

2012-A

397429804

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS DE LA SALUD

**MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL**



***CALIDAD DE AGUA Y SALUD: ESTUDIO COMPARATIVO EN  
POBLACIONES CON DIFERENTE NIVEL DE CONTAMINACION.***

***San Cristóbal de la Barranca, Jalisco y Tuxpan, Nayarit***

TESIS PROFESIONAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

**BEATRIZ RODRÍGUEZ PÉREZ**

ZAPOPAN, JALISCO. DICIEMBRE DE 2012



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS  
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS DE LA SALUD  
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL  
en el padrón Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT

COMITÉ DE TESIS  
PRESENTE

Por medio de la presente nos permitimos informar a usted (es) que habiendo revisado el trabajo de Tesis que realizó el (la) pasante:

BEATRIZ RODRÍGUEZ PÉREZ

Con el título:

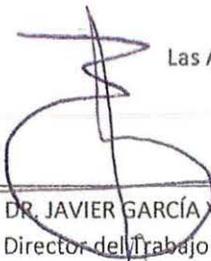
“CALIDAD DE AGUA Y SALUD: ESTUDIO COMPARATIVO EN POBLACIONES CON DIFERENTE NIVEL DE CONTAMINACIÓN SAN CRISTOBAL DE LA BARRANCA, JALISCO Y TUXPAN, NAYARIT”.

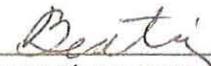
Manifestamos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para la autorización de impresión y en su caso programación de fecha de presentación y defensa del mismo.

Sin otro particular, agradecemos de antemano la atención que se sirva brindar a la presente y aprovechamos la ocasión para enviarle un cordial saludo.

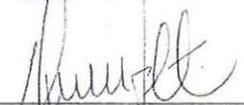
ATENTAMENTE

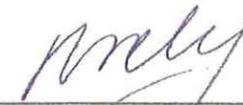
Las Agujas, Zapopan, Jalisco a 10 de diciembre de 2012

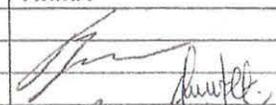
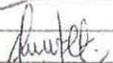
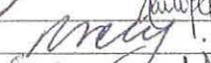
  
\_\_\_\_\_  
DR. JAVIER GARCÍA VELASCO  
Director del Trabajo de Tesis

  
\_\_\_\_\_  
LIC. BIOLOGÍA BEATRIZ RODRÍGUEZ PÉREZ  
Alumna

ASESORES

  
\_\_\_\_\_  
DRA. RUTH A. DE CELIS CARILLO  
Nombre y Firma

  
\_\_\_\_\_  
M.S.P. ROSA LETICIA SCHERMAN LEÑO  
Nombre y Firma

SINODALES	FIRMA
DR. JAVIER GARCÍA VELASCO	
DRA. GALINA ZAITSEVA PETROVNA (Codirectora)	
DRA. RUTH A. DE CELIS CARILLO	
M.S.P. ROSA LETICIA SCHERMAN LEÑO	
M.C. SUSANA MARÍA LORENA MARCELEÑO FLORES	Susana Marceleno F.

**DIRECTOR**

Dr. Javier García Velasco

**CODIRECTORA**

Dra. Galina Petrovna Zaitseva

Zapopan, Jalisco. Diciembre de 2012

## Agradecimientos

A mi director Dr. Javier García Velasco y a mi codirectora la Dra. Galina P. Zaitzeva por su apoyo, tiempo, dedicación y paciencia durante el proceso de mi aprendizaje.

A todos los profesores que compartieron sus conocimientos a lo largo de la maestría, en especial a la Dra. Martha Georgina Orozco, por su tiempo y dedicación.

A todos mis compañeros y amigos que fueron parte de este proceso.

A mi familia por sus consejos, apoyo y paciencia.

## Dedicatoria

A Dios

A mi familia

Especialmente Rufina y Víctor mis padres

Abraham, Ricardo, Andrea, Esteban, Ruth, Saúl y Ariel mis hermanos

Sebastián, Abigail, Samanta, Isaac, Erick y Nickté mis sobrinos

Elena y Miriam mis cuñadas

Marco y Gabriel mis cuñados

Copia del formato con todas las firmas

## Índice de contenido

Índice de Tablas.....	7
Índice de Figuras.....	8
RESUMEN.....	10
1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. JUSTIFICACIÓN.....	15
3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	18
4. OBJETIVOS.....	19
5. MARCO TEÓRICO.....	20
5.1 Salud.....	20
5.1.1 Salud ambiental.....	20
5.1.2 La investigación en salud ambiental.....	22
5.2 Contaminación del agua.....	23
5.2.1 Situación del agua superficial en México.....	24
5.2.2 Principales contaminantes en el agua.....	26
5.3 Calidad del agua.....	28
5.3.1 Principales indicadores de calidad del agua.....	30
5.3.2 Estimación del Índice de Calidad del Agua.....	31
5.4 Legislación ambiental del agua en México.....	32
5.5 Enfermedades relacionadas con el agua.....	33
5.6 Vulnerabilidad infantil a sustancias tóxicas.....	37
5.7 Las encuestas de opinión pública.....	39
6. METODOLOGÍA.....	41
6.1 Tipo de estudio.....	41
6.2 Selección de las poblaciones de estudio.....	41
6.2 Primera fase.....	42
6.2.1 Análisis de calidad del agua.....	42
6.2.2 Estimación del Índice de Calidad del Agua.....	45
6.2.3 Incidencia de enfermedades.....	46

6.3 Segunda fase.....	47
6.3.1. Análisis de calidad del agua.....	47
6.3.2 Estimación del índice de calidad del agua.....	47
6.3.3 Cuestionario de salud infantil y opinión sobre aspectos ambientales .....	47
6.4 Análisis estadístico .....	48
7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	49
7.1 Río San Pedro .....	49
7.2 Municipio de Tuxpan, Nayarit.....	50
7.3 Río Santiago .....	53
7.3.1 Problemática ambiental .....	54
7.4 Municipio de San Cristóbal de la Barranca, Jalisco. ....	55
7.5 Características generales de las localidades de estudio.....	58
8. RESULTADOS.....	61
8.1 Resultados de la primera fase de estudio.....	61
8.1.1 Análisis del análisis de calidad del agua.....	61
8.1.2 Índice de calidad del agua.....	70
8.1.3 Análisis de enfermedades .....	71
8.2 Resultados de la segunda fase de estudio .....	73
8.2.1 Análisis de calidad del agua 2012.....	74
8.2.2 Índice de calidad del agua.....	76
8.2.3 Evaluación del cuestionario .....	77
8.3 Análisis estadístico .....	90
9. DISCUSIÓN .....	92
10. CONCLUSIONES .....	97
11. BIBLIOGRAFÍA.....	99
12. ANEXOS.....	106
Anexo I. Tablas de normalización y peso asignado de parámetros para la estimación del índice de calidad del agua. ....	106
Anexo II. Cálculo del Índice de Calidad del Agua.....	110
Anexo III. Formato de encuesta .....	115
Anexo IV. Fotografías .....	118

## Índice de Tablas

Tabla 1. Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales por Región Hidrológica (RHA) en México de acuerdo a los indicadores DBO5, DQO y SST, 2009.....	25
Tabla 2. Contaminantes, procesos y fuentes que afectan la calidad del agua.....	27
Tabla 3. Ubicación de los sitios de muestreo.....	43
Tabla 4. Fechas de muestreos.....	43
Tabla 5. Parámetros evaluados.....	44
Tabla 6. Características de la población en las localidades de estudio.....	60
Tabla 7. Escuelas en las localidades de estudio.....	60
Tabla 8. Instituciones de salud en las localidades de estudio.....	60
Tabla 9. Resultados de análisis del agua del río San Pedro en la localidad de Tuxpan, Nayarit .....	61
Tabla 10. Resultados de análisis de agua del río Santiago en la localidad de San Cristóbal de la Barranca, Jalisco.....	62
Tabla 11. Criterios para la interpretación del ICA, para uso como agua potable.....	71
Tabla 12. Casos de enfermedades en niños de 1 a 4 años en San Cristóbal de la Barranca, Jalisco. ....	71
Tabla 13. Casos de enfermedades en niños de 1 a 4 años en Tuxpan, Nayarit. ....	72
Tabla 14. Resultados de análisis del agua en el río San Pedro y río Santiago en junio de 2012 .....	74
Tabla 15. Parámetros fuera de norma y porcentaje con que excede el límite máximo de la NOM-127-SSA1-1994 .....	75
Tabla 16. Características generales de los encuestados .....	77
Tabla 17. Años de residencia .....	78
Tabla 18. Presencia de algún dolor o síntoma en los niños. ....	81
Tabla 19. Días que los niños han dejado de realizar sus actividades por el dolor o síntoma.....	82
Tabla 20. Hábitos alimenticios de los niños en Tuxpan, Nayarit y San Cristóbal, Jalisco. ....	83
Tabla 21. Porcentaje de número de habitantes por vivienda. ....	85
Tabla 22. Características en la vivienda. ....	85
Tabla 23. Asociación entre el índice de calidad del agua (ICA) y datos sobre incidencia de enfermedades para aplicar Odds ratio. ....	91
Tabla 24. Asociación entre el índice de calidad del agua (ICA) y condiciones identificadas mediante la encuesta.....	91
Tabla 25 Normalización de pH, conductividad y oxígeno disuelto.....	106
Tabla 26 Normalización de coliformes totales, cloruros y temperatura .....	106

Tabla 27 Normalización de S.A.A.M., dureza total y sólidos disueltos .....	107
Tabla 28 Normalización de sulfatos, nitratos y nitritos .....	107
Tabla 29 Normalización de color, turbiedad y fósforo total.....	107
Tabla 30. Normalización de aluminio, arsénico y cadmio .....	108
Tabla 31. Normalización de cromo total, hierro y manganeso .....	108
Tabla 32. Normalización de mercurio y plomo.....	109
Tabla 33 Peso asignado a los parámetros .....	109

## Índice de Figuras

Figura 1. Selección de poblaciones de estudio. ....	41
Figura 2. Diagrama de la metodología .....	42
Figura 3. Interpretación de los valores de ICA. Fuente: León 1991.....	46
Figura 4. Cuenca Río San Pedro.....	49
Figura 5. Río San Pedro.....	50
Figura 6. Ubicación del municipio de Tuxpan, Nayarit. ....	51
Figura 7. Porcentaje de la población con ingresos menores a un salario mínimo.....	52
Figura 8. Índice de marginación de la región Norte de Nayarit.....	52
Figura 9. Región hidrológica Lerma-Santiago. ....	53
Figura 10. Cuenca del Río Santiago-Guadalajara. ....	54
Figura 11. Ubicación del municipio de San Cristóbal de la Barranca. ....	55
Figura 12. Numero de habitantes en el municipio de San Cristóbal de la Barranca. ....	56
Figura 13. Índice de marginación en el municipio de San Cristóbal. ....	57
Figura 14. Tasa de mortalidad infantil en el municipio de San Cristóbal.....	58
Figura 15. Localidad de Tuxpan, Nayarit.....	59
Figura 16. Localidad de San Cristóbal de la Barranca, Jalisco.....	59
Figura 17. Turbiedad.....	64
Figura 18. Fluoruros .....	64
Figura 19. Nitrógeno de nitritos .....	65
Figura 20. Nitrógeno amoniacal .....	65
Figura 21. Sustancias activas al azul de metileno (SAAM) .....	66
Figura 22. Aluminio.....	66
Figura 23. Arsénico .....	67
Figura 24. Cadmio .....	67
Figura 25. Fierro .....	68
Figura 26. Manganeso .....	68
Figura 27. Coliformes totales.....	69
Figura 28. Coliformes fecales.....	69
Figura 29. Índice de calidad del agua. ....	70

Figura 30. Enfermedades infecciosas intestinales en el año 2008 y 2009. ....	72
Figura 31. Infecciones respiratorias agudas en el año 2008 y 2009.....	73
Figura 32. Frecuencia de valores fuera de norma .....	76
Figura 33. Índice de calidad del agua, Junio 2012.....	76
Figura 34. Sexo de los niños en Tuxpan                      Figura 35. Sexo de los niños en San Cristóbal .....	79
Figura 36. Lugar de nacimiento en Tuxpan                      Figura 37. Lugar de nacimiento en San Cristóbal.....	79
Figura 38. Lugar donde reciben atención en Tuxpan.                      Figura 39. Lugar donde reciben atención en San Cristóbal .....	80
Figura 40. Estado de salud del niños en San Cristóbal y Tuxpan.....	80
Figura 41. Síntomas en los niños de Tuxpan                      Figura 42. Síntomas en los niños de San Cristóbal.....	81
Figura 43. Enfermedades en los niños de Tuxpan                      Figura 44. Enfermedades en los niños de San                      Cristóbal.....	82
Figura 45. Lugar de donde consume agua en Tuxpan                      Figura 46. Lugar de donde consume en San Cristóbal .....	86
Figura 47. Opinión sobre la calidad del agua de consumo.....	86
Figura 48. Percepción de olores en Tuxpan                      Figura 49. Percepción de olores en San                      Cristóbal .....	87
Figura 50. Opinión sobre la relación de las personas con el río.....	88
Figura 51. Problemas identificados por la población de Tuxpan. ....	88
Figura 52. Problemas identificados por la población de San Cristóbal.....	89
Figura 53. Necesidades que expresa la población de Tuxpan. ....	89
Figura 54. Necesidades que expresa la población de San Cristóbal.....	90

## **RESUMEN**

En esta investigación se caracteriza las condiciones de salud ambiental en dos comunidades, realizando la evaluación de la calidad del agua que presentan los ríos aledaños a ellas, reportes de enfermedades en niños por la Secretaria de Salud y la evaluación de una encuesta de salud en niños y opinión sobre problemas ambientales; con el fin de establecer comparaciones entre las condiciones de salud en la población infantil y la calidad del agua de los ríos.

Se eligió las localidades de San Cristóbal de la Barranca que se encuentra ubicado a la orilla del río Santiago en el estado de Jalisco y Tuxpan que se localiza a la orilla del río San Pedro en el estado de Nayarit.

Para el análisis de la calidad del agua se tomaron los resultados del monitoreo realizado por la Universidad de Guadalajara sobre la calidad del agua del Río San Pedro. Para el caso de San Cristóbal de la Barranca se consultaron los resultados de calidad del agua que expide a la Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA, Jalisco) monitoreo que se realiza a lo largo del río Santiago. Se detectaron los parámetros que se encontraron por encima de los límites establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Se desarrollo el Índice de Calidad del Agua propuesto por Martínez de Bascarán (1979).

Para caracterizar el estado de salud en estas localidades se utilizaron dos herramientas. Primero para el periodo entre 2008 y 2009 se obtuvieron los datos de Secretaria de Salud registrados en la población infantil en cada uno de las comunidades y segundo, para 2012 se realizo la evaluación a partir de los datos referidos por la población en escuelas de nivel preescolar en ambas comunidades.

Con respecto a la calidad del agua, los parámetros que se encontraron fuera de norma en el río San Pedro cuando menos en algún muestreo fueron: turbiedad, fluoruros, nitrógeno de nitritos, nitrógeno amoniacal, aluminio, fierro, coliformes totales y coliformes fecales; de acuerdo al índice de calidad del agua se clasifico como agua contaminada siendo necesario un tratamiento potabilizador para consumo humano.

En el río Santiago los parámetros que se encontraron fuera de norma cuando menos en un muestreo fueron: turbiedad, fluoruros, nitrógeno amoniacal, sustancias activas al azul de metileno (SAAM), aluminio, arsénico, cadmio,

manganeso, coliformes fecales y coliformes totales; y de acuerdo al índice de calidad del agua se clasifico como agua con contaminación excesiva siendo inaceptable su consumo.

En relación a las enfermedades presentes en los niños de Tuxpan y San Cristóbal se presentan en mayor recurrencia son las relacionadas con vías respiratorias. Teniendo mayor presencia de casos en San Cristóbal. Y en cuanto a las enfermedades infecciosas intestinales se presentaron mayor número de casos en Tuxpan en los datos reportados por Secretaria de Salud.

De acuerdo a los datos de la encuesta también se presentan mayor presencia de enfermedades de las vías respiratorias en San Cristóbal que en Tuxpan.

La importancia de realizar este tipo de estudios radica en que las metodologías sirvan como herramientas para evaluar las tendencias sobre la contaminación ambiental y sus efectos en la salud, promoviendo las actuaciones que deberán considerar la sociedad y los responsables en la toma de decisiones, de esta manera lograr posibles soluciones.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Actualmente existe una evidente degradación y contaminación ambiental debido al crecimiento económico y la globalización, como consecuencia se tienen grandes impactos en la vida de las personas, principalmente por la aparición de nuevos riesgos a la salud.

Un ambiente para ser saludable debe considerar como mínimo:

- El abastecimiento de agua potable, vivienda y alimentos;
- Eliminación sanitaria de excretas y desechos sólidos que son condiciones para una vida sana y productiva;
- Una adecuada y correcta educación con componentes ambientales; y
- Un cambio de actitudes y hábitos inadecuados para la conservación del ambiente y de la salud (Rengifo, 2008).

El esquema de la relación entre población y medio ambiente y salud, requiere de una atención particular, porque existen factores de tiempo que pueden ser muy importantes entre el impacto de un acto contaminante y su repercusión en la salud del hombre. Para ahondar en el conocimiento de esta relación es necesario utilizar herramientas nuevas que brinden un conocimiento cuantitativo más exacto del impacto de una actividad productiva sobre el medio, que tome en cuenta la presión poblacional, las características del medio y las normas de salud establecidas, (López y Lechuga 2001).

