una manera amigable, sustentable, saludable, en armonía, equilibrada, equitativa... para/con el medio ambiente.

La integridad ecológica es postulada por Angermeier y Karr (1994) como el más completo e incluyente informante de la condición de los ecosistemas ya que toma en cuenta variables cuantificables del ambiente a lo que ellos le denominan naturalidad, así como juicios de valor social denominados ética, ya que la mayoría de los ecosistemas presentan en alguna medida cierto grado de alteración dada por las actividades antrópicas.

En términos prácticos la integridad ecológica evalúa la condición actual de los sistemas, con base en cantidad y calidad de las variables que se toman en cuenta, dando como resultado el conocimiento del deterioro presente de las zonas evaluadas.

En la revisión de Grumbine (1994) se destacan cinco objetivos de los ecosistemas y su manejo que se correlacionan directamente con una buena integridad ecológica, éstos son: i) mantener poblaciones viables de las especies nativas; ii) proteger ejemplos representativos de todos los tipos de hábitats en su rango natural de variación; iii) mantener procesos evolutivos y ecológicos; iv) manejar paisajes y especies para responder a cambios ambientales a corto plazo; y v) acomodar las actividades humanas dentro de estas limitaciones.

Para llevar a cabo la evaluación de la integridad ecológica la mayoría de los autores se han basado en el uso de indicadores que reflejen la aptitud del

ecosistema de mantener los procesos que en él se desarrollan. En este tenor la evaluación de la calidad ambiental a través del uso de bioindicadores ha sido ampliamente usada (Powell y Powell, 1986; Canterbury *et al.*, 2000), en diferentes ambientes. A continuación, se presenta una recopilación temporal del año 2000 al 2017 de diferentes variables que se han tomado en cuenta, así como las que podrían utilizarse en la medición de la integridad ecológica para ambientes dulceacuícolas, en ríos específicamente:

Schiemer (2000) propone a los peces como indicadores de los grandes ríos, y establece que para evaluar a la integridad ecológica se requiere tomar en cuenta las diferentes escalas que están implícitas en el desarrollo de los peces como; i) la genética de la población con respecto a áreas biogeográficas en escalas de largo tiempo; ii) los diferentes hábitas que son usados en el ciclo de vida de los peces así como los cambios ontogénicos de estos y los requisitos específicos durante la fase de reproducción; y iii) los procesos de transporte longitudinal, lateral y de intercambio que determinan las condiciones locales del hábitat y el suministro de alimento para los peces. Este trabajo propone la evaluación del hábitat y las condiciones de las poblaciones de peces, sin embargo, no toma en cuenta el porqué de los impactos presentes.

Moog y Chovanec (2000) consideran macroinvertebrados bentónicos en la definición teórica de la integridad ecológica de las normas austriacas (M 6232); en la cual se define como el mantenimiento de todos los procesos y atributos de la comunidad interna y externa, interactuando con su entorno de tal manera que la comunidad biótica corresponde al estado natural del hábitat acuático correspondiente. La integridad ecológica de un sistema acuático se basa en la capacidad de todas las especies naturales para mantener poblaciones sanas y reproductivas, a pesar de ser un concepto holístico.

Aarts y Nienhuis (2003), evalúan la integridad ecológica de grandes ríos utilizando una zonificación y gremios de peces, también utilizan dos índices; uno de sensibilidad a la degradación ambiental y otro de distribución de especies (eurytopic), para poder estimar la capacidad del sistema para mantener a una

comunidad, teniendo en cuenta las diferentes presiones ejercidas sobre este, y obtienen como resultado que dependiendo las zonas funcionales, los gremios difieren, al igual que su distribución y abundancia. En ríos altamente impactados no se tiene una estructura y composición por lo cual no cumplen con la integridad ecológica, como el río Rin en Europa. En este tipo de evaluación las variables son más incluyentes ya que se miden aspectos bióticos y físicos y se relacionan con las actividades humanas las cuales causan diferentes grados de degradación.

Radwell y Kwak (2005) trabajaron en 10 ríos de la meseta de Ozark en Estados Unidos para determinar cuál de estos era idóneo para declarar un estado de protección, utilizando 34 variables basadas en el uso de macroinvertebrados, ensamblaje de peces, la vegetación ribereña, la calidad del agua y los atributos físicos de las cuencas hidrográficas (cobertura vegetal, uso de suelo), las cuales se compararon con condiciones conceptualmente ideales, encontrando un escalonamiento en los diferentes ríos.

Freeman, Pringle y Jackson (2007) hacen un análisis de la conectividad hidrológica y la contribución de las zonas de captación o cabecera en la integridad ecológica en escalas regionales como lo son las cuencas, estos autores abordan el tema de efectos acumulativos y de cómo sus efectos van degradando los procesos conforme la altitud disminuye y el caudal aumenta, al igual que los impactos que va recibiendo el escurrimiento. A tal grado que hablan de diferentes impactos a gran escala como la hipoxia que se presenta en el golfo de México dada por toda una serie de impactos en los cauces dentro de la placa continental. Así, concluyen que las zonas de cabecera son muy importantes en el mantenimiento de la integridad ecológica por lo cual hace falta un correcto manejo de estos sitios.

Borja *et al.* (2008) hablan en su trabajo, de una manera integradora de definir la calidad ambiental o integridad ecológica y con este enfoque evaluar el estado de los ecosistemas, conjuntando elementos biológicos, físico-químicos y de contaminación, enmarcando la necesidad de la generación de herramientas que permitan una evaluación holística que incluyan diferentes enfoques: i)

multidisciplinaria; ii) integración de factores bióticos y abióticos; iii) métodos precisos y validados e iv) indicadores adecuados de los ecosistemas. Ya que los políticos y gestores necesitan información de metodologías sencillas y pragmáticas, pero científicamente sólidas, para mostrar a la sociedad que tomen en cuenta las presiones humanas y los procesos de recuperación.

Byene *et al.* (2009) estudiaron el impacto de las actividades humanas sobre la integridad ecológica del Río Borkena en Etiopia, utilizando métricas de calidad de agua, distribución de macroinvertebrados y la diversidad de los sitios. Esta evaluación se llevó a cabo comparando dos sitios en los cuales eran mínimas las perturbaciones urbanas (río arriba) contra ocho sitios perturbados, atendiendo cambios físicos del agua, proximidad a contaminantes de fuentes puntuales y accesibilidad. Encontrando que en los sitios con perturbación la integridad ecológica disminuía notablemente en comparación a los dos sitios de referencia. Estos patrones son atribuidos a una combinación de vertidos de desechos no tratados exacerbados por factores geológicos, topográficos, climáticos y de uso de la tierra.

Kobingi *et al.* (2009) estudiaron el impacto de la contaminación en la integridad ecológica de dos ríos, uno influenciado por el desarrollo urbano y otro por la agricultura, en la cuenca del lago Victoria en Kenia. Utilizaron atributos de las comunidades de macroinvertebrados, un índice de integridad biótica, parámetros físico-químicos y nutrientes del agua. En sus resultados encontraron que los atributos de las comunidades no lograron delinear categorías en los distintos grados de degradación; sin embargo, ésta categorización se estableció utilizando el índice de integridad biótica, dando como resultado mejor integridad en el río influenciado por la agricultura y categorías más bajas por la influencia del desarrollo urbano.

Clapcott *et al.* (2011) trabajan sobre las relaciones del uso de la tierra con los indicadores estructurales y funcionales de la integridad ecológica, este autor hace la comparación de 14 métricas englobadas en cuatro tópicos, 1) calidad de agua, 2) invertebrados bentónicos, 3) peces y 4) procesos ecosistémicos, en relación a

tres tipos de uso de suelo, 1) vegetación autóctona, 2) urbanización y 3) agricultura. Encontrando que los indicadores más fuertes eran los nitratos y nitritos, el valor del nitrógeno delta de los consumidores primarios (como efectos del uso de la tierra) y el índice de la comunidad de macroinvertebrados (a biotic index of organic pollution), teniendo como resultado una mejor integridad en los sitios con un tipo de uso de suelo de vegetación autóctona.

Reza y Abdullah (2011) hablan de la necesidad de la construcción de un índice de integridad ecológica a nivel regional para evaluar el estado actual de los ecosistemas, su objetivo principal es establecer el pensamiento de que los procesos que se llevan a cabo en los ecosistemas no son aislados y presentan características de la integridad ecológica, características de los procesos espaciales inducidos por factores estresantes y antropogénicos, así como un enfoque para el desarrollo de un índice de integridad. Tomando como base diferentes indicadores: índices de composición, estructurales y funcionales relacionados con la fragmentación, representatividad del área protegida, sensibilidad al ecosistema y conectividad del paisaje.

Paukert *et al.* (2011) Desarrollaron y evaluaron un índice de amenaza ecológica en la cuenca baja del Río Colorado en México, utilizando amenazas a nivel de paisaje como el uso de la tierra, el desarrollo de vías navegables, desviaciones y el desarrollo humano, encontrando que los sitios más cercanos a las urbes, con cruces de caminos y alta densidad tenían mayor calificación en el índice de amenaza. De estos autores se destaca la mención de que en la actualidad no existen métodos ampliamente aceptados para cuantificar las perturbaciones y determinar cómo medir las amenazas en cuencas hidrográficas.

Maceda-Veiga, Green y De Sostoa (2014) utilizaron un índice de masa corporal en cuatro especies de peces mostrando como la calidad del hábitat influye en la condición de estas, encontrando que el índice incrementaba su valor conforme la altitud aumentaba y la condición ecológica mejoraba (sitios conservados), proporcionando otro atributo de las comunidades para evaluar la salud ambiental y

que funcionaba aún mejor que el índice de integridad biótica establecido para esta región.

Durance *et al.* (2015) analizan la relación que existe entre la calidad de los servicios ambientales y las comunidades dulceacuícolas (biodiversidad), ya que para mantener y proteger los servicios de los ecosistemas dependerá de la comprensión de los procesos que se lleven a cabo ya sea para su mantenimiento o degradación. De esta manera ellos postulan que a través del monitoreo de variables de la biota acuática es posible predecir cuándo un servicio pueda estar comprometido. Concluyendo que un entendimiento de esta relación maximiza el impacto sobre las políticas públicas, la práctica y la toma de decisiones.

Capmourteres, y Anand (2016) evaluaron la integridad ecológica desde un enfoque estructural y funcional a diferentes escalas, ellos utilizaron la cobertura vegetal, la diversidad de aves y parámetros físico-químicos del agua, lo cual permitió la exploración de las interacciones complejas y simultáneas entre la estructura y la función de los ecosistemas. Proponen el uso de diferentes escalas para mejorar los programas de monitoreo de la integridad ecológica.

En esta recopilación de diferentes autores en el mismo tópico, se nota un incremento en los artículos publicados conforme avanza el tiempo (Figura 1) al igual que el número de citas. Lo que puede relacionarse con la preocupación que enmarca la crisis ambiental actual, siendo prioritario conocer el estado actual de nuestros ecosistemas como base para un manejo adecuado ya sea con políticas de conservación, rehabilitación, saneamiento. Además de conocer lo que ocurre en estos sistemas y presentar esta información a la población en general para intentar cambiar la percepción acerca del uso de los recursos.

Las cuencas hidrográficas son territorios donde se unen componentes físicos, bióticos y sociales, por lo cual la evaluación de la manera en las que se dan estas conexiones innegables es más preocupante conforme avanza el tiempo como bien lo expresa la figura 1. Estas evaluaciones en cuencas permiten conocer las actividades que están impactando y degradando el ambiente y en qué medida para poder llevar a cabo acciones concretas que mitiguen o disminuyan dicha

degradación, y si se realiza de una manera oportuna permitirá evitar que el efecto resultante de los diferentes impactos tenga consecuencia a gran escala.

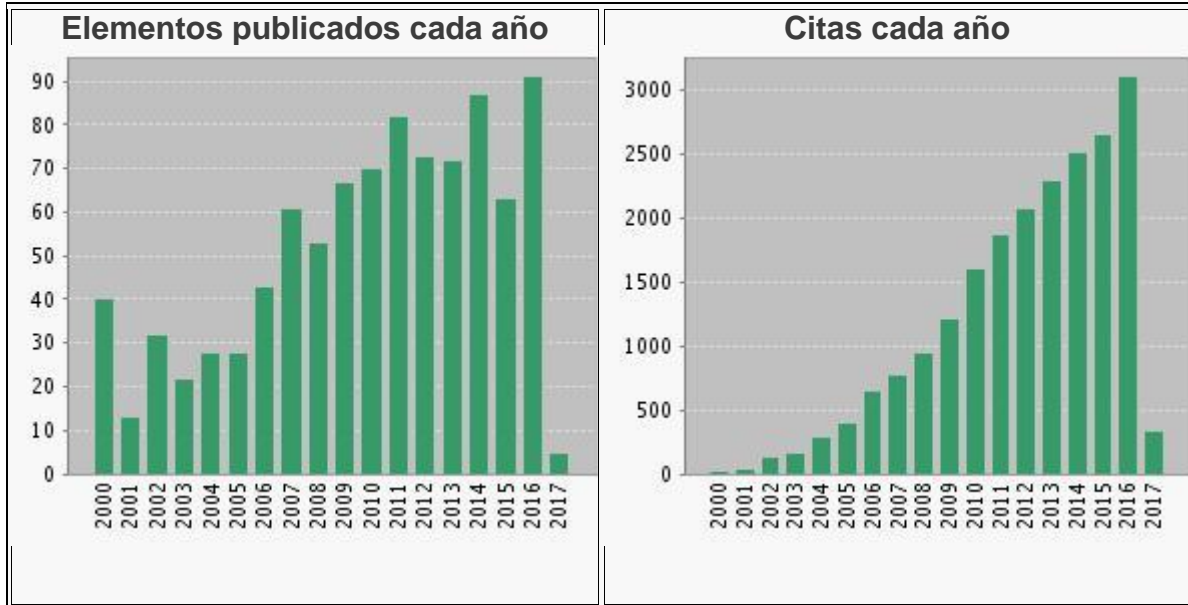


Figura 1. Número de artículos de integridad ecológica publicados del año 2000-2017 en la colección principal de *Web of science*. Extraída en marzo de 2017

Dificultades y necesidades del concepto de integridad.

En los ejemplos mencionados en la sección anterior se nota el uso de indicadores biológicos como informantes del estado de las condiciones actuales de los diferentes lugares estudiados. La cuantificación de la integridad se lleva a cabo sumando varios atributos medibles de una comunidad biológica, que estiman su estructura, composición y funcionamiento (Miller *et al.* 1988, Weigel *et al.*, 2002). Cabe destacar que el uso de la comunidad de peces, se realiza de manera tradicional aunado a que la información que brindan es de utilidad; Sin embargo, los índices de integridad biótica con base en ensamblajes de macroinvertebrados son informantes con mayor peso, debido a la compleja biología de sus integrantes, ya que presentan una amplia gama de tolerancia que van desde generalistas a muy específicos (Zúñiga *et al.*, 1993) en sus requerimientos ecológicos. También son organismos de ciclos de vida corto por lo cual son informantes sumamente importantes de impactos recientes (Reynoldson, 1987), pero el uso de macroinvertebrados como indicadores debe ser complementado con otros aspectos ecológicos a diferentes escalas para poder ser un informante completo.

Todos los autores manejan una definición de integridad ecológica similar, aunque la manera de abordar la evaluación de esta es metodológicamente diferente, pero cada variable tiene congruencia con la aptitud del medio ambiente de soportar y mantener la estructura y función de los procesos que se evalúan.

A pesar de que los trabajos publicados son de suma relevancia, no toman en cuenta las variables que desencadenan los impactos causantes de la degradación ambiental dejando de lado la cualidad a la que Karr y Angermeier denominaron ética. Dichos trabajos se basan solo en las variables cuantitativas de los ambientes, que, sin duda, muestran el impacto de la degradación, pero al ser la integridad ecológica un concepto holístico es de suma importancia el evaluar, también, el porqué de los impactos, desde una base social que englobe aspectos de educación, percepción y el contexto en el cual los actores causantes de estos se desarrollaron.

Siguiendo con esta premisa es imperativo el establecimiento de parámetros “universales”, que atiendan la evolución del deterioro de los sistemas a un nivel de paisaje. Es decir, variables que reflejen la aptitud de los ecosistemas a través de uso de índices (integridad biótica, calidad de riberas, calidad ambiental urbana, calidad ambiental visual, calidad del agua, análisis de uso de suelo e impactos directos), pero que no califiquen de la misma forma a todos los sistemas ya que un ecosistema templado no puede mantener los procesos que se llevan a cabo en un ecosistema tropical, pero en ambos se pueden medir las variables anteriormente mencionadas. Teniendo un método establecido se podrían realizar los análisis comparativos necesarios dentro de un mismo territorio (cuenca) y establecer cuáles serán las acciones de manejo que se tengan que llevar a cabo para un “correcto” funcionamiento atendiendo las necesidades de todos los elementos enmarcados en un mismo tiempo y espacio.

Por lo anterior, no existe una “receta” establecida con pasos a seguir para la evaluación de la integridad ecológica y su estimación debe realizarse con base en los sistemas a evaluar, los objetivos de los proyectos planteados, así como la experiencia y conocimiento de los encargados en realizarlos.

Dentro de la reserva de la biosfera Sierra Gorda, no se tiene un referente de la evaluación de la integridad ecológica, lo más acercado son dos trabajos de monitoreo de la calidad de agua a través de macroinvertebrados como bioindicadores:

La primera aproximación es un trabajo de grado titulado: Propuesta de norma para el monitoreo participativo de calidad de agua en ríos usando macroinvertebrados acuáticos elaborado por Ramos-Barríos (2014), el cual se llevó a cabo en la microcuenca Pinal-Presa Jalpan. Donde se evaluaron siete sitios dentro de un gradiente altitudinal, de los cuales tres presentaron una mala calidad, un sitio con calidad escasa, tres con calidad media y uno con calidad alta. Estos resultados reflejaron como en zonas con una mayor actividad humana la calidad del agua disminuye.

La segunda aproximación es un Plan de monitoreo de la calidad del agua en la zona urbana del Río Jalpan realizada por Amador-Zúñiga (2014), en el cual se evaluaron cuatro sitios de estudio dentro de la zona urbana en la cabecera municipal de Jalpan de Serra: i) Bajo presa, ii) Playita, iii) Rastro y iv) Planta de tratamientos de aguas residuales (PTAR) Jalpan. Este autor encontró una calidad mala, calidad escasa, media y mala respectivamente, y argumenta una asociación entre el impacto del aumento de la población a través de un proceso de urbanización con la degradación presente en los sitios de estudio.

Ambos trabajos usaron la modificación del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), el cual se basa en las valencias de tolerancias a la degradación ambiental de las familias de macroinvertebrados encontrados en un sitio. En los dos estudios realizados dentro de la microcuenca del Río Jalpan se correlacionaron las peores calidades con los sitios urbanizados, donde las actividades humanas se concentran.

Aunado a éstos estudios, se encuentra en ejecución (2016-2018) un proyecto de investigación financiado por el Fondo para el Fortalecimiento de la Investigación (FOFI) de la Universidad Autónoma de Querétaro, titulado “Efecto potencial de las especies ícticas exóticas invasoras en los ríos de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro”, bajo la responsabilidad del Dr. Juan Pablo Ramírez Herrejón, del cual se desprende el presente trabajo.

CAPÍTULO 3. MÉTODOS

3.1 GENERALIDADES.

Inicialmente se hizo la selección y delimitación de la zona de estudio, la cual se denominó microcuenca del Río Jalpan, enmarcada en el área natural protegida conocida como reserva de la biosfera Sierra Gorda, se realizó una salida prospectiva para la ubicación de los sitios a evaluar, seleccionando siete de estos sobre el cauce principal, en donde se trabajó *in situ*, identificando las diferentes unidades hidromorfológicas del cauce, donde se tomaron los parámetros fisicoquímicos, análisis geomorfológicos a través de perfiles y análisis granulométricos, colecta de macroinvertebrados, evaluaciones visuales de la calidad del hábitat y evaluaciones de la calidad de las riberas del cauce. La colecta de macroinvertebrados se identificó a nivel de familia y se establecieron sus valores de tolerancia para la elaboración del índice de integridad biótica y el índice de calidad de agua. También se seleccionaron dos sitios en comunidades urbanas para la evaluación de la calidad ambiental urbana y la aplicación de entrevistas semi-estructuradas en relación a los usos y percepciones del agua del río, a los diferentes actores mapeados. Además, se hizo un análisis de uso de suelo con énfasis en impactos directos al cauce y uso agrícola y ganadero, así como el establecimiento de las zonas funcionales de la microcuenca. Finalmente se realizó el análisis de los datos cuantitativos a través del uso de análisis de componentes principales con las variables ambientales de los sitios, un análisis de agrupamiento de clústers para conocer la similitud entre los sitios y un análisis de correspondencia canónica con las variables ambientales, los sitios y las familias de macroinvertebrados. Y se realizó una integración cualitativa o descriptiva de todos los resultados obtenidos (Figura 2).

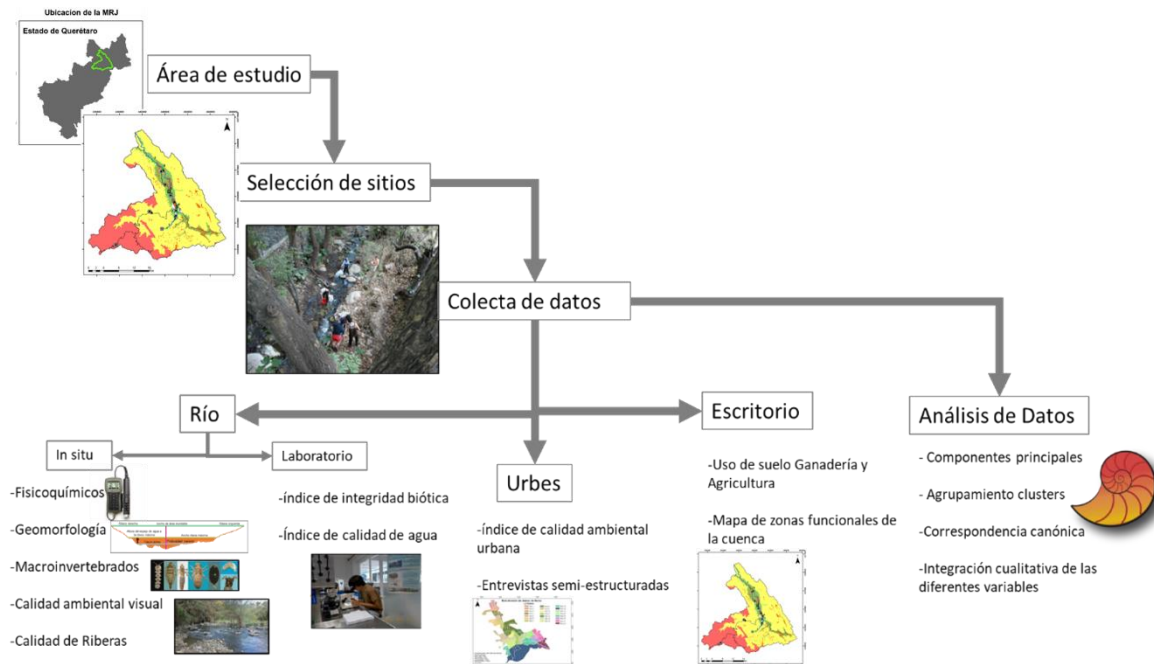


Figura 2. Diagrama metodológico general

3.2 ÁREA DE ESTUDIO.

La zona de estudio es la microcuenca del Río Jalpan (MRJ) y se localiza al norte del estado de Querétaro en los municipios de Jalpan de Serra, Arroyo Seco y Pinal de Amoles. La delimitación de la microcuenca fue construida con el programa ArcGIS, haciendo uso de un modelo digital de elevaciones, curvas de nivel y los escurrimientos perennes e intermitentes obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), abarcando un área de 561.8 km² y un perímetro de 154.4 km (Figura 3). La MRJ se ubica en la sub-cuenca Santa María Bajo, perteneciente a la cuenca del Río Tamuín y dentro de la región hidrológica del Río Pánuco. Esta región cuenta con una diversidad biológica importante y parte de su afluente se encuentra ubicado en áreas naturales protegidas (ANP), por lo cual es considerado como una zona prioritaria para la conservación (Alvares *et al.* 2008).

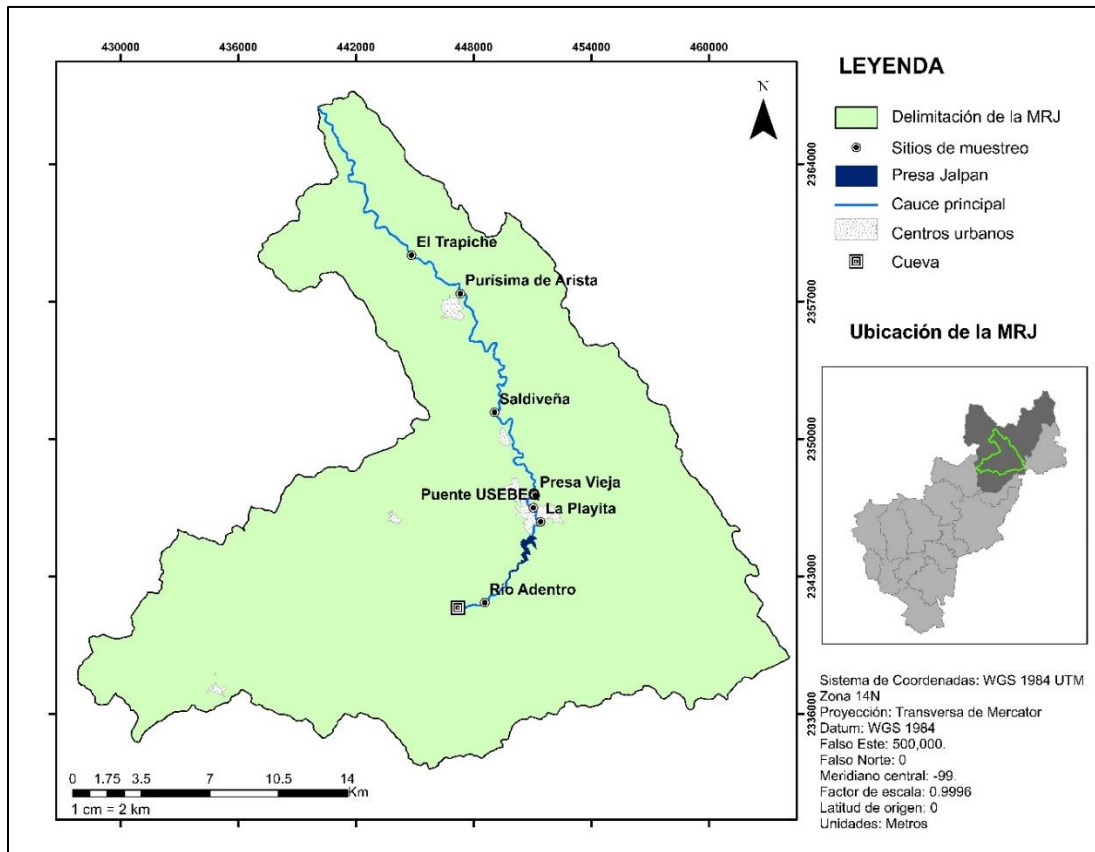


Figura 3. Delimitación de la zona de estudio, denominada *Microcuenca del Río Jalpan (MRJ)*. Elaboración con base en datos de INEGI

Esta evaluación se basó en la parte baja de la microcuenca (Río Jalpan), ya que al ser la zona de deposición los impactos causados por las actividades antrópicas en “teoría” son más evidentes. Sin embargo, en la evaluación realizada por Ramos-Barrios (2014) se encontró que la calidad de agua fue diferente entre el punto de la planta de tratamiento de aguas en la comunidad de Ahuacatlán con una calidad mala (la más baja) y el punto Río Adentro ubicado antes de la presa Jalpan con una calidad media (Figura 4). Lo que fue atribuido a que en tiempo de secas (febrero-mayo) no existe una escorrentía superficial, lo cual permite inferir que el transcurso subterráneo del agua entre estos dos sitios funciona como un filtro natural, además en el sitio de Río Adentro es el lugar donde inicia el cauce del Río Jalpan.



Índice BMWP-PJ (Suma total de familias)	Grado de intervención sobre el cauce	Nivel de calidad
Mayor a 153	Minima	Alta
122-152	Leve	Buena
92-121	Importante	Media
46-91	Grave	Escasa
Menor a 45	Muy grave	Malta

Sitios	BMWP-P-J
Escanela	172
Puente	
Escanelilla	112
PTAR	
Ahuacatlán	0
Río Adentro	100
Bajo Pesa	15
Playita	80
Rastro Jalpan	117
PTAR Jalpan	10

Figura 4. Calificaciones de la calidad del agua y sus categorías obtenidas en cada sitio de muestreo del estudio realizado por Ramos-Barrios (2014).

Se establecieron siete sitios de muestreo sobre el cauce principal (Río Jalpan), Río Adentro; La Playita; Puente USEBEQ; Presa Vieja; Saldiveña; Purísima y El Trapiche (enlistados del 1 al 7 respectivamente), atendiendo a un gradiente altitudinal, así como a distintos grados de modificaciones en el cauce (p. ej. Presas, plantas de tratamiento, localidades urbanas, rectificación de cauces) e impactos directos observables (p. ej. descargas de agua, coladeras, cruces de caminos); de la misma manera se seleccionaron dos comunidades urbanas para la evaluación de la calidad ambiental urbana (Figura 3).

3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS.

Los sitios de muestreo se seleccionaron atendiendo a un gradiente altitudinal, accesibilidad y a los diferentes impactos visibles en los sitios, se seleccionaron siete sitios:

Río Adentro.

Es el sitio donde surge el Río Jalpan después de un recorrido subterráneo de aproximadamente tres km, es el sitio más elevado con una altitud de 811 m.s.n.m. y se localiza aproximadamente a cinco kilómetros de la cabecera municipal de Jalpan, en el sitio se tiene una modificación del cauce por la construcción de un vado para el cruce de vehículos.



Figura 5. A) Vista general; y B) modificaciones al cauce del sitio Río Adentro.

La Playita.

Este sitio presenta espacios abiertos utilizados por la población a manera de recreación, se tienen modificaciones de ambos lados de las riberas para su fácil acceso y además cuenta con un puente sobre el cauce para el paso vehicular. Se encuentra justo en el límite de la mancha urbana de la cabecera municipal y tiene una altitud de 447 m.s.n.m.



Figura 6. A) Vista general y B) modificaciones al cauce del sitio La Playita.

Puente USEBEQ.

Se encuentra en el centro del manchón urbano de la cabecera municipal de Jalpan de Serra y ambos lados de sus riberas se encuentran modificadas, el lado izquierdo presenta un muro de concreto como soporte de la vía vehicular pavimentada, el lado derecho presenta una vía de terracería, además de tiene un puente vehicular este sitio tiene una elevación de 740 m.s.n.m

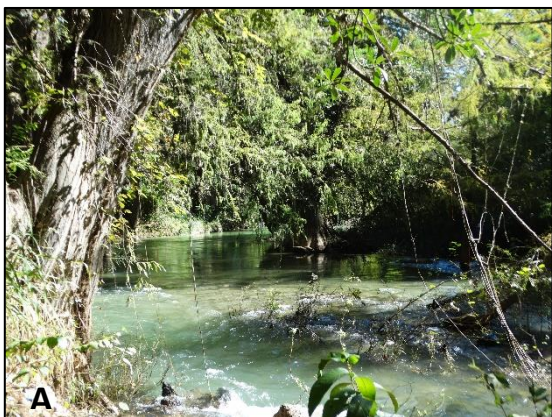


Figura 7. A) vista general y B) modificaciones del cauce del sitio Puente USEBEQ.

Presa Vieja.

Como su nombre lo indica en este sitio se modificó el cauce con la construcción de una presa la cual se encuentra está inactiva, se localiza en los bordes del polígono urbano de Jalpan y tiene una elevación 734 m.s.n.m

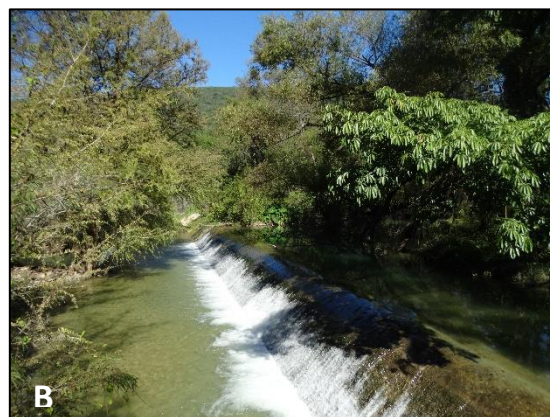


Figura 8. A) Vista general y B) modificaciones del cauce del sitio Presa Vieja.