La salud ambiental comprende aquellos aspectos de la salud humana, incluyendo la calidad de vida, que son determinados por factores físicos, químicos, biológicos, sociales y psicosociales del ambiente. La misma se refiere también a la teoría y práctica de evaluar, corregir, controlar y prevenir esos factores del ambiente que potencialmente pueden afectar de forma adversa la salud de las presentes y las futuras generaciones (OMS, 1993).

En base a la definición anterior podemos señalar que los estudios de salud ambiental en cualquier comunidad son de gran utilidad ya que con ellos se generan conocimientos acerca de las condiciones ambientales en que se encuentran. En ellos se especifican los riesgos a la salud que nos generan indicadores y de esta manera contribuyen a la toma de decisiones que ayuden a la solución de los problemas.

Dentro de los elementos que se consideran para un ambiente saludable el agua dulce es esencial para la salud humana. Se utiliza para cultivar alimentos, beber, la higiene personal, el lavado, la preparación de comidas y la dilución y reciclaje de los desechos. La escasez de agua compromete la producción de alimento, la salud humana, el desarrollo económico y la estabilidad geopolítica. Las inversiones en agua potable y en mejorar el saneamiento muestran una clara correspondencia con mejoras en la salud humana y la productividad económica. Diariamente cada persona necesita entre 20 y 50 litros de agua, libre de productos químicos nocivos y de contaminantes microbianos, para beber, cocinar y para su higiene. (Corvalán, 2005)

Aun cuando son muchos los usos que se pueden dar a este recurso, aquellos que involucran criterios de calidad son principalmente: uso como agua potable y en industrias alimentarias, uso recreativo, conservación de flora y fauna, uso agrícola e industrial. (Bifani, 1997).

La característica del agua de ser el solvente universal, es la que la convierte en un medio de fácil contaminación; a lo anterior hay que añadir que el agua no solamente disuelve sino que arrastra, suspende y emulsiona sustancias diversas, por lo cual finalmente puede contener todo tipo de sustancias inertes y microorganismos.

Las aguas superficiales, reciben cargas contaminantes de las descargas de drenajes sin tratar o de plantas de tratamiento con operación deficiente. Las corrientes superficiales se han visto afectadas por el arrastre de diversos contaminantes del aire como el plomo, bacterias, etc., de los campos agrícolas como fertilizantes y plaguicidas, de las minas en explotación, etc.

Entre las corrientes más contaminadas del país están las cuencas de los ríos Lerma-Chapala-Santiago, San Juan, Balsas, Blanco, Pánuco, Nazas y Bravo (Velásquez y Pérez ,1996).

Los problemas de la calidad del agua son muy variables entre las regiones y los países en el mundo y, en buena medida, son los reflejos de condiciones económicas y sociales y se encuentran fuertemente vinculados con las aguas dulces: ríos, aguas subterráneas y lagos, (Toledo, 2002).

El crecimiento tanto industrial como agrícola ha producido contaminación en el agua por microorganismos y virus además de compuestos orgánicos (hidrocarburos aromáticos policíclicos, compuestos fenólicos, hidrocarburos clorados y pesticidas organoclorados); compuestos inorgánicos (metales) y productos químicos agrícolas (plaguicidas, insecticidas, herbicidas, fungicidas y fertilizantes).

La deficiencia en el monitoreo de calidad del agua genera severos impactos a la salud y al ambiente. En México existen problemas de salud asociados a la mala calidad del agua que actualmente presentan la mayoría de los acuíferos en el país.

Estimaciones recientes reportan, que a nivel mundial 2,300 millones de personas padecen enfermedades relacionadas con el uso y consumo de agua.

Más de cinco millones de niños mueren cada año debido a enfermedades relacionadas con la mala calidad ambiental. Los objetivos del Milenio de las Naciones Unidas, que fueron publicados en septiembre de 2001 intentan reducir en dos tercios la tasa de mortalidad de los niños menores de cinco años para el año 2015. Las dos principales causas de muerte en niños menores de cinco años en América Latina y el Caribe son enfermedades diarreicas y las infecciones respiratorias agudas, las cuales se deben o empeoran debido a la contaminación ambiental (OPS, 2003).

En este trabajo se caracteriza las condiciones de salud ambiental en dos comunidades, realizando la evaluación de la calidad del agua que presentan los ríos aledaños a ellas, reportes de enfermedades en niños por la Secretaría de Salud y la evaluación de una encuesta sobre salud en niños y opinión sobre problemas ambientales en la zona de estudio.

La importancia de realizar este tipo de estudios radica en que las metodologías sirvan como herramientas para evaluar las tendencias sobre la contaminación ambiental y sus efectos en la salud, promoviendo las actuaciones que deberán considerar la sociedad y los responsables en la toma de decisiones, de esta manera lograr posibles soluciones.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

El agua es uno de los elementos básicos para la conservación de la salud y la preservación de la vida; este recursos de la naturaleza por muchas décadas fue considerado como renovable, en la actualidad crece la convicción de que es un elemento escaso, no renovable y estratégico, en este sentido cabe señalar que cada vez es más difícil y costoso acercar este recurso a los grupos poblacionales en condiciones adecuadas, en cantidad y calidad. (Vargas, et al., 2004).

En los países desarrollados, los sistemas de agua potable y alcantarillado, junto a los sistemas de distribución y de potabilización fiables, garantizan el abastecimiento generalizado de aguas con una calidad aceptable. Sin embargo, este no es el caso de la mayoría de países en desarrollo. En ellos, en las últimas décadas, la acelerada implantación del modelo de vida urbano industrial ha llevado a una grave crisis de salud, donde el agua se ha convertido en el principal agente propagador de enfermedades.

Las ciudades, las industrias, las actividades agropecuarias, la erosión del suelo y otras acciones humanas aportan grandes cantidades de contaminantes a los cuerpos de agua.

La industria produce una contaminación que es altamente variada dependiendo del giro de que se trate. Puede producir contaminantes que tengan efectos tóxicos crónicos, aun cuando los descargue en pequeñas cantidades.

La contaminación difusa, o no puntual, producto de los escurrimientos superficiales de las ciudades y de las áreas agrícolas, o la infiltración de los acuíferos de lixiviados de basureros o de agroquímicos agrícolas, pueden causar problemas de más fácil control que la contaminación puntual. En México se cuenta con poca información de este tipo de contaminación (Arreguin et al, 2004).

La gente puede estar expuesta a un riesgo cuando hace uso del agua para las siguientes actividades como lo son el consumo (alimentos y bebida), recreación, exposición a aerosoles y aguas residuales y usos médicos (OPS/OMS, 1999).

La población, en particular aquella en situación de pobreza y de extrema pobreza, se enfrenta a una situación en la que prevalece una alta tasa de enfermedades diarreicas por consumo de agua de mala calidad, lo que se aúna a la falta de servicios adecuados de agua potable y de alcantarillado. Las

enfermedades asociadas al agua son, pues, una de las mayores causas de morbilidad y mortalidad entre las comunidades de bajos recursos de los países en desarrollo (Loyola R. y Soncco C., 2007).

De acuerdo a datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Prüss-Üstün & Corvalán, 2006), se calcula que en todo el mundo el 24% de la carga de morbilidad y aproximadamente el 23% de todas las defunciones son atribuibles a factores ambientales.

Los niños están expuestos a graves riesgos a la salud por peligros ambientales. Más del 40% de la morbilidad mundial es atribuible a factores ambientales, los principalmente afectados son niños menores de cinco años de edad, este grupo representa aproximadamente el 10% de la población mundial (Prüss-Üstün & Corvalán, 2006).

Cerca de la mitad de la población de países en desarrollo sufre de una o más de las enfermedades asociadas con una inadecuada provisión de agua y servicios de saneamiento; estas enfermedades son entre otras: diarrea, shigeliosis, tracoma, anquilostoma, ascariasis, dracunculiasis, bilharzia.

Por mencionar algunos otros contaminantes del agua como ejemplo, encontramos los efectos del fluoruro que sólo se manifiestan tras una exposición prolongada al agua contaminada. Esta sustancia puede debilitar a las personas, dejarlas gravemente lisiadas o incluso causarles la muerte.

Por su parte, la exposición prolongada a bajas concentraciones de arsénico en el agua que se bebe provoca lesiones duras en la piel y puede derivar en casos de cáncer de piel, pulmón, vejiga y riñón. (CEMDA, 2006).

Por lo anterior, el monitoreo de la calidad del agua es un proceso que debe ser eficaz, regulado y actualizado. De la misma manera, la evaluación de la calidad del agua es indispensable para poder orientar esfuerzos que favorezcan su reutilización. (Carabias, 2005). De esta manera logrando mitigar las problemáticas relacionadas con el agua.

San Cristóbal de la Barranca en Jalisco enfrenta un problema sobre la contaminación que presenta el río Santiago que proviene principalmente de desechos domésticos e industriales de la zona Metropolitana de Guadalajara, haciendo que la población se encuentre susceptible a problemas de salud relacionados con la mala calidad del agua.

Por otro lado, la localidad de Tuxpan se encuentra aledaña al río San Pedro en Nayarit el cual presenta una mejor calidad del agua en comparación con el río

Santiago en San Cristóbal de la Barranca, Jalisco, por lo que se eligieron estas dos localidades para realizar esta investigación ya que no existen datos concretos donde se asocie la mala calidad del agua y la presencia de enfermedades, de ahí la importancia de realizar este tipo de estudios para determinar si existe correlación entre la calidad del agua y las salud presente en poblaciones cercanas a ríos como es el caso de estas dos comunidades.

Generalmente no se consideran los estudios de manera integral, es decir, donde se estudien las relaciones existentes entre la exposición a sustancias químicas los efectos en la salud. De esta manera, al realizar este tipo de trabajos se pueden realizar comparaciones generales entre localidades y a través del tiempo, por lo que resulta de gran importancia obtener este tipo de información.

### **3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuáles son las concentraciones de los principales contaminantes presentes en el río San Pedro en Nayarit y en el río Santiago en Jalisco?

¿La calidad del agua del río San Pedro y del río Santiago es aceptable para consumo humano en la población de Tuxpan, Nayarit y San Cristóbal de la Barranca, Jalisco respectivamente?

¿Qué tipo de enfermedades existe en niños menores de 5 años en Tuxpan, Nayarit y San Cristóbal de la Barranca, Jalisco?

¿Qué diferencias existen entre la calidad del agua de los ríos y las enfermedades en los niños de las poblaciones de Tuxpan, Nayarit y San Cristóbal de la Barranca, Jalisco?

#### **4. OBJETIVOS**

*Objetivo general*

Evaluar la calidad del agua y la salud en poblaciones con diferentes niveles de contaminación.

*Objetivos específicos*

- Establecer la calidad del agua (físicoquímicos y microbiológicos) en el río San Pedro en Nayarit y río Santiago en Jalisco.
- Identificar las patologías frecuentes en niños menores de 5 años en las poblaciones de Tuxpan, Nayarit y San Cristóbal de la Barranca, Jalisco.
- Analizar las diferencias entre los niveles de contaminación del río San Pedro y río Santiago y las patologías frecuentes en niños menores de 5 años en las poblaciones de Tuxpan, Nayarit y San Cristóbal de la Barranca, Jalisco.

## 5. MARCO TEÓRICO

Para introducir a la comprensión y asociación de los temas a tratar en este trabajo es preciso identificar algunos conceptos.

### 5.1 Salud

Los clásicos no tenían especiales dificultades en alcanzar una idea clara de lo que es la salud. Hablaban latín, y la sola palabra *salus* ya les daba idea de su significado. Nosotros debemos retroceder a la etimología para alcanzar lo que era evidente para ellos. *Salus* y *salvatio*, muy iguales en latín (considérese que la U y la V, cuyos sonidos y grafía ahora distinguimos, eran una sola letra para los clásicos), significan “estar en condiciones de poder superar un obstáculo”. De estas palabras latinas se derivan sus equivalentes castellanas: salud y salvación.

El término castellano “salvarse” incluye el significado original de “superar una dificultad”, y se aplica tanto a dificultades naturales (salvarse de un incendio, por ej.), como a las sobrenaturales (la salvación de los peligros que la vida presente supone para la vida del alma). Sin embargo, el término salud no se entiende actualmente como ligado a dicho significado de “superar una dificultad”.

De ahí la gran variedad de definiciones, a veces profundamente discordantes, otras veces más o menos de acuerdo en algunos puntos, y casi siempre eclécticas, que se limitan a agrupar las opiniones más en boga sobre la cuestión. Si recuperamos para el término “salud” el significado, original y genuino, de “superar una dificultad”, obtenemos una definición en toda regla: salud es el hábito o estado corporal que nos permite seguir viviendo es decir, que nos permite superar los obstáculos que el vivir encuentra a su paso (Pardo, 1997).

Actualmente la OMS define la salud como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.

#### **5.1.1 Salud ambiental**

En 1993, la OMS establece que la Salud Ambiental consiste en los aspectos de: *salud humana incluyendo la calidad de vida determinados por factores físicos, biológicos, sociales y psicológicos inmersos en el medio ambiente. Además, la Salud Ambiental tiene que ver con la evaluación, corrección y prevención de*

*factores que afectan de manera potencial y adversa la salud de las presentes y futuras generaciones.*

La definición que ofrece la Carta de la OMS, misma que fue adaptada por la Carta Europea sobre el Medio Ambiente y la Salud, define así la salud ambiental: *"...(la salud ambiental) incluye tanto los efectos patológicos directos de las sustancias químicas, la radiación y algunos agentes biológicos, así como los efectos (con frecuencia indirectos) en la salud y el bienestar derivados del medio físico, psicológico, social y estético en general, comprendiendo la vivienda, el desarrollo urbano, el uso del terreno y el transporte."* (Johnson, 1997).

La siguiente definición es muy similar a la anterior pero relaciona los efectos patológicos con los efectos hacia la salud y el medio ambiente englobando diversos escenarios y actividades que se involucran en estos procesos. El Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU. (2000) define así la salud ambiental: *"...aquellos aspectos de la enfermedad humana y lesiones al ser humano, que son determinados o condicionados por factores en el medio ambiente. Lo anterior implica el estudio de los efectos patológicos directos de diversos agentes químicos, físicos y biológicos, así como los efectos que ejerce el medio físico y social en la salud en general, entre otros la vivienda, el desarrollo urbano, el uso del terreno y el transporte, la industria y la agricultura."*

La salud ambiental comprende aquellos aspectos de la salud humana, incluida la calidad de vida, que son determinados por factores ambientales físicos, químicos, biológicos, sociales y psicosociales. También se refiere a la teoría y práctica de evaluación, corrección, control y prevención de los factores ambientales que pueden afectar de forma adversa la salud de la presente y futuras generaciones (Ordóñez, 2000).

En el 2002 en el Programa de Salud Ambiental Básica la Salud Ambiental se señala como: *"una ciencia que se basa en esencia en dos aspectos: uno que estudia los peligros en el ambiente, sus efectos en la salud y las variaciones en la sensibilidad frente a las exposiciones dentro de las comunidades, y otro que explora el desarrollo de medios efectivos para la protección contra los peligros en el ambiente."*

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente: la denominación *"salud ambiental"* designa no solo un conjunto analítico de conocimientos y prácticas sino también el sistema de recursos humanos, físicos, financieros e institucionales que trabaja con tales conocimientos y prácticas.

En la actualidad la definición de la Organización Mundial de la Salud es la siguiente: *la salud ambiental está relacionada con todos los factores físicos, químicos y biológicos externos de una persona. Es decir, que engloba factores ambientales que podrían incidir en la salud y se basa en la prevención de las enfermedades y en la creación de ambientes propicios para la salud. Por consiguiente, queda excluido de esta definición cualquier comportamiento no relacionado con el medio ambiente, así como cualquier comportamiento relacionado con el entorno social y económico y con la genética (OMS, 2012).*

### **5.1.2 La investigación en salud ambiental**

Para el desarrollo de investigaciones sobre estos efectos a la salud cabe destacar que la salud ambiental no es una disciplina, sino un campo de prácticas generoso en el cual diversas disciplinas y metodologías pueden contribuir al estudio de las relaciones del ambiente con la salud. A continuación se presentan algunas contribuciones de la toxicología, la epidemiología y la evaluación de riesgos, selección que refleja solamente la formación profesional de los autores. A título de ejemplo, las ciencias sociales representan una contribución pertinente en este campo.

#### Toxicología

La toxicología ambiental y ocupacional procura contribuir por medio de información científica que se analiza en todas sus etapas: la fase de exposición, en la cual el contaminante se encuentra en el ambiente y puede entrar en contacto con el organismo humano a través de diferentes vías de exposición, (disponibilidad química); la fase de toxicocinética, donde ocurren una serie de reacciones químicas después de que el agente químico entra en contacto con el organismo, el cual será absorbido, biotransformado, almacenado y eliminado, representando una disponibilidad biológica; la fase de toxicodinámica, en la cual ocurre una interacción entre el agente químico y los receptores biológicos en el organismo en el que se manifiestan las primeras alteraciones biológicas (bioquímicas, morfológicas o fisiológicas) pudiendo aparecer o no la enfermedad; y, por último, la fase clínica, en la cual se manifiestan los signos y síntomas de la enfermedad.

Actualmente, una nueva dimensión en el campo de la toxicología experimental podrá contribuir de forma significativa a la salud pública en lo que respecta al establecimiento de normas ambientales y ocupacionales (Cassanha et al, 2011).