Saldiveña.

Presenta una elevación de 705 m.s.n.m. y está ubicado en el extremo norte de la comunidad de Saldiveña, en este existe un cruce vehicular sobre el río además en su ribera izquierda se ubica una potabilizadora de agua para consumo humano y una estación gasolinera.



Figura 9. A) Vista general y B) modificaciones del sitio Saldiveña.

Purísima de Arista.

Se localiza a las afueras de la comunidad de Purísima de Arista, aproximadamente a un kilómetro y presenta un puente como modificación del cauce, así como la descarga de una planta de tratamiento y una estructura de concreto a manera de presa y se encuentra a 656 m.s.n.m.



Figura 10. A) Vista general y B) modificaciones del sitio Purísima de Arista.

Trapiche.

Se ubica en las cercanías de la comunidad de Trapiche y es el sitio más bajo con una altitud de 649 m.s.n.m en este se tiene la presencia de un cruce automovilístico sobre el río y en su ribera izquierda corre la carretera federal 69.

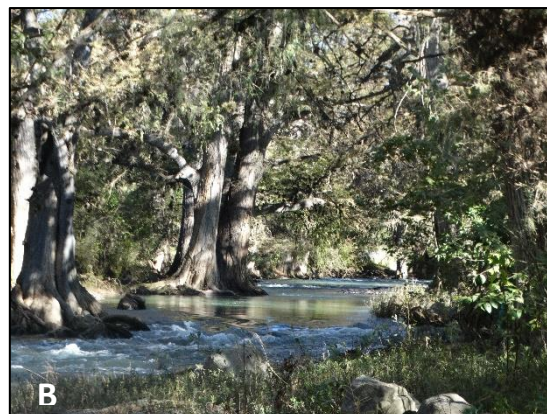
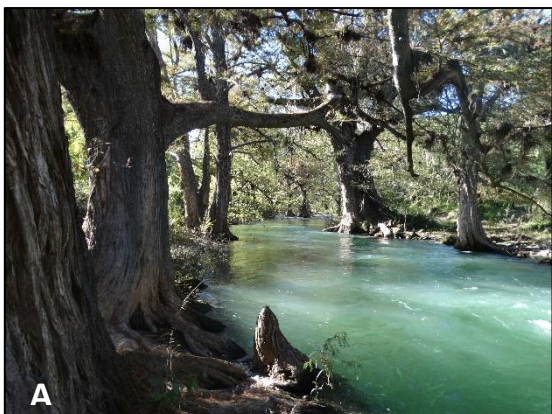


Figura 11. Vista general del sitio Trapiche (A y B).

De la misma manera se seleccionaron las dos localidades urbanas presentes en la MRJ, Jalpan de Serra y Purísima de Arista para evaluar la calidad ambiental urbana, el criterio a considerar fue el número de pobladores de las localidades. La localidad de Jalpan cuenta con una población de 11, 010 habitantes de un total del municipio de 25, 550 y la localidad de Purísima cuenta con 2, 304 habitantes de un total del municipio de Arroyo seco de 12,910 (INEGI, 2010), y ambas son las más grandes de sus respectivos municipios.

la aplicación de los índices en relación a la estructura, composición y función del río.

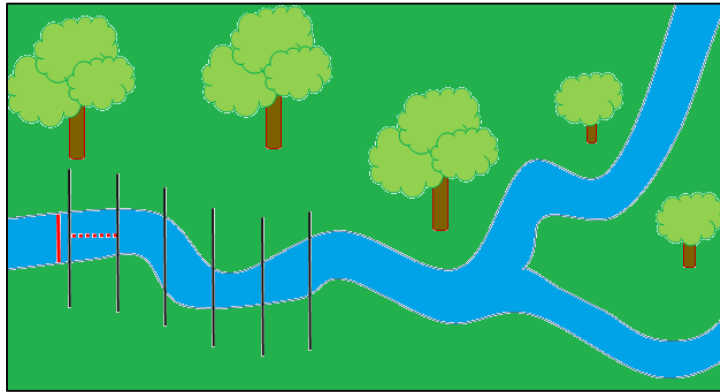


Figura 13. Esquema ilustrativo de la selección del tramo del río, tomado y modificado de la norma mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012.

En cada sitio se reconocieron las diferentes unidades hidromorfológicas (UHM's) del río siguiendo la modificación de Parasiewicz, 2001 (Cuadro 2; Figura 14) para la colecta y toma de datos.

Cuadro 2. Definición de unidades hidromorfológicas modificadas de Dolloff *et al.* (1997), Bisson y Montgomery, (1996). Los nombres se mantienen en inglés por la imposibilidad de traducir con precisión todas las UHM. Algunas de ellas se muestran con la que consideramos es la mejor traducción.

UHM	Descripción
Riffle	Zonas someras con velocidad del agua moderada, algo de turbulencia en la superficie y pendiente elevada. Lecho con forma convexa.
Rápido (Rapid)	Zonas de fuerte pendiente, con velocidades más altas, sustrato más grueso y mayor turbulencia en superficie. Lecho con forma convexa.
Cascada/Salto (Cascade)	Rápidos escalonados con pequeños saltos de agua y con pozas muy pequeñas detrás de bloques.
Tabla (Glide)	Cauces moderadamente someros, con flujo laminar, sin turbulencias pronunciadas. Lecho plano.
Ruffle	Rápidos con menos caudal, en transición a "Run" o a "Riffle".
Corriente (Run)	Cauce monótono con un Thalweg (línea de profundidad máxima) bien definido. El lecho es plano longitudinalmente y cóncavo lateralmente.
Corriente rápida (Fast run)	Cauce uniforme y con alta velocidad del agua.
Poza (Pool)	Zonas profundas con poca velocidad del agua, causadas por algún tipo de obstrucción en el cauce. Lecho con forma cóncava.
Poza tras cascada (Pungle pool)	La corriente principal pasa por encima de una obstrucción total del cauce y cae verticalmente, excavando el lecho del río.
Remanso (Backwater)	Áreas someras y de aguas quietas en los márgenes del cauce, causados por remolinos formados detrás de obstrucciones.
Brazo lateral (Side arm)	Zonas que rodean islotes, de ancho menor que la mitad de la ancho total del cauce, con frecuencia a diferente altura que el cauce principal.

Tomada de Parasiewicz *et al.* (2009).

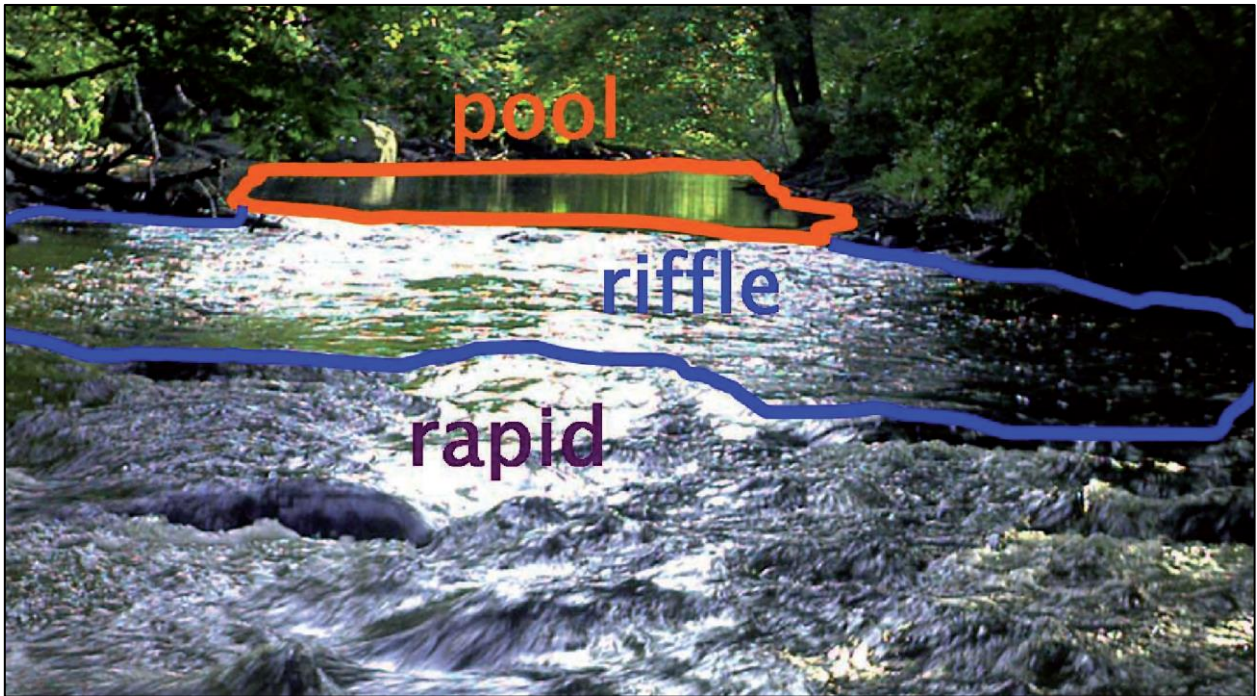


Figura 14. Ejemplos de unidades hidromorfológicas. Extraído de Parasiewicz *et al.* (2009).

3.5 FÍSICO-QUÍMICOS.

En todos los sitios se midieron las características físicas y químicas del agua, mediante el uso de una sonda multiparamétrica (HachHydromet Quanta, Loveland, Colorado, USA) que incluye pH, oxígeno disuelto (mg/L), porcentaje de oxígeno disuelto (%), sólidos disueltos totales (g/L), conductividad (mS/cm), temperatura (°C), potencial de óxido-reducción (mv) y turbidez (NTU). Cada medición se tomó por triplicado en cada UHM, para obtener una variación estadística, es importante resaltar que estos parámetros fueron los primeros en tomarse, antes de que el equipo de trabajo entrara al río ya que esto conlleva a una modificación de las variables (p. ej. El número de sólidos disueltos o suspendidos en el agua puede aumentar si existe un tipo de remoción o movimiento del sustrato dado por el caminar de una persona dentro del río). De la misma manera se tomaron tres réplicas de muestras de agua para cada sitio, en viales de vidrio de un litro, se depositaron en recipientes con hielo (hieleras), y se transportaron al laboratorio para su posterior análisis, obteniendo las variables: F^- (mg/L), Cl^- (mg/L), NO_2^- (mg/L), Br^- (mg/L), NO_3^- (mg/L), PO_4^{3-} (mg/L) y SO_4^{2-} (mg/L).

3.6 GEOMORFOLOGÍA.

La caracterización geomorfológica, se llevó a cabo a través de la realización de perfiles del río, siguiendo lo establecido en el protocolo de análisis geomorfológico para la aplicación de la norma mexicana de caudal ecológico (NMX-AA-159-SCFI-2012) para determinar los tipos de cauces (Figura 15) propuestos por Rosgen (1996) presentes en el Río Jalpan.

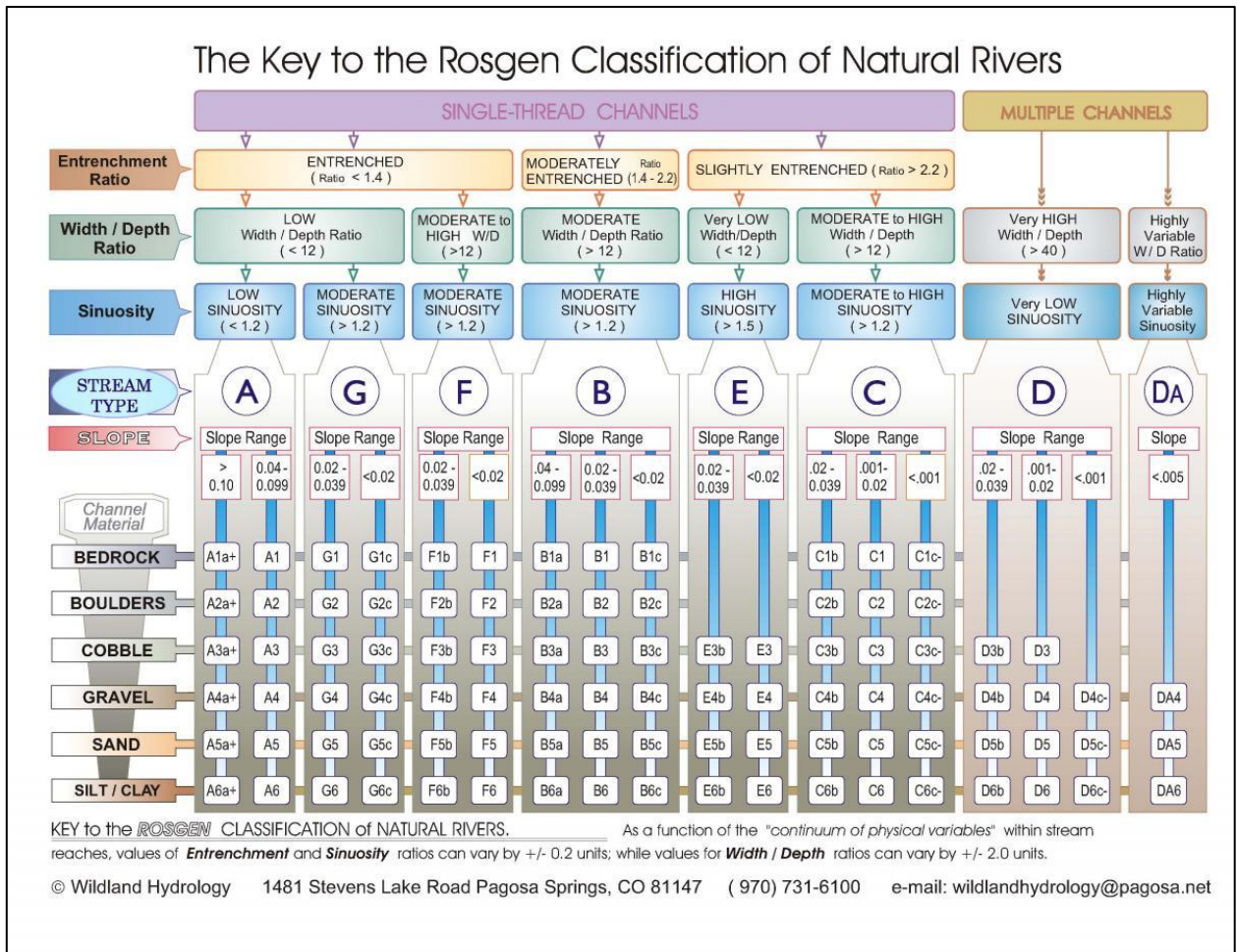


Figura 15. Clasificación natural de los ríos según Rosgen (1996).

Donde se establecen las riberas máximas, entendidas como el nivel máximo que alcanza el cauce en tiempo de avenidas o lluvias, y se establece con la diferencia de sustratos (generalmente se observa la presencia de limos y sedimentos finos en colindancia de sedimentos más gruesos o tierra); en este límite (ribera máxima) se establece el nivel para hacer un corte transversal del río, con ayuda de una cuerda o nivel laser. Se tomaron las medidas de profundidad desde la base del río

hasta la altura de las riberas máximas, para cada perfil se realizan como mínimo 100 mediciones, con las cuales se calcularon: i) ancho de la ribera máxima, ii) profundidad promedio del cauce, iii) tasa de ancho/profundidad del cauce, iv) Profundidad máxima, v) área de inundación y vi) confinamiento. Paralelamente se realizó un análisis granulométrico de los cauces (D50), el cálculo de la sinuosidad y la medición de la pendiente del cauce (Figura 16).

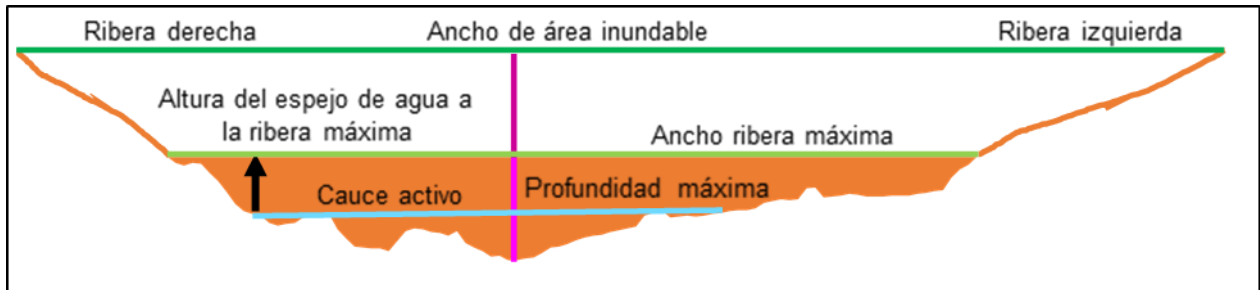


Figura 16. Ejemplo de perfiles realizados para la determinación de los tipos de cauces, Ribera derecha (RD); ribera izquierda (RI); Ancho del área de inundación (AAI); ancho de la ribera máxima (AMR); Altura del espejo de agua a la ribera máxima (AERM); Profundidad máxima (MaxP). Elaboración propia.

3.7 MACROINVERTEBRADOS.

La evaluación de la calidad de agua y de la integridad biótica se llevó a cabo con base en los macroinvertebrados acuáticos. El muestreo biológico (Figura 17) se llevó a cabo en un tramo del río (cinco veces el ancho del río de acuerdo a NMX-AA-159-SCFI-2012) en el cual se ubicaron los diferentes UHM's (Parasiewicz, 2001) y en cada uno de estos, se realizó el muestreo por triplicado abarcando todos los micro-hábitats presentes (ej. raíces sumergidas, cantos rodados, oquedades, restos leñosos, hojarasca, vegetación acuática). La colecta de macroinvertebrados acuáticos se realizó con una red tipo "D" de 300mm de diámetro y una luz de malla de 300 μ m. Los macroinvertebrados fueron separados manualmente del substrato en charolas de plástico blancas con un tiempo de muestreo de 30 minutos por UHM, dividiendo el tiempo entre la cantidad de personas encargadas de la separación, posteriormente los macroinvertebrados fueron depositados en viales con una solución de etanol al 80% para su preservación y trasladados al laboratorio de Integridad Biótica de la Universidad

Autónoma de Querétaro-Campus Aeropuerto, para su identificación taxonómica. Los macroinvertebrados se determinaron a nivel de familia con claves especializadas (p. ej. Merritt *et al.*, 2008; Springer *et al.*, 2016; Thorp y Covich, 1991). Se establecieron los valores de tolerancia para cada familia con los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos, así como los datos de las familias de macroinvertebrados y sus abundancias encontrados en la zona de estudio, siguiendo lo establecido en Riss *et al.* (2002) y Ruiz-Picos *et al.* (2017), para la aplicación de los índices de integridad biótica y calidad del agua.

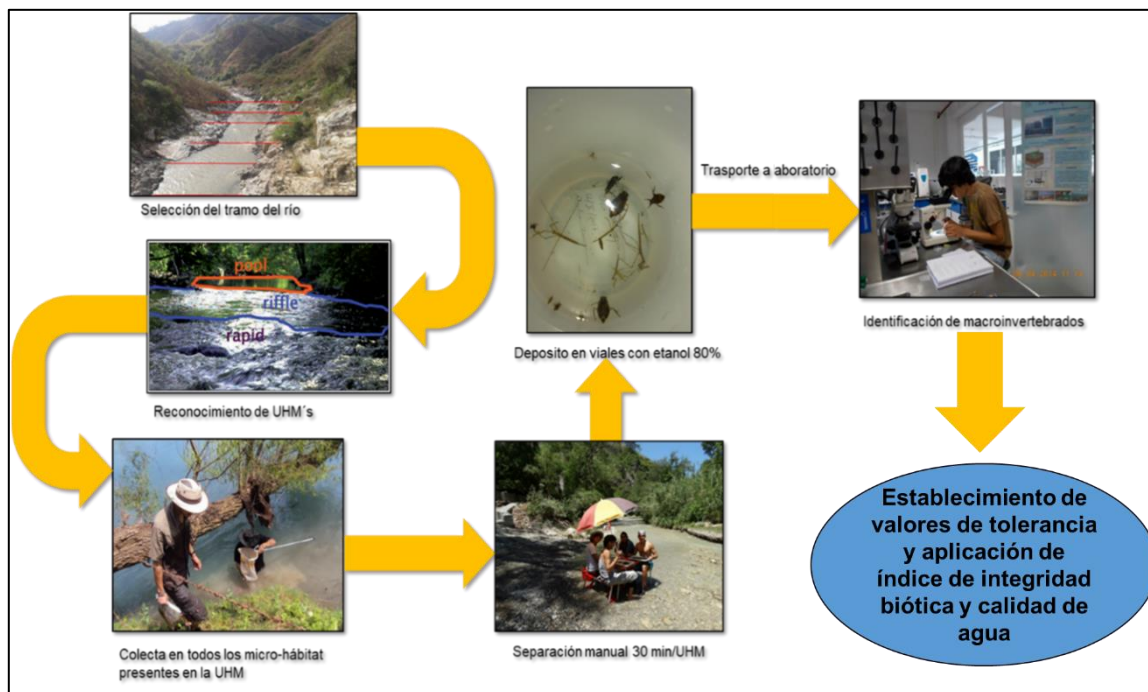


Figura 17. Esquema del muestreo e identificación de macroinvertebrados acuáticos.

3.7.1 ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA BASADO EN ASOCIACIONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS (IIBAMA).

La integridad biótica fue estimada usando el Índice de integridad biótica basado en asociaciones de macroinvertebrados acuáticos (IIBAMA) propuesto por Pérez-Munguía y Pineda-López (2005), el cual toma en cuenta seis variables para su determinación: i) riqueza de taxa (**RT**); ii) riqueza de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (**REPT**); iii) riqueza de insectos intolerantes (**RII**); iv) total de taxa intolerantes (**TI**); v) valor de tolerancia media (**TM**); vi) total de taxa fijos (**#TF**).

Cada variable se asigna una calificación independiente con valores de 1-4, con la cual se hace una sumatoria y esta es asignada a una de las cuatro categorías: Excelente ($X \geq 22$), Bueno ($16 < X < 21$), Regular ($13 < X < 16$), y Pobre (> 13).

3.7.2 VALORES DE TOLERANCIA Y BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY (BMWP).

Se calcularon los valores de tolerancia para cada una de las familias de MIA encontradas en la microcuenca, siguiendo lo establecido por Riss *et al.* (2002) y Ruiz-Picos *et al.* (2017). El método se muestra en el anexo 6.

La evaluación de la calidad del agua se llevó a cabo con el índice *biological monitoring working party system* (BMWP), que toma en cuenta el valor de tolerancia de cada familia de macroinvertebrados encontrados en un sitio. Este se calcula haciendo una sumatoria de las valencias de tolerancias de todas las familias de cada sitio. Se establecieron cinco categorías: Alta (> 165), Buena (137-164), Media (101-136), Escasa (79-100), Mala (0-78).

3.8 CALIDAD AMBIENTAL VISUAL (VBHA).

La condición del hábitat se estimó con la evaluación de la calidad ambiental visual (VBHA), siguiendo lo propuesto por Barbour (1999) que incluye 10 variables: i) Substrato disponible para la epifauna: incluye la cantidad relativa y la variedad de estructuras naturales en el arroyo, tales como guijarros, rocas grandes, árboles caídos, troncos, ramas y oquedades disponibles como refugios, alimentación o sitios para desovar y funciones de guardería para macrofauna acuática; ii) embebimiento del sustrato; iii) combinación de velocidad y profundidad; iv) Deposición de sedimentos; v) Estado del flujo del canal; vi) Alteración del canal; vii) Frecuencia de rifles; viii) Estabilidad de los bancos; ix) Protección vegetal de los bancos; x) Ancho de la vegetación riparia. A las cuales se les asigna una calificación de 1-20 y esta calificación se engloba en una clasificación de cuatro categorías dependiendo de la calificación; Óptima de 200 a 165 puntos; Sub-óptima de 164 a 143; Marginal de 142 a 109; y Pobre de 108 a 0.

3.9 ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERAS (RQI).

El estado de la vegetación riparia fue evaluada usando la modificación del Índice de calidad de riberas o Riparian Quality Index (RQI) propuesto por Gonzales y García (2011) donde las variables a considerar son: i) la dimensiones de la tierra con vegetación riparia; ii) la continuidad longitudinal, la cobertura y patrón de distribución del corredor ripario; iii) la composición y estructura de la vegetación riparia; iv) la diversidad de edades y regeneración natural de especies arbóreas; v) las condiciones de los bancos; vi) inundaciones y conectividad lateral; y vii) el substrato y conectividad vertical. La calificación de cada variable va de 1 a 15, y tiene cinco categorías: Muy buena (130-150), buena (100-129), moderado (70-99), pobre (40-69), mala (10-39) y muy mala (0-9).

Estas dos evaluaciones (RQI y VBHA) se realizan haciendo un recorrido por el tramo (cinco veces el ancho del río) valorando visualmente cada una de las variables de las mismas, y se toma en cuenta por separado las diferentes riberas del cauce. La asignación de los valores de cada variable se realizó por pares o por grupos de personas, para tener un menor sesgo al realizarlo solo una persona.

3.10 ZONAS FUNCIONALES.

El establecimiento de las diferentes zonas funcionales para el área de estudio se construyó siguiendo lo establecido por Valdés-Carrera y Hernández-Guerrero (s/a), tomando en cuenta curvas de nivel de 1:50000 tomadas de INEGI, con la cual se generó un modelo digital de elevaciones, además de una curva hipsométrica para tener una primera aproximación de los rangos altitudinales de las diferentes zonas (alta, media y baja), los rangos establecidos fueron para la zona baja de 479-680 m.s.n.m. Para la zona media de 680-1610 m.s.n.m. y para la zona alta de 1610-3101. De la misma manera se tomó en cuenta la red hídrica de la microcuenca utilizando el orden de los escurrimientos, así como la morfometría de la cuenca.

3.11 USO DE SUELO E IMPACTOS DIRECTOS.

El análisis de uso de suelo agrícola y ganadero se realizó tras la revisión, en el programa ArcGis, de imágenes satelitales extraídas de Google Earth, donde se identificaron las zonas agrícolas y ganaderas, las cuales presentaron características de ser lugares ausentes de vegetación o la vegetación presente tenía un acomodo no natural (parcelas, surcos). Para cada una de estas zonas se generó un polígono y finalmente se realizó una sumatoria de estos para tener un polígono único de estas zonas. De la misma manera se generó un mapa de impactos directos al cauce.

3.12 ÍNDICE DE LA CALIDAD AMBIENTAL URBANA (ICAU).

La evaluación de la calidad ambiental Urbana (ICAU) en los dos sitios urbanos seleccionados: La cabecera municipal de Jalpan de Serra y la comunidad de Purísima de Arista del municipio de Arroyo Seco, se realizó conforme al índice establecido por Hernández-Guerrero (2015), y para la zona de estudio se utilizó solo 23 (Anexo 1) de las 27 variables incluidas en los tres grupos temáticos; Agua, Suelos y Aire. Utilizando componentes visuales como color, escala y dimensión, equivalentes al contraste visual, dominancia visual y extensión de la escena.

En cada sitio se digitalizaron con el programa ArcGIS y fotos satelitales, las calles dentro de un polígono urbano y se realizaron subdivisiones por un número aleatorio de cuadras (conjunto de polígonos delimitados por calles, pueden ser de uso habitacional, comercial, áreas abiertas), procurando no tener cortes tajantes en las dominancias visuales de la zona (Figura 18 y 19). Cada cuadra en las subdivisiones se evaluó individualmente a través de recorridos a pie asignando calificaciones a cada una de las variables del índice (Anexo 1), ésta se realizó en grupos de tres personas para tener menor sesgo en las valoraciones.

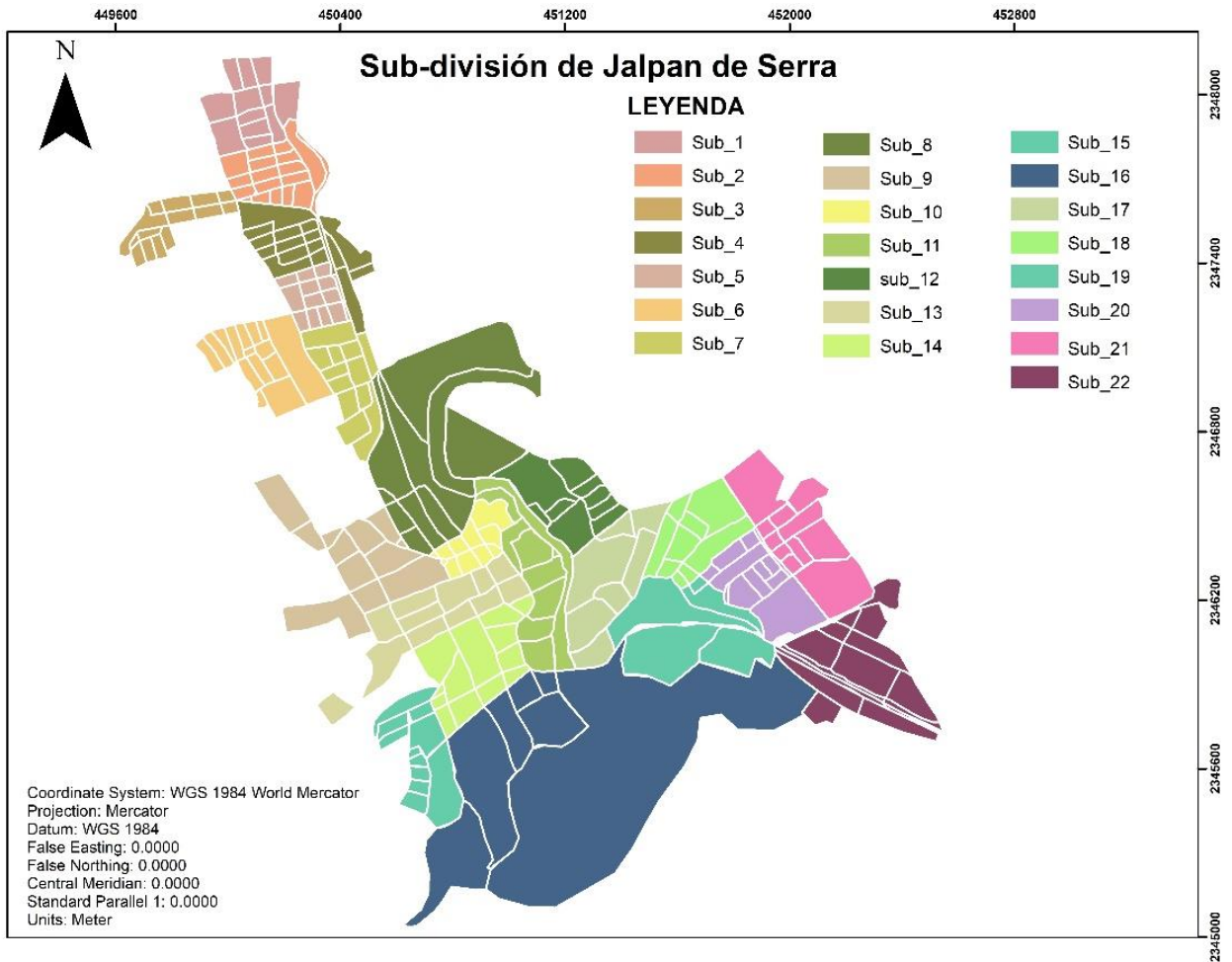


Figura 18. Digitalización y subdivisiones de la localidad urbana de Jalpan de Serra. Elaboración propia con base en imágenes satelitales de Google Earth

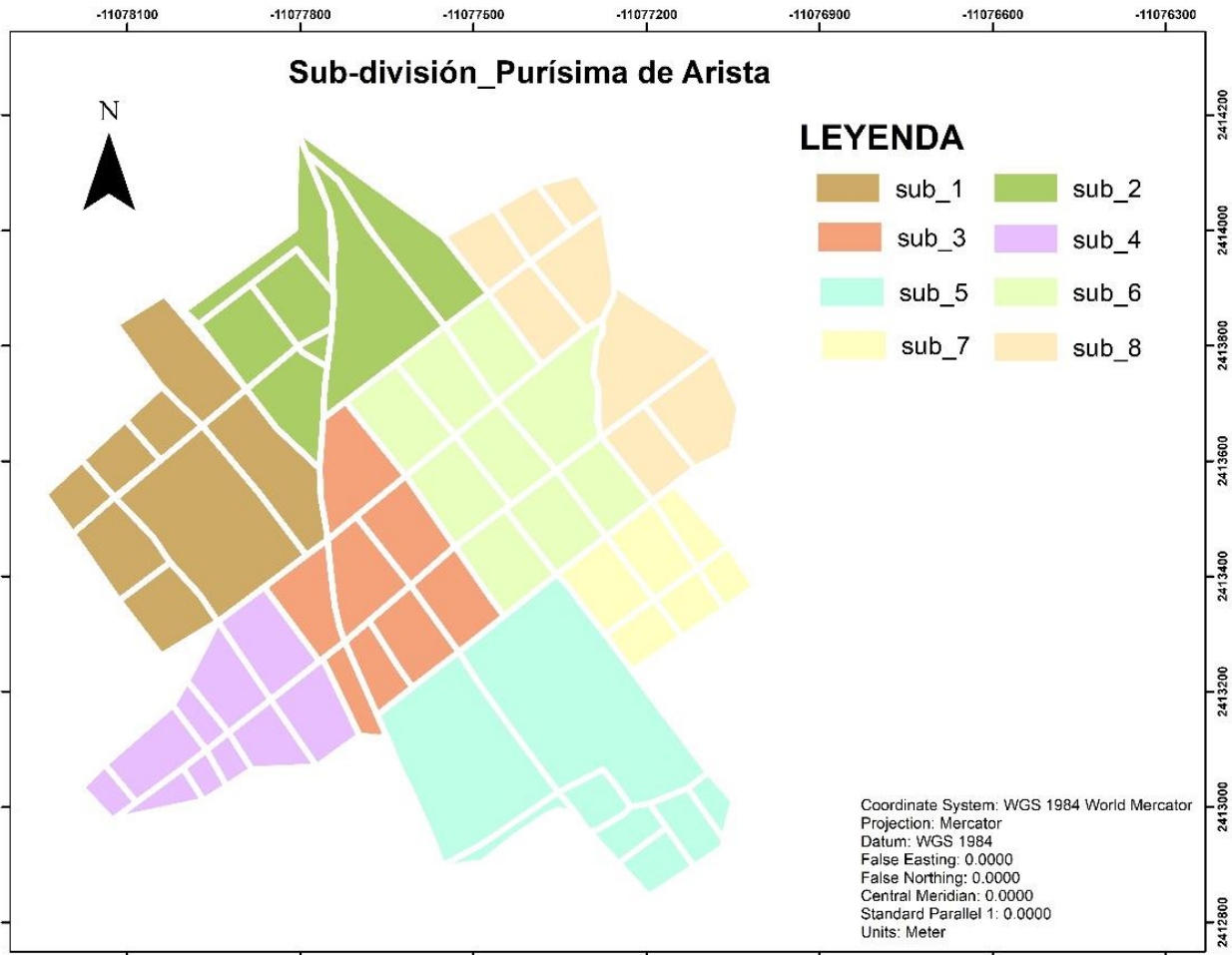


Figura 19. Digitalización y subdivisiones de la localidad urbana de Purísima de Arista. Elaboración propia con base en imágenes satelitales de Google Earth

3.13 SOCIO-GRAMA, PERCEPCIONES Y CONOCIMIENTOS DE LA MRJ.

Se realizó un mapeo de actores clave de acuerdo a lo propuesto en el manual de metodologías participativas de Alberich *et al.* (2009), siendo una herramienta sumamente útil para la obtención de información cualitativa con respecto a una problemática que se desarrolla en un lugar en específico, teniendo conocimiento previo. Dicho mapeo se basa en el diseño de figuras con poder; tejido conjuntivo; y una base social, con respecto a la problemática o tema específico. Además, con cada uno de los actores se llevaron a cabo 25 entrevistas semi-estructuradas (Anexo 2), a través de visitas personales a cada uno de los actores mapeados, haciendo hincapié en la relación e influencia de cada uno de estos con el Río Jalpan. Se realizaron un total de 25 entrevistas semi-estructuradas a 30 personas, distribuidas de la siguiente manera: Figuras de poder: cuatro entrevistas a cinco

personas; Tejido asociativo: dos entrevistas a dos personas; base social: 19 entrevistas a 23 personas.