## Epidemiología

Gran parte de la información de que disponen los profesionales del área de la salud ambiental se obtiene por medio de estudios descriptivos y analíticos.

Los estudios descriptivos –como su nombre indica– describen la forma en que se producen efectos en la salud, en particular, teniendo en cuenta las variables relacionadas con las personas, el lugar (ambiente) y el tiempo. Los estudios analíticos muestran la relación de causa y efecto entre la exposición a un factor ambiental y la aparición de un determinado efecto en la salud (accidente o enfermedad). Estos últimos comparan la presencia de algún factor en el grupo en estudio y otro grupo lo más semejante posible (grupo de comparación). Si la diferencia observada por medio de pruebas estadísticas es significativa (con una probabilidad de error pequeña), puede existir la relación causal estudiada (Cámara, 2002, citado por Cassanha et al, 2011)

## Evaluaciones de riesgo

Esta evaluación abarca información ambiental pertinente, datos sobre los efectos en la salud y las preocupaciones de las comunidades en relación con los lugares donde se habían vertido sustancias peligrosas. Al final, recomienda medidas de salud pública para los grupos, tanto de habitantes como de trabajadores, que han estado expuestos en las áreas contaminadas por residuos peligrosos (Cassanha et al, 2011).

### **5.2 Contaminación del agua**

No sólo la escasez y la mala distribución espacial y temporal del agua imponen limitaciones a su uso, en los últimos años la contaminación se ha manifestado como otro factor restrictivo a la disponibilidad y empleo del agua (Arreguín, et al., 2004).

Una definición de la contaminación del agua dice que el medio acuático está contaminado cuando la composición o el estado del agua están modificados, directa o indirectamente, por el hombre, de modo que se presta menos fácilmente a todas o algunas de las utilidades para las que podría servir en su estado natural (MIMAM, 2000).

En la naturaleza, toda agua contiene algunas impurezas. A medida que el agua fluye en los arroyos, se estanca en los lagos, ríos, pozos, norias, manantiales y se filtra a través de capas de suelo y roca en la tierra, disuelve o absorbe las sustancias con las cuales hace contacto. Algunos contaminantes provienen de la erosión de formaciones de rocas naturales. Sin embargo, ocasionalmente, el hombre actúa de manera negligente contaminando las aguas subterráneas y

superficiales, y consecuentemente modificando sus características físicas, químicas y condiciones bacteriológicas. (Rina, 2005).

Las ciudades, las industrias, las actividades agropecuarias, la erosión del suelo y otras acciones humanas aportan grandes cantidades de contaminantes a los cuerpos de agua.

Algunos contaminantes son sustancias descargadas de las fábricas, agroquímicos que se aplican a terrenos agrícolas, o se usan por parte de los consumidores en sus casas y jardines. Es posible que las fuentes de contaminantes estén en su población o que se encuentren a muchos kilómetros de distancia (EPA, 2006). A este tipo de contaminación se le denomina difusa o no puntual. En México se cuenta con poca información de este tipo de contaminación (Arreguín, et al., 2004).

La contaminación y el agotamiento de los ríos reducen la disponibilidad de agua; de acuerdo a estadísticas de INEGI (2009), actualmente cerca de la mitad de los ríos en el mundo se encuentran contaminados y con agotamiento grave y 60% de los más caudalosos han quedado interrumpidos por alguna infraestructura hidráulica.

### **5.2.1 Situación del agua superficial en México**

Según el estudio del impacto ambiental por el uso del agua en las diferentes actividades humanas elaborado para el Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México, 2003-2006 del INEGI, las descargas de aguas residuales a los principales cuerpos de agua del país, como lagos, lagunas, estuarios y ríos, etc. presentan una tasa de crecimiento medio anual de 0.4 % entre el inicio y final de este periodo.

Esta situación se agrava por el bajo volumen de las aguas residuales municipales que recibe tratamiento antes de ser depositada en los cuerpos de agua (que en los últimos años oscila entre 36 y 38 %), aunado a la precaria calidad del recurso, que se ubica entre las más bajas de acuerdo con el indicador de calidad del agua desarrollado por el PNUMA, y que lo sitúa por debajo de Costa Rica, Brasil y Argentina (INEGI, 2009).

Las corrientes superficiales se han visto afectadas por el arrastre de diversos contaminantes del aire como el plomo, bacterias, etc., de los campos agrícolas como fertilizantes y plaguicidas, de las minas en explotación, etc.

Entre las corrientes más contaminadas del país están las cuencas de los ríos Lerma-Chapala-Santiago, San Juan, Balsas, Blanco, Pánuco, Nazas y Bravo (Velásquez, M. y Pérez J., 1996).

El caudal de aguas residuales en México es de 423 m<sup>3</sup>/s, de las cuales 252 m<sup>3</sup>/s provienen de los municipios y 172 m<sup>3</sup>/s de la industria. De acuerdo con los estudios de 218 cuencas que cubren 77% del territorio nacional, donde se ubica 93% de la población, 72% de la producción industrial y 98% de la superficie bajo riego, tan sólo en 20 cuencas se genera 90% de la carga contaminante total, medida como DBO.

De acuerdo con los estudios de 218 cuencas que cubren 77% del territorio nacional, donde se ubica 93% de la población, 72% de la producción industrial y 98% de la superficie bajo riego, tan sólo en 20 cuencas se genera 90% de la carga contaminante total, medida como DBO.

En las cuencas de los ríos Pánuco, Lerma, San Juan y Balsas se recibe 50% de las descargas de agua residual, otras cuencas con altos niveles de contaminación son las de los ríos Blanco, Papaloapan, Culiacán y Coatzacoalcos. Actualmente las aguas residuales municipales se reúsan en regiones con poca disponibilidad de agua, aun cuando en la mayoría de los casos se hace en forma inapropiada (Arreguín, et al., 2004).

La Comisión Nacional del Agua realiza la evaluación de la calidad del agua llevándola a cabo utilizando tres indicadores: la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). La DBO5 y la DQO se utilizan para determinar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas residuales tanto de origen municipal como no municipal.

Tabla 1. Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales por Región Hidrológica (RHA) en México de acuerdo a los indicadores DBO5, DQO y SST, 2009.

Indicador	Excelente	Buena calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
<b>DBO5</b>	41	26.8	19.7	7.9	4.6
<b>DQO</b>	28.3	22.1	18.6	23.5	7.5
<b>SST</b>	53.5	28.9	10.1	5.9	1.6

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos presentados por CNA, 2011.

Los resultados de los sitios de monitoreo en las aguas superficiales de acuerdo al indicador DBO5 el 4.6% de los sitios se encuentra fuertemente contaminada y 7.9% contaminada; para el indicador DQO el 7.5% fuertemente contaminada y 23.5% contaminada; y para SST 1.6% fuertemente contaminada y 5.9% contaminada (Tabla 1). De acuerdo con los resultados de las evaluaciones de calidad del agua para los tres indicadores de la misma (DBO5, DQO y SST) aplicadas a los sitios de monitoreo en el año 2009, se determinó que veintiún cuencas están clasificadas como fuertemente contaminadas en algún indicador (CNA, 2011).

De acuerdo con los resultados de las evaluaciones de calidad del agua para los tres indicadores de la misma (DBO5, DQO y SST) aplicadas a los sitios de monitoreo en el año 2009, se determinó que veintiún cuencas están clasificadas como fuertemente contaminadas en algún indicador (CNA, 2011).

### **5.2.2 Principales contaminantes en el agua**

De acuerdo a su naturaleza se distinguen los contaminantes en:

**Químicos:** Provenientes de los drenados de minas, desechos solubilizados de la agricultura, derrames de petróleo, pesticidas, aguas residuales municipales, desechos líquidos industriales y compuestos radiactivos.

**Biológicos:** Son seres vivos que provocan enfermedades en el hombre u otras especies. Las más comunes son la tifoidea, la salmonelosis, disentería, cólera y helmintiasis.

**Físicos:** son alteraciones de las propiedades físicas del agua, tales como la temperatura, color, etc. Su origen y efectos son diversos (Jiménez, 2001).

El agua puede recibir diversos agentes contaminantes, en función de múltiples fuentes generadoras, tanto de actividades antropogénicas como naturales que se pueden presentar en la cuenca, En la Tabla 2 se describen algunos de los principales contaminantes y las fuentes que afectan la calidad del agua.

Existe una clasificación como contaminantes convencionales o tóxicos prioritarios que incluye los siguientes:

**Físicos:** color, olor, sabor, temperatura, turbiedad, sólidos y conductividad.

**Químicos:** alcalinidad, oxígeno disuelto, pH, no metales, metales, nutrientes (N y P), dureza y cloro residual.

Materia orgánica: demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), carbono orgánico total (COT), sustancias activas al azul de metilo (SAAM), grasas y aceites y fenoles.

Bacteriólogos: Coliformes fecales, *Vibrio cholerae*, *Shigella*, *Salmonella* y *Giardia Lamblia*.

En México no ha sido definida una lista a este respecto; sin embargo, con el objeto de que cuente con una lista de sustancias tóxicas de atención prioritaria en sus cuerpos de agua, el Instituto de Ingeniería de la UNAM, a partir de un estudio bibliográfico, propuso un total de 53 sustancias, de las cuales 77% corresponden a plaguicidas el 23% son de origen industrial. Esta selección tiene como fundamento su frecuencia a escala nacional, la persistencia en zonas agrícolas, su toxicidad, la bioacumulación, la bioconcentración y la movilidad de los contaminantes en cuerpos de agua superficiales y subterráneos (Jiménez, 2001).

Tabla 2. Contaminantes, procesos y fuentes que afectan la calidad del agua		
Contaminantes y procesos	Descripción	Fuentes
<b>Contaminantes orgánicos</b>	Se descomponen en el agua y disminuyen el oxígeno disuelto, induciendo la eutrofización.	Fuentes industriales, domésticas, asentamientos humanos.
<b>Nutrientes</b>	Incluyen principalmente fosfatos y nitratos, su incremento en el agua induce a una eutrofización. Se originan de desechos humanos y animales, detergentes y escorrentía de fertilizantes agrícolas.	Fuentes domésticas, industriales, escorrentía agrícola.
<b>Metales pesados</b>	Se originan principalmente alrededor de centros industriales y mineros. También pueden provenir de actividades militares o a través de lixiviados.	Fuentes industriales, mineras, asentamientos humanos, actividades militares.
<b>Contaminación microbiológica</b>	Desechos domésticos no tratados, criaderos de animales (E. coli, protistos, amebas, etc.).	Fuentes municipales.
<b>Compuestos tóxicos orgánicos</b>	Químicos industriales, dioxinas, plásticos, pesticidas agrícolas, hidrocarburos de petróleo, hidrocarburos poli cíclicos generados de la combustión del petróleo. Compuestos orgánicos persistentes (POP) como químicos disruptores endocrinos, cianotoxinas, compuestos	Fuentes industriales, asentamientos humanos, escorrentía agrícola

Tabla 2. Contaminantes, procesos y fuentes que afectan la calidad del agua		
Contaminantes y procesos	Descripción	Fuentes
	órgano estánicos de pinturas antinsecurantes.	
<b>Químicos traza y compuestos farmacéuticos</b>	Desechos hospitalarios, son sustancias peligrosas no removidos necesariamente por los tratamientos convencionales y han sido reconocidos con disruptores endocrinos y carcinogénicos.	Industria química y farmacia.
<b>Partículas suspendidas</b>	Pueden ser orgánicas o inorgánicas y se originan principalmente de prácticas agrícolas y del cambio en el uso de la tierra, como deforestación, conversión de pendientes en pastizales originando erosión.	Industria, asentamientos humanos, escorrentía agrícola y cambios en el uso de la tierra.
<b>Desechos nucleares</b>	Incluye una gama amplia de radio núcleos utilizados en fines pacíficos.	Plantas nucleares, fallout radioactivo, ensayos nucleares, desechos hospitalarios, desechos industriales
<b>Salinización</b>	Se produce por la presencia de sales en los suelos y drenajes inadecuados. También ocurre por afloramiento de agua proveniente de zonas altas, donde se riega (lavado de sales).	Presencia de sales en los suelos, la que aflora por carecerse de un buen drenaje, irrigación con agua salobre, agua de yacimientos secundarios de petróleo.
<b>Acidificación</b>	Está relacionada con un pH bajo del agua dado por la deposición sulfúrica producida por la actividad industrial y por las emisiones urbanas.	Fuentes industriales y fuentes municipales.

Fuente: Kraemer, Choudhury y Kampa (2001).

### 5.3 Calidad del agua

Se define la evaluación de la calidad del agua como el proceso global de la evaluación física, química y biológica del agua en relación con la calidad natural, los efectos humanos y los usos destinados, particularmente usos que pueden afectar a la salud humana y la salud del sistema acuático (UNESCO/WHO/UNEP, 1996).

Sin la influencia humana, la calidad del agua se determina por el desgaste de los minerales, por los procesos atmosféricos de evapotranspiración y deposición por el viento de polvo y la sal, por la lixiviación natural o materia

orgánica y los nutrientes del suelo, por factores hidrológicos que conducen a la escorrentía, y por procesos biológicos en el medio acuático que puede alterar la composición física y química del agua. Como resultado, el agua en el medio ambiente natural contiene muchas sustancias disueltas y materia particulada no disuelta. Las sales y minerales disueltos son componentes necesarios para el agua de buena calidad, ya que ayudan a mantener la salud y vitalidad de los organismos que dependen de este servicio ambiental.

El agua también puede contener sustancias que son perjudiciales para la vida. Estos incluyen metales como el mercurio, el plomo y el cadmio, pesticidas, toxinas orgánicas y contaminantes radioactivos.

El agua casi siempre contiene organismos vivos de fuentes naturales que son componentes integrales de los ciclos biogeoquímicos en los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, algunos de estos, especialmente las bacterias, protozoarios, parásitos, hongos, gusanos y los virus pueden ser perjudiciales para los seres humanos si está presente en el agua utilizada para beber.

La disponibilidad de agua y su composición física, química y biológica afecta a la capacidad de los medios acuáticos para mantener los ecosistemas saludables. Por otra parte, un suministro abundante de agua limpia es un requisito básico para muchos de los usos fundamentales de los que dependen los seres humanos. Estos incluyen, pero no están limitados a:

- El agua utilizada para uso y consumo humano
- El agua utilizada en la agricultura y la acuicultura
- El agua utilizada en la industria
- El agua utilizada para la recreación, y
- El agua utilizada para la generación de energía eléctrica.

La calidad del agua necesaria para cada uso varía, al igual que los criterios utilizados para evaluar la calidad del agua. Por ejemplo, los más altos estándares de pureza se requieren para el agua potable, mientras que es aceptable una de menor calidad para el agua utilizada en algunos procesos industriales.

La calidad del agua se determina mediante la comparación de las características físicas y químicas de una muestra de agua con los criterios de calidad del agua o normas. Los criterios y las normas del agua están diseñados para permitir el suministro de agua limpia y segura para el consumo humano, a fin de proteger la salud humana. Estos se basan generalmente en evaluación

científica niveles aceptables de toxicidad para los seres humanos o los organismos acuáticos.

Los lineamientos para la protección de la vida acuática son más difíciles de establecer, en gran parte porque los ecosistemas acuáticos varían enormemente en su composición, tanto espacial como temporalmente y debido a los límites del ecosistema rara vez coinciden con los territoriales (Carr y Neary, 2008).

La calidad del agua es un factor determinante de la salud pública y de los ecosistemas, que restringe la oferta de agua y su distribución potencial para los diferentes usos. El agua está asociada a la transmisión de enfermedades que afectan la salud humana, ya sea por ingestión directa o mediante la contaminación de alimentos, por lo que su calidad está absolutamente relacionada con la calidad de vida de la población (WWDR, 2003).

### **5.3.1 Principales indicadores de calidad del agua**

La manera de estimar la Calidad del agua consiste en la definición de índices o ratios de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en la situación real y en otra situación que se considere admisible o deseable y que viene definida por ciertos estándares o criterios.

Los parámetros físicos más importantes son la transparencia, turbidez, color, olor, sabor, temperatura, conductividad eléctrica y pH.

Los parámetros químicos son los más importantes para definir la Calidad del agua, existe una extensa lista de ellos siendo posible agruparles en:

- Sustancias presentes naturalmente y sustancias vertidas artificialmente. Como no hay un límite bien marcado entre unas y otras, ya que muchas pueden proceder de ambas fuentes (nitrógeno, fenoles, etc.), las estimaciones deberán hacerse en función de diferencias de concentración y no de los valores absolutos.
- Sustancias y caracteres estables, inestables, ligeramente estables. Esta agrupación se usa cuando hay que decidir los análisis u observaciones a realizar in situ en laboratorio móvil o en laboratorio permanente.
- Sustancias presentes habitualmente en cantidades grandes (iones más importantes, oxígeno disuelto, etc., y algunos contaminantes, como detergentes y derivados del petróleo) y sustancias presentes en cantidades pequeñas. Las primeras deberán ser analizadas con

frecuencia y las segundas solo en la prospección preliminar o en observaciones muy detalladas.

Los parámetros biológicos incluyen diversas especies microbiológicas patógenas al hombre así como virus y diversos invertebrados. Últimamente se utilizan los llamados índices bióticos, que se construyen en función de la presencia de ciertas especies (taxones, más generalmente), que se comportan como indicadores de los niveles de contaminación, y las variaciones de la estructura de la comunidad biótica ocasionadas por la alteración del medio acuático (MIMAM, 2000).

### **5.3.2 Estimación del Índice de Calidad del Agua**

El Índice de Calidad del Agua (ICA), como forma de agrupación simplificada de algunos parámetros, indicadores de un deterioro en calidad del agua, es una manera de comunicar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Sin embargo, para que dicho índice sea práctico debe de reducir la enorme cantidad de parámetros a una forma más simple, y durante el proceso de simplificación algo de información se sacrifica. Por otro lado si el diseño del ICA es adecuado, el valor arrojado puede ser representativo e indicativo del nivel de contaminación y comparable con otros para enmarcar rangos y detectar tendencias.

El monitoreo de un cuerpo de agua para detectar su grado de contaminación, conduce a obtener una inmensa cantidad de datos de varios parámetros, incluso dimensionalmente distintos, que hace difícil detectar patrones de contaminación. Horton (1965) y Liebman (1969) son los pioneros en el intento de generar una metodología unificada para el cálculo del ICA. Pratti (1971) presenta un trabajo con trece parámetros y Dinius (1987) realiza otro similar con once parámetros.

Para la agrupación de los parámetros existen dos técnicas básicas; las denominadas aritméticas y las multiplicativas (Brown, 1970). A su vez pueden o no ponderarse con pesos específicos para cada parámetro. Landwehr y Denninger (1976) demostraron la superioridad del cálculo a través de técnicas multiplicativas, que son mucho más sensibles que los aritméticos a la variación de los parámetros, por lo que reflejan con mayor precisión un cambio de calidad.

En cuanto a la ponderación, Ott (1978) indica que el asignar pesos específicos a los parámetros tiene el riesgo de introducir cierto grado de subjetividad en la evaluación, pero por otro lado sugiere que es importante una asignación racional y unificada de dichos pesos de acuerdo al uso del agua y de la

importancia de los parámetros en relación al riesgo que implique el aumento o disminución de su concentración.

El intento más reciente para el diseño del ICA es el de Dinius (1987). En dicho trabajo y usando el método Delphi de encuestas (creado con el objeto de integrar efectivamente las opiniones de expertos y eliminar las desventajas colaterales de un proceso de comité), agrupó a un panel de expertos en cuestiones ambientales y diseñó, a partir de la evaluación e interacción de ellos, un ICA de tipo multiplicativo y con asignación de pesos específicos por parámetro (De la Mora, Flores, Ruíz y García, 2004).

#### **5.4 Legislación ambiental del agua en México**

Las leyes que determinan la normativa respecto a la calidad del agua son cuatro: la Ley de Aguas Nacionales, LAN (DOF, 29 de abril de 2004), en la que la calidad del recurso resulta un tema destacado en relación con los efectos potenciales en la salud y el ambiente; la Ley Federal de Derechos, que en materia de agua utiliza los lineamientos de calidad de Estados Unidos del año 1989; la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que trata, entre otros temas, la prevención y el control de la contaminación del agua y los ecosistemas acuáticos, y, por último, la Ley General de Salud, que determina los valores permisibles para el agua de consumo humano y ciertos requisitos sanitarios (Carabias y Landa, 2005).

Existen 4 normas relacionadas con la prevención y la contaminación del agua que establecen los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, en sistemas de alcantarillado y en aguas que se reusen en servicios al público.

Mazari y colaboradores (2005) resumen algunas de las limitaciones de estos instrumentos jurídicos:

- La NOM-001 se basa en la concentración de coliformes totales, pero no considera los compuestos orgánicos, aunque es la única norma que hace referencia a las condiciones necesarias del agua para riego.
- La NOM-002, al permitir a las industrias las descargas, está transfiriendo el problema de la calidad del agua a los municipios o a los estados y genera problemas graves de operación de las plantas de tratamiento que no están diseñadas para descargas industriales.
- La NOM-003 está relacionada con la Ley de Derechos de Uso, en la que se incluye el monitoreo de los compuestos orgánicos; sin embargo, esto no se

lleva a cabo debido a la carencia de herramientas tecnológicas y de personal capacitado.

- La NOM-004 clasifica los lodos a partir del contenido de microorganismos patógenos; sin embargo, se considera insuficiente e inadecuada.

Destacando que ninguna de estas normas toma en cuenta el monitoreo de la cantidad de agentes microbiológicos (Carabias y Landa, 2005).

Por otro lado, la Secretaría de Salud, en coordinación con la CNA y otras entidades del gobierno, ha elaborado sus propias NOM para establecer requisitos y procedimientos sanitarios en el abastecimiento de agua para uso y consumo humanos. Una de estas normas es la NOM 127 que establece los límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para potabilización, consumo y uso humano.

Por último, la CNA, por medio de su Comité Consultivo de Normalización del Sector Agua, expide algunas NOM que establecen las disposiciones, las especificaciones y los métodos de prueba para aprovechar, preservar en cantidad y calidad, y manejar adecuada y eficientemente el agua.

### **5.5 Enfermedades relacionadas con el agua**

Factores como la contaminación y el cambio climático, afecta la distribución y calidad de las aguas superficiales y subterráneas incrementado la incidencia de enfermedades, especialmente en épocas de inundaciones o sequía. Por otra parte se van ampliando las áreas de distribución geográfica de algunos vectores lo que se traduce en un aumento de las enfermedades por ellos transmitidas (Gait y Pieroto, 2009).

La carga en la salud pública esta determinada por la severidad de las enfermedades asociadas con los patógenos, su efectividad y la población expuesta. Sin embargo, aunque la exposición incluye el contacto con agua contaminada, la cercanía a estanques de agua donde proliferan los vectores transmisores de enfermedades y la inhalación de vapor de agua que contiene patógenos, la ingestión de agua contaminada es, por mucho, la fuente de mayor escala de en los brotes de enfermedades relacionadas con el agua. A través del agua para beber se pueden ingerir bacterias, virus, protozoarios y huevos de helminto, conduciendo a enfermedades infecciosas gastrointestinales. La inhalación y aspiración de vapor de agua proveniente de sistemas de aire acondicionado, spas y humidificadores, puede contener bacterias, virus y protozoarios que causan enfermedades infecciosas intestinales, respiratorias y dermatológicas.

Los factores de riesgo ambiental no se limitan a la ausencia de acceso al agua potable y saneamiento; incluyen cuerpos de aguas cercanos a las viviendas y los vectores circundantes, las sustancias tóxicas en la atmósfera y los microorganismos patógenos y las toxinas en el suelo. Existen afectaciones por la falta de agua como el tracoma y la sarna, las basadas en el contacto continuo con agua contaminada, como la dracunculiasis y la esquistosomiasis y las transmitidas por insectos que se propagan en cuerpos de agua estancados, como el paludismo y la fiebre amarilla, (Prüss-Üstün, et al., 2004).

La gente puede estar expuesta a un riesgo cuando hace uso del agua para las siguientes actividades como lo son el consumo (alimentos y bebida), recreación, exposición a aerosoles y aguas residuales y usos médicos.

Además de los riesgos netamente accidentales, los riesgos principales para la salud están relacionados con la contaminación. Esta puede ser microbiológica (bacterias, virus, parásitos), química (metales, plaguicidas, subproductos de desinfección, etc.), relacionada con toxinas (toxinas producidas por algas, etc.).

Aquí también se debe hacer una distinción entre intoxicación por ingestión de agua sucia y aquella debida al consumo de alimentos o bebidas contaminados. Los episodios individuales o colectivos de intoxicación pueden ser causados por alimentos o aperitivos no cocinados preparados con agua contaminada e incluso por vegetales regados con agua sucia o consumidos crudos y mal lavados. Estos son riesgos de tipo microbiológico (OPS/OMS, 1999).

Por lo general, las enfermedades relacionadas se clasifican como:

1. Transmitidas por el agua. La transmisión de da a través de la ingestión de agua y, hasta cierto punto, al bañarse. Esta categoría incluye las enfermedades intestinales, dracunculiasis, arsenicosis, fluorosis, enfermedades debidas a químicos tóxicos y las producidas por exceso de algas tóxicas.
2. Incrementada pro la falta de agua. La transmisión es causada por higiene personal, doméstica, agrícola inadecuadas, incluyendo el caso de que la higiene personal se vea afectada por la falta de agua. Esta clasificación incluye la transmisión de patógenos fecales de persona a persona como resultado de higiene deficiente o el uso de agua contaminada para riego o lavado. Las enfermedades típicas son el tracoma y la sarna, atribuibles a la higiene inadecuada por la falta de agua.

3. Por contacto con el agua. La transmisión es por contacto con el agua que contiene organismos como el *Schistosoma spp.*, el cual causa la enfermedad parasitaria esquistosomiasis (picazón del bañista).
4. Transmitidas por insectos. La transmisión se realiza por medio de vectores que proliferan en cuerpos de agua relacionados con embalses, riego por inundación y otros cuerpos estancados. Las enfermedades típicas son la malaria, dengue y filariasis linfática).
5. Dispersadas por el agua. La transmisión proviene de aerosoles contaminados, por lo general provenientes de sistemas de aire acondicionados diseñados de manera deficiente. La enfermedad por antonomasia es la legionelosis.

Dentro de las enfermedades de origen hídrico existen aquellas causadas por determinadas sustancias químicas (orgánicas o inorgánicas) presentes en el agua en concentraciones superiores a las especificadas en las Normas de Consumo. Estas sustancias pueden estar naturalmente presentes o provenir de contaminación.

Entre los contaminantes inorgánicos podemos mencionar el arsénico, cadmio, nitratos, y plomo entre otros. Los contaminantes orgánicos, por su parte incluyen químicos volátiles como los hidrocarburos y plaguicidas (organoclorados y fosforados).

- El arsénico: es un elemento cada vez más identificado especialmente en aguas de pozo proveniente de suelos con alto contenido del mismo que es movilizado hacia las aguas subterráneas. La exposición digestiva crónica por ingesta a través del agua se asocia a una gran diversidad de efectos adversos, entre ellos el cáncer.

- El plomo: la contaminación ambiental por plomo constituye un problema sanitario mundial, ya que tiene gran ubicuidad ambiental y puede provocar efectos adversos en todos los sistemas orgánicos corporales. El plomo es un tóxico de carácter acumulativo. Su relevancia no es solamente se relaciona con la absorción de una dosis tóxica sino con la acumulación de dosis no tóxicas ingeridas separadamente. Este elemento se fija en el esqueleto, donde se encuentra en estrecha relación con el metabolismo del Calcio.

- Nitratos y Metahemoglobinemia: Los nitratos aparecen en el suelo y en las aguas superficiales y subterráneas por la descomposición de materiales orgánicos (proteínas vegetales, animales y excretas). Las bacterias pueden

aprovechar este material nitrogenado para realizar ciclos de nitrificación–desnitrificación formando diferentes compuestos como amonio, nitritos y nitratos. El hombre aporta nitratos al medio ambiente a través de fertilizantes, detergentes y descarga de efluentes cloacales e industriales. La principal preocupación para la salud deriva de la presencia de nitratos en alimentos y en agua potable provocando efectos tóxicos por la formación endógena de N-nitrocompuestos (efectos cancerígenos, teratogénicos y mutagénicos).

La ingestión de nitratos en los niños asume características particulares en los primeros meses de vida. La escasa producción de ácidos por el estómago favorece el asentamiento de bacterias en el tramo superior del intestino delgado transformando nitratos en nitritos. Por otra parte, el mayor porcentaje de hemoglobina fetal, con una mayor afinidad por los nitratos, ocasiona que se oxiden a nitritos formando Metahemoglobinemia.

Este fenómeno disminuye el transporte de Oxígeno llevando a asfixia y cianosis. Los principales signos y síntomas en el niño dependen de los porcentajes de Metahemoglobinemia: cianosis, vértigos, cefaleas, polipneas, taquicardia, astenia, alteración de la conciencia, trastornos neurológicos y muerte (Gait y Pieroto, 2009).

Mercurio (metilmercurio): El mercurio es un metal pesado que altera el desarrollo del cerebro. De las distintas clases de mercurio, el mercurio orgánico, en particular el metilmercurio, es el más peligroso para el cerebro en desarrollo. La exposición a altas dosis causa discapacidades graves, como retraso mental y parálisis cerebral, mientras que la exposición a bajas dosis puede provocar problemas de atención, memoria y lenguaje.

- Fluoruros: La fuente más importante de fluoruros en el agua potable proviene de fuentes naturales. Pueden ser liberados al ambiente por los fosfatos que contienen las rocas empleadas para producir fertilizantes fosfatados. Tiene efectos en los tejidos óseos. En regiones con altas exposiciones a fluoruros producen efectos adversos en el esmalte de los dientes y puede conducir a fluorosis dental si la concentración del agua potable está entre 0.9 y 1.2 miligramos por litro (Zayas y Cabrera 2007).

En México no se ha calculado la carga de las enfermedades pero la OECD (2007) estima que para el año 2002 la carga de las enfermedades diarreicas debidas al agua, saneamiento e higiene inadecuados fue de 220, 300 DALY's, el 1.45% de todos los DALY's observados en México en 2002, y que la carga de todas las enfermedades atribuibles a una provisión deficiente de agua,

saneamiento e higiene fue de 299,700 DALY's el 2% de todos los DALY's observados en México. Si se considera que en México, al igual que en los datos observados para todo el mundo, el 86.05% de todas las enfermedades diarreicas son causadas por agua, saneamiento o higiene deficientes, entonces la carga de todas las enfermedades infecciosas intestinales causada por factores distintos al agua, saneamiento e higiene insuficientes es de 0.9 puntos porcentuales, es decir, la carga de las enfermedades diarreicas en México es el 2.3%. Visto de otra manera en México el porcentaje de enfermedades diarreicas producto de agua, saneamiento e higiene deficientes es el 86.96%, lo que en ocasiones se denomina "fracción de población atribuible".<sup>1</sup>

### **5.6 Vulnerabilidad infantil a sustancias toxicas**

Vulnerabilidad es un concepto multidimensional que incluye exposición, (el grado al cual un grupo humano o ecosistema entra en contacto con un riesgo particular); sensibilidad (el grado al cual una unidad de exposición es afectada por la exposición) y resiliencia (capacidad para resistir o recuperarse del daño asociado con la convergencia de presiones múltiples); (Clark et al., 2000, citado en Gómez, 2001).

Todas las personas son vulnerables a efectos ambientales de distinta naturaleza pero la capacidad de adaptación y control a los mismos varía según los individuos y las sociedades. Los habitantes de los países en desarrollo, principalmente los menos desarrollados, tienen menos capacidad de adaptación al cambio y son más vulnerables a las amenazas presentadas por el medio ambiente y los cambios climáticos, así como son más vulnerables frente a otros tipos de presiones (UNEP, 2002).

El ambiente que rodea a los niños no sólo determina su estado de salud, su bienestar y su futuro, en un lamentablemente número de casos su supervivencia misma (Chelala, 1999).

Cada vez son más los niños amenazados por algún factor de riesgo en el ambiente en las distintas etapas de su desarrollo, desde su concepción hasta la adolescencia. Estas "ventanas de exposición" propias de cada grupo etáreo, los

---

<sup>1</sup> **Carga de la enfermedad:** Es el impacto de un problema de salud pública debido a una enfermedad específica en un área, medido por el costo económico, la morbilidad y la mortalidad. Por lo general se mide en DALY's (del inglés Disability-Adjusted Life Years).

**DALY's:** Número de años potenciales de vida perdidos por la mortalidad prematura más el número de años de vida productiva perdidos por discapacidad.

hace especialmente vulnerables a la acción de daños ambientales según la etapa del desarrollo, pudiendo ocasionar daños específicos en la salud.

Estos son períodos en que los órganos y sistemas que se encuentran en desarrollo son especialmente sensibles a los efectos de la exposición a los factores ambientales: Preconcepcional, Etapa gestacional, Recién nacido, Primera infancia, Etapa escolar, Adolescencia

Las características anatómicas y fisiológicas de los niños

Su menor altura los ubica cerca del suelo, en el que pueden concentrarse sustancias más pesadas que el aire, como el mercurio.

Tienen mayor superficie corporal en relación a su volumen y mayor absorción dérmica.

Un lactante ventila tres veces más que un adulto y un niño de seis años hasta dos veces. Entonces, la exposición a los agentes contaminantes aéreos es mayor que la de los adultos.

La cantidad de alimentos consumidos por gr. de peso corporal de los niños es mayor que en los adultos, porque necesitan mantener la homeostasis y, además, están creciendo. La diversidad de los alimentos que ingieren es mucho menor que la de los adultos, con mas productos lácteos, fruta y verduras. Si un niño toma leche en polvo, toda el agua necesaria para su preparación provendrá de una única fuente, lo que lo deja expuesto a cualquier contaminante del agua.

Sus sistemas corporales aun no están completos, tienen mayor permeabilidad cutánea, mayor absorción intestinal, una barrera hematoencefalica inmadura y mecanismos defensivos inmaduros para la degradación de tóxicos.

De los principales riesgos del comportamiento normal de la edad, por ejemplo se enlistan los siguientes:

- Pasan más tiempo al aire libre jugando, aprendiendo y trabajando.
- Exploran con el ciclo mano-boca.
- Viven y respiran más cerca del suelo.
- Son curiosos.
- Son cognitivamente inmaduros para reconocer y evitar riesgos.