3.14 ANÁLISIS DE DATOS.

Para estimar la integridad ecológica los análisis fueron llevados a cabo en el programa estadístico PAST (ver. 3), donde se realizaron correlaciones múltiples con base en el análisis de correlación de Spearman (Zar, 1999); Análisis de componentes principales; para evaluar la similitud de los sitios se realizaron análisis de agrupamiento de clústers; y análisis de correspondencia canónica. Con los valores de las diferentes variables del VBHA, RQI, IIBAMA, FBI y Físicoquímicos, así como las diferentes familias de macroinvertebrados encontrados en cada sitio.

Además, se integró de manera cualitativa la información de la evaluación geomorfológica (tipos de cauce), el índice de calidad ambiental urbana, el uso de suelo agrícola, las zonas funcionales y la relación existente entre el binomio hombre naturaleza, a través de la información brindada por los actores claves de la microcuenca. De esta forma será posible determinar la integridad ecológica de cada sitio, conociendo la condición de la zona de estudio con bases técnico-científicas.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.2 FÍSICO-QUÍMICOS

En todos los sitios se encontraron tres unidades hidromorfológicas: remanso, poza y rifle, exceptuando Presa vieja, donde no se encontró la UHM rifle, atribuido a la construcción de la presa derivadora de agua. En los diferentes sitios se encontró un pH del agua neutro con promedio de 7.53 ± 0.26 con lo cual no se ven afectados los procesos biológicos relacionados a esta cualidad del agua ya que son rangos normales. El sitio más afectado según los parámetros fisicoquímicos es Saldiveña, en este se encuentran los valores más bajos de %OD y OD, así como los valores más altos de cloruros, fluoruros, nitratos, sólidos disueltos totales, conductividad específica y temperatura. El caso contrario fue el sitio de Trapiche, el cual presentó los valores más altos de %OD y OD, así como los valores más bajos de nitratos y sulfatos. El sitio con la temperatura más baja fue la Playita con $21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, atribuido a la presencia de la Presa Jalpan. El sitio Río Adentro presentó el valor más alto de Sulfatos, atribuido a la presencia de yesos acumulados en el trascurso subterráneo del cauce por la cueva (cuadro 3).

Estos resultados nos indican que conforme el cauce atraviesa asentamientos humanos los impactos que afectan a los parámetros antes mencionados se incrementan en un punto específico, y río abajo estos efectos disminuyen hablando de un efecto puntual de ciertas actividades antrópicas de las partes bajas y medias de la microcuenca. El tener calificaciones más altas de los parámetros en el sitio más bajo (Trapiche) nos permite inferir que las zonas de influencia (alta, media y baja) de este sitio, se encuentran en un estado de conservación mayor a los demás sitios analizados en relación a su estructura y funcionalidad.

Cuadro 3. Parámetros fisicoquímicos del agua: Porcentaje de Oxígeno disuelto (%OD); Cloruros (Cl-); Oxígeno disuelto (OD); Fluoruros (F); Nitratos (NO₃-); Potencial de óxido reducción (ORP); Potencial de hidrogeno (pH); Sulfatos (SO₄²⁻); conductividad especifica (SPC); Solidos disueltos totales (STD); Temperatura (Tem.).

Sitios/Parámetros	% DO	Cl-	DO	F	NO ₃ -	ORP	pH	SO ₄ ²⁻	SPC	TDS	Temp.
Río Adentro	97.27±13.1	5.76±3.2	6.80±0.64	0.07±0.03	0.55±0.17	140.52±2.12	7.81±0.2	11.13±6.8	0.46±0.006	0.25±0	22.93±0.73
La Playita	74.62±3.3	1.46±0.18	6.00±0.47	0.05±0.01	0.79±0.23	208.27±5.17	7.57±0.3	3.67±1.3	0.37±0.006	0.21±0.05	21.59±0.3
Puente USEBEQ	94.11±23.9	1.16±0.67	6.66±0.49	0.04±0.008	0.72±0.38	217.88±2.6	7.73±0.03	3.60±3.0	0.38±0.001	0.22±0.03	24.48±0.21
Presa Vieja	82.4±19.9	2.60±0.5	5.77±0.85	0.05±0.01	2.53±0.54	230.53±7.7	7.39±0.12	5.69±0.42	0.38±0.003	0.26±0	24.34±.25
Saldivería	57.32±13.9	10.13±5.6	4.36±0.76	0.10±0.05	2.98±1.3	230.88±13.49	7.35±0.27	9.69±5.4	0.63±0.07	0.37±0.13	24.59±0.63
Purísima de Arista	63.57±6.1	2.03±0.20	4.45±0.68	0.11±0.005	0.51±0.05	203.38±13.95	7.09±0.08	2.84±0.05	0.48±0.13	0.3±0	23.93±0.15
El Trapiche	85.7±2.9	1.58±0.35	5.89±0.51	0.04±0.01	0.41±0.06	224.16±5.33	7.78±0.12	1.60±1.21	0.53±0.005	0.3±0	23.69±0.5

4.3 GEOMORFOLOGÍA

Sitio 1: Río Adentro

Río Adentro es un cauce de quinto orden (SIATL, 2017) de tamaño medio y profundo (>0.50m), en donde el sustrato está representado principalmente por gravas muy gruesas D50 (Anexo 3, cuadro 4). Presenta una buena porción de roca madre en los estanques, pero con embebimiento de estas estructuras por materia orgánica y algas filamentosas. El cauce presenta un solo canal, sin embargo, aguas abajo se encuentra un vado que ha modificado el trayecto de la corriente principal (thalweg), generando varios canales y le disminuye la sinuosidad. El bosque de galería está representado principalmente por algunos árboles de *Platanus mexicana*.

En el corte del cauce podemos observar que la ribera derecha es más corta que la izquierda, sin embargo, la máxima profundidad se encuentra en la parte media del cauce. El área de inundación mide 21.8 m y se distribuye a ambas riberas con cierta igualdad, lo que genera un cauce moderadamente confinado (Figura 20).

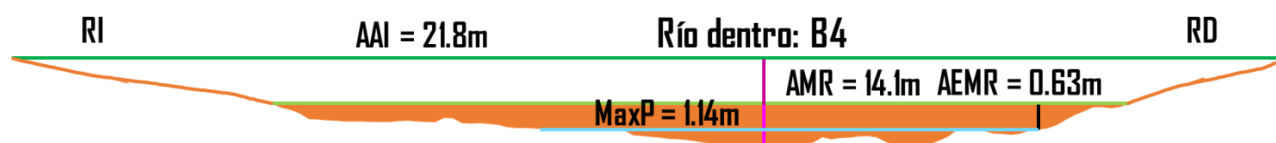


Figura 20. Perfil geomorfológico del sitio Río Adentro

Descripción de los cauces B4 según Rosgen: Son cauces moderadamente confinados, con pendientes del 2 al 4 %. Se desarrollan en valles de tipo II, III y IV y el material dominante del canal son gravas, con presencia de otros sustratos como guijarros y arenas, derivados de materiales residuales (aluvión) de roca resistente. Estos cauces son considerados relativamente estables y no son fuente de gran cantidad de sedimentos.

Sitio 2: La Playita

El Río Jalpan en el sitio de La Playita sigue siendo de quinto orden, sin tributarios permanentes que aumenten el caudal del cauce. Presenta una dominancia de gravas, aunque los guijarros también son elementos importantes. El río presenta un área de inundación y una máxima ribera amplia (Anexo 3, cuadro 5). Es un cauce profundo, con poca pendiente y con estanques largos y profundos y bosque de galería de Sabino o Ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), lo que da como resultado una marcada sinuosidad en comparación con el sitio Río Adentro. La presa Jalpan representa una afectación importante al caudal y al transporte de sedimentos en todo el Río Jalpan, ya que se encontraron dos marcas de máxima ribera, la más baja a base de sedimentos finos y la más alta de conglomerado de guijarros, gravas y arenas, tomando esta última para estimar el tipo de cauce.

El corte muestra que el cauce activo se mueve por la derecha (Figura 21), con una profundidad baja en comparación con la máxima profundidad ($2.87 - 1.8 = 1.07\text{m}$). Esta es una de las afectaciones de la reducción de caudal por la presa, el nivel es bajo y se muestran dos canales divididos por una acumulación de sedimentos donde se encontró la marca alta que corresponde a la máxima ribera, en la mitad del cauce. Además, la ribera derecha esta modificada y parcialmente invadida por un potrero. Es probable que, si la determinación del tipo de cauce se hubiera realizado con la marca baja de máxima ribera derivada de la afectación del represamiento, el tipo de cauce se modifique.

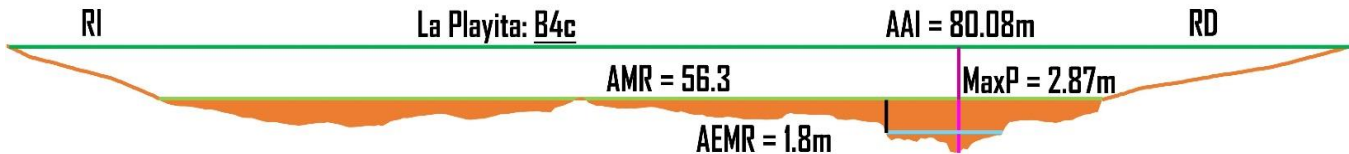


Figura 21. Perfil geomorfológico del sitio La Playita.

Descripción de los cauces B4c según Rosgen: Son cauces moderadamente confinados, con pendientes de menos del 2 %. Se desarrollan en valles de tipo II, III y IV y el material dominante del canal son gravas, con presencia de otros sustratos como guijarros y arenas, derivados de materiales residuales (aluvión) de roca resistente. Estos cauces son considerados relativamente estables y no son fuente de gran cantidad de sedimentos.

Sitio 3: Puente USEBEQ

El sitio denominado Puente USEBEQ es de sexto orden, se encuentra en las inmediaciones de la mancha urbana de la cabecera municipal de Jalpan de Serra. El sitio presenta un sustrato dominado por guijarros pequeños, acompañado por partículas finas y gravas principalmente (Anexo 3, cuadro 6). Es un cauce profundo (> 0.5 m), con pendiente y sinuosidad baja, con un bosque de galería de sabinos (*Taxodium m.*) aún presente, mas no en las mejores condiciones. Debido a la modificación del cauce, principalmente en las riberas, este resultó un tipo F3 que se caracteriza por ser confinado y poco sinuoso.

Debido a la modificación de las orillas en este lugar, no se encontraron buenas marcas de máxima ribera, por lo que se estableció donde se observaba una pequeña terraza de sedimentos finos en la ribera derecha. El corte geomorfológico (Figura 22) nos muestra la formación de dos canales o cauces activos con distintas alturas de espejo de agua (AEMR's), dividido por una isla de guijarros no consolidados y pequeños árboles de Sabino. La ribera izquierda se observa la canalización de la llanura de inundación mediante un muro de bloque y concreto que sostiene una calle a la orilla del río y el relleno de la ribera derecha con material pétreo para colocar una calle lo que resulta en la reducción del ancho del cauce.



Figura 22. Perfil geomorfológico del sitio Puente USEBEQ.

Descripción de los cauces F3 según Rosgen: Son cauces dominados por guijarros embebidos entre arena y grava, confinados, sinuosos y profundamente insertados en terreno. Se encuentran en valles de tipo IV, VI, VIII y X y con pendientes bajas (<2%), con un patrón de rápido/estranque. Son fuente de sedimentos y pueden formar barras transversales y centrales.

Sitio 4: Presa Vieja

El Río Jalpan en el sitio de la Presa Vieja se encuentra a la salida de la mancha urbana y como su nombre lo indica, aquí se encuentra una presa derivadora de agua para cultivos, que ha quedado azolvada y obsoleta. El cauce es de sexto orden, presenta una cantidad importante de sedimentos finos (42 % del total de partículas contabilizadas), sin embargo, de acuerdo con la metodología el sustrato dominante son las gravas (Anexo 3, cuadro 7). El río tiene una pendiente baja, es poco sinuoso, profundo y con un bosque de galería de Sabinos (*Taxodium m.*) y Sauces (*Salix sp.*). El cauce está severamente dañado debido al establecimiento de la presa derivadora.

El sitio de la Presa Vieja geomorfológicamente está afectado en todos sus componentes, debido a la modificación para la construcción de la presa y el depósito anormal de sedimentos en ambos sentidos de la corriente. Esto se hace evidente al encontrar un río con múltiples cauces activos y diferentes alturas de espejo de agua, así como islas y barras de diferente tamaño a ambos lados de la presa (Figura 23). Igualmente, las riberas están modificadas ya que estas conducían el agua por ambos lados del río a través de canales hacia la zona de riego de Jalpan. Resultado de esto, es que el tipo de cauce sea un tipo F4, el cual no se espera en este tramo del río.

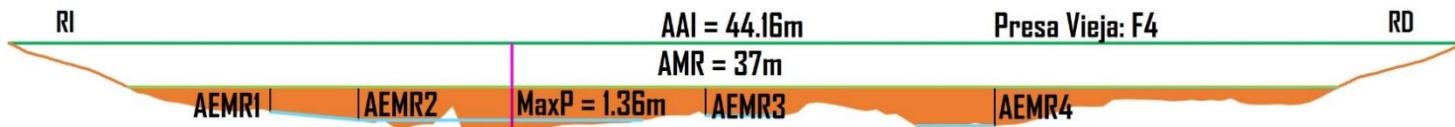


Figura 23. Perfil geomorfológico del sitio Presa Vieja.

Descripción de los cauces F4 según Rosgen: Cauces con grava como sustrato dominante y acumulación de arenas, son confinadas y serpenteantes, profundamente inserta en terrenos suaves, generalmente erosionables a menos que se estabilicen con una vegetación riparia masiva, se encuentran en valles de tipo VI, VIII, X y XI, presentando pendientes con menos de 2 % generalmente, tienen un patrón de rápido/estranque y es muy común encontrar barras centrales y transversales.

Sitio 5: Saldiveña

El sitio Saldiveña del Río Jalpan se encuentra aguas abajo de la planta de tratamiento de aguas residuales de Jalpan de Serra, cercano a la localidad de Saldiveña. El tramo corresponde a un río de sexto orden, profundo y de sinuosidad intermedia debido a que el sitio se encuentra en un meandro muy amplio. La pendiente es baja y similar a los sitios anteriores y no presenta modificaciones fuertes a la geomorfología del cauce. El sustrato está dominado por materiales finos como cieno y arcilla, con presencia de algunos guijarros y gravas (Anexo 3, cuadro 8). El bosque de galería se encuentra perturbado y está integrado por sabinos y sauces.

El corte del sitio Saldiveña corresponde a un tipo de cauce C6 (Figura 24), debido al bajo confinamiento que presenta el cauce. Esto se debe a que el sitio de muestreo se encuentra en un meandro y que la llanura de inundación derecha se alarga por encima de la geo-forma, y es notorio que en algún tiempo fue utilizado como tierra de cultivo o afines por lo cual se obtuvo esa categoría.



Figura 24. Perfil geomorfológico del sitio Saldiveña

Descripción de los cauces C6 según Rosgen: cauces ligeramente estrechos y serpenteantes, con sustrato limo-arcilloso dominante, con patrones de rápidos y estanques con una llanura inundable bien desarrollada. Encontrados en valles anchos y áreas planas con una historia ribereña, lacustre y depósitos eólicos, poco relieve típico de tierras bajas, grandes planicies, planicies costales y ríos deltas, son asociados con valles de tipo IV, V, VI, VIII, IX, X y XI, la pendiente es menor a 2%, muy susceptibles a cambios tanto en la estabilidad lateral como vertical causados por disturbios en el canal, así como cambios en el flujo.

Sitio 6: Purísima de Arista

El sitio Purísima del Río Jalpan se encuentra en la localidad de este mismo nombre. El río es de sexto orden, profundo y poco confinado, con sustrato dominado por partículas finas como cieno, arcilla y algas filamentosas, con menor presencia de gravas y guijarros (Anexo 3, cuadro 9). El río presenta una pendiente baja similar al sitio anterior y poca sinuosidad, esto último debido a la canalización por la construcción de puentes, vados y la extracción de agua para riego de cultivos. En la ribera izquierda se pierde la una parte de la llanura de inundación debido a al relleno de la orilla para establecer una casa, mientras que la derecha se alarga considerablemente debido a una zona de cultivo. Además, la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad descarga a poca distancia del sitio de muestreo. Presenta un bosque de galería muy deteriorado en donde son mayoría los sauces y con pocos sabinos.

El corte geomorfológico del sitio Purísima nos muestra la afectación a las riberas y llanuras de inundación (Figura 25). También se observa el bajo flujo del cauce activo que en su parte más profunda es de apenas medio metro. Sin embargo, el

área de inundación es amplia abarcando una vivienda del lado izquierdo y cultivos del derecho.

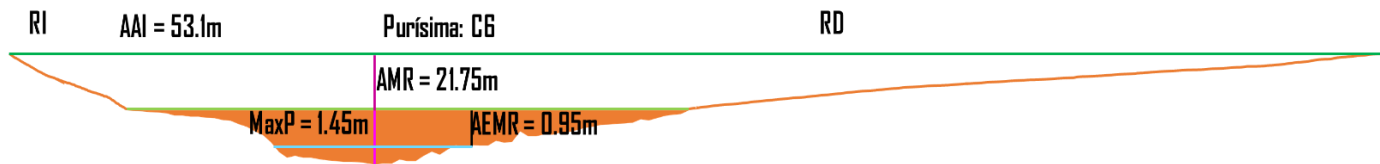


Figura 25. Perfil geomorfológico del sitio Purísima.

Descripción de los cauces C6 según Rosgen: cauces ligeramente estrechos y serpenteantes, con sustrato limo-arcilloso dominante, con patrones de rápidos y estanques con una llanura inundable bien desarrollada. Encontrados en valles anchos y áreas planas con una historia ribereña, lacustre y depósitos eólicos, poco relieve típico de tierras bajas, grandes planicies, planicies costales y ríos deltas, son asociados con valles de tipo IV, V, VI, VIII, IX, X y XI, la pendiente es menor a 2% con gradientes muy bajos menores a 0.001, muy susceptibles a cambios tanto en la estabilidad lateral como vertical causados por disturbios en el canal, así como cambios en el flujo.

Sitio 7: El Trapiche

El cauce es moderadamente confinado lo que categoriza como un “B”, con dominancia de sustratos finos (cieno o arcilla), y algunas gravas y guijarros (Anexo 3, cuadro 10). Es un río profundo con poca sinuosidad y una pendiente baja, aunque mayor en comparación con los sitios de Purísima y Gasolinera. Las orillas presentan un bosque conservado de *Taxodium m.* principalmente, aunque se encuentran otros elementos como ceibas y sauces. La carretera se encuentra muy cercana al cauce, sin embargo, parece ser que esta no afecta la geomorfología del cauce.

El corte del sitio nos indica un cauce activo muy bajo con 0.8 m de profundidad máxima, y la formación de una barra de sedimentos en la parte media del cauce, derivada del depósito anormal de sustratos causado por alguna afectación al poder de la corriente y el flujo del agua (Figura 26).



Figura 26. Perfil geomorfológico del sitio Trapiche.

Descripción de los cauces B6c según Rosgen: es un sistema moderadamente confinado, inserto en materiales cohesivos con pendientes en el canal de menos del 4%, encontrados en valles de tipo II, III y VI, son generalmente estables debido a los efectos del bajo confinamiento y menores relaciones de anchura y profundidad, la vegetación asociada a este tipo de cauce es muy densa exceptuando ambientes áridos, jugando un papel importante en el mantenimiento de la estabilidad del canal, son bajos en aportes de sedimentos y tienen poca frecuencia en el depósito de los mismos.

Las modificaciones estructurales que disminuyen la integridad del sistema se encontraron en los sitios intermedios analizados (excluyendo los sitios de Río Adentro, La Playita y Trapiche), donde se desarrollaron obras para satisfacer necesidades antrópicas (presa para sistema de riego, pasos vehiculares, sembradíos entre otros), a tal grado de presentar tipos de cauces característicos de ríos delta. Estas modificaciones disminuyen la estructura y funcionalidad de las riberas, fomentando un transporte acelerado de sedimentos hacia el cauce, así como desechos sólidos y poca o nula infiltración en estas zonas.

4.4 MACROINVERTEBRADOS

Se colectaron un total de 2 587 individuos pertenecientes a seis clases, 15 órdenes y 55 familias, de las cuales 27 pertenecen al grupo funcional de los depredadores con mayor cantidad de familias. Así mismo tiene mayor cantidad de familias el hábito de vida fijo (25) y los organismos intolerantes (23). El sitio Trapiche presentó la mayor abundancia con 534 individuos y la mayor riqueza con 36 familias, mientras que el sitio de Puente USEBEQ fue el que tuvo una menor

abundancia con 169 individuos y su riqueza es igual que los sitios de Presa Vieja y Saldiveña con 21 familias.

En el cuadro 11 se muestran el listado total de los macroinvertebrados colectados por sitio. De las 53 familias encontradas en los sitios estudiados se les asignó un valor de tolerancia para dicha región, con la excepción de las familias: Psychodidae, Scirtidae y Tipulidae (Anexo 4, cuadro 12).

Cuadro 11. Lista de familias e individuos colectados por sitio.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	Sitios de muestreo							total/familia	
			Río Adentro	La Playita	Puente USEBEQ	Presa Vieja	Saldiveña	Purísima	Trapiche		
INSECTA	Ephemeroptera	Baetidae	103	19	7	7	18	52	12	218	
		Leptophlebiidae	2	13	0	0	0	1	9	25	
		Leptohyphidae	7	9	1	0	0	0	19	36	
		Caenidae	0	1	0	0	0	0	0	1	
	Odonata	Gomphidae	0	0	4	0	9	2	0	15	
		Heptageniidae	22	4	0	5	0	0	2	33	
		Coenagrionidae	11	110	47	29	63	51	53	364	
		Protoneuridae	0	0	0	4	0	0	2	6	
		Libellulidae	2	14	11	5	10	4	8	54	
		Aeshnidae	0	0	1	0	0	0	1	2	
		Calopterygidae	0	5	5	8	0	6	3	27	
		Perlidae	11	2	0	0	0	0	29	42	
	Hemiptera	Hebridae	0	0	0	0	0	0	6	6	
		Veliidae	81	36	2	4	2	42	2	169	
		Mesovelidae	0	0	0	2	0	0	1	3	
		Gerridae	5	1	1	21	1	0	0	29	
		Belostomatidae	21	25	15	8	26	10	46	151	
		Naucoridae	46	15	0	0	1	0	38	100	
		Notonectidae	5	4	0	1	0	0	0	10	
		Hydrometridae	1	0	0	2	0	0	0	3	
		Nepidae	0	1	0	5	1	2	9	18	
		Gelastocoridae	1	0	0	0	0	0	0	1	
		Megaloptera	Corydalidae	1	0	1	0	0	0	3	5
		Trichoptera	Hydrobiosiidae	1	2	0	0	0	0	1	4
			Polycentropodidae	4	0	0	0	0	0	0	4
	Philopotamidae		0	7	0	0	0	0	4	11	
	Hydropsychidae		3	40	19	0	0	3	121	186	
	Calamoceratidae		0	3	0	0	0	0	8	11	
	Limnephilidae		0	1	0	0	0	0	0	1	
	Coleoptera	Gyrinidae	0	4	1	4	3	0	17	29	
		Dytiscidae	3	0	0	0	0	4	3	10	
		Hydrophilidae	3	0	0	0	1	0	1	5	
		Staphylinidae	0	0	0	0	1	0	0	1	
		Psephenidae	0	15	1	0	0	2	4	22	
		Halplidae	0	0	0	0	0	3	0	3	
		Scirtidae	0	1	0	0	0	0	0	1	
		Lutrochidae	14	0	0	0	0	0	1	15	
		Dryopidae	1	0	0	0	0	0	0	1	
		Elmidae	3	13	0	0	0	44	39	99	
	Diptera	Tipulidae	0	1	0	0	0	0	0	1	
		Ceratopogonidae	1	0	0	0	0	0	0	1	
		Chironomidae	13	33	14	48	43	96	44	291	
		Simuliidae	0	1	2	0	1	1	2	7	
		Tabanidae	1	2	0	0	0	3	1	7	
		Stratiomyidae	1	0	0	0	0	1	0	2	
		Psychodidae	0	0	0	0	0	0	1	1	
	Lepidoptera	Crambidae	0	0	0	0	1	1	7	9	
	GASTROPODA	Mesogastropoda	Planorbidae	0	0	1	1	19	9	0	30
			Thiaridae	0	0	28	3	59	25	25	140
		Basommatophora	Hydrobiidae	0	0	0	0	37	2	0	39
		Physidae	29	0	2	7	0	0	1	39	
BIVALVIA	Veneroida	Corbiculidae	0	38	5	95	44	27	8	217	
RHABDITOPHORA	Tridacida	Dugesiiidae	37	3	1	18	7	5	3	74	
ARECHNIDA	Trombidiformes	Hydrachnidia	0	0	0	1	0	0	0	1	
CLITELLATA	Haplotaxida	Naididae	0	0	0	0	7	0	0	7	
Total/sitio			433	423	169	278	354	396	534		
Total			2587								

4.5 ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA BASADO EN ASOCIACIONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS (IIBAMA).

Con los resultados de la identificación de los macroinvertebrados acuáticos y sus valores de tolerancia establecidos, se realizó el índice de integridad biótica obteniendo los siguientes resultados.

Rio Adentro.

Se obtuvo una categoría de integridad biótica **buena** (Anexo 5, cuadro 13 y14) donde:

Las comunidades de Macroinvertebrados Acuáticos tienen una composición que ha sido afectada, puesto que se han perdido los taxa más intolerantes y en especial los de hábitos fijos. Aún es sostenible y aunque se han perdido algunos taxa, se conservan los que mantienen los mecanismos de flujo energético, dado que la organización funcional se conserva. La degradación ambiental no ha embebido a los sustratos. Hábitat único por su diversidad y funcionamiento, en los que predomina su estructura natural y que básicamente conservan su integridad ecológica, y, en consecuencia, los servicios ecosistémicos que aportan. La zona de captación se conserva (Pérez y Pineda, 2005).

Este sitio presenta una mayor altitud, se ubica aproximadamente 5 kilómetros de la cabecera municipal de Jalpan de Serra y en él influyen la zona funcional media de la microcuenca, con escasa presión de agricultura (figura 29), además se cuenta, con una modificación de un paso vehicular, sin embargo, el sitio se encuentra conservado en la mayoría de su estructura y vegetación.

La Playita.

Es sitio obtuvo una categoría **excelente** (Anexo 5, cuadro 15 y 16) en su integridad biótica, en donde:

Las comunidades de macroinvertebrados tienen una composición y organización funcional comparable con la condición natural. No se requieren acciones de intervención para rehabilitar a los ecosistemas. Se trata de sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. La degradación del cauce es de origen físico, pero no afecta a los procesos de transporte y no recibe descargas de aguas residuales. Hábitat único por su diversidad y funcionamiento, que mantienen su estructura natural e integridad ecológica asociada a los servicios ecosistémicos aportados y que están intactos (Pérez y Pineda, 2005).

Este sitio se ubica justo en el inicio del manchón urbano de Jalpan y los impactos que pudieran estar afectando de la zona media son retenidos en la Presa Jalpan, este lugar se encuentra modificado en su cauce por la presencia de un puente vehicular en ruinas, y la modificación de sus riberas para acceso vial, es un sitio en el cual chocan contrastes naturales y modificaciones antrópicas lo cual lo hace heterogéneo, los diferentes sustratos que se presentan en el cauce tanto naturales como producidos por el hombre (e. g. ladrillos, tubos, neumáticos...) se encuentran disponibles para la epifauna (en este caso macroinvertebrados acuáticos) por lo cual su integridad biológica es excelente, presentando taxones tanto tolerantes como intolerantes. Este sitio es visitado por diferentes personas de la región como uso recreativo ya que no se tiene una mala percepción del sitio, pero es uno de los lugares donde se encuentran altas concentraciones de “almejas” (*Corbicula fluminea*), una especie exótica invasora arraigada fuertemente en México.

Puente USEBEQ, Presa Vieja, Saldiveña y Purísima de Arista.

En los tres sitios se obtuvo una categoría de integridad biótica **Pobre** (Anexo 5, cuadro 17,18; 19, 20; 21, 22; 23 y 24) donde:

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos no es sostenible, se han perdido la mayoría o todos los procesos necesarios para el mantenimiento de los flujos energéticos en el sistema. La composición está dominada por organismos muy tolerantes y algunos tolerantes, pero la totalidad de los taxa muy intolerantes e intolerantes se ha perdido. La organización trófica se encuentra reducida a organismos depredadores, recolectores y colectores. Estos sitios no son aptos para la conservación de la diversidad biológica; Aunque con acciones de transformación de hábitat es posible recuperar parcialmente la estructura y organización funcional de las comunidades. Cauces invadidos, obstruidos, abandonados, modificados, canalizados o destruidos por actividades de extracción, cuyos cambios en casos extremos son irreversibles. Integridad ecológica completamente perdida y en ocasiones solo se conservan los servicios ambientales más básicos (Pérez y Pineda, 2005).

Estos sitios son los que presentan las mayores presiones de degradación por parte de las actividades antrópicas, los primeros dos se encuentran inmersos en el manchón urbano de la cabecera municipal de Jalpan de Serra, Puente USEBEQ se encuentra canalizado en su ribera izquierda por un muro de concreto que sostiene un corredor vehicular, en su ribera derecha la ribera se encuentra acortada por la presencia de un andador vehicular de terracería y casas habitacionales en sus márgenes. Los habitantes de estos lugares tienen una percepción generalizada que el cauce se encuentra contaminado, pero esto es atribuido a que existe presencia de residuos sólidos (basura), además de que todos los sedimentos transportados de las zonas altas y medias no tienen manera de detenerse ya que el 60-70% de la cabecera municipal se encuentra pavimentada cayendo directamente al cauce. El sitio de Presa Vieja esta

modificado por la presencia de una presa derivadora de agua la cual recibe los sedimentos de río arriba, además en este sitio es donde comienza de manera intensiva la agricultura en las zonas bajas. El sitio Saldiveña es el sitio que recibe los impactos directos de la zona urbana de Jalpan, en este se acumulan diferentes factores como descargas directas y de PARTS, y su influencia en los habitantes ha sido la actitud generalizada de contaminación del cauce, principalmente por los malos olores en época de secas, el aumento en la cantidad de insectos vectores de enfermedades, presencia de natas orgánicas en el cauce además de residuos sólidos dispersos. El sitio de Purísima de Arista se encuentra en el manchón urbano de la localidad de Purísima teniendo modificaciones en sus riberas, alta actividad agrícola, presencia de descargas de la PTAR y modificaciones del cauce a manera de represas.

El Trapiche.

Se obtuvo una categoría de integridad biótica **buena** (Anexo 5, cuadro 25 y 26) donde:

Las comunidades de Macroinvertebrados Acuáticos tienen una composición que ha sido afectada, puesto que se han perdido los taxa más intolerantes y en especial los de hábitos fijos. Aún es sostenible y aunque se han perdido algunos taxa, se conservan los que mantienen los mecanismos de flujo energético, dado que la organización funcional se conserva. La degradación ambiental no ha embebido a los sustratos. Hábitat único por su diversidad y funcionamiento, en los que predomina su estructura natural y que básicamente conservan su integridad ecológica, y, en consecuencia, los servicios ecosistémicos que aportan (Pérez y Pineda, 2005).

Este sitio es el que presenta la altitud más baja, y como se puede observar en la figura 29 la influencia mayoritaria es de la zona media y baja, en donde los impactos por las actividades antrópicas son escasas, se tiene una muy baja presión por parte de la agricultura y modificación de su cauce por la carretera federal, y pocos o nulos residuos sólidos por parte de los usuarios de la misma vía.

4.6 INDICE DE CALIDAD DE AGUA: BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY

El índice BMWP se calculó con los macroinvertebrados encontrados en cada sitio y su valencia de tolerancia (cuadro 12), se aplicó y adaptó a la zona de estudio. Las calificaciones y categorías ubicaron los sitios más alejados de los manchones urbanos en las mejores calidades del agua, Trapiche con una calidad alta, Río Adentro con una calidad media y La playita con la misma categoría, a este último sitio se le atribuye esta categoría ya que la presa Jalpan que se encuentra río arriba funge como un retenedor de impactos que podrían afectar la calidad de dicho sitio. Purísima de Arista, Presa Vieja se incluyeron en la categoría escasa de calidad de agua y los sitios Puente USEBEQ y Saldiveña fueron los que obtuvieron la calificación más baja del índice obteniendo una categoría mala en su calidad de agua.

La calidad del agua encontrada para cada uno de los sitios se relacionó directamente con los impactos encontrados puntualmente en las cercanías de los sitios (Figuras 28 y 29), las zonas de principal influencia fueron la media que tiene una función de transporte y la zona baja con función de deposición de los impactos, esta última zona es en la que se presenta la mayoría de las actividades humanas, desde asentamientos de poblaciones (zona con mayor presencia de pobladores), hasta la mayor actividad agrícola y ganadera. Es importante resaltar que los efectos de dichos impactos afectan puntualmente a cada uno de nuestros sitios teniendo una injerencia transversal debido a la morfología de la cuenca (figura 30). Y estos efectos han tenido repercusiones directas en los usos y percepciones de los habitantes de la zona baja de la microcuenca, estas repercusiones se ligan longitudinalmente a los impactos y al lugar donde habitan dichos pobladores (observar figura 37).

En el cuadro 27, se presentan las categorías del índice BMWP y en la figura 27, se observan los resultados del mismo para cada sitio.

Cuadro 27. Calificaciones (CAL) y categorías (CAT) del índice BMWP para la MRJ.

Categoría	percentil	valor
Alta	0.95	171.45
Buena	0.8	145.2
Media	0.6	102
Escasa	0.3	79.1
Mala		<79.1

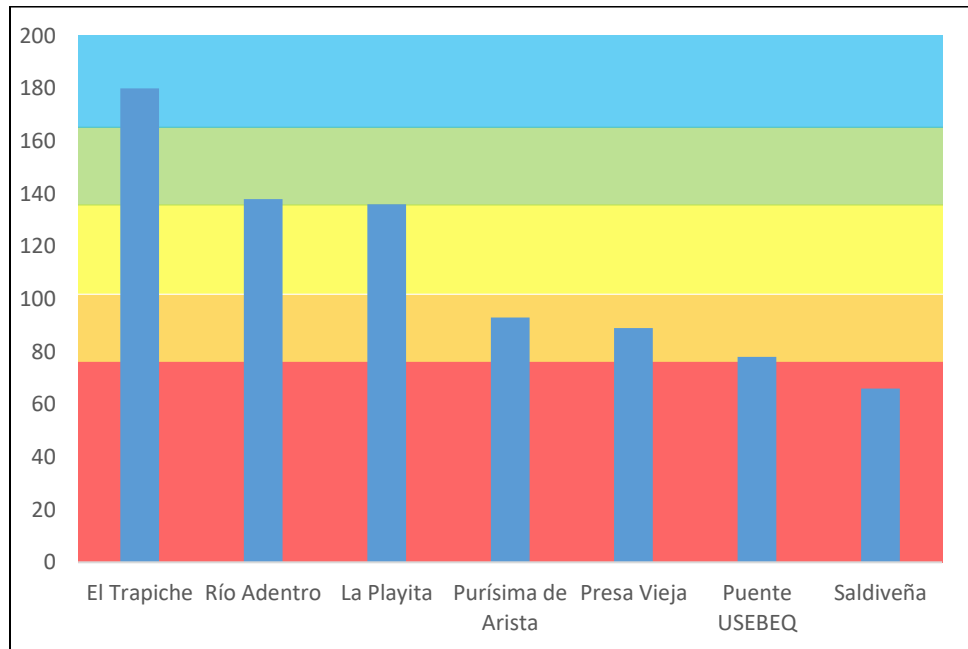


Figura 27. Gráfico de las categorías del BMWP para cada sitio de estudio.

4.7 CALIDAD AMBIENTAL VISUAL (VBHA).

El índice de calidad ambiental visual se calculó para cada uno de los sitios de muestreo haciendo recorridos en parejas, evaluando y calificando cada una de las variables del índice, el Río Jalpan es un río de alto gradiente, y los sitios con mejor calidad ambiental visual fueron Río Adentro, Puente USEBEQ y Trapiche, con una categoría **marginal**; los sitios restantes obtuvieron calificaciones que los ubicaron en la categoría **Pobre**, ambas categorías son las más bajas de índice (cuadro 28).

Como se menciona en el apartado de métodos, los impactos que afectan la calidad ambiental, son más fácilmente perceptibles en la época de secas, dichos impactos relacionados al cauce son: el embebimiento de los sustratos por presencia de sólidos en el cauce; la relación de la estructura natural del cauce modificada por obras públicas para acceso vehicular o modificaciones de las riberas por actividades agrícolas y ganaderas; acortamiento de riberas por causas anteriormente mencionadas; relación en la profundidad y velocidad del cauce; dinámica poblacional de vegetación riparia y presencia de especies vegetales introducidas.

En todos los sitios se encontró presencia de los atributos descritos, sin embargo, los sitios con menores presiones del manejo del territorio fueron los que obtuvieron mejores puntajes. El sitio de Puente USEBEQ resalta ya que se encuentra con diferentes modificaciones como las descritas en el párrafo anterior, sin embargo, el índice lo muestra como de los menos afectados y se atribuye a la presencia de diferentes pozas que contaban con una estructura y funcionalidad similar a lo que se espera encontrar en sitios no perturbados.

Cuadro 28. Calificaciones y categorías del VBHA.

Localidad	VBHA	
	CAL	CAT
Río Adentro	137	Marginal
La Playita	101	Pobre
Puente USEBEQ	120	Marginal
Presa Vieja	79	Pobre
Saldiveña	93	Pobre
Purísima	71	Pobre
Trapiche	114	Marginal

4.8 ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERAS (RQI).

Tras la aplicación del índice el sitio con mejor calidad en riberas fue el más alejado de los manchones urbanos, Río Adentro con una categoría muy buena en donde los atributos ribereños se encuentran en condiciones naturales, sin amenazas en su funcionamiento, son sitios de interés por la conservación y protección, para mantener el estado actual y prevenir futuras alteraciones de los sistemas ribereños; si bien no se encuentra sin perturbaciones antrópicas, éstas no alteran la estructura ni función de la vegetación riparia. Seguido en categoría y calificación por el sitio de Trapiche con una calidad buena donde la mayoría de sus atributos están en buenas o muy buenas condiciones. Estos sistemas necesitan medidas de protección para evitar posibles nuevos impactos y medidas de restauración para lograr la plena integridad de las funciones de ribera hay que eliminar los impactos y las presiones tanto como sea posible, sin embargo, el impacto presente en este sitio y que presumiblemente es el responsable de no en localizarlo en una categoría superior es que en su ribera derecha corre la carretera federal 69 y es un impacto que no se puede eliminar, sin embargo no causa afectaciones importantes y permite la vegetación riparia se mantenga con funcionalidad. Las categorías de ambos sitios nos indican que sus zonas de influencia presentan bajas presiones de degradación, por lo cual en estos sitios se conserva la estructura y funcionalidad en comparación con los demás sitios.

Los sitios de Presa Vieja y Purísima presentaron una categoría moderada donde varios atributos se han modificado moderadamente, estos sistemas requieren medidas de restauración para asegurar un adecuado funcionamiento hidrológico y ecológico y hay que eliminar y/o reducir presiones tanto como sea posible; Presa Vieja en la parte alta y baja de sitio presenta una vegetación en buen estado, sin embargo en la mitad del tramo seleccionado se encuentra la modificación de la presa derivador de agua que actualmente se encuentra sin uso, pero, esta modifica ambas riberas y el mismo cauce en el sitio; el sitio de Purísima cuenta con modificaciones de ambas riberas, en la ribera derecha corre una carretera de terracería que conecta con zonas de cultivo y la presencia de viviendas. A estos impactos atribuimos las categorías encontradas para ambos sitios.

El resto de los sitios La playita, Puente USEBEQ y Saldiveña, obtuvieron la categoría Pobre, la más baja del índice donde la mayoría de los atributos han sido moderadamente alterados. Los sistemas ribereños necesitan medidas de rehabilitación y restauración para mejorar y recuperar las funciones hidrológicas y ecológicas de las riberas, reducir al máximo las presiones e impactos y diseñar medidas de compensación para mejorar las condiciones ambientales. Esta categoría fue atribuida ya que en estos tres sitios se tiene una modificación en ambas riberas, en la playita corren carreteras de terracería en ambos márgenes y existen propiedades privadas donde terminan estas; en Puente USEBEQ se tiene una canalización de la ribera izquierda con la construcción de un muro de concreto para soportar la calle “Ribera del río” y del lado derecho corre una carretera de terracería; en Saldiveña en su margen izquierdo existe una construcción de un muro de concreto que delimita una propiedad y del lado derecho son zonas de cultivo. En los tres sitios se encuentra limitada la conectividad lateral de la vegetación riparia causando modificaciones importantes en su estructura y por lo tanto en su funcionalidad.

Este índice muestra que los impactos en el cauce son provocados por el manejo del territorio de la zona baja, ya que en esta es donde se establece la mayoría de la población de la microcuenca.

En el cuadro 29 se muestran las calificaciones y categorías de los sitios pertenecientes al índice de calidad de riberas.

Cuadro 29. Calificaciones y categorías del índice de calidad de riberas.

Localidad	RIQ	
	CAL	CAT
Río Adentro	130	Muy bueno
La Playita	69	Pobre
Puente USEBEQ	41	Pobre
Presa Vieja	96	Moderado
Saldiveña	52	Pobre
Purísima de Arista	75	Moderado
Trapiche	110	Bueno

4.9 ZONAS FUNCIONALES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JALPAN.

Se establecieron las tres zonas funcionales (figura 28), la zona Alta, la cual funge para la captación del agua de lluvia, la mayor área de esta se ubica en el municipio de Pinal de Amoles, y en ella se encuentra uno de los centros urbanos importantes de la región, el cual es la cabecera de Pinal de Amoles, en esta zona es donde se ubican localidades rurales, de baja densidad poblacional y bajo impacto. La zona media o zona de transporte es donde se encuentran distribuidas el mayor número de localidades rurales, y el centro urbano de esta zona es el poblado de Ahuacatlan de Guadalupe. La zona baja o zona de deposición es en donde se encuentran la mayoría de centros urbanos de la región (cuatro), y es donde se reúne el grueso de la población de la microcuenca del Río Jalpan, por lo cual las actividades para satisfacer las necesidades de estas poblaciones son las que tienen mayor presión sobre los ecosistemas de la cuenca.

Como se muestra en la figura 28 y 29 las zonas que ejercen la mayor presión en relación a la calidad ambiental de la microcuenca son las media y la baja, la media como una zona con mayores asentamientos humanos y actividad agrícola, y la baja como la zona más poblada, en ambas se realizan actividades que impactan la calidad, con las cuales los habitantes satisfacen sus necesidades económicas y personales.

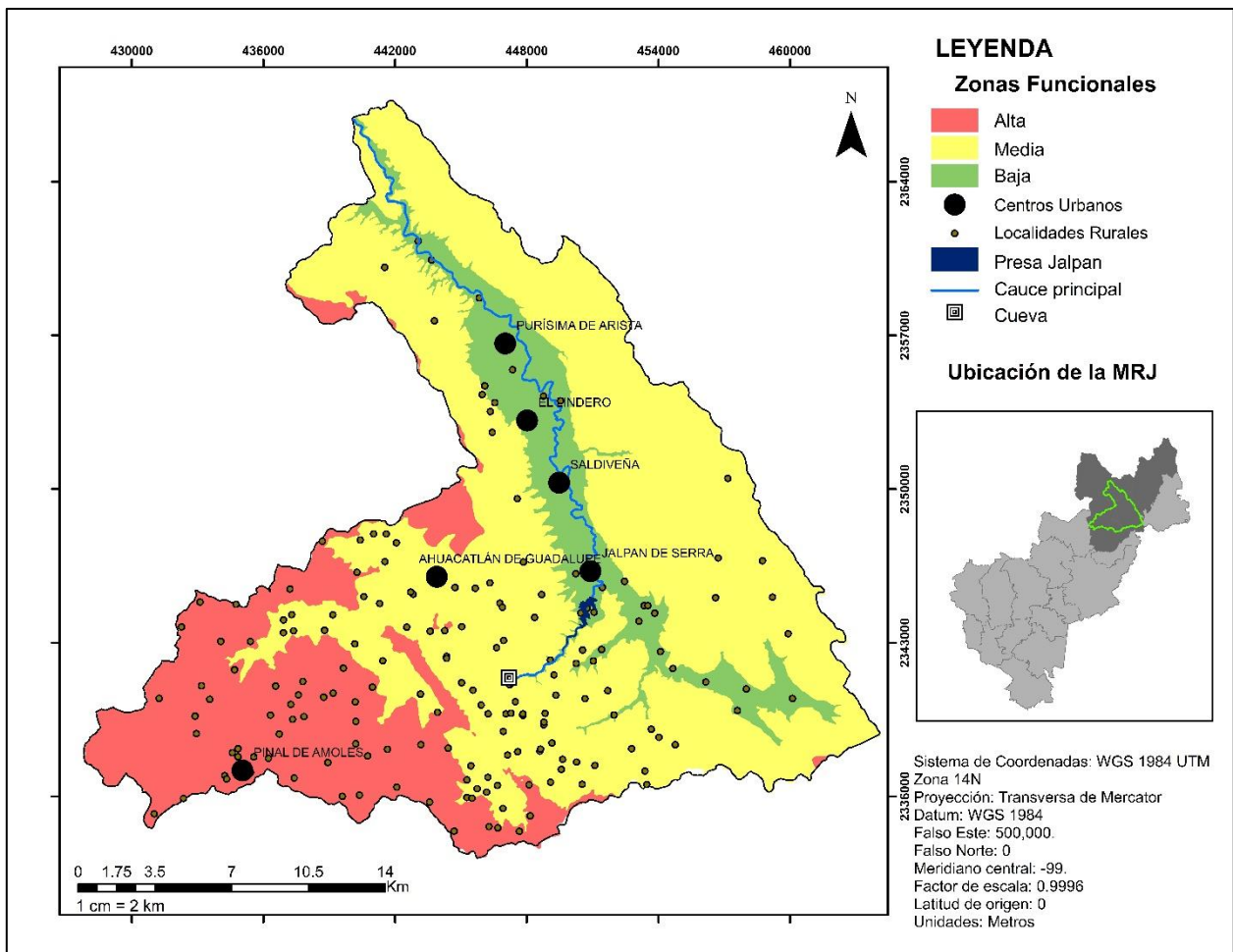


Figura 28. Zonas funcionales de la MRJ, elaborado con base en los datos del INEGI.

4.10 USO DE SUELO E IMPACTOS DIRECTOS.

Tras el análisis espacial de uso de suelo e impactos directos (figura 29), se encontró que las zonas funcionales de la microcuenca, media y baja son en donde se lleva a cabo la mayoría de las actividades de la región, son las zonas donde la agricultura y la ganadería se practican de una forma más intensa en comparación a la zona alta, el grueso de los cultivos se ubica en los márgenes del cauce principal, por lo cual los sitios ubicados en estos lugares presentan mayor presión de degradación. De igual manera las zonas media y baja, son en donde se ubican los centros urbanos de la MRJ (figura 28), y presenta una población de 31, 150 habitantes (INEGI, 2010), las diferentes formas de manejo del territorio dado por los habitantes hacen que los sitios ubicados dentro de los manchones urbanos

sean los más impactadas por las actividades. Aunado a estas presiones por parte de la agricultura, ganadería y la presencia de centros urbanos, se encontraron impactos en los márgenes del cauce principal, que impactan directamente en los sitios de muestreo. En el sitio Río Adentro se encontró un alto contenido de sulfuros en el agua y fue atribuido a la presencia de la cueva Jalpan por la presencia de yesos, kilómetros arriba de este punto se encuentra la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de ahuecarla de Guadalupe, sin embargo, después de esta el cauce principal fluye de manera sub-superficial, y este recorrido actúa como filtro natural del agua. En el sitio de La Playita se tienen modificaciones de las riberas y la presencia de un puente en la parte baja del tramo del río, y río arriba se ubica la Presa Jalpan la cual funge como reten de impactos hacia este sitio. En el sitio Puente USEBEQ ambas riberas se encuentran reducidas por vías vehiculares que corren a sus márgenes, en la parte baja del tramo también se ubica un puente vehicular y este sitio se encuentra justo en el manchón urbano de Jalpan de Sera. En el sitio Presa Vieja, como su nombre lo indica existe una presa derivadora de agua que actualmente no se encuentra en funcionamiento, en su margen izquierdo, se ubica una granja porcina de baja escala, donde los desechos son vertidos al cauce, también en este margen, corre el sistema de drenaje que llega a la PTAR Jalpan y en ocasiones (época de lluvias) se desbordan las coladeras y llegan al río. Justo donde termina el tramo de este sitio se encontró una descarga directa, un litro por segundo, de aguas de uso habitacional (drenaje) hacia el cauce. En Saldiveña tiene una presión principalmente de cultivos y río arriba (~1 km) se encuentra la PTAR Jalpan, diseñada para tratar 20 lts/s, pero actualmente recibe 35 lts/s. A los 15 lts/s restantes pasan a través de un “baipás” al cauce principal. En Purísima de Arista ocurre una situación similar al sitio anterior, aproximadamente 300m río arriba se ubica la PTAR Purísima la cual se diseñó para tratar 1 l/s y recibe 1.6 lts/ segundo, además se ubica justo donde termina el manchón urbano de Purísima de Arista, ambas riberas se encuentran modificadas, por agricultura y construcción de viviendas. En el sitio El Trapiche la mayoría de los impactos desaparecen o su

presión al sitio disminuye, la mayor presión está dada por la carretera federal 69 que corre a su margen izquierdo.

como ya se mencionó anteriormente las presiones que se tienen en la microcuenca en relación la calidad ambiental son ejercidas de una manera transversal al cauce principal y son acumuladas puntualmente, esto se atribuye a que la microcuenca presenta un origen kárstico donde el agua que fluye superficialmente en época de secas en algunos lugares no presentan conectividad longitudinal en el cauce por lo tanto encontramos diferentes calidades dependiendo del sitio de muestreo y estas calidades están dadas por la forma en que se lleva a cabo el manejo del territorio en las cercanías de los sitios (figura 30).

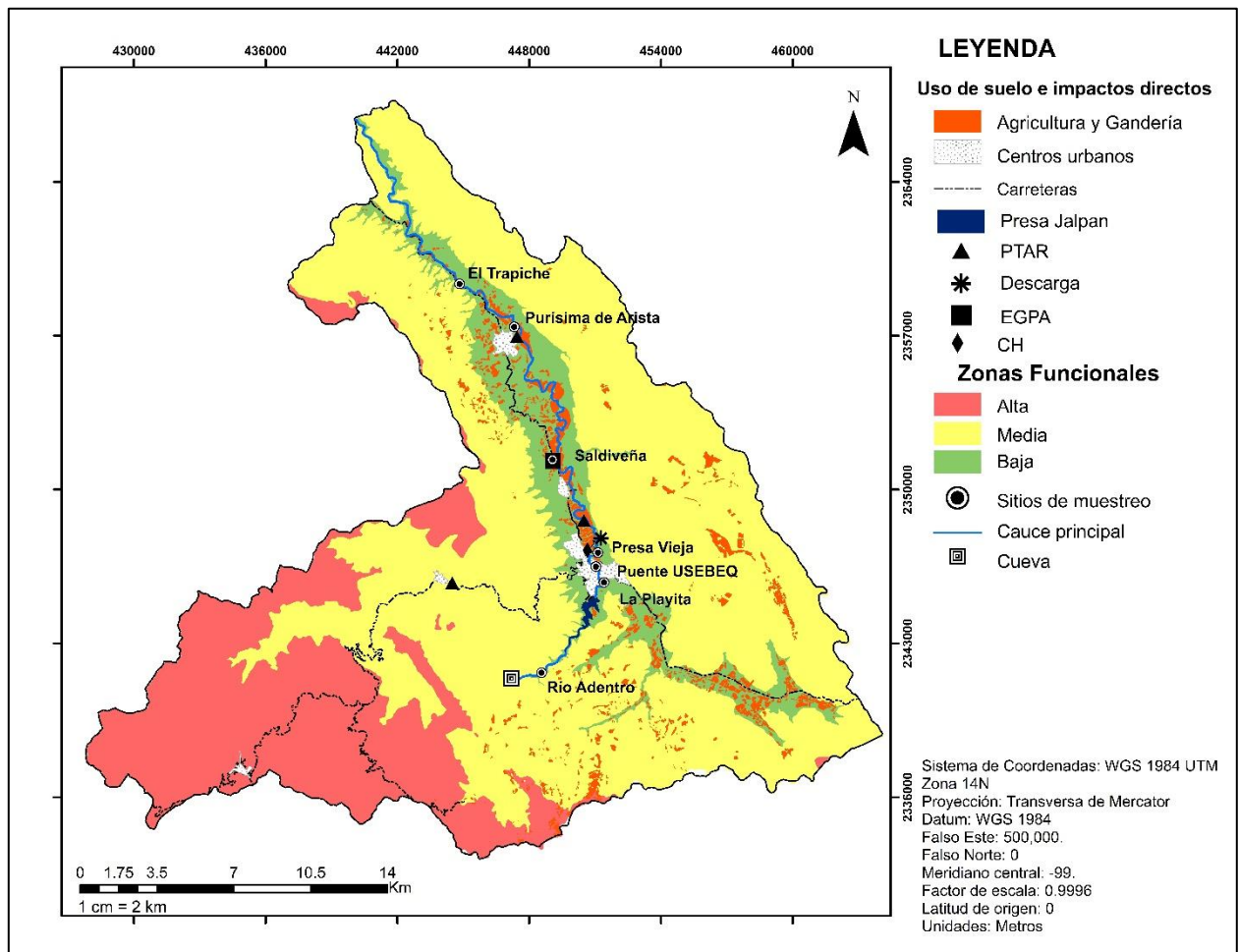


Figura 29. Uso de suelo e impactos directos en la MRJ. Construida con datos del INEGI (2010).

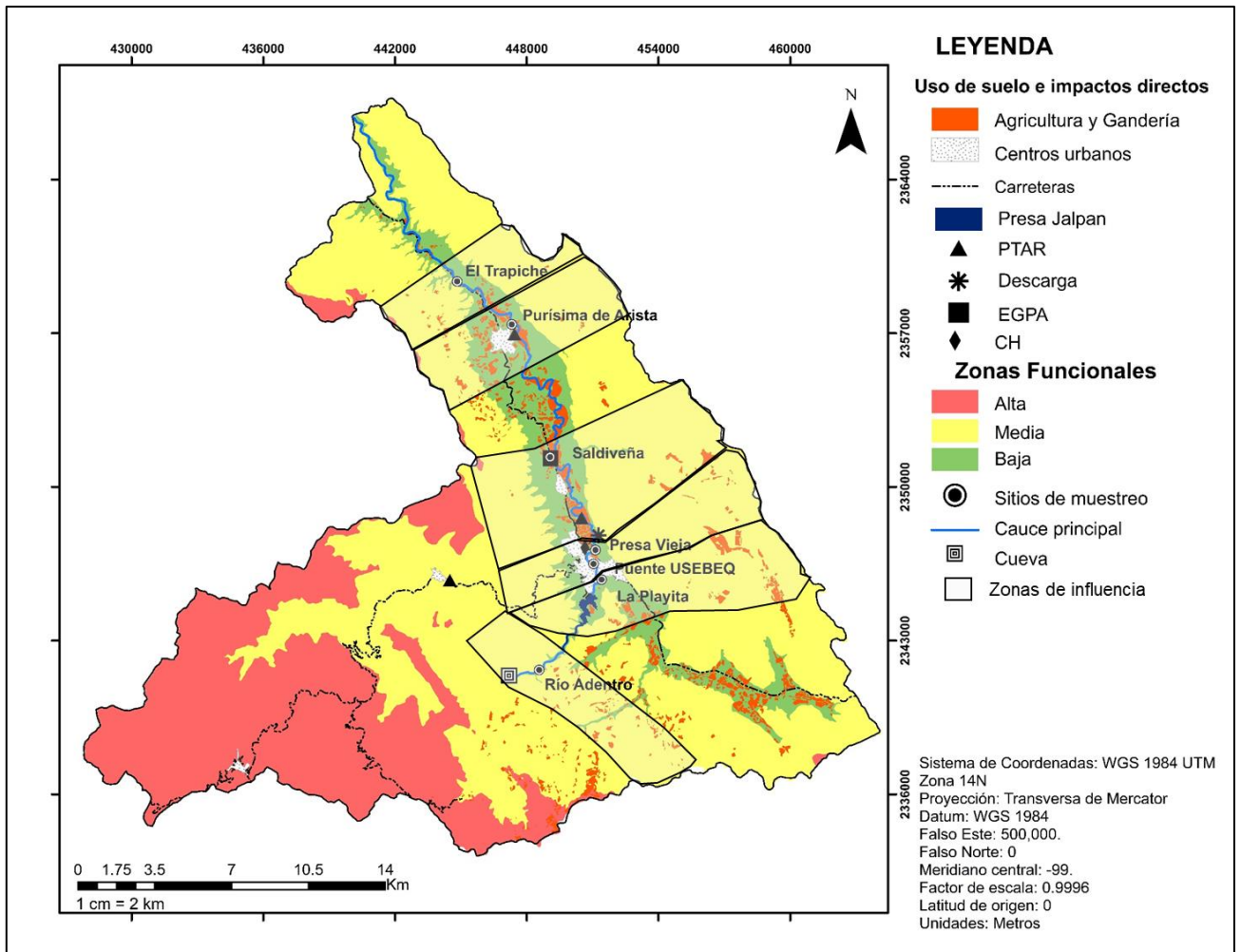


Figura 30. Zonas de influencia de impactos encontrados en relación a las zonas funcionales de la MRJ (imagen ilustrativa).

4.11 ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL URBANO (ICAU).

Tras la evaluación de la calidad ambiental urbana de las localidades de Purísima de Arista del municipio de Arroyo Seco y la cabecera municipal de Jalpan de Serra, se obtuvieron los siguientes resultados:

Purísima de Arista.

Con base en la temática Agua la figura 31 muestra escasez de elementos hídricos, y una baja calidad en relación al transporte de agua residual, se observó también un bajo desperdicio de agua por parte de sus habitantes, muy pocos servicios de auto-lavado, poca basura en el agua y sin fauna nociva. En el grupo temático del Suelo se observa una dominancia de pendientes moderadas, con presencia de pendientes bajas y alta, una moderada escasez de vegetación arbórea con pocos

individuos dañados, se observó también una abundancia moderada de depósitos de basura legales, y baja abundancia de depósitos ilegales sin olores fuertes. La cobertura del suelo se basa en uso habitacional y áreas verdes, la condición de las calles es regular dominando las calles empedradas y de terracería, con basura presente en cantidades moderadas y con poca fauna nociva en las calles. La temática de Aire se observa que las fuentes contaminantes son habitacionales, con una alta presencia de reductores de velocidad en sus calles. En el periodo de evaluación de la región se registraron altas temperaturas con vientos bajos y moderados, así como la presencia de contaminación auditiva moderada.