## Los ambientes cambiantes de los niños

- \* El ambiente de un niño tiene tres componentes: Físico, biológico y social.
- \* El ambiente físico condiciona las exposiciones de los niños a los contaminantes.
- \* La exposición de un niño a un ambiente físico es la suma de exposiciones a varios ambientes durante el día en el macroambiente - una ciudad- o en el microambiente- la casa, la habitación.
- \* Un niño pasa el 80% de su tiempo en un ambiente interno, del cual el 60% transcurre en ambientes cerrados y poco ventilados su casa, jardín o escuela – posiblemente expuesto al humo del cigarrillo, a la combustión de productos de biomasa, vapores de sustancia de limpieza, desodorantes y perfumes.
- \* El ambiente biológico esta determinado por las interacciones fisiológicas e internas que lo rodean. La absorción, distribución, metabolismo y acción tóxica de esas sustancias varían de acuerdo a las etapas del desarrollo.
- \* El ambiente social se refiere a las características y condiciones de la vida diaria familiar y comunitaria en la que se desenvuelven los niños las que pueden colocarlos en riesgo ante las amenazas ambientales. Las políticas, leyes y reglamentaciones poco tienen en cuenta las especiales características del desarrollo de los niños y sus ambientes físicos, biológicos y sociales (Quiroga y Frack, 2009).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera a la Salud Ambiental Infantil como uno de los principales retos sanitarios del siglo XXI promoviendo el desarrollo de estrategias que permitan abordar, divulgar y resolver los problemas de salud ambiental en unidades y centros de referencia.

### **5.7 Las encuestas de opinión pública**

Por su parte Marradi, Archenti y Piovani (2007), toman la citada definición y agregan algunos elementos caracterizadores. Expresan que se trata de una técnica que permite relevar muchas propiedades referidas a muchos individuos, y que permite "...recolectar datos sobre actitudes, creencias y opiniones". (Orler, 2010).

La encuesta es una búsqueda sistemática de información en la que el investigador pregunta a los investigados sobre los datos que desea obtener, y posteriormente reúne estos datos individuales para obtener durante la

evaluación datos agregados. Con la encuesta se trata de "obtener, de manera sistemática y ordenada, información sobre las variables que intervienen en una investigación, y esto sobre una población o muestra determinada. Esta información hace referencia a lo que las personas son, hacen, piensan, opinan, sienten, esperan, desean, quieren u odian, aprueban o desaprueban, o los motivos de sus actos, opiniones y actitudes"(Díaz de Rada, 2002).

La opinión pública es el acuerdo por parte de los miembros de una comunidad activa sobre algún tema con carga afectiva o valorativa que deben respetar tanto a los individuos como a los gobiernos, transigiendo al menos en su comportamiento público, bajo la amenaza de quedar excluidos o de perder la reputación ante la sociedad. Elisabeth Noelle Neumann (1995).

Las encuestas de opinión pública son técnicas de investigación social relativamente reciente, pero que han alcanzado una sólida posición en las sociedades modernas. Constituyen un recurso indispensable para orientar decisiones de los actores públicos y privados. Cumplen con funciones importantes como la de informar lo que piensan los hombres y mujeres de un país, de una región y de una ciudad, de una empresa o de colegio, dependiendo del universo que se desee estudiar (Huneus, 2010).

La encuesta no es un método específico de alguna disciplina en particular y se aplica en forma amplia a problemas de diversos campos. Esta capacidad de múltiple aplicación y su gran alcance hace a la encuesta una técnica de gran utilidad.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 Tipo de estudio

El tipo de investigación es descriptivo-transversal-observacional en el cual se estudiarán las enfermedades presentes en niños en edad preescolar relacionadas con el agua y el nivel de contaminación presente en los ríos aledaños a las poblaciones de estudio.

### 6.2 Selección de las poblaciones de estudio

Se eligieron las localidades de San Cristóbal de la Barranca que se encuentra ubicado a la orilla del río Santiago en el estado de Jalisco y Tuxpan que se encuentra a la orilla del río San Pedro en el estado de Nayarit (Figura 1).

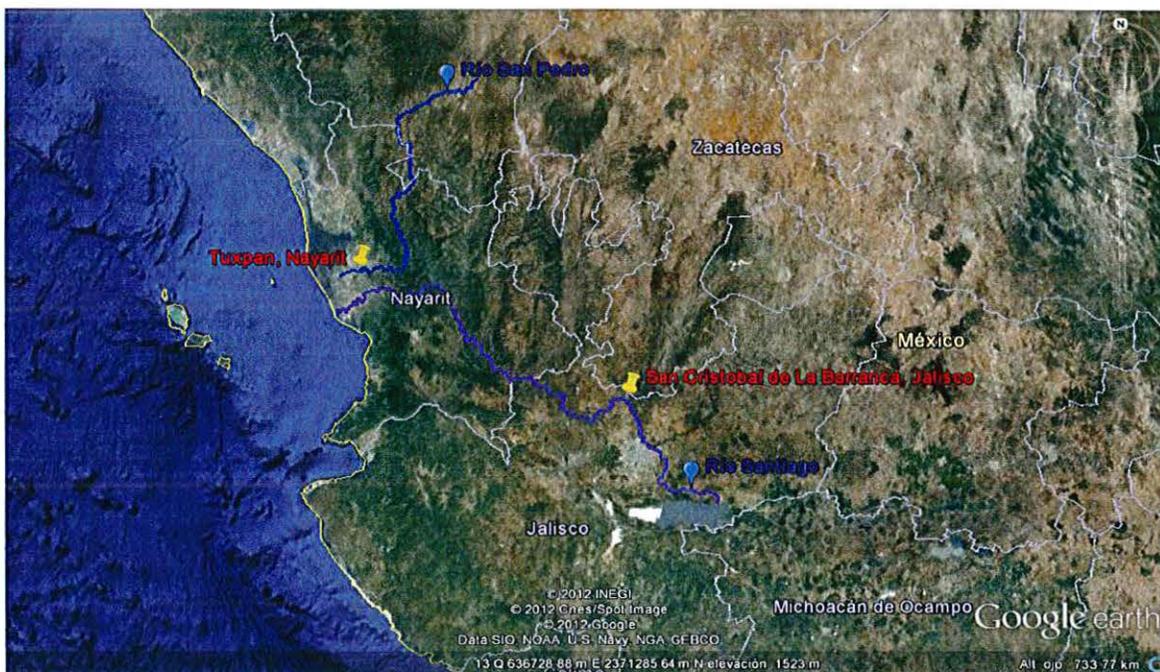


Figura 1. Selección de poblaciones de estudio.

### Temporalidad

Este estudio se realizó en dos fases, la primera que incluye análisis de la calidad del agua y la incidencia de enfermedades reportadas por la Secretaría de Salud en los poblados de San Cristóbal de la Barranca en Jalisco y Tuxpan en Nayarit para el periodo 2008- 2009. En la segunda fase se realizó un análisis de calidad del agua para junio de 2012 en ambos ríos y se realizó la aplicación de un cuestionario para conocer la opinión pública sobre la salud infantil y la contaminación de los poblados de estudio(Figura 2).

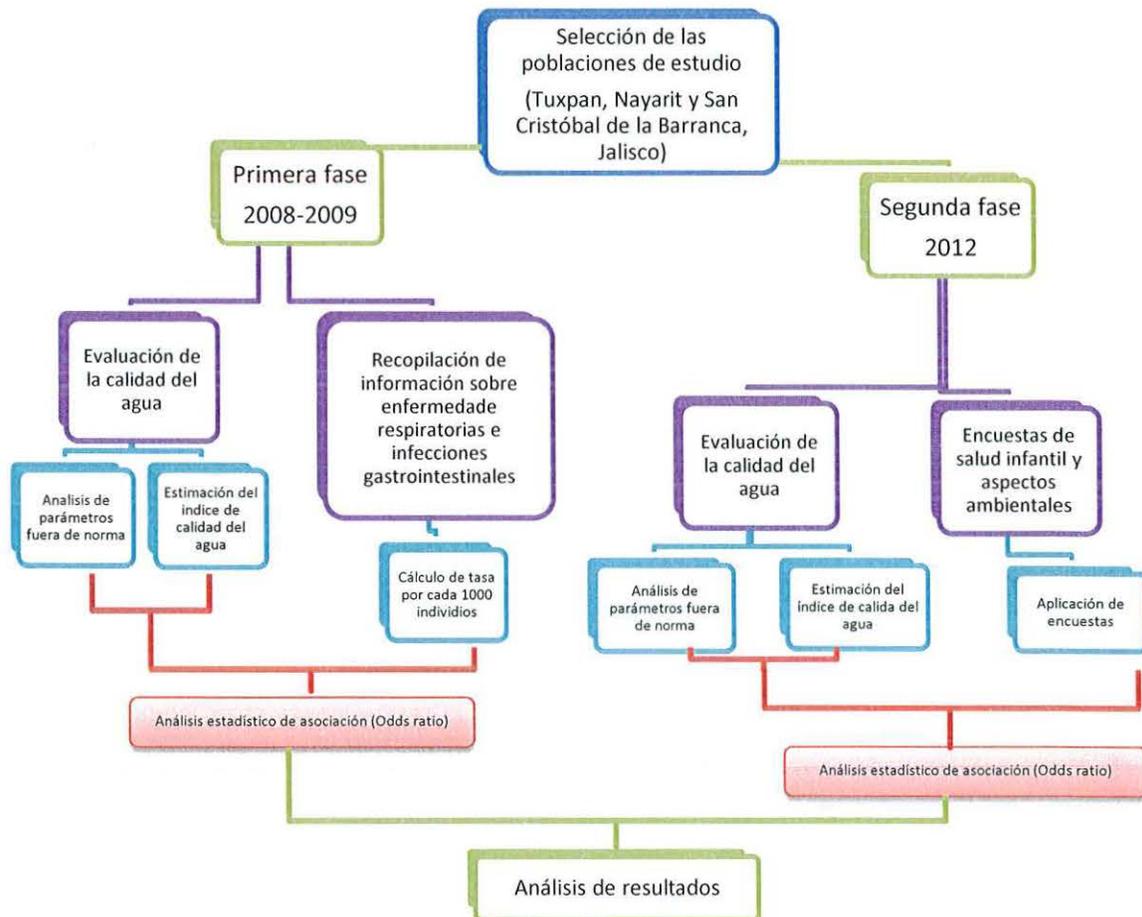


Figura 2. Diagrama de la metodología  
Fuente: Elaboración propia

## 6.2 Primera fase

### 6.2.1 Análisis de calidad del agua

Para el análisis de la calidad del agua se tomarán los resultados del monitoreo realizado por la Universidad de Guadalajara en 2008-2009 sobre la calidad del agua del Río San Pedro. En dicho estudio se seleccionaron 8 puntos representativos siguiendo la dirección del río y aportes de cargas contaminantes de las poblaciones los cuales se denominaron: San Blasito, Cortina, Afluente el Naranjo, San Pedro Ixcatán, Vado de San Pedro, Tuxpan, Mexcaltitán y Boca del Camichín.

Para el caso de San Cristóbal de la Barranca se consultaron los resultados de calidad del agua que expide a la Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA, Jalisco) monitoreo que se realiza a lo largo del río Santiago. En dicho estudio se tienen establecidos 10 puntos en el río Santiago, dos en arroyo El Ahogado y uno en Río Zula.

Para fines de esta investigación se analizaron los datos de calidad del agua correspondientes al punto Tuxpan que es el punto representativo de la población estudiada en el río San Pedro en Nayarit y el punto San Cristóbal de la Barranca punto representativo de la población en el río Santiago en Jalisco (Tabla 3).

<b>Tabla 3. Ubicación de los sitios de muestreo.</b>		
<b>Punto de muestreo</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Coordenadas</b>
<b>Río Santiago</b>	San Cristóbal de la Barranca	21°02'18.08" N, 103°25'33.73"O
<b>Río San Pedro</b>	Tuxpan	21° 57' 08.5" N 105° 18' 39.2" O

Fuente: Elaboración propia

Para poder realizar una comparación entre las dos localidades de estudio se cuidó que los muestreos y análisis de los parámetros utilizados para evaluar la calidad del agua en ambos sitios se realizara bajo los mismos criterios. El muestreo de agua se realizó según los lineamientos técnicos establecidos en los métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, (APHA, AWWA-WDCF 1992), y los lineamientos técnicos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-14-1980 "Cuerpos receptores, muestreo".

Las muestras de agua se analizaron conforme a los procedimientos establecidos para cada parámetro en la normativa oficial mexicana, así como a los métodos establecidos por la APHA-AWWA-WDCF (1992).

#### Selección de fechas de muestreos

Para la evaluación de calidad del agua la elección de las fechas se realizó teniendo como referencia el temporal de lluvias, además de tomar en cuenta que los muestreos se realizaron en fechas similares (Tabla 4).

<b>Tabla 4. Fechas de muestreos.</b>			
<b>Río</b>	<b>Posterior a lluvias</b>	<b>Antes de lluvias</b>	<b>Durante lluvias</b>
<b>San Pedro</b>	16/11/2008	13/06/2009	10/09/2009
<b>Santiago</b>	11/11/2008	30/06/2009	09/09/2009

Fuente: Elaboración propia

## Parámetros evaluados en agua

En la Tabla 5 se presentan los parámetros que fueron evaluados y con estos datos se realizó un análisis conforme a la "Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".

Tabla 5. Parámetros evaluados		
Parámetro	Unidad	Límite permisibles NOM 127
Temperatura	°C	--
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unid pH	6.5/8.5
Oxígeno Disuelto	mg/l	--
Conductividad	µS/cm	--
Turbiedad	UTN	5
Cloruros Totales	mg/l	250
Dureza Total	mg/l	500
Fluoruros	mg/l	1.5
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	10
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	1
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0.5
Sulfatos	mg/l	400
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/l	0.5
Fósforo Total	mg/l	--
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1000
Aluminio	mg/l	0.2
Arsénico	mg/l	0.05
Bario	mg/l	0.7
Cadmio	mg/l	0.005
Cobre	mg/l	2
Cromo	mg/l	0.05
Fierro	mg/l	0.3
Manganeso	mg/l	0.15
Mercurio	mg/l	0.001
Níquel	mg/l	--
Plomo	mg/l	0.01
Sodio	mg/l	200
Zinc	mg/l	5
Coliformes Totales	NMP/100ml	0
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0

Fuente: Elaboración propia a partir de los valores presentados en la NOM 127.

Notas de unidades de medición: °C: grados centígrados; mg/l: miligramos por litro; µS/cm: microsiemens por centímetro; UTN: unidades de turbiedad nefelométricas; NMP/100ml: numero mas probable por 100 ml

### 6.2.2 Estimación del Índice de Calidad del Agua

Se desarrollo en este trabajo el Índice de Calidad del Agua propuesto por Martínez de Bascarán (1979) que es ampliamente utilizado debido a su diseño sencillo ya que permite incluir un determinado número de variables en la integración, previa ponderación de su magnitud, siendo entonces aplicable a series de datos tanto numerosas como pequeñas. El índice proporciona un valor global de la calidad del agua, en función de los valores individuales de una serie de parámetros, para lo cual se realizan varias transformaciones numéricas en cada uno de los resultados a integrar. Para elaborar el ICA, se seleccionaron aquellos parámetros de calidad del agua más usuales en la evaluación de lagos, ríos, pozos, norias y manantiales que se enumeran en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001-89) y son: pH, Cloruros, Conductividad, S.A.A.M. (Detergentes), Dureza Total, Turbiedad, Nitratos, Sulfatos, Nitritos, Coliformes Totales, Oxígeno Disuelto, Color, Sólidos Disueltos Totales, Fósforo Total, Temperatura, Aluminio, Arsénico, Cadmio, Cromo, Hierro, Manganeso, Mercurio y Plomo. Los procesos metodológicos aplicados son:

El primer procedimiento fue la normalización de los valores individuales que conforman el índice al establecer una correspondencia de los resultados obtenidos en cada uno de los parámetros con una escala variable de 0 a 100 que se construye en función de los valores límite establecidos. Se asume como valor de 100 % al que indica condiciones naturales u óptimas en un lago, y el 50 % corresponde al máximo permitido. Una valoración menor al 50 % significa que existen limitantes de importancia para su utilización. La normalización de parámetros aplicada se muestra en el Anexo I. (De la Mora, Flores, Ruíz y García, 2004).

El segundo procedimiento ha sido la asignación de un peso numérico a cada uno de los parámetros. Anexo I.

El tercer procedimiento ha sido aplicar la siguiente fórmula para el cálculo del índice de calidad del agua ICA.

$$ICA = \frac{\sum C_i P_i}{\sum P_i} \cdot k$$

Donde:

Ci = Valor porcentual asignado a los parámetros

Pi = Peso asignado a cada parámetro

k = Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua, definida de la siguiente forma:

- 1,00 Para aguas claras sin aparente contaminación
- 0,75 Para aguas con ligero color, con espumas y ligera turbiedad aparentemente no natural
- 0,50 Para aguas con apariencia de estar contaminadas y con fuerte olor
- 0,25 Para aguas negras que presentan fermentaciones y olores.

Con los valores obtenidos del índice de calidad del agua (ICA) se realizó la interpretación de los resultados como se muestra en la Figura 3.

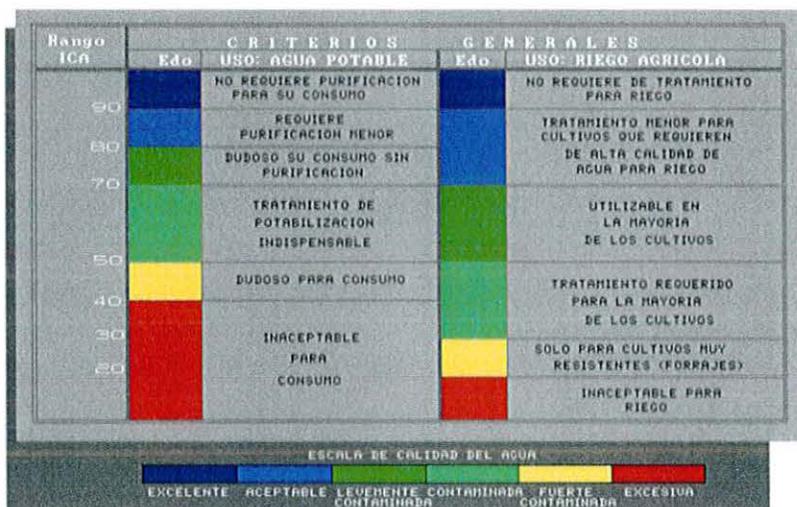


Figura 3. Interpretación de los valores de ICA. Fuente: León 1991.