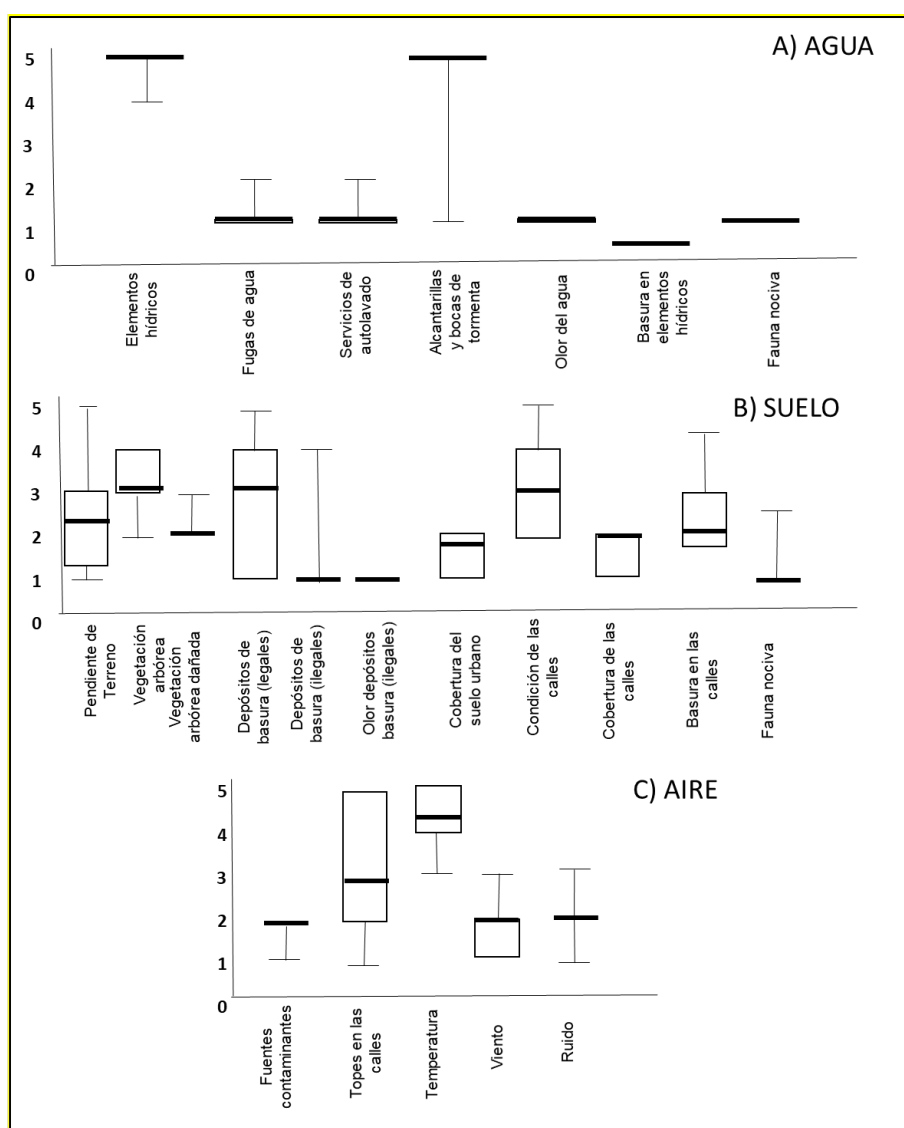


Figura 31. Variables ambientales del ICAU de Purísima de Arista establecidos por grupos temáticos.

En la figura 32 se observa la calidad de cada grupo temático y la calidad ambiental urbana del centro urbano de Purísima de Arista. Se observa que la porción media de la localidad es la que presenta una menor calidad ya que en esta zona se conjuntan pendientes pronunciadas, calles pavimentadas, alta presencia de reductores de velocidad, altas temperaturas y escasas de vegetación y cuerpos de agua, con lo cual la funcionalidad de deposición e infiltración de la zona se ve afectada, provocando que los efectos de dichos impactos se reflejen directamente en el cauce principal.

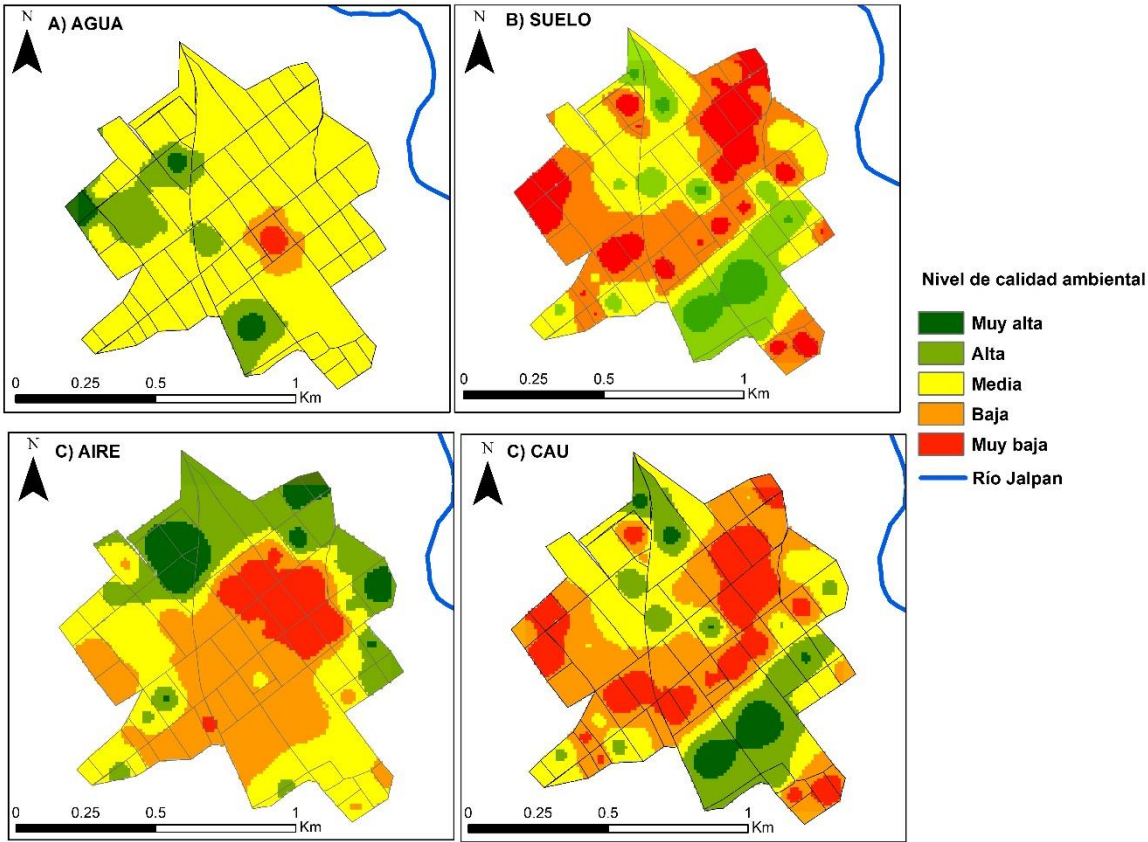


Figura 32. Distribución de la calidad ambiental de la localidad de Purísima de Arista por grupo temático: Agua, Suelo y Aire.

Jalpan de Serra.

La figura 33 muestra que en la localidad urbana de Jalpan existe una escasez de elementos hídricos, representados solo por el cauce del Río Jalpan, prácticamente no hay presencia de desperdicios de agua, existen pocos servicios de auto-lavado. La infraestructura para el transporte de aguas residuales es pobre, el olor de los elementos hídricos es bajo, así como la presencia de fauna nociva y basura en el agua. En la temática de Suelo se observó una abundancia de pendientes pronunciadas en prácticamente todo el territorio de Jalpan, con vegetación arbórea abundantes con pocos daños. Se observó también una alta escasez de depósitos legales de basura y algunos depósitos ilegales sin olores fuertes. La cobertura del suelo es dominada por el uso habitacional, con condiciones de las calles regulares y un mix de cobertura de las calles dominado por adoquín. En las calles se observa una presencia moderada de basura y una baja presencia de fauna nociva. En el grupo temático Aire se observa que la fuente contaminante principal es del uso habitacional, una alta presencia de reductores de velocidad en las calles, temperaturas medias, vientos con velocidades bajas y presencia de ruido moderado.

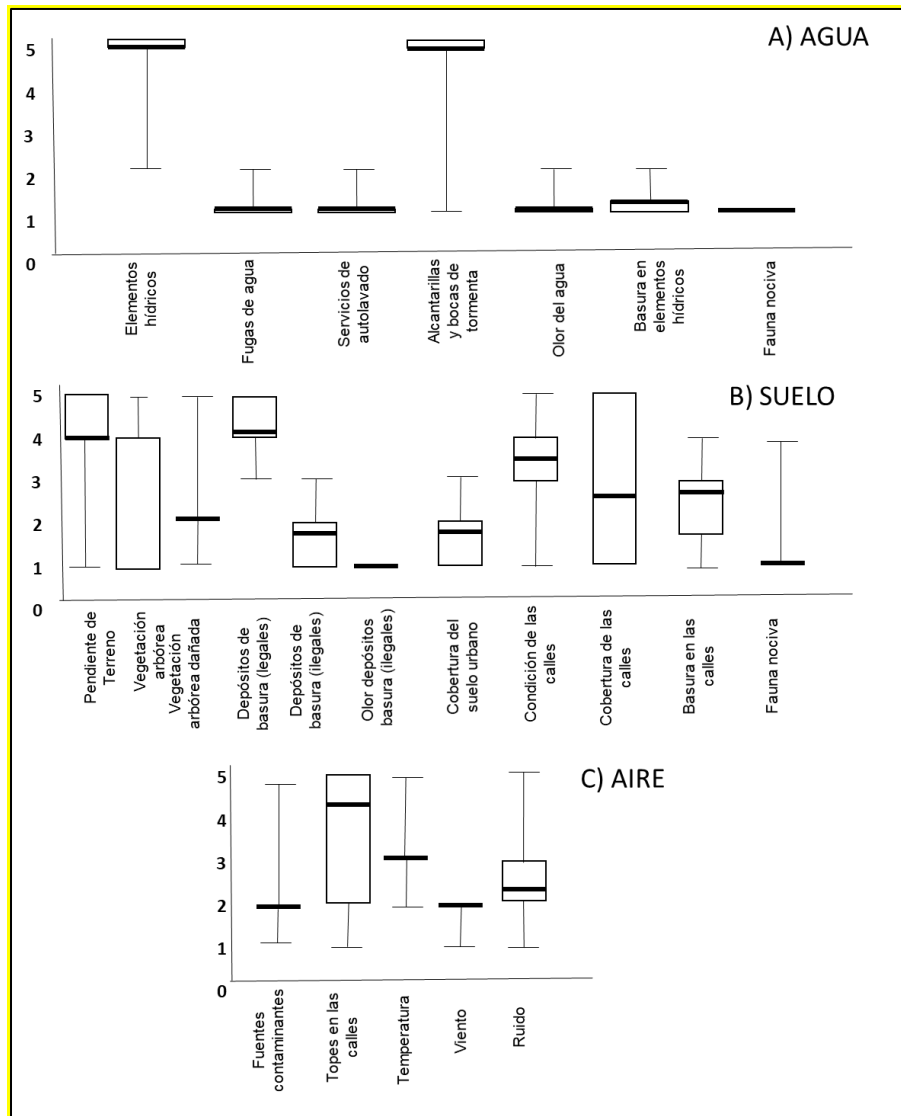


Figura 33. Variables ambientales del ICAU de Purísima de Arista establecidos por grupos temáticos.

En la figura 34 se observa la distribución espacial de la calidad ambiental de los diferentes grupos temáticos, se observa que en general la calidad ambiental más baja se encuentra en el centro del polígono urbano con la excepción del jardín principal de la localidad. Es de resaltar que la calidad aumenta al alejarse del centro, esto propiciado a la ubicación de la localidad urbana enmarcada dentro de la reserva de la biosfera Sierra Gorda, estableciendo un límite de urbanización.

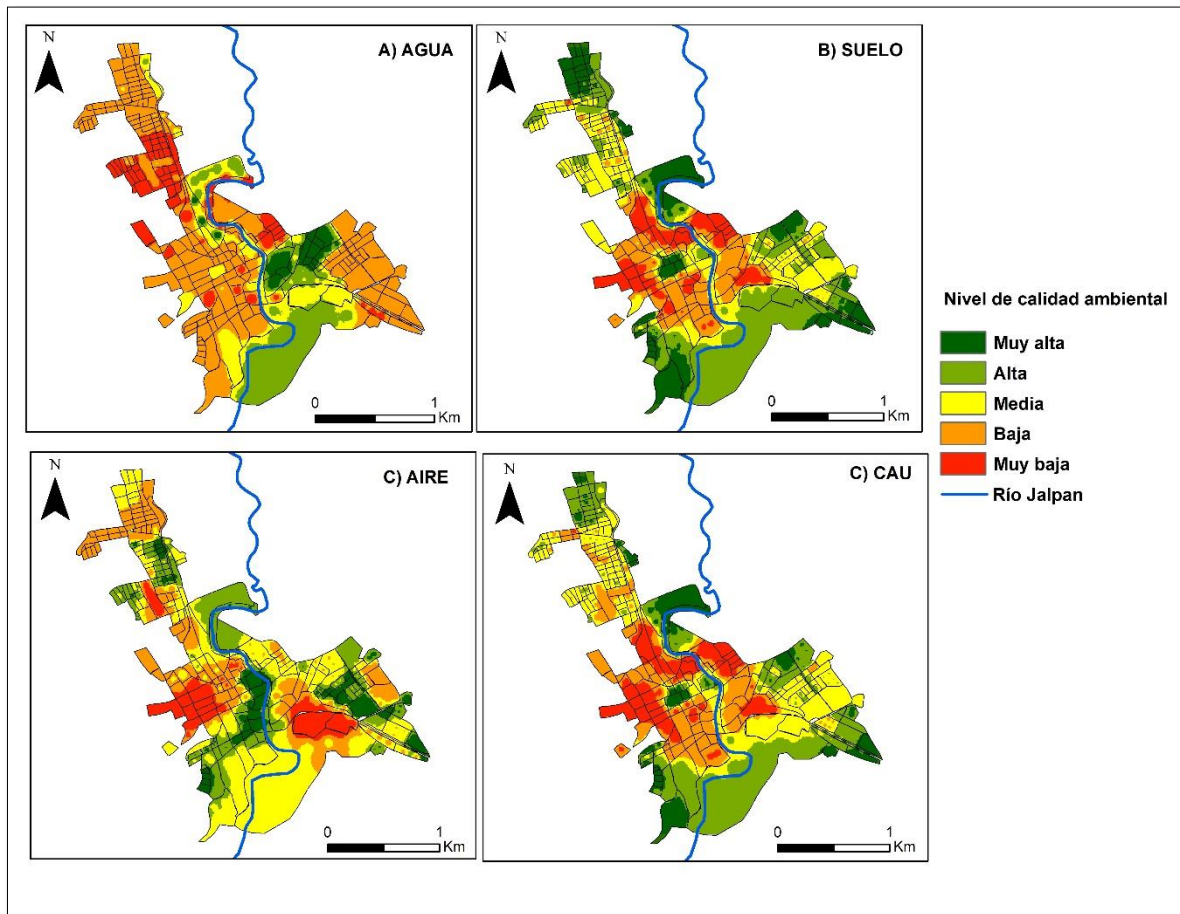


Figura 34. Distribución de la calidad ambiental de la localidad de Jalpan de Serra por grupo temático: Agua, Suelo y Aire.

El resultado obtenido en el ICAU está relacionada a la educación de la población, las acciones tomadas por parte de dependencias tanto gubernamentales y no gubernamentales, y al relieve en el territorio. Ambas localidades se encuentran en las zonas bajas y en ambas se observa que la calidad aumenta conforme se aleja del centro del manchón urbano, este aumento en la calidad ambiental se ve reflejado en los diferentes índices ya que los puntos más alejados de estas

comunidades son los que presentan mejores calificaciones con respecto a la calidad ambiental. Dejando en claro que el desarrollo de poblaciones humanas de una manera tradicional (no sustentable) pone en riesgo la calidad de un ambiente saludable. Afectando principalmente el proceso de transporte haciéndolo más rápido, ya que se pierde la vegetación que retiene los sedimentos que se acumulan en el cauce principal, de la misma manera se incrementa la presencia de residuos sólidos en el ambiente, la pérdida de vegetación, el aumento de la contaminación de agua por parte de aguas residuales, modificación del relieve entre muchas otras variables en relación a la estructura y funcionalidad natural del ambiente.

4.12 SOCIO-GRAMA, PERCEPCIONES Y CONOCIMIENTOS DE LA MRJ.

Se realizó un primer mapeo o socio-grama de los actores involucrados en el tema de la degradación ambiental, desde los desarrolladores urbanos del municipio hasta la base social como ganaderos y agricultores (Figura 35). Para conocer la relación entre la población y el Río Jalpan, se hizo una selección de los actores (Figura 36) tomando en cuenta como figuras de poder: La dirección de servicios municipales y ecología, La dirección de Obras Públicas, La Comisión Estatal del Agua encargada del suministro de agua potable (CEA Jalpan) y la Comisión estatal del Agua encargada de las Plantas de tratamiento de aguas residuales (CEA PTAR's); Como tejido asociativo: La asociación ganadera del municipio de Jalpan y La unidad de Riego; Y como base social: a los pobladores de las riberas del río, los agricultores de la zona y a los ganaderos que se encuentran en los márgenes del río.

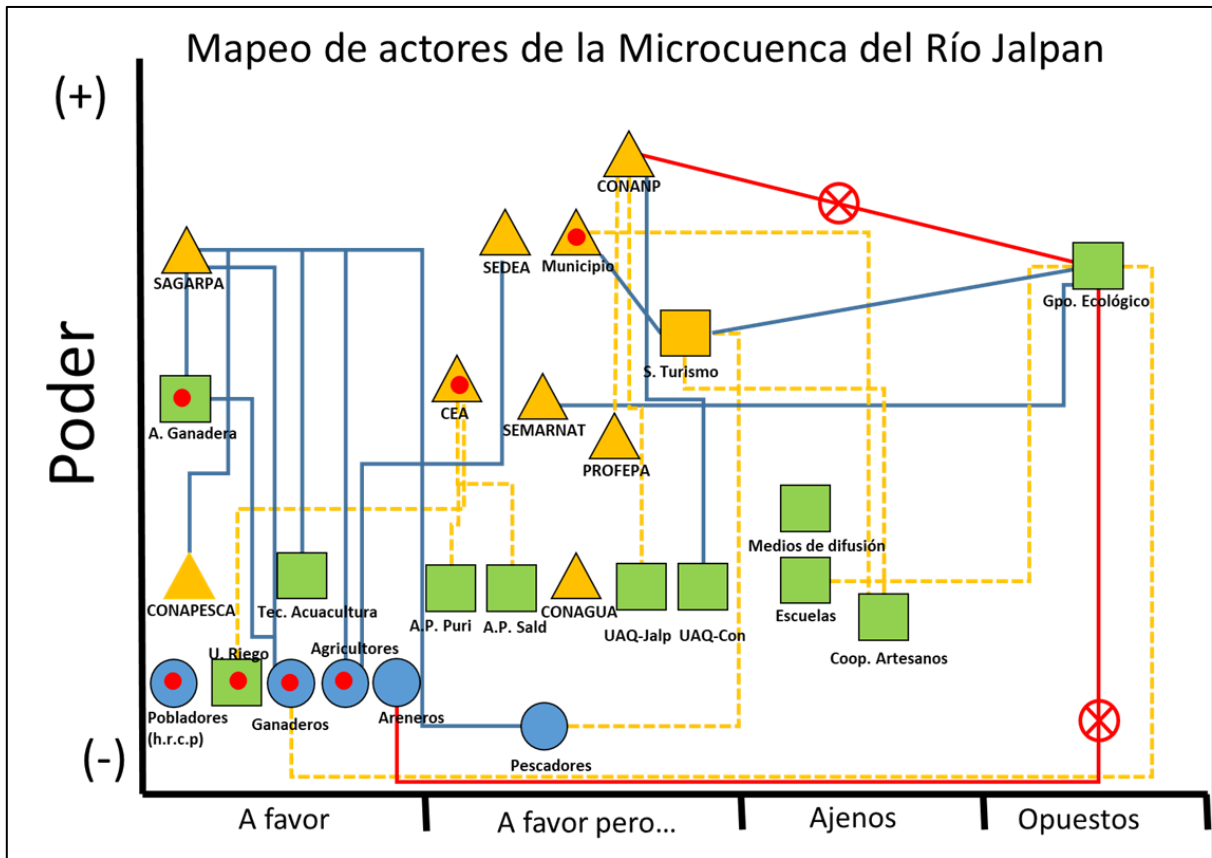


Figura 35. Mapeo de actores de la microcuenca del río Jalpan en relación a la degradación ambiental.

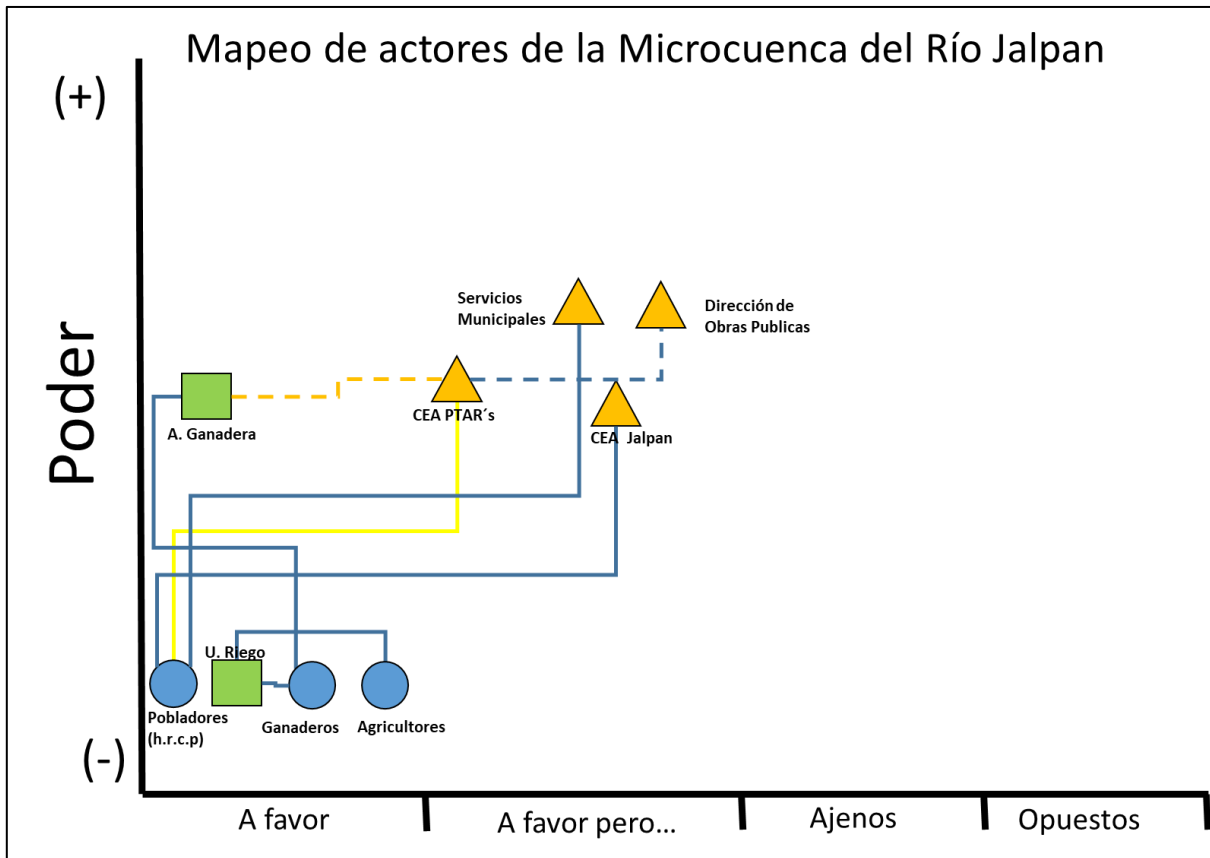


Figura 36. Mapeo de actores de la microcuenca del río Jalpan en relación a los usos y percepciones sobre el Río.

Las relaciones encontradas entre los actores que tienen influencia en la degradación de los ambientes acuáticos fueron las siguientes: Los **habitantes de las riberas** (prácticamente todos los entrevistados a excepción de una familia) no hacen uso del agua del Río Jalpan ya que cuentan con servicio de agua potable (proporcionado por **CEA**). Sin embargo, hay actividades específicas en donde el agua del río se utiliza ocasionalmente, como el lavado de automóviles, bañar mascotas y también para nadar a manera de recreación, una informante de la tercera edad (*Doña Sir*) nos describió que en el pasado, hace 40 años su familia y muchas otras hacían uso del agua del río para “todo” y ella relata que la manera para beberla era excavar en las orillas del río y esperar a que el hoyo se llenara de agua que ya estaba filtrada y esta era la que tomaba y guardaban en depósitos en su casa. Otra informante también relata la existencia y uso de manantiales para la obtención de agua y como las mujeres se juntaba para hacer limpieza del mismo a

través del lavado con diferentes detergentes, pero esto, cambió con la llegada del servicio de agua potable.

Es notoria y generalizada la percepción en los habitantes de las riberas del río de que el agua del río está contaminada con diferentes referencias (Figura 37), de la misma manera la mayoría de los entrevistados hizo mención de esta condición y las actividades mencionadas fueron el depósito de animales muertos en el cauce, descargas de drenaje y la basura depositada por la gente que va pasando por el cauce. Estas actividades fueron mencionadas por los habitantes río arriba en la cabecera municipal de Jalpan de Serra.

De la misma manera los habitantes río abajo a partir de la comunidad de Saldiveña utilizan el agua del río para algunas “cosas” pero sólo en época de lluvias cuando el agua está limpia. Comentaron que en la época de secas existen olores insoportables provenientes del río, así como coloraciones “aceitosas” del mismo, y eso es atribuido a la planta de tratamiento la cual nos comentan que “no funciona bien”. La relación en este contexto es compleja (por eso la coloración en amarillo en la figura 36), si bien la población no está en contra de la planta de tratamiento, si consideran que debería de funcionar de otra manera.

En la entrevista el encargado de las planta de tratamiento de aguas residuales de la región (PTAR´s), nos comentó que la Comisión Estatal de Agua del estado toma las PTAR´s a su cargo a finales del 2016 en la región, en las cuales su funcionalidad era cuestionable, actualmente todas las PTAR´s funcionan adecuadamente; Sin embargo, existen problemáticas por atender en la **planta de tratamientos de agua residual de Jalpan** (PTARJ), esta planta fue diseñada inicialmente para tratar 20 litros por segundo, pero actualmente y con el incremento de la población del municipio, recibe 35 litros por segundo, los cuales no pueden ser tratados ya que “la planta sufriría un colapso” y la solución empleada hasta el momento ha sido el desvío de los 15 litros restantes a través de un baipás, donde se aplican pastillas de hipoclorito de calcio para eliminar agentes contaminantes y posterior a este, se descarga directamente al Río Jalpan.

Un problema adicional es la identificación de una descarga directa de aguas residuales en un sitio conocido localmente como “La Colmena” que se ubica justo después de nuestro sitio de muestreo Presa Vieja, en el cual se descarga un litro por segundo de drenaje proveniente de la colonia “La Cruz”.

La dirección de obras públicas nos hizo mención de la misma problemática, además nos comentó de dos proyectos, uno en el cauce del río y otro en los márgenes de la Presa Jalpan el cual se encuentra por finalizar. Dicho proyecto consta de un andador para recreación de la población atendiendo las observaciones realizadas por parte de la comisión natural de áreas naturales de Jalpan. El otro Proyecto es la pavimentación de la orilla derecha a partir del sitio La Playita para la construcción de un muro para sostener una calle, sin embargo, este proyecto se encuentra en espera, ya que aún no ha sido aprobado.

En la entrevista al director de la **Asociación ganadera**, nos expresó que la construcción de la presa Jalpan “le dio vida a la sierra” ya que con esta se pudo asegurar agua para todas las actividades de la región, nos comentó también que la ganadería en la zona es una actividad importante y que ellos tienen miembros de los diferentes municipios serranos. En relación al uso del río nos comentó que son muy pocos los ganaderos que hacen uso del agua y que ellos en época de secas se encargan del transporte de agua a través de pipas a diferentes comunidades en donde esta es mantenida en “bordos” o “Jagüeyes” cubiertos con geo-membrana para el mantenimiento del ganado. De la misma manera nos comentó que muchos potreros se ubican cerca de los canales a cargo de la **unidad de riego** y que los ganaderos se abastecen de esta manera de la Presa Jalpan.

La unidad de riego se consolidó oficialmente en 1995, pero desde la construcción de la presa en el 1972 ya se contaba con la organización para la distribución del agua. Esta unidad atiende a los **ganaderos** y **agricultores** de la zona con una concesión de 5 millones de metros cúbicos al año, es una unidad que se mantiene con recursos propios y la principal problemática a la que se enfrentan es el deterioro de la infraestructura de sus canales. Los cuales constan de 34 kilómetros

distribuidos en dos canales que corren en los diferentes márgenes del río, por lo cual se denominan canal derecho e izquierdo, ambos inician en la Presa Jalpan y terminan en la comunidad de Purísima de Arista; Sin embargo, el canal derecho sufrió un daño importante por lo cual el servicio solo llega hasta la comunidad de El Rayo.

Los agricultores nos comentaron que al pertenecer a la unidad de riego no hacen uso del agua del río, pero muchas de las parcelas se ubican en los márgenes del mismo. Ellos expresaron que la principal problemática es que no tienen capacitación para el combate de plagas y aplicación de plaguicidas y fertilizantes químicos y están en busca de una solución. También la mayoría de los agricultores utiliza tractor para arar su tierra y el enriquecimiento de la misma es a través de abonos orgánicos (excremento de ganado) y fertilizantes artificiales, para recuperar la fertilidad de la tierra. En la región se practican dos temporadas de cultivo: primavera-verano donde se hace uso de un tipo de riego por inundación y los principales cultivos son maíz y frijol; y la temporada de otoño-invierno donde el principal tipo de riego es por goteo y los principales cultivos son hortalizas (jitomate, chile y calabaza).

De los **ganaderos** entrevistados solo uno hace uso del agua del río para el consumo de su ganado, ovino y bobino, sin embargo, la extracción es mínima ya que solo llena su contenedor de dos metros cúbicos una vez al mes. También nos comenta que las acciones de conservación de suelo y agua son muy importantes y el realiza pretilas en su terreno que tiene una pendiente pronunciada, abona su tierra con el excremento de su ganado para la producción de forrajes y realiza la práctica de rotación de potreros para tener alimento disponible durante todo el año. Los demás agricultores comentan que no hacen uso del río ya que son miembros de la unidad de riego y de esta se abastecen, y tampoco lo usan como abrevadero, pero su ganado si se encuentra cerca de los márgenes del río.

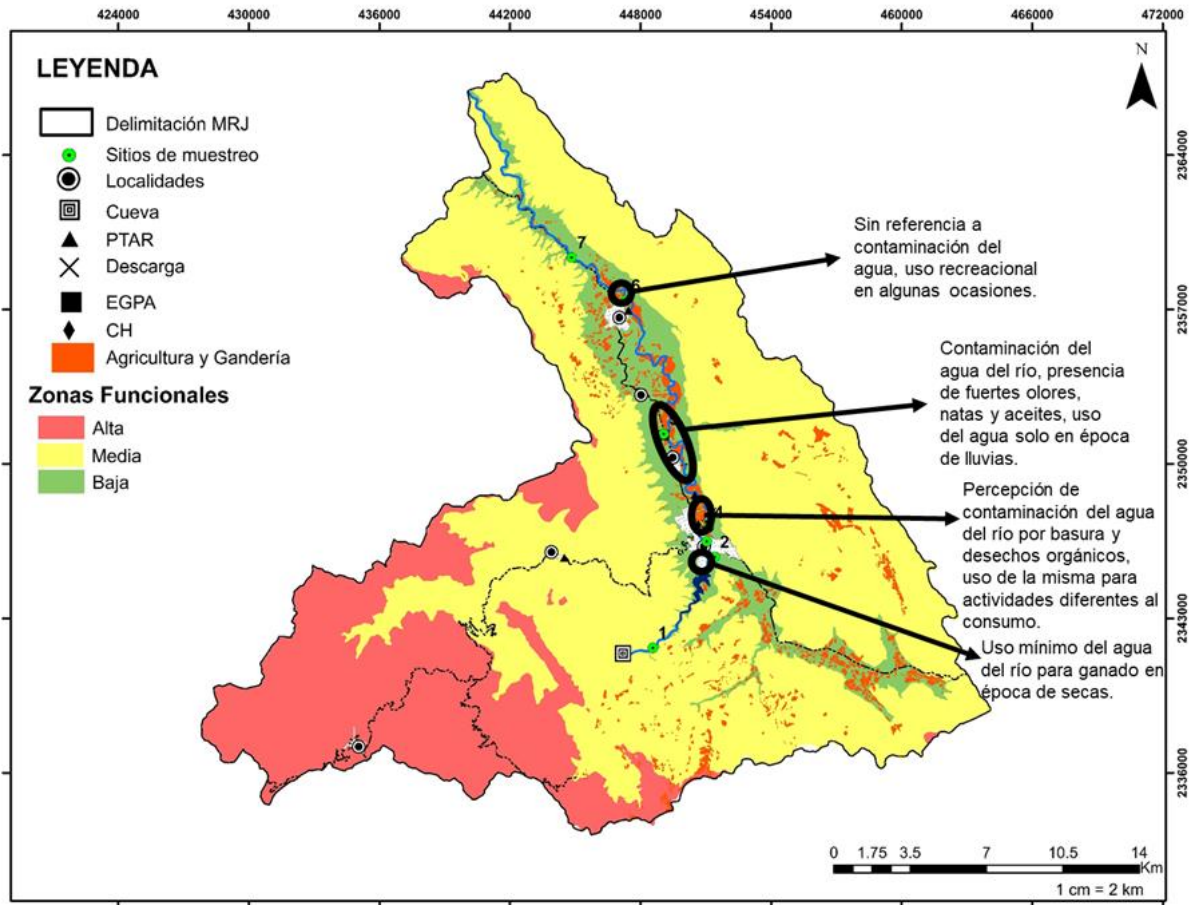


Figura 37. Percepciones y uso del agua del Río Jalpan por parte de los habitantes de las riberas. Al realizar un sondeo en las zonas altas de la microcuenca, los pobladores nos hicieron hincapié en que su problemática principal de percepción y uso de agua, fue la incapacidad de poder utilizar este recurso ya que, las autoridades les advirtieron que se encontraba con altas cantidades de metales pesados, principalmente arsénico y mercurio. Por lo cual ellos pedían la corroboración con análisis científicos de que fuentes de agua se encontraban con esta condición y de cuales sí podrían hacer uso para su consumo.