### 6.2.3 Incidencia de enfermedades

Para el análisis de la incidencia de enfermedades se consideraron principalmente los siguientes tipos de enfermedades:

- Infecciones de vías respiratorias
- Infecciones intestinales
- Alergias
- Cáncer

## Obtención de datos

Para la obtención de los datos sobre la incidencia de enfermedades en la localidad de San Cristóbal de la Barranca en Jalisco se realizó la solicitud por escrito dirigidos a la Lic. Pilar Ruiz Gaytán López Jefa del Departamento de Estadística de la Secretaria de Salud Jalisco (SSJ) y para la localidad de Tuxpan en Nayarit al Dr. Aurelio Carrillo Rodríguez, Jefe del Departamento de Epidemiología de la Secretaria de Salud Nayarit (SSN).

En dichos documentos se realizó la solicitud de información con las cifras de morbilidad de tipo gastrointestinal, respiratoria, enfermedades de la piel y cáncer en niños de preescolar para los años 2008-2009.

Para el análisis de los datos se realizó el cálculo de tasa de incidencia por cada 1000 niños y se presentan en graficas.

## **6.3 Segunda fase**

### **6.3.1. Análisis de calidad del agua**

Se realizó el análisis de calidad del agua para el mes de junio de 2012 en las dos comunidades de estudio. Para San Cristóbal de la Barranca se tomaron los datos obtenidos del monitoreo que realiza CEA, Jalisco. En Tuxpan se realizó un muestreo de agua en el mes de Junio y se analizaron los parámetros enlistados en la tabla 3 con el fin de realizar la evaluación con la metodología utilizada en la primera fase del estudio.

### **6.3.2 Estimación del índice de calidad del agua**

La estimación del índice de calidad del agua se realizó de acuerdo a la metodología descrita en el apartado 6.2.2

### **6.3.3 Cuestionario de salud infantil y opinión sobre aspectos ambientales**

Se elaboró un cuestionario en el que se incluyeron preguntas abiertas y cerradas. Se revisó y valido por expertos en materia de salud ambiental.

El cuestionario incluyo 38 preguntas con los siguientes apartados:

- Datos generales de padre o tutor
- Datos generales del niño
- Salud del niño
- Hábitos alimenticios

- Vivienda y agua
- Problemas ambientales y de salud

El formato del cuestionario se puede observar en el anexo II.

Los cuestionarios se aplicaron en escuelas de educación preescolar ubicadas cerca de los ríos. Se realizó de forma personal a la madre, padre o persona encargada del menor en las dos comunidades de estudio. En Tuxpan se entrevistaron 49 personas y en San Cristóbal de la barranca 24.

La captura y cómputo de los datos se realizó mediante el programa Excel Microsoft® versión 2007. Los resultados se muestran en gráficas y tablas.

#### **6.4 Análisis estadístico**

Como estrategia de análisis de la información recopilada para conformar el presente estudio, se procedió a realizar una serie de asociaciones utilizando Odds ratio o razón de momios, el cual permite cruzar dos eventos para conocer el grado de asociación presente y en su caso inducir a un posible riesgo por exposición.

En la primera fase del estudio se realizó el cálculo a partir de los datos sobre las enfermedades presentes, clasificando a los niños en Tuxpan como el grupo que presenta la menor exposición a la contaminación y en San Cristóbal como los más expuestos.

Para la segunda fase se seleccionaron aquellas preguntas en la encuesta que permitieran una lógica y al igual que en la primera fase clasificando Tuxpan como el de menor exposición en comparación con San Cristóbal.

La elaboración de base de datos se elaboró en el programa Excel Microsoft® versión 2007 y posteriormente los análisis se realizaron en el programa Epi Info versión 3.4 para Windows.

## 7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 7.1 Río San Pedro

El río San Pedro se encuentra en la región hidrológica denominada Presidio-San Pedro.

La cuenca del río San Pedro es una de las más importantes del estado de Nayarit (Figura 4), se localiza al sur-oriental del mismo; cubre el 15.56% de la superficie con 397,125 ha; se divide en dos subcuencas: la subcuenca a) Río San Pedro y la b) Río Mezquita

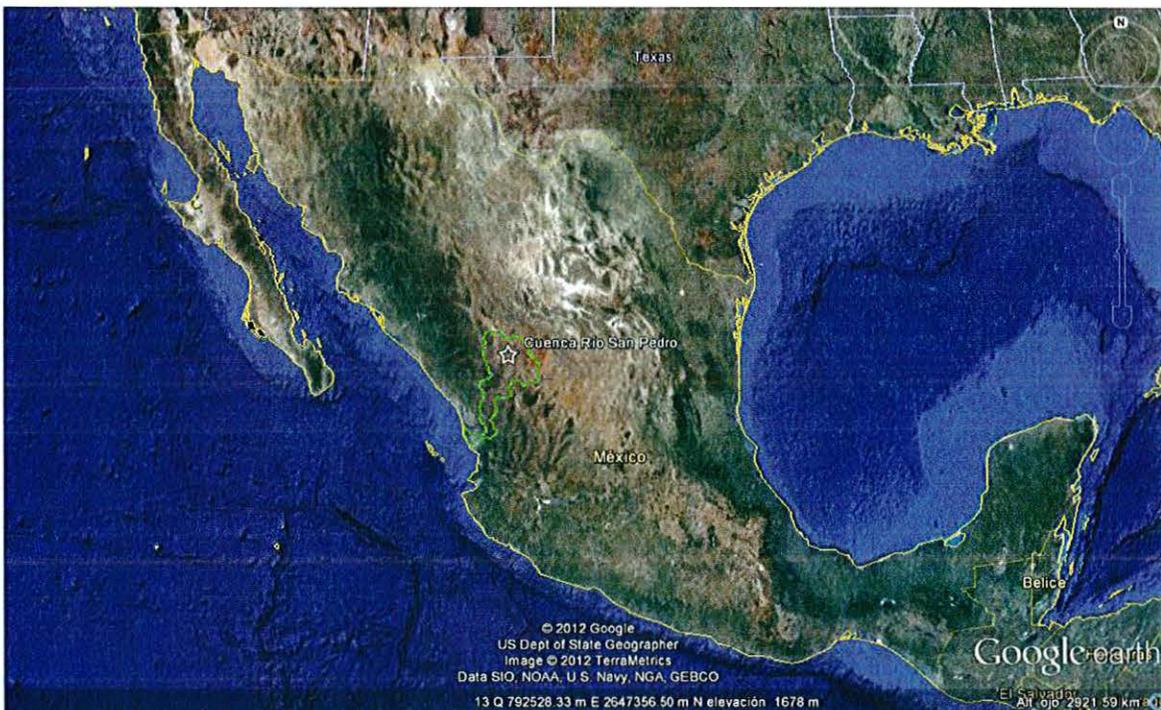


Figura 4. Cuenca Río San Pedro.  
Fuente: Google earth, 2012.

Esta cuenca se origina dentro del estado de Durango en la sierra de Michis, donde tiene la mayor parte de la superficie, al inicio se le conoce como río La Sauceda, entra al gran Valle de Nombre de Dios hasta el poblado de Mezquital, Dgo., donde toma ese nombre. Posteriormente el río entra al estado de Nayarit, recorre 80 km, donde a la altura del poblado de San Blasito vuelve a cambiar el nombre por el de San Pedro, sigue una dirección Norte-Sur para después dirigirse hacia el oeste desembocando a través de una serie de lagunas (sobresalen la Laguna Grande de Mexcaltitán) y esteros en el océano Pacífico (Figura 5). Cuenta con dos presas de bajo caudal y arroyos importantes que

son afluentes del río San Pedro: El Tenamache, El Zopilote y El Naranja (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2009).

De los municipios del estado en que tiene mayor porcentaje de esta cuenca es el municipio de el Nayar con 25.81% cubriendo 79,451.38 ha. Del mismo. Y el municipio que tiene menor porcentaje de esta cuenca es el de Tuxpan con el 5.21%, es decir, 16,039.06 ha (FIDERCO y UAN, 2011).



Figura 5. Río San Pedro.

Fuente: Mapa de los proyectos de la Alianza WWF-FGRA en la cuenca del San Pedro Mezquital.

## 7.2 Municipio de Tuxpan, Nayarit.

El Municipio de Tuxpan está situado al poniente del Estado de Nayarit, entre los paralelos 21° 50' y 22° 01' de latitud norte; los meridianos 105° 11' y 105° 31' de longitud oeste, a una altitud promedio de 10 msnm; ocupa una extensión territorial de 474.3 km<sup>2</sup>, que representa el 1.7% del territorio estatal; limita al norte con el municipio de Rosamorada, al sur y al poniente con el municipio de Santiago, Ixcuintla, y al oriente con el municipio de Ruíz (Figura 6).

De acuerdo al plan municipal de Tuxpan 2011- 2014 la población total del municipio representa el 2.8% estatal. En la actualidad y de acuerdo a la información del Censo de Población y Vivienda 2010 de INEGI, el municipio registra un total de 30,030 habitantes, de los cuales 14,023 son hombres y 15,107 son mujeres, señalando que la división territorial es de 26 localidades.



Figura 6. Ubicación del municipio de Tuxpan, Nayarit.  
Fuente: Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México  
Estado de Nayarit.

### Servicios

De las 7,953 viviendas el 87.1% cuenta con agua potable entubada, conectada a la red pública, de estos 2,128 tienen el servicio dentro de la vivienda y 4,801 disponen de agua fuera de la vivienda pero dentro del terreno, finalmente el 12.6% no cuenta con este servicio.

En cuanto a la prestación del servicio de drenaje presenta avances significativos, ya que se tiene una cobertura del 95.6%, sin embargo solo 2,363 están conectadas a la red pública y 5,218 cuentan con fosas sépticas, por lo que es de vital importancia redoblar esfuerzos para revertir esta situación y evitar la contaminación de los mantos fríaticos.

### Índice de marginación

Según el Plan Estatal de Desarrollo 2005-2011 del Gobierno del Estado de Nayarit, la zona norte del estado, se encuentra constituida por los municipios de Acaponeta, Rosamorada, Ruiz, San Blas, Santiago Ixcuintla, Tecuala y Tuxpan. Esta región es considerada como de "estancamiento económico"; esto afecta directamente a la población, cuyo ingreso es 35% menor al que requieren para cubrir sus principales necesidades de alimentación, educación, vestido, salud,

vivienda y transporte. El ingreso es menor a un salario mínimo, siendo los municipios más afectados Rosamorada, Ruiz y San Blas; y en menor cantidad los municipios de Santiago Ixcuintla, Acaponeta y Tuxpan. En donde los empleados percibían un ingreso menor a 32.7 pesos por día (Figura 7).

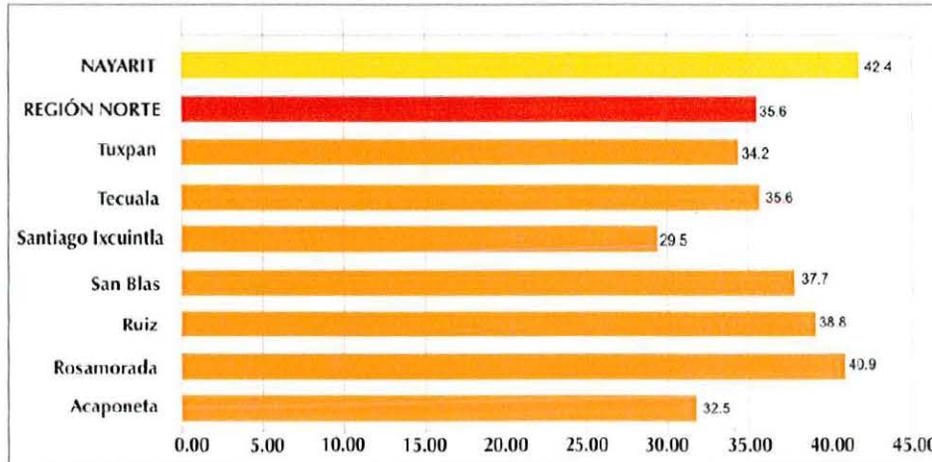


Figura 7. Porcentaje de la población con ingresos menores a un salario mínimo. Fuente: INEGI, Nayarit. XII Censo General de Población y Vivienda 2000; Nayarit.

En contraste, esta misma región norte del estado de Nayarit, se considera como la más importante del estado, desde el punto de vista agrícola, pesquero y acuícola, sin embargo no cuenta con ramas productivas que impulsen su desarrollo. En cuanto al índice de marginación de la zona norte de Nayarit, de los años 1995 a 2000, los municipios que tienen menor grado de marginación son Tuxpan y Tecuala (bajo) y los municipios que se encuentran en condiciones más desfavorables son Santiago Ixcuintla, Ruíz y Rosamorada (medio) (Figura 8)

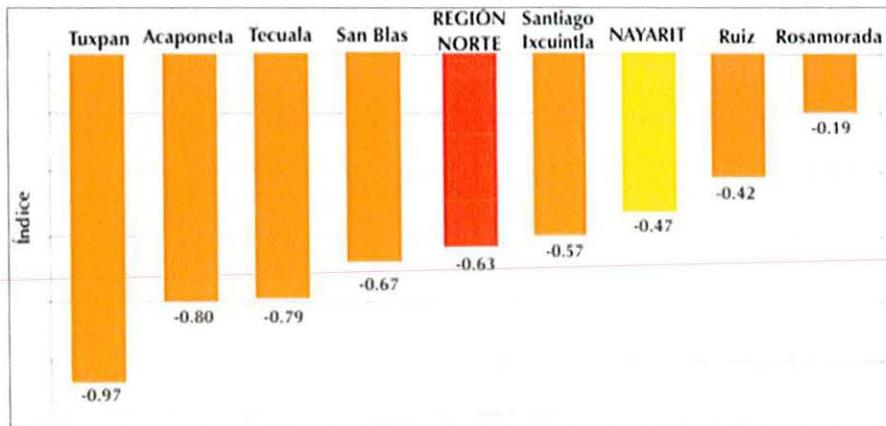


Figura 8. Índice de marginación de la región Norte de Nayarit. Fuente: CONAPO, Índice y grado de marginación, 2000. Plan de Desarrollo de Nayarit, 2005-2011.

En los municipios de Rosamorada, Ruíz y Tuxpan, el 71.68%, 66.38% y 60.66% respectivamente, de la población ocupada, percibe un ingreso de hasta dos salarios mínimos.

### **7.3 Río Santiago**

El río Santiago es uno de los afluentes más importantes del occidente de México. Forma parte de la región hidrológica Lerma-Santiago. (Figura 9)

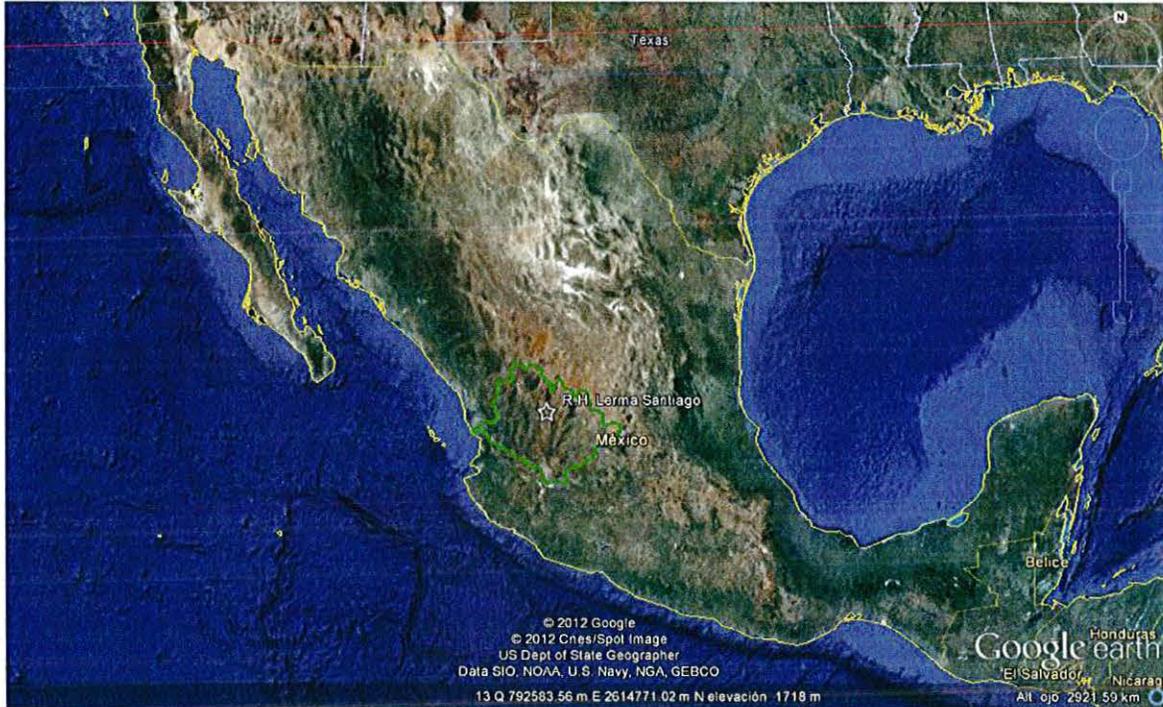


Figura 9. Región hidrológica Lerma-Santiago.  
Fuente: Google earth, 2012.