4.11. INTEGRACIÓN GRÁFICA DE DATOS.

La integración gráfica de los diferentes índices empleados se muestra en la figura 38, donde se muestra claramente que los sitios más cercanos a las urbes y a la actividad agrícola (sitios mayormente modificados) son los sitios en los cuales se ve disminuida su integridad. Dicha disminución nos indica que la estructura y funcionabilidad de las diferentes zonas de influencia se encuentran en un proceso de degradación los cuales deben ser atendidos lo antes posible a través de soluciones integrales. Los sitios más alejados de las urbes (Río Adentro y Trapiche) nos muestran una integridad que se mantiene o poco afectada. Por lo cual son sitios de atención para su conservación mitigando los efectos que pueden disminuir su integridad. Ambos sitios nos hablan que las zonas de influencia en sus tres niveles se encuentran conservados. En el cuadro xxx. Se muestran las calificaciones y categorías obtenidas en cada índice.

Localidad	Índices							
	BMWP		IIBAMA		RIQ		VBHA	
	CAL	CAT	CAL	CAT	CAL	CAT	CAL	CAT
Río Adentro	138	Media	20	Bueno	130	Muy bueno	137	Marginal
La Playita	136	Media	22	Excelente	69	Pobre	101	Pobre
Puente USEBEQ	78	Mala	10	Pobre	41	Pobre	120	Marginal
Presa Vieja	89	Escasa	6	Pobre	96	Moderado	79	Pobre
Saldiveña	66	Mala	6	Pobre	52	Pobre	93	Pobre
Purísima	93	Escasa	7	Pobre	75	Moderado	71	Pobre
Trapiche	180	Alta	20	Bueno	110	Bueno	114	Marginal

Cuadro 30. Calificaciones y categorías obtenidas en cada índice analizado.

De manera similar el análisis de agrupamiento de clúster (Figura 40) arrojó grupos similares; el grupo de Río Adentro y Trapiche, se emparentó con el grupo de La Playita y Puente USEBEQ y el otro grupo, se segmentó en dos, englobando a los sitios de Presa Vieja y Purísima en un grupo y Saldiveña formando otro grupo.

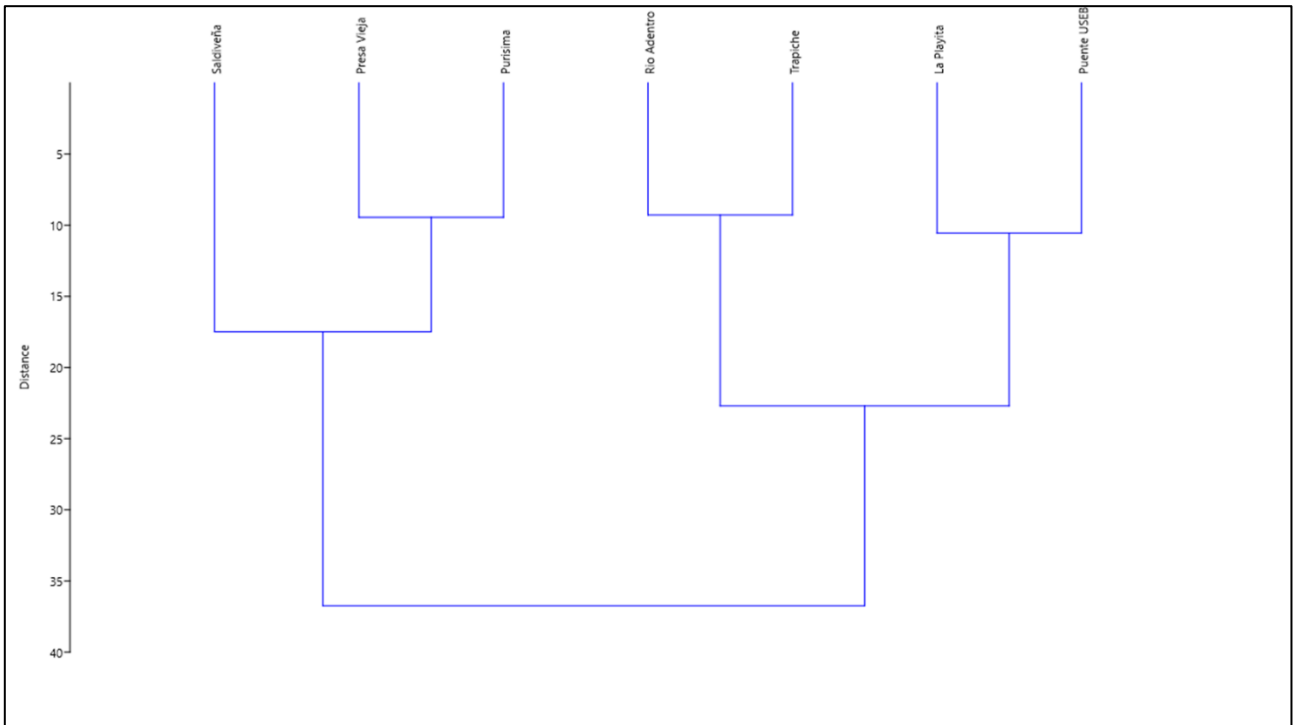


Figura 40. Análisis de agrupamiento de Clúster, Se usó el algoritmo del método de Ward's y el índice de similitud euclidiana.

Finalmente, en el análisis de correspondencia canónica se establecieron cuatro grupos (Figura 41): 1) Saldiveña, Purísima de Arista y Presa Vieja, los cuales se agruparon por ser los sitios con mayores cantidades de las variables fisicoquímicas de temperatura, fluoruros, cloruros, potencial de óxido-reducción, por lo cual son los sitios con peores calidades de agua, y su comunidad de macroinvertebrados fue representada por familias tolerantes. 2) Puente USEBEQ y La Playita, ambos sitios se agruparon ya que la comunidad de macroinvertebrados fue representada por una mezcla de familias tolerantes e intolerantes, por lo cual La playita tubo una excelente integridad biótica, por otro lado, Puente USEBEQ fue el sitio en el que se presentó mayor cantidad de solidos disueltos totales, lo que provoca que los sustratos sean embebidos por sedimento y no estén disponibles para la epifauna. 3) Río Adentro, este sitio se separó por la

presencia de sulfatos, ya que su comunidad de MIA fue representada por familias tolerantes e intolerantes, la contribución de sulfatos se le atribuye a que se ubica justo después de una cueva. 4) Río Adentro, se separó de los demás sitios por presentar la mayor cantidad de Oxígeno disuelto y las menores cantidades de los demás parámetros fisicoquímicos, su comunidad de MIA's fue representada por familias intolerantes.

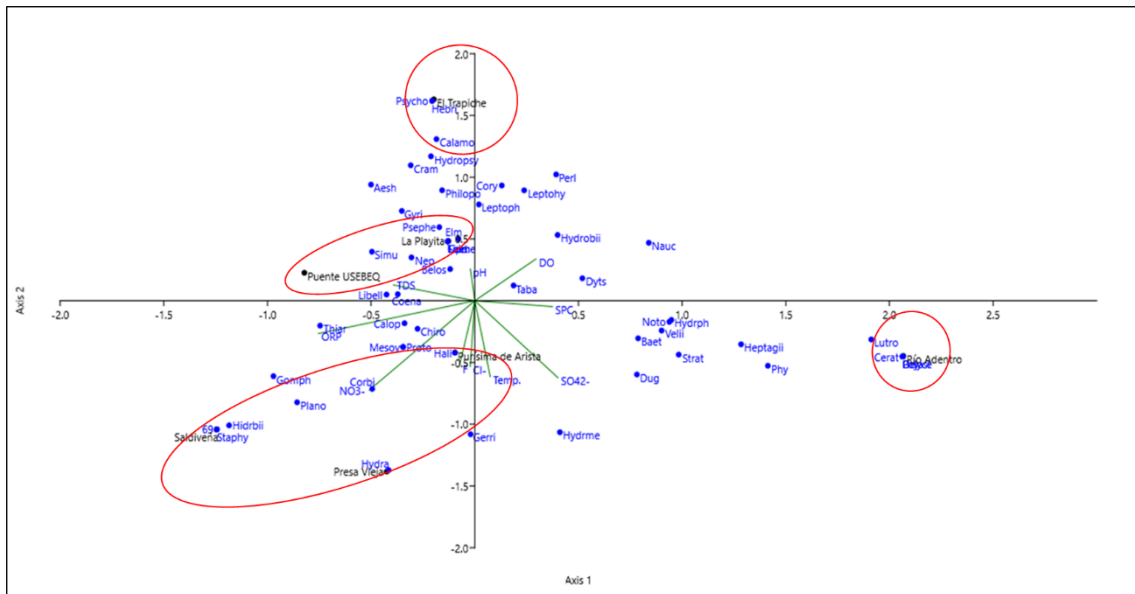


Figura 41. Análisis de Correspondencia canónica de los sitios muestreados con las variables fisicoquímicas de los índices y las familias de macroinvertebrados colectados.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Las localidades urbanas son el medio socio-espacial donde las actividades que ahí se enmarcan y la forma en que se relacionan sus elementos, generan la vida material de los humanos y el modo de producción dominante. Estos procesos económicos y sociales que se incluyen en la producción, entendida como la forma de satisfacer las necesidades básicas de una población, necesitan una base material de sustento, que construirá la forma de división del territorio. Es innegable la apropiación de la naturaleza en este proceso, ya que para llevar a cabo la producción se hace uso de los recursos naturales, impactando al medio ambiente (Schteingart, 1987).

El principal agente de cambio del ecosistema es el hombre y el crecimiento exponencial de sus poblaciones, con las diferentes actividades que realiza para satisfacer las demandas de sus habitantes (Preston, 1996). Como ya vimos, la preocupación de la manera en la que son usados los recursos naturales no es una preocupación reciente, sin embargo, los efectos de estos usos desmedidos que actualmente son visibles, han hecho que diferentes grupos de las sociedades comiencen actuar y tomar medidas para protegerlos y que sean perdurables en el tiempo. Una de estas medidas adoptadas en México fue el establecimiento de áreas naturales protegidas (ANP's) a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y dirigidas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), como una medida de protección a zonas prioritarias de conservación por su alta biodiversidad, recursos naturales y servicios medioambientales que ofrecen. Sin embargo, dicho establecimiento no prohíbe el desarrollo social dentro de estas zonas, lo cual causa degradación del medio por lo anteriormente explicado. Si bien, está claro que el desarrollo social de una población no tiene que estar en conflicto con un medio ambiente saludable, es imperativo, por lo menos en México, la creación de métodos eficientes para llegar a un manejo sostenible por lo menos en estas zonas (ANP's). por lo cual la educación ambiental a todos los niveles es una necesidad en la actualidad.

Como ya fue recalcado en múltiples ocasiones, la microcuenca del Río Jalpan está siendo impactada en la zona baja, de manera puntual en diferentes sitios por la forma en la cual es llevado el manejo de la microcuenca, si bien se enmarca en el corazón de una ANP establecida en 1997, la mayoría de las actividades que sustentan la dinámica económica y social de la región se realiza en las zonas medias y bajas, la agricultura y la ganadería como actividad productiva principal. Estas zonas son también donde se presentan las localidades con mayor población en la microcuenca lo cual ocasiona las presiones de degradación encontradas en los diferentes puntos.

Los resultados encontrados en cada uno de los sitios de estudio reflejan problemáticas puntuales de las zonas que influyen en estos, las cuales pueden ser atendidas de manera directa e implican inversiones necesarias para recuperar en cierta medida la función del cauce principal que impacta directamente en las zonas bajas, desde la forma de percepción de los pobladores hasta los usos que se le pueda dar al agua ya sea para actividades cotidianas o de recreación que pueda impulsar al turismo de dichas zonas. Es cierto que se tienen sitios con malas calificaciones en los índices utilizados y existen también diferentes modificaciones en la morfología del cauce. Sin embargo, la dinámica que presenta el sistema de la MRJ muestra una capacidad persistente del medio para “absorber” dichos impactos (resiliencia), ya que en tiempo de lluvias presenta un cauce considerable que “limpia” los impactos descritos anteriormente y con el paso del tiempo (en el periodo comprendido entre el fin de la estación de lluvias y el transcurso de la estación seca) se acumulan y vuelven a ser visibles. Con lo cual la MRJ nos muestra, que aún es tiempo de hacer lo necesario para mitigar los efectos de los impactos que estamos causando sobre dicho territorio, sin afectar la calidad de vida que se tiene en el mismo.

Esta dinámica que presenta la cuenca es establecida por la forma en la que se encuentra dividido el manejo de la microcuenca, teniendo bajos impactos en las zonas altas, permitiendo que su función principal (de recarga) no se vea seriamente afectada, la presencia de pocos impactos en la zonas media no

mitigan la funcionalidad total de la misma y los impactos observados en la zonas bajas solo afectan puntualmente a algunos sitios y la percepción de los pobladores en base a la contaminación de la misma. Por lo cual la microcuenca se encuentra en un momento crítico para tomar acciones de conservación de los servicios y funcionalidad del ambiente. Un caso contrastante donde estas características no se presentan es la cuenca del Lerma-Chapala, en donde los impactos de degradación se encuentran distribuidas en sus diferentes zonas funcionales con impactos “fuertes” que han causado un alto grado de degradación posicionándola como una de las cuencas más deterioradas en el país, con una preocupante necesidad de acciones para mitigar dichos impactos (Cotler, 2007).

La microcuenca del Río Jalpan ha sufrido modificaciones a lo largo del tiempo como la mayoría de localidades del estado, sin embargo, los últimos cinco años el crecimiento poblacional aumento de una manera sin precedentes (Dirección de Obras Públicas, 2017), por lo cual la infraestructura de urbana en los diferentes municipios que abarca la MRJ ha aumentado, ocasionando presiones de degradación en diferentes puntos de la microcuenca y por las características anteriormente mencionadas las zonas medias y bajas son las de mayor influencia en este proceso. Los impactos detectados se resumen en la presencia de un alto embebimiento del sustrato en el cauce principal, depositado directamente en las zonas con áreas considerables de pavimento, donde el agua y los sedimentos no tienen oportunidad de infiltrar al subsuelo, ni de detenerse por la presencia de vegetación, lo cual hace que se depositen en sitios con estas características a rededor del cauce principal. la presencia de descargas directas de aguas residuales en diferentes puntos del cauce principal. Acortamiento y modificación de la morfología de las riberas del cauce. Depósitos indirectos de agroquímicos utilizados en la agricultura de la región. Modificaciones del cauce por presencia de presas derivadoras de agua. Presencia de granjas porcícolas con vertidos directos. Residuos sólidos depositados por los pobladores.

Los efectos causados de los impactos mencionados se pueden mitigar con acciones concretas y llevadas a término de una manera adecuada. Con las cuales

la percepción de los habitantes en torno a la contaminación del cauce principal pueda cambiar y se adopte un pensamiento de conservación de los servicios que la MRJ nos brinda. Dejando en claro que las acciones de manejo que se propongan deben ir de la mano con los diferentes estudios realizados en la microcuenca, como los llevados a cabo en relación de especies exóticas e invasoras.

5.1 REFLEXIONES FINALES Y RECOMENDACIONES DE MANEJO.

El presente trabajo se cumplieron los diferentes objetivos establecidos, encontrando que el método planteado es eficaz en el establecimiento de la integridad ecológica de los diferentes sitios, los diferentes procedimientos aquí realizados se relacionaron entre sí, con un comportamiento similar que atiende el nivel de degradación del sitio. Si bien, los resultados obtenidos en torno al tema de efectos acumulativos no fueron lo que en la teoría se esperarían, se tuvo resultados interesantes los cuales depende del lugar en el que se encuentra nuestra zona de estudio, la dinámica de la misma y la forma de manejo del territorio.

Como ya se mencionó en el apartado anterior la Microcuenca del Rio Jalpan, se encuentra en una situación con de diferentes niveles de degradación en cada sitio, los cuales pueden ser mitigados con acciones puntuales. La MRJ ha sufrido recientemente un incremento de sus pobladores causados por las diferentes circunstancia y fenómenos sociales que se presentan en el país, principalmente la inseguridad y la degradación y contaminación a diferentes escalas de las ciudades. Por lo cual la implementación de acciones de mitigación, educación ambiental y concientización social son imperativas en este lugar, para aumentar y mantener la calidad de vida de los habitantes.

Los métodos empleados brindaron la información requerida para contestar los objetivos, sin embargo, al ser un proyecto que se desprendió de un macro-proyecto, los alcances del muestreo estuvieron limitados, por lo cual se propone, que al utilizar esta metodología se intente abarcar la totalidad de la extensión del

cauce principal del territorio, además de incluir los tributarios más relevantes del mismo. En este trabajo se ve sesgada esta información ya que las zonas medias y altas no tuvieron una evaluación tan fuerte como la zona baja, pero, estas zonas (bajas) son las que más impactos tienen dentro de la zona de estudio.

Las acciones de manejo en el territorio surgen a través del análisis de los resultados obtenidos en el presente trabajo y son las siguientes.

1. Campañas de concientización acerca de las funciones y servicios ambientales que ofrece un territorio conservado, acompañado de jornadas de limpieza del cauce principal recalcando su importancia como informante de la condición de una cuenca.
2. Establecimiento de depósitos legales para la contención de residuos sólidos (basura), para un correcto transporte al relleno sanitario, con especial atención a la cabecera municipal de Jalpan de Serra.
3. Ampliación de la planta tratadora de agua de Jalpan de Serra y Purísima de Arista, para procesar el total de aguas residuales recibidas. Además, conectar la descarga directa al cauce principal de la colonia “la cruz”, con el sistema de drenaje que llega a la PTARJ. De la misma manera fomentar el uso de lodos orgánicos generados y tratados por la PTAR.
4. Remoción de la presa derivadora de agua conocida como “Presa Vieja”, ya que actualmente no tiene funcionalidad, y esta estructura fomenta la degradación del sitio donde se ubica actuando como un retenedor de sedimentos, especies invasoras y diferentes impactos, además corta tajantemente el cauce del río por lo cual se pierde la conectividad longitudinal de los escurrimientos.
5. Establecimiento de contenedores de sedimentos a lo largo del manchón urbano de Jalpan de Serra, para evitar que estos depósitos caigan directamente al cauce, además estos se pueden aprovechar en la elaboración de suelos (combinándolos con los lodos orgánicos de la PTAR) en alguno de los viveros de la región, y en dichos viveros fomentar la

reforestación y saneamiento de zonas con poca vegetación buscando disminuir la erosión presente.

6. Trabajo conjunto de los diferentes municipios, en relación a la conservación de la funcionalidad de las diferentes zonas, buscando disminuir ciertas prácticas de las zonas medias y altas que afectan a la zona baja, éstos impactos son acumulados en la presa Jalpan.
7. Capacitación al grupo de agricultores de la unidad de riego, para el correcto uso de fertilizantes y agroquímicos, con personal de confianza y atención personalizada por agricultor (petición de dicho grupo).
8. Finalmente se propone un seguimiento de monitoreo del cauce principal de la microcuenca Jalpan, con la metodología presentada en este trabajo, con lo cual nos permitirá verificar el cambio que realizan las acciones anteriormente descritas, de la misma manera permitirá tener información cronológica de la microcuenca en relación a las obras y actividades que se realicen a futuro.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aarts, B.G.W. & Nienhuis, P.H. (2003). Fish zonations and guilds as the basis for assessment of ecological integrity of large rivers. *Hydrobiology*. 500 (157), 157-178
- Aguirre Núñez, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *REDESMA*, 5, 9.
- Alberich, T., Arnanz, L., Basagoiti, M., Belmonte, R., Bru, P., Espinar, C., Garcia, N., Habegger, S., Hernández, D., Lorenzana, C., Martín, P., Montañés, M., Villasante, T. R., & Tenze, A. (2009). Metodologías participativas. Madrid, España, CIMAS.
- Álvarez, J.P.A., Panta, J.E.R., Ayala, C.R., Acosta, E.H., (2008). Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrológica del Río Amajac. *Inf. Tecnológica* 19, 21–32.
- Amador-Zúñiga, A. L., (2014). Plan de monitoreo de la calidad del agua en la zona urbana del Río Jalpan. Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Querétaro, Querétaro, México.
- Angermeier, P. L. & Karr, J. M. (1994). “Biological integrity versus biological diversity as policy directives”, *Bioscience* 44, num 10, pp. 690-697.
- Barbour, M., Gerritsen, J., Zinder, B.D. & Stribling, J.B., (1999). *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. (Second edition) Washington, D.C., EEUU: Environmental protection Agency
- Beyene, A., Legesse, W., Triest, L. & Kloos, H. (2009). Urban impact on ecological integrity of nearby rivers in developing countries: the Borkena River in highland Ethiopia. *Environ. Monit. Assess.* 153, 461.
- Borja, A., Bricker, S.B., Dauer, D.M., Demetriades, N.T., Ferreira, J.G., Forbes, A.T., Hutchings, P., Jia, X., Kenchington, R., Marques, J.C. & Zhu, C. (2008). Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. *Mar. Pollut. Bull.* 56, 1519–1537.

- Caicedo, R. I. V. (2013). La cuenca hidrográfica como escenario de responsabilidad social para la adaptación al cambio climático: una propuesta. *Guarracuco*,142(17).
- Campos, J. J., Corrales, O., & Barriga, M. (2008). El paisaje como eslabón para la política ambiental: experiencias en cuencas, corredores biológicos y bosques modelo. *Políticas de Recursos Naturales en Centroamérica: Lecciones, Posiciones y Experiencias para el Cambio*, 181.
- Canterbury, G. E., Martin, T. E., Petit, D. R., Petit, L. J. and Bradford, D. F. (2000). 'Bird communities and habitat as ecological indicators of forest condition in regional monitoring', *Conserv. Biol.*14, 544–558.
- Capmourteres, V. & Anand, M. (2016). Assessing ecological integrity: A multi-scale structural and functional approach using Structural Equation Modeling. *Ecol. Indic.* 71, 258–269.
- Clapcott, J.E., Collier, K.J., Death, R.G., Goodwin, E.O., Harding, J.S., Kelly, D., Leathwick, J.R. & Young, R.G. (2012). Quantifying relationships between land-use gradients and structural and functional indicators of stream ecological integrity. *Freshw. Biol.* 57, 74–90.
- Cotler, H., & Priego, A. (2007). El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: el caso de la cuenca Lerma-Chapala. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología.
- Dourojeanni, A. (2002). Gestión integrada de recursos hídricos y del medio ambiente, Taller “De Rio a Johannesburgo.La Transición hacia el Desarrollo Sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe” (México, 6 al 8 de mayo de 2002). Maass, J. M., & Cotler, H. 2007. Protocolo para el manejo de ecosistemas en cuencas hidrográficas. *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, DF México, 41-58.
- Durance, I., Braford, M.W., Chalmers, R., Chappell, N.A., Christie, M., Cosby, B.J., Noble, D., Ormerod, S.J., Prosser, H., Weightman, A. & Woodward, G. (2015). The Challenges of Linking Ecosystem Services to Biodiversity:

- Lessons from a Large-Scale Freshwater Study. In: Woodward, G., Bohan, D.A., Ecosystem Services: From Biodiversity to Society, Pt 2. San Diego, Elsevier Academic Press Inc.
- Dynesius, M. & Nilsson, C. (1994). Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. *Science*. 226 (5186), 753-762
- Ehrlich, P. & Ehrlich, A., (1991). *Healing The Planet: Strategies for Resolving the Environmental Crisis*, 1st edition. Ed. Da Capo Press, Reading, Mass.
- Fideicomiso de riesgo compartido. (2010). Programa nacional de microcuencas.
- Freeman, M.C., Pringle, C.M. & Jackson, C.R. (2007). Hydrologic Connectivity and the Contribution of Stream Headwaters to Ecological Integrity at Regional Scales¹. *JAWRA J. Am. Water Resour. Assoc.* 43, 5–14.
- González del Tánago, M. & García de Jalón, D., (2011). Riparian Quality Index (RQI): a methodology for characterizing and assessing the environmental conditions of riparian zones. *Limnética* 30, 0235–0254
- Greig, A. A., & Bustamante, R. (1995). Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambiente y Desarrollo*, 11, 58-63.
- Grumbine, R. E.: (1994). 'What is ecosystem management?' *Conserv. Biol.* 8, 27–38.
- Hernández-Guerrero, J., (2015). Valoración visual de la calidad ambiental del área urbana de Querétaro, México: la compleja sencillez de valorar el entorno urbano. *Rev. Geogr. Norte Gd.* 45–64.
- Hilsenhoff, W.L., (1988). Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family-Level Biotic Index. *J. North Am. Benthol. Soc.* 7, 65–68.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2010). Censo de Población y vivienda. Último consulta 06/12/2011/
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). Conjunto de datos vectoriales última consulta 21/09/2017
- Karr, J.R. & Dudley, D.R. (1981). Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management*, 5 (1), 55-68
- Karr, J.R., (1991). Biological Integrity: A Long-Neglected Aspect of Water Resource Management. *Ecol. Appl.* 1, 66–84.

- Kay, J. J. (1993). "On the nature of ecological integrity: some closing comments". Woodley, S.; Kay, J. and Francis, G. (1993): *Ecological integrity and management of ecosystems*, (201-212) ST. Lucie Press, USA. 220 pp.
- Kobingi, N., Raburu, P.O., Masese, F.O. & Gichuki, J. (2009). Assessment of pollution impacts on the ecological integrity of the Kisian and Kisat rivers in Lake Victoria drainage basin, Kenya. *Afr. J. Environ. Sci. Technol.* 3, 097–107.
- Leopold, A. (1949). *A Sand County Almanac*. New York: Oxford University Press.
- Lovelock, J. E., & Rioja, A. J. (1983). *Gaia: una nueva visión de la vida sobre la tierra*. Oxford University Press. 1-126
- Lyons, J., Navarro-Pérez, S., Cochran, P.A., Santana, E.C. & Guzmán-Arroyo, M. (1995). Index of Biotic Integrity Based on Fish Assemblages for the Conservation of Streams and Rivers in West-Central Mexico. *Conserv. Biol.* 9, 569–584.
- Maass, J. M. & A. Martínez-Yrizar. (1990). Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto. *Ciencias*, 4,10-20.
- Maass, J. M. (2004). La investigación de procesos ecológicos y el manejo integrado de cuencas hidrográficas: un análisis del problema de escala. Cotler, H.A. (2004). *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, (1-62) México, INE
- Maass, J. M., & Cotler, H. (2007). Protocolo para el manejo de ecosistemas en cuencas hidrográficas. El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, DF México, 41-58.
- Maass, J.M. (2003). Principios generales sobre manejo de ecosistemas. Ó. Sánchez, E. Vega-Peña, E. Peters y O. Monroy-Vilchis. *Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México*. (117-136) México, D. F. INE, U. S. Fish & Wildlife Service, Ford Foundation.
- Maceda-Veiga, A., Green, A.J. & De Sostoa, A. (2014). Scaled body-mass index shows how habitat quality influences the condition of four fish taxa in

- northeastern Spain and provides a novel indicator of ecosystem health. *Freshw. Biol.* 59, 1145–1160.
- Mercado-Silva, N., Lyons, J., Díaz-Pardo, E., Gutiérrez-Hernández, A., Ornelas-García, C.P., Pedraza-Lara, C., Zanden, M.J.V., 2006. Long-term changes in the fish assemblage of the Laja River, Guanajuato, central Mexico. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 16
- Merritt, R.W., Cummins, K.W., Daly, H.V., Wiggins, G.B., Berg, M.B. & Snider, R.J., (2008). *An Introduction to Aquatic Insects of North America*, (4th edition). Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Co, U.S.
- Miller, L.D., M.P. Leonard, M.R. Hughes, R.J. Karr, B.P. Moyle, H.L. Schrader, A.B. Thompson, A.R. Daniels, D.K. Fausch, A.G. Fitzhugh, R.J. Gammon, B.D. Halliwell, L.P. Angermeier & J.D. Orth. (1988). Regional applications of an index of biotic integrity for use in water resource management. *Fisheries* (13): 12-20.
- Moncayo-Estrada, R., Lyons, J., Ramirez-Herrejon, J.P., Escalera-Gallardo, C. & Campos-Campos, O. (2015). Status and Trends in Biotic Integrity in a Sub-Tropical River Drainage: Analysis of the Fish Assemblage over a Three-Decade Period. *River Res. Appl.* 31, 808–824.
- Moog, O. & Chovanec, A. (2000). Assessing the ecological integrity of rivers: walking the line among ecological, political and administrative interests*. *Hydrobiologia* 422–423, 99–109.
- Norma Mexicana. NMX-AA-159-SCFI-2012- Que establece el procedimiento para la evaluación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas.
- Oldeman, L., (1988). Guidelines for General Assessment of the Status of Human-Induced Soil Degradation. Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD.
- Osmond, C.B., O. Björkman & D.J. Anderson. (1980). *Physiological processes in plant ecology*. Springer-Verlag, New York.
- Paller, M.H., Kosnicki, E., Prusha, B.A., Fletcher, D.E., Sefick, S.A. & Feminella, J.W. (2017). Development of an Index of Biotic Integrity for the Sand Hills Ecoregion of the Southeastern United States. *Trans. Am. Fish. Soc.* 146, 112–127.

- Parasiewicz, P. (2001). MesoHABSIM: A concept for application of instream flow models in river restoration planning, *Fisheries*, 26:9, 6-13,
- Parasiewicz, P., Gotázar, R. J., Mateo, S. M. & García, J. L. D. (2009). MesoHABSIM: una herramienta eficaz para la gestión de ríos y cuencas fluviales. *Tecnología del agua*, 309, 20-26.
- Parrish, J. Braun & D. Unnasch, R. (2003). Are we conserving what we say we are? Measuring Ecological Integrity within Protected Areas. *Bioscience* 53: 851 – 860.
- Paulet, C.P., Pitts, K.L., Whittier, J.B. & Olden, J.D. (2011). Development and assessment of a landscape-scale ecological threat index for the Lower Colorado River Basin. *Ecol. Indic.* 11, 304–310.
- Pérez-Munguía, R. M., Pineda-López, R., (2005). Diseño de un Índice de Integridad Biótica, para ríos y arroyos del Centro de México, usando las asociaciones de Macroinvertebrados. *Entomología Mexicana* 2005, 4, 241-245.
- Pérez-Munguía, R., Pineda-López, R., Medina, M., (2007). Integridad biótica en ambientes acuáticos. Ó. Sánchez, M. Herzing, E. Peters, R. Márquez & L. Zambrano. *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México.* (11-71). México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, INE, U.S. Fish & Wildlife Service, Unidos para la Conservación A.C., Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
- Pineda López, R., Domínguez Cortázar, M. A., Quintanar, E., Gilio Medina M. C., Roitman Genound, P., Fonseca Tapia, A. L., García Franco, M. P., Briceño, M. E., Vásquez Sánchez, G., & Rickards Guevara, J. (2007). Hacia una gestión integrada de cuencas en el estado de Querétaro, México. H. Cotler. *El manejo integral de cuencas en México* (41-58) (Segunda edición). México, DF México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Postel, S. L., Daily, G. C. & Ehrlich, P. R. (1996). Human appropriation of renewable fresh water. *Science*, 271(5250), 785.

- Powell, G. V. N. & Powell, A. H. (1986). 'Reproduction by Great white herons *Ardea Herodias* in Florida bay as an indicator of habitat quality', *Biol. Conserv.* 36, 101–113.
- Preston S. H., (1996). The effect of population growth on enviromental quality. *Population Research and Policy review.* 15 (2), 95-108.
- Pringle, C.M. (2001). Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: A global perspective. *Ecological Applications* 11(4): 981-998.
- Radwell, A.J. & Kwak, T.J. (2005). Assessing Ecological Integrity of Ozark Rivers to Determine Suitability for Protective Status. *Environ. Manage.* 35, 799–810.
- Ramakrishna, B. (1997). Estrategia de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y Experiencias. San José, IICA/ GTZ
- Ramos-Barrios, C.S., (2014). Propuesta de norma para el monitoreo participativo de calidad de agua en ríos usando macroinvertebrados acuáticos (Trabajo de grado). Maestría en gestión integrada de cuencas Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.
- Reynoldson, T. B. (1987). Interactions between sediment contaminants and benthic organisms. *Hydrobiologia* 149:53–66.
- Reza, M.I.H. & Abdullah, S.A. (2011). Regional Index of Ecological Integrity: A need for sustainable management of natural resources. *Ecol. Indic.* 11, 220–229.
- Riss, W., R. Ospina y J. D. Gutierrez. (2002). Establecimiento de valores de bioindicación para macroinvertebrados acuáticos de la sabana de Bogotá. *Caldasia* 24(1):135-156
- Rosgen, D.L., (1996). *Applied River Morphology.* Wildland Hydrology, Pagosa Springs, Colorado
- Ruiz-Picos R. A., Koholmann B., Sedeño-Díaz J. E., López-López E. (2017). Assessing ecological impairments in Neotropical rivers of Mexico: calibration and validation of the Biomonitoring Working Party Index. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 14:1835–1852

- Sarukhán, J. & J. M. Maass. (1990). Bases ecológicas para un manejo sostenido de los ecosistemas: el sistema de cuencas hidrológicas. En: *Medio ambiente y desarrollo en México*. Vol I (E. Leff ed.). UNAM (CIIH)-Porrúa. Pp. 81-114
- Schiemer, F. (2000). Fish as indicators for the assessment of the ecological integrity of large rivers, in: Jungwirth, M., Muhar, S., Schmutz, S. (Eds.), *Assessing the Ecological Integrity of Running Waters, Developments in Hydrobiology*. Springer Netherlands, pp. 271–278
- Schteingart M., (1987). Expansión urbana, conflictos sociales y deterioro ambiental en la ciudad de México. El caso del Ajusco. *Estudios demográficos y urbanos*. 1(3), 449-477.
- Solbring, O. & E. f. Viglizzo. (1999). Sustainable farming in the Argentine Pampas: History, Society, Economy and Ecology. DRCLAS Paper N° 99/00-1 Harvard University, Cambridge, MA.
- Springer, M., Sermeño Chicas, J.M. & D. Vásquez Acosta. (2010). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 1-29
- Stanford, J.A. & G.C. Poole (1996). A protocol for ecosystem management. *Ecological Applications* 6(3): 741-744
- Thorp, J. H. & Covich, A. P. (1991). *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Academic press.
- Valdés-Carrera A. & Hernadéz-Guerrero J. A. (2017, abril). Zonas funcionales y unidades de paisaje físico-geográfico en la Microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México. En prensa. Presentado en el X foro de investigación y posgrado de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.
- Van Hofwegen P. & Jaspers F. (2000). *Marco analítico para el manejo integrado de recursos hídricos. Lineamientos para la evaluación de marcos institucionales*. Washington D.C. BID, 79p.

- Weigel, B.M., L.J. Henne & L.M. Martínez-Rivera. (2002). *Macroinvertebrate-based index of biotic integrity for protection of streams in west-central Mexico*. J-NABS 21: 686-700.
- Woodley, S., Kay, J. & Fancis G., (1993). *Ecological Integrity and the Management of Ecosystems*. ST. Lucie Press, USA. 220 pp.
- Zar, J. H., (1999). *Biostatistical analysis*. Pearson Education India.
- Zúñiga de Cardoso, M. D. C., Rojas de Hernández, A. M., & Caicedo, G. (1993). Indicadores ambientales de calidad de agua en la cuenca del río Cauca. *Revista AINSA*, 13(2), 17-28.

ANEXO 1. Variables consideradas en la evaluación de la calidad ambiental urbana.

Cuestionario para la valoración del paisaje urbano-ambiental					
*Variables ambientales	niveles de registro/Rangos de registro				
	1= Muy bajo	2= Bajo	3= Medio	4= Alto	5= Muy alto
Elementos hídricos	>4	3	2	1	0
Fugas de agua	0	1 a 2	3	4	>=5
Servicios de auto-lavado	0	1	2	3	>4
Alcantarilla y bocas de tormenta	>4	3	2	1	0
Olor de elementos hídricos (mts)	3	5	7	9	10
Basura en el agua	0	1 a 20	21 a 30	31 a 40	>50
Fauna nociva en elementos hídricos	0	1 a 3	4 a 6	7 a 9	>10
Pendiente del terreno (%)	<5	6 a 10	11 a 15	16 a 20	>21
Vegetación arbórea	>40	31 a 40	16 a 30	1 a 15	0
Vegetación arbórea dañada	0	1 a 15	16 a 25	26 a 35	>36
Depósito de basura (legales)	>4	3	2	1	0
Depósito de basura (ilegales)	0	1	2	3	>4
Olor depósitos ilegales (mts)	3	5	7	9	10
Cobertura del suelo urbano	Área verde	habitacional	comercial	mixto	industrial
Condición de las calles	muy bien	bien	regular	mal	muy mal
Cobertura de las calles	tierra	empedrado	Adoquín	Chapopote	Asfalto
Basura en las calles	0	1 a 10	11 a 20	21- 39	>40
Fauna nociva	0	1	2	4	>4
Fuentes contaminantes	Sin emisiones	habitacional	comercial	industria	automóvil
Topes en las calles	0	1 a 2	3 a 4	5 a 6	>7
Temperatura (°C)	15 a 19	20 a 23	24 a 27	28 a 31	>32
Viento	Brisa ligera	Brisa débil	Brisa moderada	Brisa fresca	Brisa fuerte
Ruido	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto

ANEXO 2. Guion de entrevista semi-estructurada realizada a los actores de relevancia en la microcuenca del Río Jalpan.

Entrevista

BLOQUE A

DEGRADACIÓN DE AMBIENTES ACUÁTICOS EN LA MICROCUENCA DEL
RÍO JALPAN.
“FIGURAS DE PODER”

Nombre: _____ Sexo: ♀ ♂ Edad: _____

Institución: _____ Cargo/Puesto: _____

Fecha: _____

CEA

1. ¿Cuáles son los principales objetivos y metas de la CEA en la región?
2. ¿Cuál es la condición (en relación con la Norma 127) inicial del agua antes y después de ser potabilizada?
3. ¿Existen comunidades donde el servicio de la CEA no este establecido, y cuál es la razón?
4. ¿Cómo contabilizan el volumen de agua que suministra la CEA? y ¿de qué cantidades estamos hablando? (cuánta agua en cuanto tiempo)
5. ¿Se tiene algún tipo de saneamiento para el agua utilizada en la región?
6. ¿Cree posible el completo saneamiento del agua (y qué se necesita)?
7. ¿Qué tipo de relación se tiene con la unidad de riego con sede en Saldiveña (¿existe concesión, cuantos litros de agua se destina a esta, saben que usos se le dan?
8. En Saldiveña y Purísima existen personas encargadas del suministro de agua a través de un sistema diferente a la red de tuberías, ¿de qué manera se relacionan estos con su institución?

MUNICIPIO

Obras públicas

1. ¿Cuáles son los requisitos para solicitar un proyecto de desarrollo o alguna obra y quien lo evalúa?
2. ¿En algún momento se ha clausurado alguna obra, por qué?
3. ¿Qué obras se encuentran en ejecución actualmente en los márgenes del Río y la presa Jalpan?
4. ¿Qué porcentaje de la cabecera de Jalpan se encuentra pavimentada (mapa de calles)?
5. ¿En qué comunidades no se cuenta con un sistema de drenaje (mapa red de drenaje)?
6. ¿Todas las obras de drenaje están conectadas a la PTAR (indagar sobre descargas directas al río)?
7. ¿Cómo ha sido el crecimiento de la zona urbana de Jalpan (corto y largo plazo)?

Servicios municipales

1. ¿El servicio de recolección de basura da abasto a toda la población de jalpan?
2. ¿Existen lugares/colonias de la cabecera donde no se preste el servicio?
3. ¿Qué cantidad de basura se produce al día/mes/año?

4. ¿Quién otorga los permisos para depósitos legales, como se pueden gestionar?
5. ¿Se han tenido problemas con el manejo del relleno sanitario (de qué tipo, por qué, posibles soluciones)?
6. ¿Se han tenidos problemas con la PTAR Jalpan (preguntar si sabe de Ahuacatlán)?
7. ¿Se tienen ubicadas algunas descargas de drenaje directas sobre el río (números, condiciones, de donde vienen)?

Nombre: _____ Sexo: ♀ ♂ Edad _____

Tejido: _____ Cargo/Ocupación: _____

Fecha: _____

UNIDAD DE RIEGO

1. ¿Desde qué año se formó la unidad de riego?
2. ¿Cómo distribuye el agua la unidad de riego?
3. ¿A cuántas hectáreas de riego les brindan el servicio?
4. ¿Cuántos agricultores tienen registrados?
5. ¿Qué condiciones deben tener para beneficiarse del recurso?
6. ¿Cómo es el seguimiento de cada agricultor (si es que existe)?
7. ¿Saben qué tipo de cultivos se realizan?
8. ¿Cuáles son las principales estrategias de riego para cada cultivo?
9. ¿Cuál es el volumen de agua que se distribuye al año?
10. ¿Han tenido complicaciones con la cantidad y calidad del agua?
11. ¿Se realizan acciones para darle saneamiento al agua?

Manejo de Agua potable en Saldiveña y Purísima

1. ¿Cómo comenzaron a gestionar el recurso del agua?
2. ¿De dónde la obtienen?
3. ¿Cuántas personas utilizan el servicio?
4. ¿Cuál es la cantidad aproximada para cada usuario?
5. ¿Cuál es el uso que le dan al recurso (dónde la almacenan)?
6. ¿Consideran algunos criterios de calidad del agua para utilizarla?
7. ¿Han tenido problemas con la calidad y cantidad del agua (por qué)?
8. ¿Cómo se le da mantenimiento a la infraestructura?
9. ¿Alguna vez les han salido caracoles o almejas (que hacen con ellos)?

Asociación Ganadera

1. ¿Cuántos socios están involucrados en la asociación ganadera y de qué localidades?
2. ¿Hay algún consejo donde se discutan o aprueben los proyectos que se desarrollan en la región (quiénes lo conforman)?
3. ¿Cuántas cabezas de ganado se tienen registradas?

4. ¿Cuántos ganaderos se encuentran ubicados en la ribera o cercano a la presa?
5. ¿Utilizan el río como abrevadero o como fuente de agua para el ganado?
6. ¿Tienen apoyos o talleres que mejoren las técnicas implementadas en la actividad ganadera?
7. ¿Quién (es) los capacita y con qué frecuencia?
8. ¿Considera importante realizar actividades de conservación (suelo y agua) o un manejo sustentable de la ganadería? (¿usted hace alguna? ¿le gustaría capacitarse para tener un manejo sustentable?)

Nombre: _____ Sexo: ♀ ♂ Edad: _____

Localidad: _____ Ocupación: _____

Fecha: _____

1.- ¿Cuáles considera que son los principales usos o actividades que se dan en el río Jalpan? (e.g. extracción de agua, riego, abrevadero de ganado, pesca, recreación, espiritual, cultural, etc.)

Habitantes de las riberas

Usos y manejo

1. ¿Utiliza usted el agua del río? ¿Con qué fin?
2. ¿Cuál es la razón? (para sí, para no)
3. Si la utiliza, ¿Qué criterios considera para utilizarla con respecto a su calidad?
4. ¿Podría explicar la manera en que lleva a cabo la actividad que realiza (*mencionar actividad*)? * (¿Cómo la obtiene? ¿Y cómo la regresa?)
5. ¿Realiza algún tipo de acción que permita mantener la calidad del agua del río?

Conocimiento e interés sobre las EEI (detectar actores clave para generar una narrativa de los moluscos)

6. ¿Sabe lo que es una especie no nativa?

7. ¿Sabe si hay especies no nativas en el río Jalpan? ¿Cuales?
8. ¿La cantidad o abundancia de estas especies se ha cambiado en los últimos años? ¿Ha aumentado o disminuido?
9. ¿Usted obtiene algún beneficio de la presencia de estos organismos?
10. ¿Considera que estas especies representan una oportunidad de aprovechamiento económico?
11. ¿Estaría interesado en obtener un beneficio económico con estas especies? e.g. desarrollando un proyecto de elaboración de artesanías con estos organismos (peces y/o moluscos)

Agricultores

Usos

1. ¿Usted utiliza sistema de riego?
2. ¿Cuál es la razón? (para sí, o para no)
3. Si lo utiliza ¿Tuvo que obtener algún permiso con alguna dependencia?
4. Si lo utiliza ¿Qué volumen o cantidad de agua utiliza durante cada periodo de riego? (v.g. cuántas ha de riego)
5. Si lo utiliza ¿Ha tenido algún problema con el bombeo u obtención del agua y con la calidad de ésta?

Fuentes de degradación

6. ¿Utiliza algún tipo de fertilizantes o pesticidas para mantener sus cultivos? ¿Hay apoyos para obtenerlos?
7. ¿Cuál es el principal cultivo que usted maneja?
8. ¿Utiliza tractor?

9. ¿Considera importante realizar actividades de conservación de suelo y agua? (¿usted hace alguna? ¿le gustaría capacitarse para tener un manejo sustentable?)

10. ¿Qué relación mantiene con la CONANP y Grupo Ecológico?

Ganaderos

Usos

1. ¿Utiliza el río como abrevadero o como fuente de agua para sus animales?

2. ¿Cuál es la razón? (para sí, o para no)

3. Si la utiliza ¿Qué tanta utiliza (cantidad)?

4. Si la utiliza ¿Cómo la obtiene?

5. ¿Ha tenido dificultades o problemas para obtenerla?

Fuentes de degradación

6. ¿Qué tipo de ganado tiene?

7. ¿Cuántas cabezas?

8. ¿Cuál es el manejo que le da a sus animales? e. g. rotación de potreros, extensiva, intensiva, etc.)? En el caso de chiqueros, indagar en si usan el agua para limpiar y el manejo de desechos

9. ¿Considera importante realizar actividades de conservación (suelo y agua)? (¿usted hace alguna? ¿le gustaría capacitarse para tener un manejo sustentable?)

10. ¿Qué relación mantiene con la CONANP y Grupo Ecológico?

ANEXO 3. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauces.

Cuadro 4. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauce del sitio Río Adentro.

Variable	Valor
Ancho de la Máxima Ribera	14.1
Profundidad promedio	0.64229167
Tasa ancho/profundidad	21.9526435
Máxima Profundidad	1.14
Ancho del Área de Inundación	21.8
Confinamiento	1.54609929
D50	Grava Muy gruesa
Pendiente	0.02654402
Sinuosidad	1.10114504
Tipo de Cauce	B4

Cuadro 5. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauce del sitio La Playita.

Variable	Valor
Ancho de la Máxima Ribera	56.3
Profundidad promedio	1.0256
Tasa ancho/profundidad	54.8946958
Máxima Profundidad	2.87
Ancho del Área de Inundación	80.08
Confinamiento	1.42238011
D50	Grava Muy gruesa
Pendiente	0.00627907
Sinuosidad	1.90095847
Tipo de Cauce	B4c

Cuadro 6. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauce del sitio Puente USEBEQ.

Variable	Valor
Ancho de la Máxima Ribera	20.9
Profundidad promedio	0.842608696
Tasa ancho/profundidad	24.80392157
Máxima Profundidad	1.24
Ancho del Área de Inundación	25.35
Confinamiento	1.21291866
D50	Guijarros pequeños
Pendiente	0.004778973
Sinuosidad	1.247311828
Tipo de Cauce	F3

Cuadro 7. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauce del sitio Presa Vieja.

Variable	Valor
Ancho de la Máxima Ribera	37
Profundidad promedio	0.78580645
Tasa ancho/profundidad	47.0853859
Máxima Profundidad	1.36
Ancho del Área de Inundación	44.16
Confinamiento	1.19351351
D50	Grava media
Pendiente	0.00510441
Sinuosidad	1.2325
Tipo de Cauce	F4

Cuadro 8. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauce del sitio Saldiveña.

Variable	Valor
Ancho de la Máxima Ribera	20.35
Profundidad promedio	0.669548872
Tasa ancho/profundidad	30.3935991
Máxima Profundidad	1.68
Ancho del Área de Inundación	61.48
Confinamiento	3.021130221
D50	Cieno
Pendiente	0.006343284
Sinuosidad	1.317152104
Tipo de Cauce	C6

Cuadro 9. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauce del sitio Purísima.

Variable	Valor
Ancho de la Máxima Ribera	21.75
Profundidad promedio	0.691690141
Tasa ancho/profundidad	31.44471594
Máxima Profundidad	1.45
Ancho del Área de Inundación	53.1
Confinamiento	2.44137931
D50	Cieno
Pendiente	0.005792683
Sinuosidad	1.182156134
Tipo de Cauce	C6

Cuadro 10. Variables consideradas en la obtención del tipo de cauce del sitio Trapiche.

Variable	Valor
Ancho de la Máxima Ribera	14.1
Profundidad promedio	0.543262411
Tasa ancho/profundidad	25.95430809
Máxima Profundidad	0.8
Ancho del Área de Inundación	20.66
Confinamiento	1.465248227
D50	Cieno
Pendiente	0.012903226
Sinuosidad	1.170403587
Tipo de Cauce	B6c

ANEXO 4. Valores de tolerancia establecidos para la microcuenca del Río Jalpan.

Cuadro 12. Valores de tolerancia para las familias encontradas en la MRJ.

Familia	Valor de tolerancia
Limnephilidae.	10
Aeshnidae, Calamoceratidae, Hebridae, Philopotamidae.	9
Leptophebiidae, Mesoveliidae, Protoneuridae.	8
Corydalidae, Dryopidae, Dytiscidae, Gelastocoridae, Haliplidae, Heptageniidae, Hydrobiosiidae, Hydrometridae, Lutrochidae, Notonectidae, Perlidae, Polycentropodidae, Psephenidae, Tabanidae.	7
Naucoridae.	6
Gyrinidae, Nepidae.	5
Belostomatidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corbiculidae, Dugesiidae, Hydrobiidae, Libellulidae, Physidae, Planorbidae, Sataphylinidae.	4
Baetidae, Caenidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Crambidae, Elmidae, Gerridae, Gomphidae, Hydrophilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Simuliidae, Stratioidae, Thiaridae, Veliidae.	2
Psychodidae, Scirtidae, Tipulidae.*	-

ANEXO 5. Familias de macroinvertebrados encontrados por sitio y las calificaciones obtenidas en las variables del IIBAMA.

Cuadro 13. Familias y variables de los macroinvertebrados colectados en Río Adentro.

Familia	Valencia de tolerancia	Tolerancia	Grupo funcional de alimentacion	Habito de vida	Clase	Orden
Baetidae	2	Intolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Leptophlebiidae	8	Intolerante	Recolector	Nadador	Insecta	Ephemeroptera
Leptohyphidae	2	Tolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Heptageniidae	7	Intolerante	Raspador	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Coenagrionidae	4	Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Odonata
Libellulidae	4	Muy Tolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Odonata
Perlidae	7	Muy Intolerante	Depredador	Fijo	Insecta	Plecoptera
Veliidae	2	Tolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Hemiptera
Gerridae	2	Intolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Hemiptera
Belostomatidae	4	Muy Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Hemiptera
Naucoridae	6	Intolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Hemiptera
Notonectidae	7	Intolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Hemiptera
Hydrometridae	7	No Determinado	Depredador	Nadador	Insecta	Hemiptera
Gelastocoridae	7	-	-	-	-	-
Corydalidae	7	Muy Intolerante	Depredador	Fijo	Insecta	Megaloptera
Hydrobiosiidae	7	Muy Intolerante	Depredador	Fijo	Insecta	Trichoptera
Polycentropodidae	7	Intolerante	Filtrador	Fijo	Insecta	Trichoptera
Hydropsychidae	2	Intolerante	Filtrador	Fijo	Insecta	Trichoptera
Dytiscidae	7	Tolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Coleoptera
Hydrophilidae	2	Intolerante	Depredador (larva) Recolector (adulto)	Fijo	Insecta	Coleoptera
Lutrochidae	7	Intolerante	Fragmentador	Fijo	Insecta	Coleoptera
Dryopidae	7	Intolerante	Fragmentador de tegido vegetal vivo	Excavador	Insecta	Coleoptera
Elmidae	2	Intolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Coleoptera
Ceratopogonidae	2	Tolerante	Depredador	Excavador	Insecta	Diptera
Chironomidae	2	Tolerante	Recolector	Excavador	Insecta	Diptera
Tabanidae	7	Tolerante	Depredador	No Determinado	Insecta	Diptera
Stratiomyidae	2	Tolerante	Recolector	Excavador	Insecta	Diptera
Physidae	4	Tolerante	Recolector	Trepador	Gastropoda	Basommatophora
Dugesidae	4	Muy Intolerante	Omnívoro	Fijo	Turbellaria	Tricladida

Cuadro 14. Calculo del IIBAMA de Río Adentro. Se muestran los valores de cada variable, los puntos correspondientes de las mismas y la categoría de condición ambiental del sitio.

Calculated IIBAMA		
Variable	Valor	Puntos
RT	29	3
REPT	7	1
RII	15	4
TI	16	4
TM	4.8	3
#TF	12	4
Total IIBAMA	19	
Condición ambiental	Bueno	

Cuadro 15. Familias y variables de los macroinvertebrados colectados en La Playita

Familia	Valencia de tolerancia	Tolerancia	Grupo funcional de alimentacion	Habito de vida	Clase	Orden
Baetidae	2	Intolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Leptophlebiidae	8	Intolerante	Recolector	Nadador	Insecta	Ephemeroptera
Leptohyphidae	2	Tolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Caenidae	2	Tolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Heptageniidae	7	Intolerante	Raspador	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Coenagrionidae	4	Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Odonata
Libellulidae	4	Muy Tolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Odonata
Calopterygidae	4	Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Odonata
Perlidae	7	Muy Intolerante	Depredador	Fijo	Insecta	Plecoptera
Veliidae	2	Tolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Hemiptera
Gerridae	2	Intolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Hemiptera
Belostomatidae	4	Muy Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Hemiptera
Naucoridae	6	Intolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Hemiptera
Notonectidae	7	Intolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Hemiptera
Nepidae	5	-	Depredador	-	Insecta	Hemiptera
Hydrobiosiidae	7	Muy Intolerante	Depredador	Fijo	Insecta	Trichoptera
Philopotamidae	9	Intolerante	Filtrador	Fijo	Insecta	Trichoptera
Hydropsychidae	2	Intolerante	Filtrador	Fijo	Insecta	Trichoptera
Calamoceratidae	9	Intolerante	Fragmentador de detrito	Fijo	Insecta	Trichoptera
Limnephilidae	10	Intolerante	Fragmentador de detrito	Fijo	Insecta	Trichoptera
Gyrinidae	5	Intolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Coleoptera
Psephenidae	7	Intolerante	Raspador	Fijo	Insecta	Coleoptera
Scirtidae		Tolerante	Raspador	Trepador	Insecta	Coleoptera
Elmidae	2	Intolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Coleoptera
Tipulidae	0	Intolerante	Fragmentador de detrito	No Determinado	Insecta	Diptera
Chironomidae	2	Tolerante	Recolector	Excavador	Insecta	Diptera
Simuliidae	2	Tolerante	Filtrador	Fijo	Insecta	Diptera
Tabanidae	7	Tolerante	Depredador	No Determinado	Insecta	Diptera
Corbiculidae	4	Tolerante	Colector/Filtrador	Excavador	Bivalvia	Veneroida
Dugesiiidae	4	Muy Intolerante	Omnívoro	Fijo	Turbellaria	Tricladida

Cuadro 16. Calculo del IIBAMA de La Playita. Se muestran los valores de cada variable, los puntos correspondientes de las mismas y la categoría de condición ambiental del sitio.

Calculated IIBAMA		
Variable	Valor	Puntos
RT	30	4
REPT	10	3
RII	16	4
TI	17	4
TM	4.7	3
#TF	14	4
Total IIBAMA	22	
Condición ambiental	Excelente	

Cuadro 17. Familias y variables de los macroinvertebrados colectados en Puente USEBEQ

Familia	Valencia de tolerancia	Tolerancia	Grupo funcional de alimentacion	Habito de vida	Clase	Orden
Baetidae	2	Intolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Leptohyphidae	2	Tolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Gomphidae	2	Intolerante	Depredador	Excavador	Insecta	Odonata
Coenagrionidae	4	Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Odonata
Libellulidae	4	Muy Tolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Odonata
Aeshnidae	9	Intolerante	Depredador	Fijo	Insecta	Odonata
Calopterygidae	4	Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Odonata
Veliidae	2	Tolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Hemiptera
Gerridae	2	Intolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Hemiptera
Belostomatidae	4	Muy Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Hemiptera
Corydalidae	7	Muy Intolerante	Depredador	Fijo	Insecta	Megaloptera
Hydropsychidae	2	Intolerante	Filtrador	Fijo	Insecta	Trichoptera
Gyrinidae	5	Intolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Coleoptera
Psephenidae	7	Intolerante	Raspador	Fijo	Insecta	Coleoptera
Chironomidae	2	Tolerante	Recolector	Excavador	Insecta	Diptera
Simuliidae	2	Tolerante	Filtrador	Fijo	Insecta	Diptera
Planorbidae	4	Tolerante	Raspador	Fijo	Gastropoda	Basommatophora
Thiaridae	2	No Determinado	Raspador	No Determinado	Gastropoda	Neotaenioglossa
Physidae	4	Tolerante	Recolector	Trepador	Gastropoda	Basommatophora
Corbiculidae	4	Tolerante	Colector/Filtrador	Excavador	Bivalvia	Veneroidea
Dugesidae	4	Muy Intolerante	Omnívoro	Fijo	Turbellaria	Tricladida

Cuadro 18. Calculo del IIBAMA de Pte. USEBEQ. Se muestran los valores de cada variable, los puntos correspondientes de las mismas y la categoría de condición ambiental del sitio.

Calculated IIBAMA		
Variable	Valor	Puntos
RT	21	1
REPT	2	1
RII	8	1
TI	9	1
TM	3.7	4
#TF	9	2
Total IIBAMA	10	
Condición ambiental	Pobre	

Cuadro 19. Familias y variables de los macroinvertebrados colectados en Presa Vieja.

Familia	Valencia de tolerancia	Tolerancia	Grupo funcional de alimentacion	Habito de vida	Clase	Orden
Baetidae	2	Intolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Heptageniidae	7	Intolerante	Raspador	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Coenagrionidae	4	Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Odonata
Protoneuridae	8	-	Depredador	-	Insecta	Odonata
Libellulidae	4	Muy Tolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Odonata
Calopterygidae	4	Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Odonata
Veliidae	2	Tolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Hemiptera
Mesoveliidae	8	No Determinado	Depredador	Patinador	Insecta	Hemiptera
Gerridae	2	Intolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Hemiptera
Belostomatidae	4	Muy Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Hemiptera
Notonectidae	7	Intolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Hemiptera
Hydrometridae	7	No Determinado	Depredador	Nadador	Insecta	Hemiptera
Nepidae	5	-	Depredador	-	Insecta	Hemiptera
Gyrinidae	5	Intolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Coleoptera
Chironomidae	2	Tolerante	Recolector	Excavador	Insecta	Diptera
Planorbidae	4	Tolerante	Raspador	Fijo	Gastropoda	Basommatophora
Thiaridae	2	No Determinado	Raspador	No Determinado	Gastropoda	Neotaenioglossa
Physidae	4	Tolerante	Recolector	Trepador	Gastropoda	Basommatophora
Corbiculidae	4	Tolerante	Colector/Filtrador	Excavador	Bivalvia	Veneroida
Dugesiiidae	4	Muy Intolerante	Omnívoro	Fijo	Turbellaria	Tricladida
Hydrachnidia		Intolerante	Depredador	Fijo	Acari	Hydrachnidia

Cuadro 20. Calculo del IIBAMA de Presa Vieja. Se muestran los valores de cada variable, los puntos correspondientes de las mismas y la categoría de condición ambiental del sitio.

Calculated IIBAMA		
Variable	Valor	Puntos
RT	21	1
REPT	1	1
RII	5	1
TI	7	1
TM	4.5	4
#TF	5	1
Total IIBAMA	9	
Condición ambiental	Pobre	

Cuadro 21. Familias y variables de los macroinvertebrados colectados en Saldiveña.

Familia	Valencia de tolerancia	Tolerancia	Grupo funcional de alimentacion	Habito de vida	Clase	Orden
Baetidae	2	Intolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Gomphidae	2	Intolerante	Depredador	Excavador	Insecta	Odonata
Coenagrionidae	4	Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Odonata
Libellulidae	4	Muy Tolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Odonata
Veliidae	2	Tolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Hemiptera
Gerridae	2	Intolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Hemiptera
Belostomatidae	4	Muy Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Hemiptera
Naucoridae	6	Intolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Hemiptera
Nepidae	5	-	Depredador	-	Insecta	Hemiptera
Gyrinidae	5	Intolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Coleoptera
Hydrophilidae	2	Intolerante	Depredador (larva) Recolector (adulto)	Fijo	Insecta	Coleoptera
Staphylinidae	4	Tolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Coleoptera
Chironomidae	2	Tolerante	Recolector	Excavador	Insecta	Diptera
Simuliidae	2	Tolerante	Filtrador	Fijo	Insecta	Diptera
Crambidae	2	Intolerante	Fragmentador de tegido vegetal vivo	Trepador	Insecta	Lepidoptera
Planorbidae	4	Tolerante	Raspador	Fijo	Gastropoda	Basommatophora
Thiaridae	2	No Determinado	Raspador	No Determinado	Gastropoda	Neotaenioglossa
Hydrobiidae	4	Tolerante	Raspador	Fijo	Gastropoda	Megastropoda
Corbiculidae	4	Tolerante	Colector/Filtrador	Excavador	Bivalvia	Veneroidea
Dugesiiidae	4	Muy Intolerante	Omnivoro	Fijo	Turbellaria	Tricladida

Cuadro 22. Calculo del IIBAMA de Saldiveña. Se muestran los valores de cada variable, los puntos correspondientes de las mismas y la categoría de condición ambiental del sitio.

Calculated IIBAMA		
Variable	Valor	Puntos
RT	20	1
REPT	0	1
RII	7	1
TI	8	1
TM	3.3	4
#TF	7	1
Total IIBAMA	9	
Condición ambiental	Pobre	

Cuadro 23. Familias y variables de los macroinvertebrados colectados en Purísima de Arista.

Familia	Valencia de tolerancia	Tolerancia	Grupo funcional de alimentacion	Habito de vida	Clase	Orden
Baetidae	2	Intolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Leptophlebiidae	8	Intolerante	Recolector	Nadador	Insecta	Ephemeroptera
Gomphidae	2	Intolerante	Depredador	Excavador	Insecta	Odonata
Coenagrionidae	4	Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Odonata
Libellulidae	4	Muy Tolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Odonata
Calopterygidae	4	Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Odonata
Veliidae	2	Tolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Hemiptera
Belostomatidae	4	Muy Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Hemiptera
Nepidae	5	-	Depredador	-	Insecta	Hemiptera
Hydropsychidae	2	Intolerante	Filtrador	Fijo	Insecta	Trichoptera
Dytiscidae	7	Tolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Coleoptera
Psephenidae	7	Intolerante	Raspador	Fijo	Insecta	Coleoptera
Haliplidae	7	Tolerante	Fragmentador de tegido vegetal vivo	Trepador	Insecta	Coleoptera
Elmidae	2	Intolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Coleoptera
Chironomidae	2	Tolerante	Recolector	Excavador	Insecta	Diptera
Simuliidae	2	Tolerante	Filtrador	Fijo	Insecta	Diptera
Tabanidae	7	Tolerante	Depredador	No Determinado	Insecta	Diptera
Stratiomyidae	2	Tolerante	Recolector	Excavador	Insecta	Diptera
Crambidae	2	Intolerante	Fragmentador de tegido vegetal vivo	Trepador	Insecta	Lepidoptera
Planorbidae	4	Tolerante	Raspador	Fijo	Gastropoda	Basommatophora
Thiaridae	2	No Determinado	Raspador	No Determinado	Gastropoda	Neotaenioglossa
Hydrobiidae	4	Tolerante	Raspador	Fijo	Gastropoda	Megastropoda
Corbiculidae	4	Tolerante	Colector/Filtrador	Excavador	Bivalvia	Veneroidea
Dugesidae	4	Muy Intolerante	Omnívoro	Fijo	Turbellaria	Tricladida

Cuadro 24. Calculo del IIBAMA de Purísima. Se muestran los valores de cada variable, los puntos correspondientes de las mismas y la categoría de condición ambiental del sitio.