Forma parte de la cuenca del Río Santiago-Guadalajara (Figura 10). Nace en el lago de Chapala, en Jalisco, y recorre 475 kilómetros hasta desembocar en el Océano Pacífico por el estado de Nayarit. En su flujo a través de Jalisco atraviesa los municipios de Ocotlán, Poncitlán, Atequiza, Atotonilquillo, Juanacatlán, El Salto, Tonalá, entre otros. Cabe mencionar que la Zona Conurbada de Guadalajara (ZCG) abastece entre el 70% y el 80% de sus necesidades hídricas por medio del Santiago desde el año de 1956 (Durán y Torres, 2006), pero actualmente la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS) busca nuevas alternativas debido a la escasez y la contaminación del afluente.

COMISIÓN ESTATAL DEL  
AGUA

CUENCA:  
**SANTIAGO-GUADALAJARA**

Ubicación en el Estado de Jalisco



FUENTES: INEGI. Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales. 1:250,000  
CEA Jalisco. Sistema de Información del Agua



Figura 10. Cuenca del Río Santiago-Guadalajara.  
Fuente: CEA, Jalisco. Sistema de información del Agua.

### 7.3.1 Problemática ambiental

En efecto, algunos estudios han documentado que el río recibe descargas de 280 industrias, desechos de granjas porcícolas, desechos municipales de Ocotlán, Poncitlán, Atequiza y Atotonilquillo, y desechos crudos de la ZCG –en donde existen al menos diez parques y zonas industriales- a través de los canales de El Ahogado y Arroyo Seco. Asimismo, se ha constatado que los efluentes no reciben el tratamiento óptimo, por lo cual es uno de los más contaminados en México (McCulligh, Páez y Moya, 2007). En la misma línea, Durány Torres (2006) señalan que el agua extraída para usos domésticos e industriales no es reutilizada, sino que se vierte nuevamente al Santiago altamente contaminada.

De hecho hay investigaciones que advierten sus aguas no son aptas para el consumo humano, ni para usos agrícolas. Un estudio realizado por académicos de la Universidad de Guadalajara detectó niveles de coliformes fecales 110 veces por encima del límite recomendable, así como concentraciones de plomo, zinc, amoníaco y fosfato que ponen en riesgo la vida animal y vegetal que soporta el río (Gallardo y Vidal, en McCulligh y cols., 2007).

Durán y Torres (2006) señalan que la cantidad de materia orgánica que se descarga en él rebasa su capacidad de depuración, pues ocasiona la desaparición del oxígeno disuelto y la flora y fauna benéficas que son indicadores de un cuerpo de agua sano; así mismo, los residuos industriales generan la salinización de los suelos y la degradación de los nutrientes necesarios para el uso agrícola. Los mismos autores comentan que el río comenzó a presentar síntomas de deterioro en la década de los setenta, y que a principios de los ochentas la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago era considerada una de las más dañadas del país.

De acuerdo a estas condiciones, la alta concentración de elementos contaminantes en algunas secciones del cauce ha provocado la desaparición de la vida acuática, limitando además la utilización del agua, a pesar de ello, en algunas secciones se sigue utilizando el agua contaminada para uso agrícola y consumo animal.

#### **7.4 Municipio de San Cristóbal de la Barranca, Jalisco.**

Se localiza en la zona centro del estado de Jalisco, a una distancia aproximada de 54 kilómetros de la ciudad de Guadalajara (capital del estado), entre las coordenadas 20°57'30" a 21°08'20" de latitud norte y de los 103°10'09" a los 103°38'35" de longitud oeste y a una altura de 844 metros sobre el nivel medio del mar (msnm); colindan, al norte, con el municipio de Tequila y el Estado de Zacatecas; al este con el Estado de Zacatecas y el municipio de Ixtlahuacán del Río; al sur con Zapopan y Tequila; y al oeste, con el municipio de Tequila. Su extensión territorial es de 636.93 km<sup>2</sup> que representa el 0.79% de la superficie del Estado de Jalisco (Figura 11).



Figura 11. Ubicación del municipio de San Cristóbal de la Barranca.

Fuente INEGI, 2005.

## Población

En cuanto a número de habitantes en el municipio se observa un decremento en la población total del año 2000 a 2010. Se observa que en el año 2000 se contaba con una población de 4348 habitantes y para el año 2010 disminuyó a 3176 habitantes en el municipio (Figura 12).

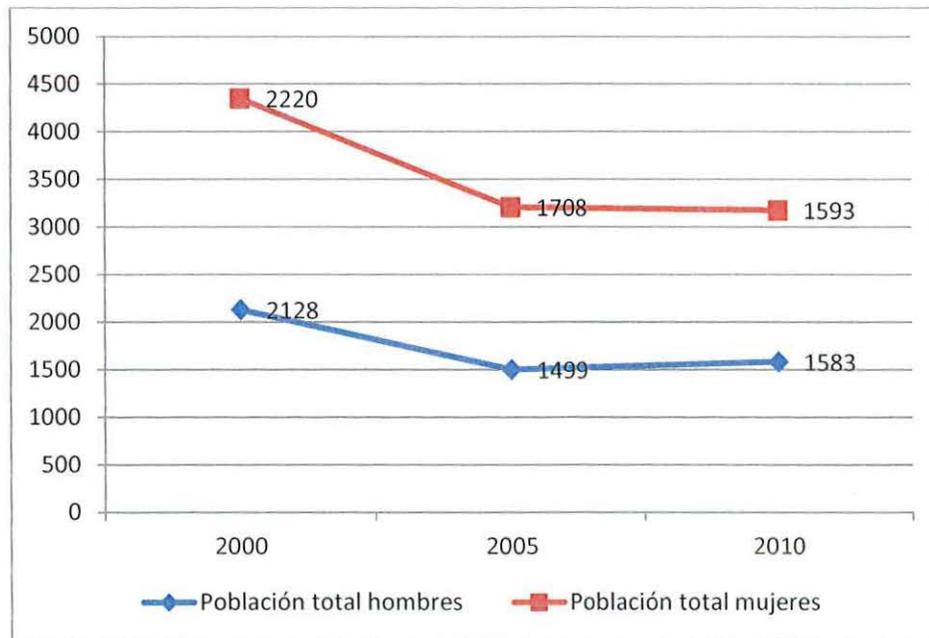


Figura 12. Número de habitantes en el municipio de San Cristóbal de la Barranca.  
Fuente: Elaboración propia con base INEGI, 2010.

En el año 2000 habitaban 4,348 personas en el municipio de San Cristóbal de la Barranca, mientras que, para el año 2010 el total de habitantes fueron 3,176 personas, lo que significa que, en diez años la población total del municipio se redujo un 26.95%, lo que equivale a 1,172 personas menos viviendo en el municipio. Así mismo, para el periodo 2007-2030 se estima que la población se reducirá en un 36.79%, es decir, que para el año 2030 habrá 1,145 personas menos que en el año 2007.

## Índice de marginación

En el índice de marginación dentro del municipio también se observa una mejoría de 2000 a 2010. Para el año 2000 y 2005 el municipio presentó un nivel de marginación alto y en 2010 el nivel de marginación fue medio (Figura 13).

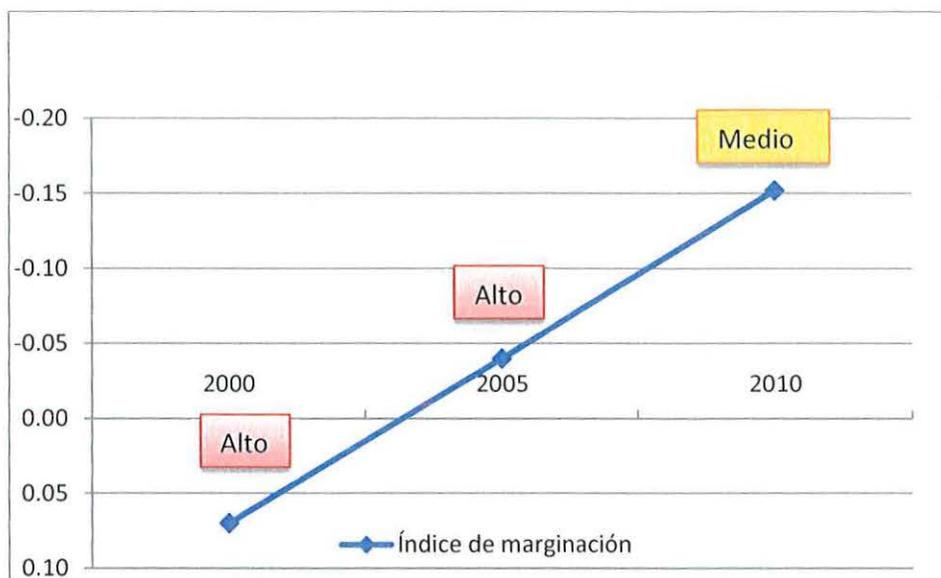


Figura 13. Índice de marginación en el municipio de San Cristóbal.  
Fuente: Elaboración propia con base INEGI, 2010

### Servicios

Agua potable: El 50 % de las comunidades cuentan con agua entubada; el problema del agua se presenta en diversas comunidades en tiempo de estiaje, ya que por las condiciones geológicas del municipio es muy difícil encontrar agua en el subsuelo; aunque el 50% de las comunidades cuentan con agua entubada, la mayoría proviene de nacimientos y no de perforaciones de pozos profundos.

Drenaje: Solo el 21.13% de las viviendas cuentan con drenaje; como la cabecera municipal, la cual trata sus aguas negras con un ligero proceso con microenzimas; el resto de las comunidades cuentan con fosas sépticas y letrinas; en La Lobera cuentan con una laguna de oxidación.

### Salud

La única institución con presencia física en el municipio es la Secretaría de Salud del Estado de Jalisco, la cual cuenta con 5 unidades de salud en funcionamiento, donde existen 8 personas prestando sus servicios en ellas. Asimismo, San Cristóbal cuenta con 24 casas de salud en toda la demarcación municipal, mismas que están a cargo de la misma Secretaría del Estado.

### Mortalidad infantil

En cuanto a la mortalidad infantil, el municipio de San Cristóbal de la Barranca cuenta con niveles preocupantes con relación a la media estatal.

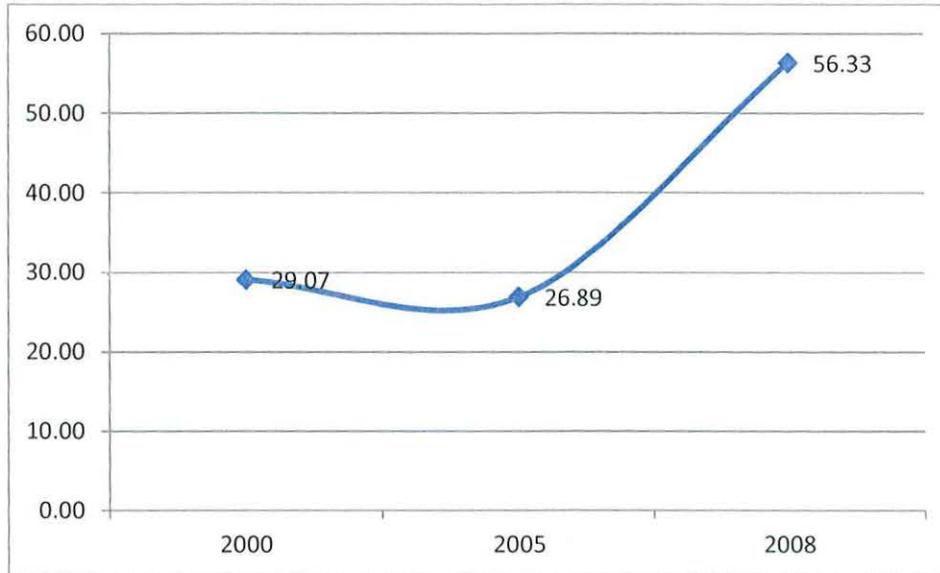


Figura 14. Tasa de mortalidad infantil en el municipio de San Cristóbal  
Fuente: Elaboración propia con base al Índice de desarrollo humano municipal 2000-2005  
PNUD, México.

Este indicador mide el total de defunciones de niños menores de un año de edad divididos entre el número de recién nacidos estimados para ese año en el mismo lugar por mil (muertos por cada mil niños nacidos).

La tasa de mortalidad infantil para el año 2000 fue de 29.07% (29 muertos por cada 1000 nacimientos) y fue disminuyendo hasta alcanzar un valor por debajo de la media estatal en 2007. (Figura 14) Sin embargo en los siguientes dos años se tuvo un crecimiento exponencial preocupante, por encima de la media estatal, para llegar a una tasa de 56.33% en 2008 (56 muertos por cada mil nacimientos).

### 7.5 Características generales de las localidades de estudio

En este apartado se presentan las características de las localidades de Tuxpan (Figura 15) Nayarit y San Cristóbal de la Barranca, Jalisco (Figura 16).

#### Población

En lo que población se refiere en la Tabla 6 se observa que una población total de 21,709 personas en Tuxpan y 859 en San Cristóbal de la Barranca para el 2010. En Tuxpan la población de niños en el rango de edad de 3 a 5 años fue

de 1187 y en San Cristóbal de 54 niños en este rango de edad. De este grupo etario encontramos similitudes en cuanto a las proporciones por sexo en ambas comunidades ya que hay una proporción un poco más alta de niños en ambos caso.

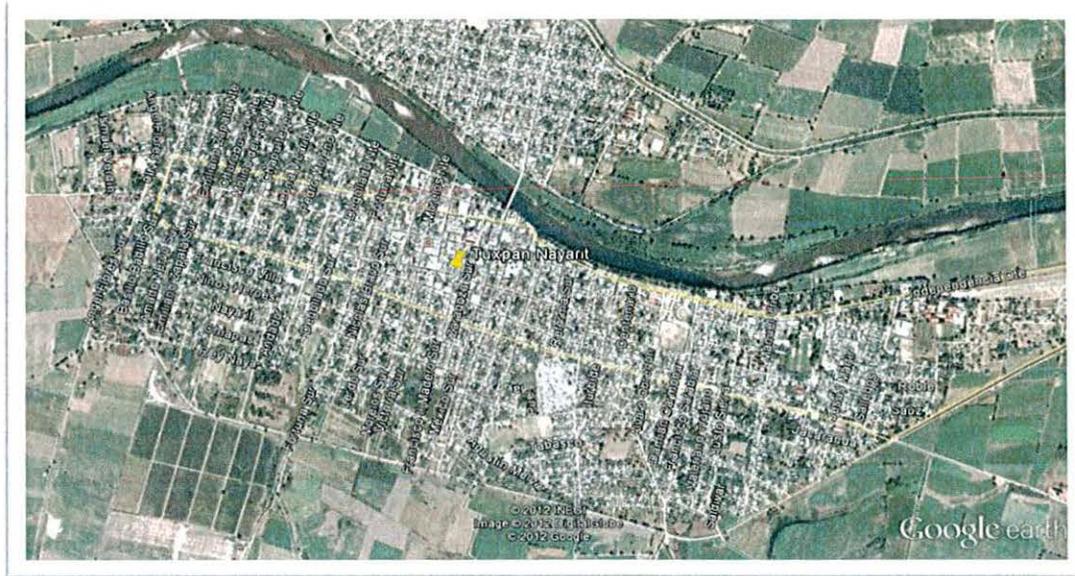


Figura 15. Localidad de Tuxpan, Nayarit.  
Fuente: Google earth

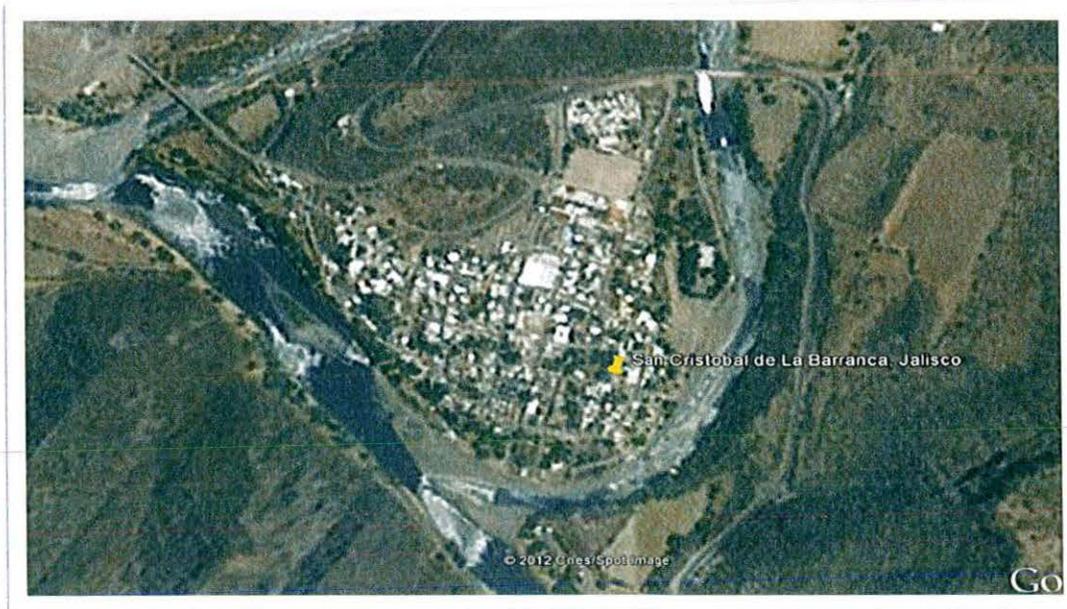


Figura 16. Localidad de San Cristóbal de la Barranca, Jalisco.  
Fuente: Google earth

**Tabla 6. Características de la población en las localidades de estudio.**

SEXO	TUXPAN, NAYARIT		SAN CRISTOBAL DE LA BARRANCA, JALISCO	
	FEMENINO	MASCULINO	FEMENINO	MASCULINO
	11 011	10 698	416	443
<b>Niños de 3 a 5 años</b>	582	605	25	29
<b>Población total</b>	21 709		859	

Fuente: Elaboración propia con base a INEGI. Censo de Población y vivienda 2010.