Calculated IIBAMA		
Variable	Valor	Puntos
RT	24	2
REPT	2	1
RII	7	1
TI	8	1
TM	3.9	4
#TF	8	1
Total IIBAMA	10	
Condición ambiental	Pobre	

Cuadro 25. Familias y variables de los macroinvertebrados colectados en Trapiche.

Familia	Valencia de tolerancia	Tolerancia	Grupo funcional de alimentacion	Habito de vida	Clase	Orden
Baetidae	2	Intolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Leptophlebiidae	8	Intolerante	Recolector	Nadador	Insecta	Ephemeroptera
Leptohyphidae	2	Tolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Heptageniidae	7	Intolerante	Raspador	Fijo	Insecta	Ephemeroptera
Coenagrionidae	4	Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Odonata
Protoneuridae	8	-	Depredador	0	Insecta	Odonata
Libellulidae	4	Muy Tolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Odonata
Aeshnidae	9	Intolerante	Depredador	Fijo	Insecta	Odonata
Calopterygidae	4	Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Odonata
Perlidae	7	Muy Intolerante	Depredador	Fijo	Insecta	Plecoptera
Hebridae	9	No Determinado	Depredador	Fijo	Insecta	Hemiptera
Veliidae	2	Tolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Hemiptera
Mesoveliidae	8	No Determinado	Depredador	Patinador	Insecta	Hemiptera
Belostomatidae	4	Muy Tolerante	Depredador	Trepador	Insecta	Hemiptera
Naucoridae	6	Intolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Hemiptera
Nepidae	5	-	Depredador	-	Insecta	Hemiptera
Corydalidae	7	Muy Intolerante	Depredador	Fijo	Insecta	Megaloptera
Hydrobiosiidae	7	Muy Intolerante	Depredador	Fijo	Insecta	Trichoptera
Philopotamidae	9	Intolerante	Filtrador	Fijo	Insecta	Trichoptera
Hydropsychidae	2	Intolerante	Filtrador	Fijo	Insecta	Trichoptera
Calamoceratidae	9	Intolerante	Fragmentador de detrito	Fijo	Insecta	Trichoptera
Gyrinidae	5	Intolerante	Depredador	Patinador	Insecta	Coleoptera
Dytiscidae	7	Tolerante	Depredador	Nadador	Insecta	Coleoptera
Hydrophilidae	2	Intolerante	Depredador (larva) Recolector (adulto)	Fijo	Insecta	Coleoptera
Psephenidae	7	Intolerante	Raspador	Fijo	Insecta	Coleoptera
Lutrochidae	7	Intolerante	Fragmentador	Fijo	Insecta	Coleoptera
Elmidae	2	Intolerante	Recolector	Fijo	Insecta	Coleoptera
Chironomidae	2	Tolerante	Recolector	Excavador	Insecta	Diptera
Simuliidae	2	Tolerante	Filtrador	Fijo	Insecta	Diptera
Tabanidae	7	Tolerante	Depredador	No Determinado	Insecta	Diptera
Psychodidae	0	Tolerante	Recolector	Excavador	Insecta	Diptera
Crambidae	2	Intolerante	Fragmentador de tegido vegetal vivo	Trepador	Insecta	Lepidoptera
Thiaridae	2	No Determinado	Raspador	No Determinado	Gastropoda	Neotaenioglossa
Physidae	4	Tolerante	Recolector	Trepador	Gastropoda	Basommatophora
Corbiculidae	4	Tolerante	Colector/Filtrador	Excavador	Bivalvia	Veneroida
Dugesiiidae	4	Muy Intolerante	Omnívoro	Fijo	Turbellaria	Tricladida

Cuadro 26. Calculo del IIBAMA de Trapiche. Se muestran los valores de cada variable, los puntos correspondientes de las mismas y la categoría de condición ambiental del sitio.

Calculated IIBAMA		
Variable	Valor	Puntos
RT	36	4
REPT	8	1
RII	17	4
TI	18	4
TM	5	3
#TF	17	4
Total IIBAMA	20	
Condición ambiental	Bueno	

ANEXO 6. Pasos para la obtención de los valores de tolerancia y el BMWP.

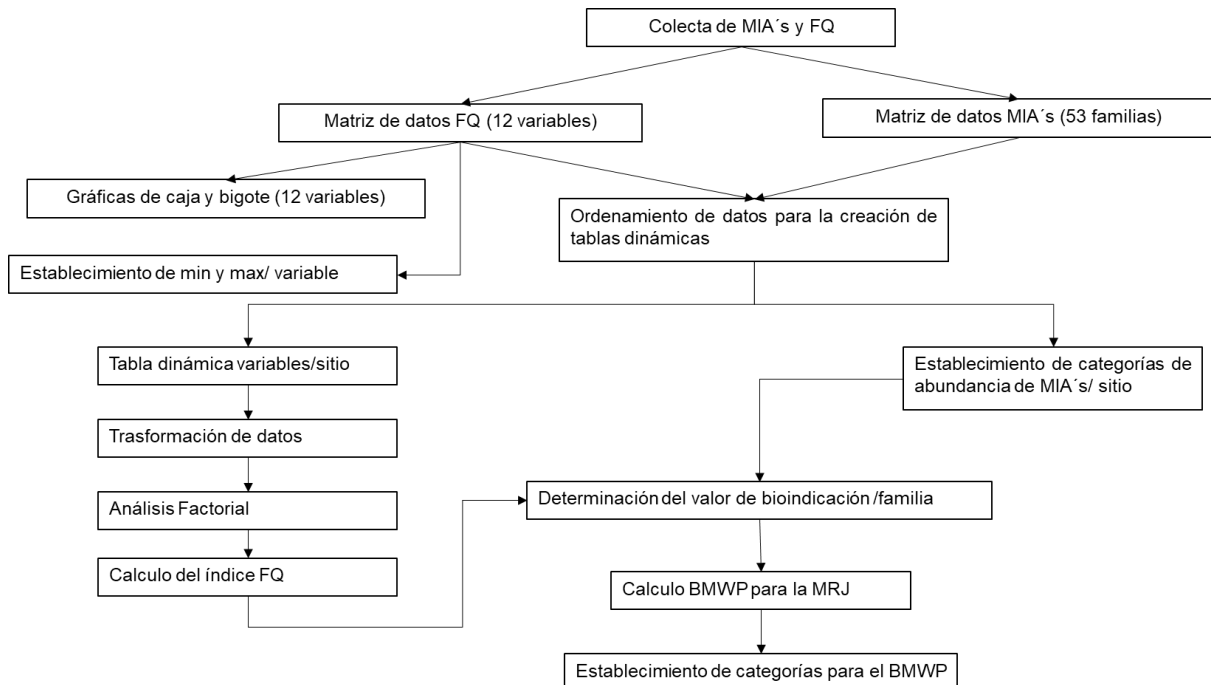


Diagrama de los pasos a seguir para la obtención de los valores de bioindicación (tolerancia) para cada familia.

PASO 1.- ORDENAMIENTO DE DATOS.

Las matrices construidas con los datos fisicoquímicos (*in situ* y laboratorio) y macroinvertebrados, se ordenaron de una manera vertical con respecto al valor de cada variable FQ, de la misma manera se ordenó la matriz de MIA's con respecto al valor de abundancia de las familias para cada sitio, este ordenamiento permitió trabajar con tablas dinámicas del programa Excel (office 2016).

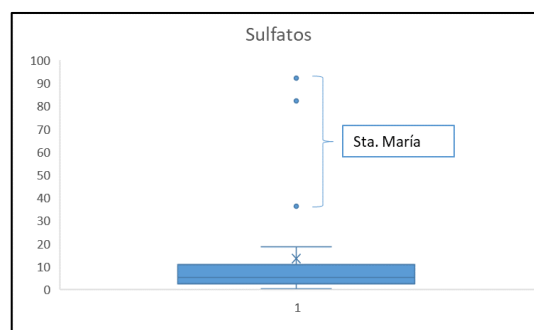
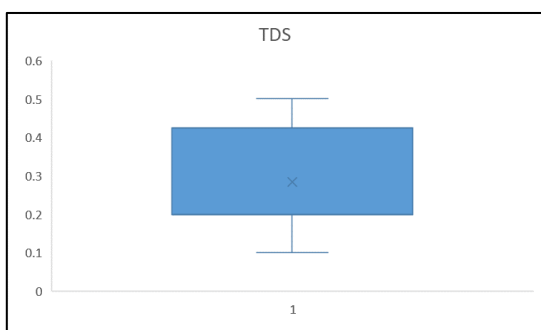
Muestras		F ⁻ mg/L
1a	Santa María	0.18
1b	Santa María	0.17
1c	Santa María	0.13
2a	Púrisima de Arista	0.11
2b	Púrisima de Arista	0.11
2c	Púrisima de Arista	0.11
3a	Trapiche	<l.c.
3b	Trapiche	0.05
3c	Trapiche	0.05
4a	Saldiveña	0.05
4b	Saldiveña	0.13
4c	Saldiveña	0.14
5a	Presa Vieja	0.06
5b	Presa Vieja	0.06
5c	Presa Vieja	<l.c.
6a	Puente USEBEQ	0.05
6b	Puente USEBEQ	0.04
6c	Puente USEBEQ	<l.c.
7a	Río Adentro	0.11
7b	Río Adentro	0.03
7c	Río Adentro	0.07
8a	La playita	0.05
8b	La playita	0.07
8c	La playita	0.04

Río	HMU	Parámetro	Valor
Santa María	1a	F	0.1813
Santa María	1b	F	0.1738
Santa María	1c	F	0.1277
Purísima de	2a	F	0.1149
Purísima de	2b	F	0.1143
Purísima de	2c	F	0.1051
El Trapiche	3a	F	0.03
El Trapiche	3b	F	0.045
El Trapiche	3c	F	0.0506
Saldiveña	4a	F	0.0477
Saldiveña	4b	F	0.1346
Saldiveña	4c	F	0.1355
Presa Vieja	5a	F	0.0621
Presa Vieja	5b	F	0.0626
Presa Vieja	5c	F	0.03
Puente USEE	6a	F	0.0455
Puente USEE	6b	F	0.0447
Puente USEE	6c	F	0.03
Río Adentro	7a	F	0.1089
Río Adentro	7b	F	0.0346
Río Adentro	7c	F	0.0743
La Playita	8a	F	0.0496
La Playita	8b	F	0.074
La Playita	8c	F	0.0397

e. g. Matriz original y matriz ordenada de la variable Fluoruro.

PASO 2.- DISTRIBUCIÓN DE DATOS, GRÁFICOS DE CAJA Y BIGOTE.

Se realizaron gráficas de caja y bigote para cada una de las variables FQ para observar la dispersión de los datos y como detector de errores, ya que los valores se extremos (que se salían de los bigotes) podrían ser errores de cuantificación, errores de dedo al hacer la matriz, o ser valores extremos por condiciones puntuales del sitio.



e. g. Gráficos de caja y bigote de las variables de Solidos disueltos totales (TDS) y Sulfatos.

PASO 3.- ELABORACIÓN DE TABLA DINÁMICA.

De la matriz ordenada de FQ del paso uno, se generó una tabla dinámica, y en los campos de la misma se incluyeron: en columnas a los parámetros, en las filas a los sitios de muestreo y en valores los valores de las variables FQ. (se configuro

los campos de valor para obtener los promedios de cada variable por sitio y se eliminaron los totales y sub totales de la tabla).

Promedio de Valor	Etiquetas de columna	CI-	DO	F	NO3-	ORP	pH	SO42-	SPC	TDS	Temp.	Turb
El Trapiche	85.77222222	1.582333333	5.891111111	0.041866667	0.4139	224.1666667	7.788823529	1.609833333	0.531611111	0.3	23.69055556	0
La Playita	85.91666667	1.464066667	6.004444444	0.054433333	0.792266667	208.2777778	7.576666667	3.677066667	0.375222222	0.216666667	21.59222222	0
Presa Vieja	82.44	2.600266667	5.777333333	0.051566667	2.5369	230.5333333	7.39	5.6928	0.386333333	0.26	24.34866667	0
Puente USEBEQ	94.11111111	1.1606	6.663333333	0.040066667	0.7288	217.8888889	7.736111111	3.6016	0.380235294	0.227777778	24.48333333	2.1
Purísima de Arista	63.57777778	2.035	4.452777778	0.111433333	0.516233333	203.3888889	7.097777778	2.8489	0.482555556	0.3	23.935	0
Río Adentro	97.27142857	5.766233333	6.8	0.0726	0.5586	140.5238095	7.814761905	11.13776667	0.469944444	0.257142857	22.93904762	0
Saldiveña	57.32777778	10.13083333	4.360555556	0.105933333	2.9835	230.8888889	7.355	9.6907	0.638	0.370588235	24.59277778	0.205555556
Santa María	114.747619	8.433733333	7.278571429	0.160933333	0.948133333	239.6666667	8.148571429	70.24526667	0.743047619	0.5	27.57380952	35.35714286

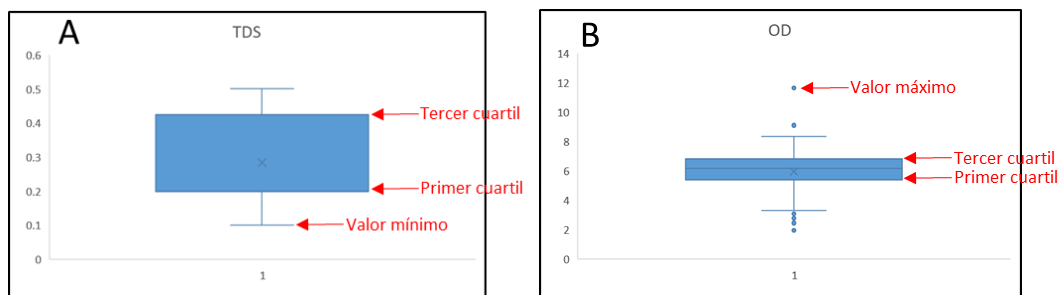
e. g. Tabla dinámica de los valores promedio de las variables FQ, de cada sitio.

PASO 4.- ESTABLECIMIENTO DE LOS VALORES MÍNIMOS Y MÁXIMOS PARA CADA VARIABLE FQ.

Se generó una búsqueda en las normas oficiales de calidad de agua de diferentes países para obtener los valores mínimos y máximos permisibles para cada variable; sin embargo, estos parámetros en la mayoría de los casos son muy laxos y nuestros valores se encajonaban en valores excelentes o buenos en cuestiones de calidad, solo cuando los valores de las normas se relacionaban con los datos encontrados se utilizaban estos rangos. Otro de los métodos empleados fue usar los mínimos y máximos de los valores FQ encontrados en nuestros sitios, pero este método también encajonaba nuestros datos y no se tenía un gradiente de degradación. El último método usado fue la aplicación de cuartiles, ya que entre el primer y el tercer cuartil se encuentra la mayoría de nuestros datos.

En las variables que al aumentar su valor, la calidad del agua disminuye (e. g. TDS) se utilizó el tercer cuartil para establecer los valores máximos (todos los valores arriba del tercer cuartil, son valores que representan una calidad pésima del agua), y el valor mínimo de la variable se tomó como el valor mínimo encontrado en nuestros sitios; Para las variables que al aumentar su valor, la calidad del agua aumenta (e. g. OD) se utilizó el valor del primer cuartil para establecer el valor mínimo (todos los valores por debajo del primer cuartil, son valores que representan calidades pésimas), el valor máximo de la variable se tomó como el valor máximo encontrado en nuestros sitios. No se utilizó solo uno de los métodos mencionados, el establecimiento de los valores mínimos y

máximos se realizó haciendo uso de los tres métodos, lo cual nos permitió tener un gradiente ambiental fisicoquímico.



e. g. Distribución de datos en el primer y tercer cuartil: A) Sólidos disueltos totales, B) Oxígeno disuelto.

PASO 5.- TRANSFORMACIÓN DE DATOS.

Los valores obtenidos de la tabla dinámica del paso tres, se copiaron a una nueva hoja de Excel, en donde se les realizó una transformación para que los diferentes valores de las variables FQ, que están medidos en escalas diferentes, pudieran ser comparables entre sí. A la mayoría de las variables se transformaron a escalas logarítmicas (McGune y Grace, 2002), exceptuando la variable de pH ya que los valores de esta variable ya se encuentran en esta escala. A las variables restantes se les aplicó la fórmula: $LN(i + 1)$; pero a las variables en porcentaje (%OD) se le aplicó la fórmula: $2/\pi(\sqrt{i})$ donde i = al valor promedio de la variable FQ de un sitio.

Etiquetas de fila	% DO	Cl-	DO	F	NO3-	ORP	pH	SO42-	SPC	TDS	Temp.	Turb
El Trapiche	5.28485914	0.94869338	1.99409544	0.04101398	0.34635184	5.52012669	7.61625	0.95928636	0.428313202	0.26236426	3.1572368	0
La Playita	6.02503529	0.9018131	1.85699219	0.0530035	0.58348111	5.45769247	7.32777778	1.54267113	0.321680842	0.20972053	3.068259632	0
Presa Vieja	4.82438528	1.28100792	1.99015485	0.05028112	1.26325064	5.69821143	7.735	1.90103232	0.30478498	0.18232156	3.281287085	0
Puente USEBEQ	5.14809376	0.77038596	2.04035415	0.03928481	0.54742753	5.46147498	7.76333333	1.52640407	0.290760662	0.17301916	3.214957045	0
Río Adentro	4.9220069	1.91194456	1.98893923	0.07008561	0.44378798	5.18924627	7.37222222	2.4963218	0.353469813	0.18232156	3.235929579	0
Saldiveña	8.26676195	2.40971904	1.53087559	0.10068962	1.38216083	5.55768569	7.03888889	2.3693742	0.443046301	0.25378052	3.212634164	0
Santa María	4	2.24429192	2.09093771	0.14922428	0.66687165	5.61979682	7.99166667	4.26612838	0.571732559	0.40546511	3.37059498	4.12174354
Purísima de Arista	9.0285853	1.11021142	1.42471347	0.10565047	0.41622919	5.4567446	7.31111111	1.34778739	0.364102844	0.23638878	3.142282716	0

e. g. Tabla de valores transformados de las variables FQ.

PASO 6. ANÁLISIS FACTORIAL.

Con los valores de las variables FQ ya transformadas se realizó un análisis factorial usando el programa XLstat (2014) para reducir los datos que explicaban mejor la

varianza de datos independientes (variables FQ), las variables usadas para los siguientes pasos fueron las que se correlacionaban mejor ($p < 0.05$). Se usaron los primeros dos factores ya que estos explicaban el 72.05 % de nuestra varianza (Figura 15). Las variables significativas fueron: %DO, CL⁻, DO, F, pH, SO₄²⁻, SPC, TDS, Temperatura, Turbidez.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Eigenvalue	5.7011	2.9460	1.5230	1.0797	0.2764	0.0765
Variability (%)	47.5095	24.5503	12.6917	8.9972	2.3037	0.6379
Cumulative %	47.5095	72.0598	84.7515	93.7487	96.0524	96.6902

e. g. Factores usados que explican la mayor variación de los datos.

	F1	F2	F3	F4	Initial communality	Final communality	Specific variance
% DO	-0.4278	-0.8533	0.0543	0.2229	0.9957	0.9638	0.0362
Cl ⁻	0.6887	-0.5177	-0.0507	-0.4844	0.9989	0.9796	0.0204
DO	0.3406	0.8994	-0.0376	-0.1898	0.9998	0.9624	0.0376
F	0.7635	-0.5322	0.2215	0.0676	0.9908	0.9199	0.0801
NO ₃ ⁻	0.1819	-0.3937	-0.8726	-0.2236	1.0000	0.9995	0.0005
ORP	0.3895	-0.0193	-0.7175	0.5772	1.0000	1.0000	0.0000
pH	0.5363	0.7446	-0.0815	0.2347	0.9939	0.9037	0.0963
SO ₄ ²⁻	0.9216	-0.0845	0.0438	-0.2949	0.9927	0.9453	0.0547
SPC	0.8341	-0.2644	0.2123	0.1558	0.9989	0.8350	0.1650
TDS	0.8677	-0.1819	0.2248	0.3566	0.9902	0.9637	0.0363
Temp.	0.8142	0.1705	-0.2353	-0.2285	1.0000	0.7995	0.2005
Turb	0.9545	0.0931	0.1715	0.1567	0.9975	0.9738	0.0262

Values in bold correspond for each variable to the factor for which the squared cosine is the largest

e. g. variables que explican la mayoría de la variación de los datos. En negritas se muestran los valores significantes ($p < 0.05$).

PASO 7.- CALCULO DEL ÍNDICE FISICOQUÍMICO.

Las variables (en escala logarítmica) que explicaban la mayoría de la varianza de los datos (significativas, $p < 0.05$), fueron estandarizadas usando los mínimos y máximos (en escala logarítmica) de cada variable con la siguiente formula:

$$Ci_3 = \frac{Ci_2 - Ci_{2min}}{Ci_{2max} - Ci_{2min}}$$

Donde:

Ci₃= variable estandarizada.

Ci₂= variable (en escala logarítmica).

Ci_{2min}= valor mínimo de la variable (en escala logarítmica).

Ci_{2max}= valor máximo de la variable (en escala logarítmica).

Las variables estandarizadas que al aumentar su valor la calidad del agua disminuye, fueron ajustadas en una escala del 1-10 para establecer el valor fisicoquímico a la que pertenece usando la fórmula:

$$Ci_4 = (1 - Ci_3) \times 10$$

Donde:

Ci_4 = valor FQ de la variable.

Ci_3 = variable estandarizada.

Las variables estandarizadas que al aumentar su valor la calidad del agua aumenta como OD y %OD se ajustaron con la siguiente expresión:

$$Ci_4 = (Ci_3) \times 10$$

Donde:

Ci_4 = valor FQ de la variable.

Ci_3 = variable estandarizada.

Para calcular el índice fisicoquímico a la que pertenece cada sitio fue calculada con la sumatoria de los valores FQ de cada una de las variables dividida entre el número total de las variables usando la siguiente expresión:

$$Cfq = \frac{\sum_{i=1}^n Ci_4}{ni}$$

Donde:

Cfq= valor del índice FQ del sitio

Ci_4 = valor FQ de la variable.

ni= número total de las variables.

Nuestros valores del índice FQ por sitio se distribuyeron en un rango de 1-7 (clases inferiores de la gama del índice), por lo cual se realizó un reescalamiento, con una regla de tres, tomando como valor máximo (10) al valor máximo del Cfq (7), para obtener la gama total del índice FQ que va de 1-10.

Sitios/variables	% DO	Cl-	DO	F	pH	SO42-	SPC	TDS	Temp.	Cfq	Cfq Res
El Trapiche	8.39392607	6.48249681	7.23041323	8.54633846	5.535	5.7374136	2.39635339	4.61385039	5.653179612	6	9
La Playita	7.46870589	6.84295403	6.31066112	7.02486817	6.68888889	2.35936257	6.14252599	6.31118706	7.470715927	6	10
Presa Vieja	8.9695184	3.92736766	7.2039779	7.37033846	5.06	0.28429574	6.73610577	7.19458345	3.119204842	6	8
Puente USEBEQ	8.5648828	7.85348257	7.54073807	8.76576917	4.94666667	2.45355593	7.22880345	7.49451074	4.474128345	7	10
Río Adentro	8.84749138	-0.92383335	7.19582296	4.85714847	6.51111111	-3.16268874	5.02572643	7.19458345	4.04572246	4	7
Saldiveña	4.66654757	-4.75116546	4.12291989	0.97349883	7.84444444	-2.42760704	1.87875506	4.89060703	4.521577836	2	4
Santa María	10	-3.47921492	7.88007598	-5.18554885	4.03333333	-13.410637	-2.64220771	0	1.294912773	1	2
Purísima de Arista	3.71426837	5.24060272	3.41073523	0.34396702	6.75555556	3.48782401	4.65217032	5.45135075	5.958646633	4	7

e. g. Valores de las categorías del índice FQ por variable, Cfq valor del índice FQ de cada sitio, Cfq Res valor del índice FQ reescalado.

PASO 8.- ESTABLECIMIENTO DE CATEGORÍAS DE ABUNDANCIA DE MIA'S.

Para cada familia se le asignó una clase de abundancia por sitio, tomando en cuenta el número de organismos encontrados por sitio. Estas categorías fueron establecidas siguiendo a Riss *et al.* (2002).

Clase	Numero de Organismos
0	0
1	1-3
2	4-10
3	11-33
4	34-100
5	>100

e. g. Clases de abundancia de macroinvertebrados acuáticos.

PASO 9. CALCULO DEL VALOR DE TOLERANCIA (BIOINDICACIÓN) PARA CADA FAMILIA ENCONTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

Para el cálculo del valor de tolerancia de cada familia se hizo uso de la categoría de abundancia de cada sitio y las clases fisicoquímicas.

El primer paso fue obtener el promedio de las clases de abundancias con los mismos valores FQ, para obtener un solo valor de clase de abundancia, el valor obtenido indicara el número de repeticiones de la clase fisicoquímica para construcción de la serie de bioindicación de cada familia (e. g. se tuvieron clases de abundancia de 1 y 4 para el valor del índice FQ=10, por lo cual se sumaron las clases de abundancia 1 y 4 y se dividieron entre 2, el resultado es 2.5 que se redondea a 3 y se repitió tres veces el valor del índice FQ= 10).

La serie obtenida se ordenó de menor a mayor y de esta serie de datos se le obtuvo el quinto percentil (0.05), el cual indica el valor mínimo de la clase fisicoquímica en la cual podemos encontrar a la familia.

Familia	Parametro/Sitio	Río Adentro	La Playita	Puente USEBEQ	Presa Vieja	Saldiveña	Purísima de Arista	El Trapiche	Santa María	
Veliidae	# Organismos	81	36	2	4	2	42	2	29	
	Clase de abundancia	4	4	1	2	1	4	1	3	
	CFQ	7	10	10	8	4	7	9	2	
	Serie	2,2,2,4,7,7,7,7,8,8,9,10,10,10								
	BMWP	2								

e. g. Calculo del valor de tolerancia o valor de bioindicación de la familia *Veliidae*. Valores de abundancia/sitio; Clase de abundancia/sitio; Valor fisicoquímico/sitio; Serie ordenada de valores FQ/valor de abundancia; valencia de tolerancia (BMWP).

Este procedimiento se realizó para cada una de las familias encontradas en la zona de estudio. Con la cual se obtuvo la matriz de valencias de tolerancia para cada familia. La matriz se comparó con los valores de tolerancia obtenidos con este método de diferentes autores (Riss *et al.*, 2002; Ruiz-Picos *et al.*, 2017; Cornejo *et al.*, 2018).

Familia	Torres	Picos	Riss	Cornejo
Aeshnidae	9	7	9	
Baetidae	2	1	7	3
Belostomatidae	4	3		3
Caenidae	2	8		4
Calamoceratidae	9		10	9
Calopterygidae	4	4		7
Ceratopogonidae	2		7	2
Chironomidae	2	1	2	2
Coenagrionidae	4	2	5	3
Corbiculidae	4	5		7
Corydalidae	7	3		6
Crambidae	2			3
Dryopidae	7	5		
Dugesiiidae	4			
Dytiscidae	7	1	2	3
Elmidae	2	3	5	3
Gelastocoridae	7			
Gerridae	2		5	
Gomphidae	2	4		5
Gyrinidae	5	8	5	
Haliplidae	7			
Hebridae	9	2		6
Heptageniidae	7	10		6
Hidrobiidae	4			
Hydrobiosiidae	7	7	6	7
Hydrometridae	7			
Hydrophilidae	2	1	5	3
Hydropsychidae	2	4	9	2
Leptohyphidae	2	4	8	3
Leptophlebiidae	8	5	8	3
Libellulidae	4	2		2
Limnephilidae	10			
Lutrochidae	7			
Mesovelidae	8			7
Naucoridae	6	7		3
Nepidae	5	1		
Notonectidae	7	1	5	
Perlidae	7	10	9	6
Philopotamidae	9	7		6
Physidae	4	4	2	3
Planorbidae	4	4	3	3
Polycentropodidae	7	5	9	7
Protoneuridae	8			
Psephenidae	7		10	4
Psychodidae		4	2	3
Scirtidae		7	6	5
Simuliidae	2	1	7	6
Staphylinidae	4	2	5	9
Stratiomyidae	2	4		5
Tabanidae	7	2	7	7
Thiaridae	2	5		4
Tipulidae		2	3	2
Veliidae	2			4

Comparaciones de los valores de tolerancia de las familias de la MRJ.

PASO 10. CALCULO DEL BMWP PARA LA MRJ

El BMWP fue calculado con las valencias de tolerancia de las familias encontrada en la MRJ, este cálculo se basa en la sumatoria de las valencias de las familias encontradas para cada sitio.

Sitios	Suma VT (BMWP)
El Trapiche	180
Río Adentro	138
La Playita	136
Purísima de Arista	93
Presa Vieja	89
Puente USEBEQ	78
Saldiveña	66
Santa María	58

Valores de BMWP por sitio.

Posteriormente se calculó las categorías del BMWP usando los percentiles de los valores para cada sitio: el percentil 0.95 para la categoría Alta, 0.8 para la categoría Buena, 0.6 para la categoría media, 0.3 para la categoría Escasa y los demás valores pertenecientes a la categoría Mala.

Categoría	percentil	valor
Alta	0.95	171.45
Buena	0.8	145.2
Media	0.6	102
Escasa	0.3	79.1
Mala		<79.1

Categorías construidas para el BMWP de la MRJ.

Finalmente se construyó el gráfico del de las categorías y valores del BMWP a través de un gráfico dinámico.

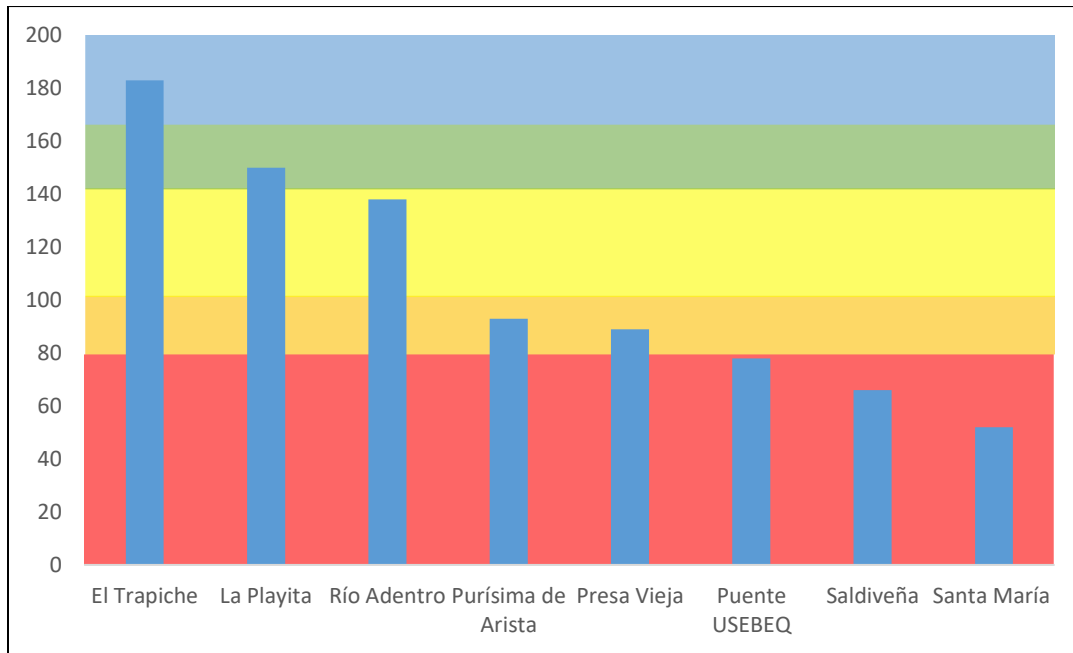


Gráfico de las categorías del BMWP para cada sitio de estudio.