#### Educación

En cuanto a los planteles educativos en las localidades de estudio se observa que en ambas comunidades se tiene coberturas similares haciendo referencia a la población total. Sin embargo se observa que en Tuxpan existen mas planteles con un nivel de educación superior, que además del bachillerato general, cuenta con carreras de técnicos profesionales y otras llamadas de capacitación para el trabajo. (Tabla 7). En el caso de Tuxpan se encuentran 5 planteles de bachillerato general y en San Cristóbal 2.

**Tabla 7. Escuelas en las localidades de estudio.**

	TUXPAN, NAYARIT	SAN CRISTOBAL DE LA BARRANCA, JALISCO
<b>Prescolar</b>	11	1
<b>Primaria</b>	12	1
<b>Secundaria</b>	4	1
<b>Bachillerato general</b>	5	2
<b>Técnico Profesional y Capacitación para el trabajo</b>	8	0

Fuente: Elaboración propia con base a la Secretaria de educación publica

#### Servicio de Salud

En Tuxpan se cuenta con un hospital general y 5 centros de salud, teniendo con ello mejor cobertura en cuanto a servicios de salud. En San Cristóbal solo se cuenta con 1 Centro de salud y 3 unidades móviles las cuales prestan servicio a las comunidades aledañas a la cabecera municipal. (Tabla 8).

**Tabla 8. Instituciones de salud en las localidades de estudio.**

	TUXPAN, NAYARIT	SAN CRISTOBAL DE LA BARRANCA, JALISCO
<b>Hospital general</b>	1	-
<b>Centros de salud</b>	5	1
<b>Unidades móviles</b>	-	3

Fuente: Elaboración propia con base a la Secretaria de Salud Jalisco y Secretaria de Salud Nayarit

## 8. RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados, se divide de acuerdo a las dos fases en que se realizó este estudio.

### 8.1 Resultados de la primera fase de estudio

Se presentan los resultados de calidad del agua y registros de enfermedades en niños por Secretaría de Salud para 2008 y 2009.

#### 8.1.1 Análisis del análisis de calidad del agua

En la Tabla 9 se muestran los resultados obtenidos para los muestreos realizados en el río San Pedro en la localidad de Tuxpan en el periodo de noviembre de 2008 a septiembre de 2009.

Tabla 9. Resultados de análisis del agua del río San Pedro en la localidad de Tuxpan, Nayarit					
RIO SAN PEDRO					
TUXPAN 2008- 2009					
Parámetro	Unidad	16/11/2008	13/06/2009	10/09/2009	NOM 127
Temperatura	°C	21.7	31.8	29.7	--
pH	Unid pH	7.15	7.7	7.45	6.5/8.5
Oxígeno Disuelto	mg/l	2.33	5.8	4.2	--
Conductividad	µS/cm	194.4	306	77.2	
Turbiedad	UTN	4.21	4.5	<b>635</b>	5
Cloruros Totales	mg/l	1.84	5.13	0.93	250
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	36.4	39.294	11.682	500
Fluoruros	mg/l	0.62	<b>1.5251</b>	0.07	1.5
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	<0.30	<0.3	0.4575	10
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	<0.1	<0.01	<b>6.1</b>	1
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	<b>2.267</b>	0.1	0.1	0.5
Sulfatos	mg/l	7.18	9.0685	1.3456	400
SAAM	mg/l	0.05	0.0946	0.05	0.5
Fósforo Total	mg/l	0.1257	<0.1241	<0.1300	--
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	91.2	152	464	1000
Aluminio	mg/l	<b>1.135</b>	<b>0.2891</b>	<b>2.229</b>	<b>0.2</b>
Arsénico	mg/l	<0.0042	0.0143	0.0074	0.05
Bario	mg/l	0.0456	0.059	0.0769	0.7
Cadmio	mg/l	0.0001	0.0001	0.0008	0.005
Cobre	mg/l	<0.0019	<0.0019	0.0082	2
Cromo	mg/l	<0.0035	<0.0035	0.0017	0.05
Fierro	mg/l	0.1677	0.0785	<b>2.338</b>	0.3

Tabla 9. Resultados de análisis del agua del río San Pedro en la localidad de Tuxpan, Nayarit

RIO SAN PEDRO TUXPAN 2008- 2009					
Parámetro	Unidad	16/11/2008	13/06/2009	10/09/2009	NOM 127
Manganeso	mg/l	0.0437	0.004	0.0731	0.15
Mercurio	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	0.001
Plomo	mg/l	<0.0014	<0.0014	<0.0014	0.01
Sodio	mg/l	33.26	63.9	37.89	200
Zinc	mg/l	<0.0001	<0.0001	0.0203	5
Coliformes Totales	NMP/100ml	<b>11</b>	<b>1,800</b>	<b>20,000</b>	0
Coliformes Fecales	NMP/100ml	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>250</b>	0

Fuente: Elaboración propia

Notas de unidades de medición: °C: grados centígrados; mg/l: miligramos por litro; µS/cm: microsiemens por centímetro; UTN: unidades de turbiedad nefelométricas; NMP/100ml: numero mas probable por 100 ml

Los parámetros que se encontraron fuera de norma en el río San Pedro cuando menos en algún muestreo fueron: turbiedad, fluoruros, nitrógeno de nitritos, nitrógeno amoniacal, aluminio, fierro, coliformes totales y coliformes fecales.

En la Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos para los muestreos realizados en el río Santiago en la localidad de San Cristóbal de la Barranca en el periodo de noviembre de 2008 a septiembre de 2009. De la misma manera que en la tabla anterior se resaltan los parámetros que en alguna ocasión se encontraron fuera por arriba de los límites permisibles establecidos por la NOM 127.

Tabla 10. Resultados de análisis de agua del río Santiago en la localidad de San Cristóbal de la Barranca, Jalisco.

RIO SANTIAGO SAN CRISTOBAL DE LA BARRANCA 2008-2009					
Parámetro	Unidad	11/11/2008	30/06/2009	09/09/2009	NOM 127
Temperatura	°C	21.0	26.0	27.0	--
pH	Unid pH	7.46	7.65	7.97	6.5/8.5
Oxígeno Disuelto	mg/l	0.20	6.09	4.45	--
Conductividad	µS/cm	972	684	562	--
Turbiedad	UTN	<b>78.2</b>	<b>34.3</b>	<b>102</b>	5
Cloruros Totales	mg/l	47.84	42.07	34.50	250
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	117.96	59.30	127.60	500
Fluoruros	mg/l	<b>1.51</b>	<b>1.89</b>	0.97	1.5

Tabla 10. Resultados de análisis de agua del río Santiago en la localidad de San Cristóbal de la Barranca, Jalisco.

RIO SANTIAGO					
SAN CRISTOBAL DE LA BARRANCA 2008-2009					
Parámetro	Unidad	11/11/2008	30/06/2009	09/09/2009	NOM 127
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	<0.25	0.84	5.19	10
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	0.035	0.553	0.995	1
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	<b>10.58</b>	<b>4.89</b>	<b>2.35</b>	0.5
Sulfatos	mg/l	72.33	91.07	63.38	400
SAAM	mg/l	<b>1.19</b>	0.190	0.27	0.5
Fósforo Total	mg/l	0.44	1.68	0.356	--
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	463	439	343	1000
Aluminio	mg/l	<b>2.144</b>	<b>2.929</b>	<b>6.626</b>	0.2
Arsénico	mg/l	<b>0.1240</b>	0.0119	0.0063	0.05
Bario	mg/l	<0.1	<0.1	0.1	0.7
Cadmio	mg/l	<b>0.2340</b>	<b>0.0125</b>	0.001	0.005
Cobre	mg/l	<0.1	<0.1	0.1	2
Cromo	mg/l	<0.05	<0.05	0.05	0.05
Fierro	mg/l	<b>1.838</b>	<b>1.919</b>	<b>5.140</b>	0.3
Manganeso	mg/l	<b>0.1950</b>	0.1030	<b>0.1870</b>	0.15
Mercurio	mg/l	<0.001	0.0006	0.0005	0.001
Plomo	mg/l	<0.01	<0.01	0.01	0.01
Sodio	mg/l	81.80	61.50	38.70	200
Zinc	mg/l	0.450	<0.05	0.05	5
Coliformes Totales	NMP/100ml	<b>930000</b>	<b>240000</b>	<b>4300000</b>	0
Coliformes Fecales	NMP/100ml	<b>930000</b>	<b>24000</b>	<b>4300000</b>	0

Fuente: Elaboración propia.

Notas de unidades de medición: °C: grados centígrados; mg/l: miligramos por litro; µS/cm: microsiemens por centímetro; UTN: unidades de turbiedad nefelométricas; NMP/100ml: numero mas probable por 100 ml

En el río Santiago los parámetros que se encontraron fuera de norma cuando menos en un muestreo fueron: turbiedad, fluoruros, nitrógeno amoniacal, sustancias activas al azul de metileno (SAAM), aluminio, arsénico, cadmio, manganeso, coliformes fecales y coliformes totales.

### Parámetros fuera de norma

La turbiedad para el río San Pedro en Tuxpan se encontró fuera de norma en el muestreo de septiembre de 2009 con 635 UTN y en el río Santiago en San Cristóbal se presentó fuera de norma en los tres muestreos con 78.2, 34.3 y 102 UTN (Figura 17).

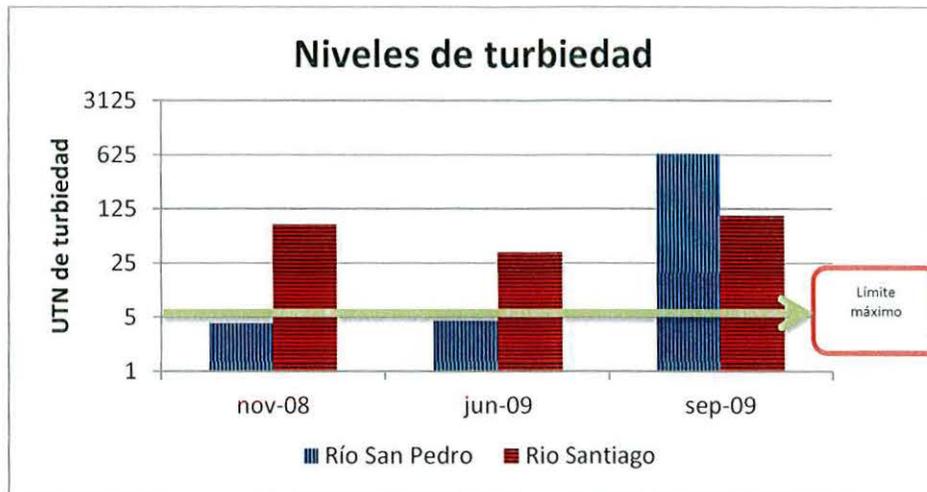


Figura 17. Turbiedad  
Fuente: Elaboración propia

En el río San Pedro en Tuxpan los fluoruros se encontraron fuera de norma en el muestreo de junio de 2009 con 1.5251 mg/l y para el río Santiago en San Cristóbal noviembre de 2008 y junio de 2009 se encontraron fuera de norma con 1.51 y 1.89 mg/l (Figura 18).

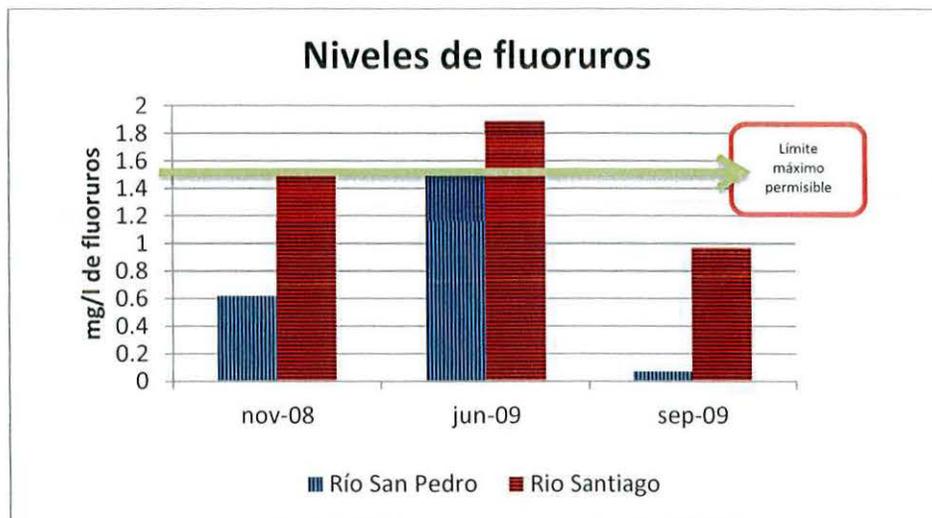


Figura 18. Fluoruros  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 19 se muestra que el Nitrógeno de nitritos se encontró fuera de norma en el río San Pedro en el muestreo de septiembre de 2009 con 6.1mg/l.

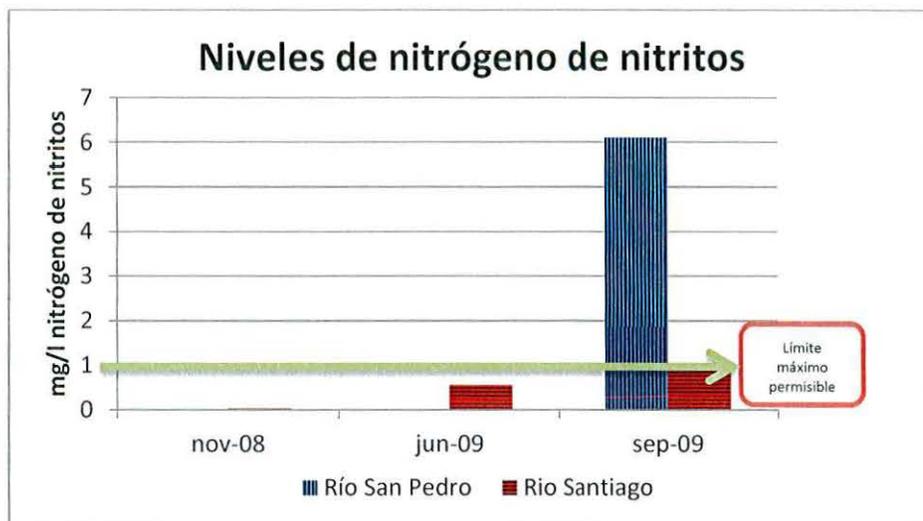


Figura 19. Nitrógeno de nitritos  
Fuente: Elaboración propia

El nitrógeno amoniacal se encontró fuera de norma en los 3 muestreos en el río Santiago con 10.58, 4.89 y 2.35 mg/l y en el río San Pedro solo en el muestreo de noviembre de 2008 con 2.267 mg/l (Figura 20).

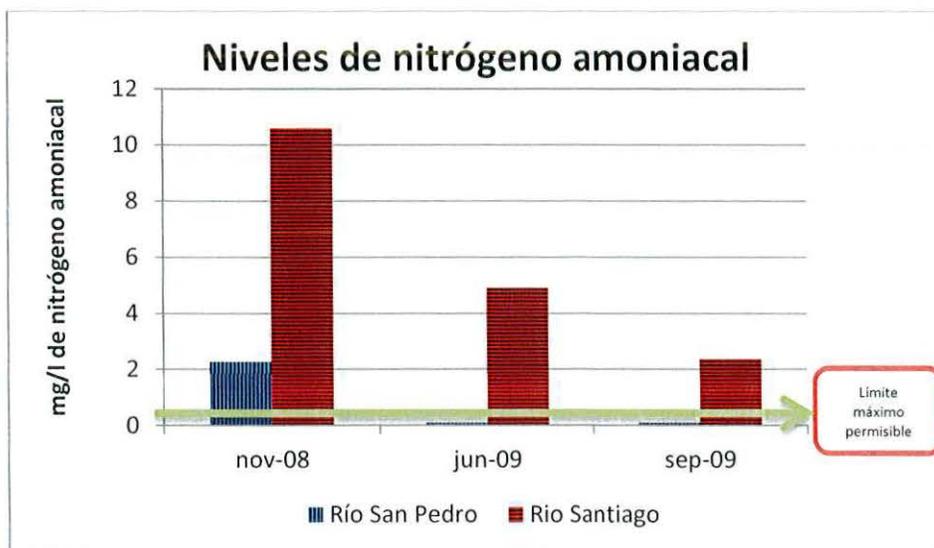


Figura 20. Nitrógeno amoniacal  
Fuente: Elaboración propia

Las sustancias activas al azul de metileno (SAAM) se encontraron fuera de norma solo para el Río Santiago en el muestreo de noviembre de 2008 con 1.19 mg/l (Figura 21).

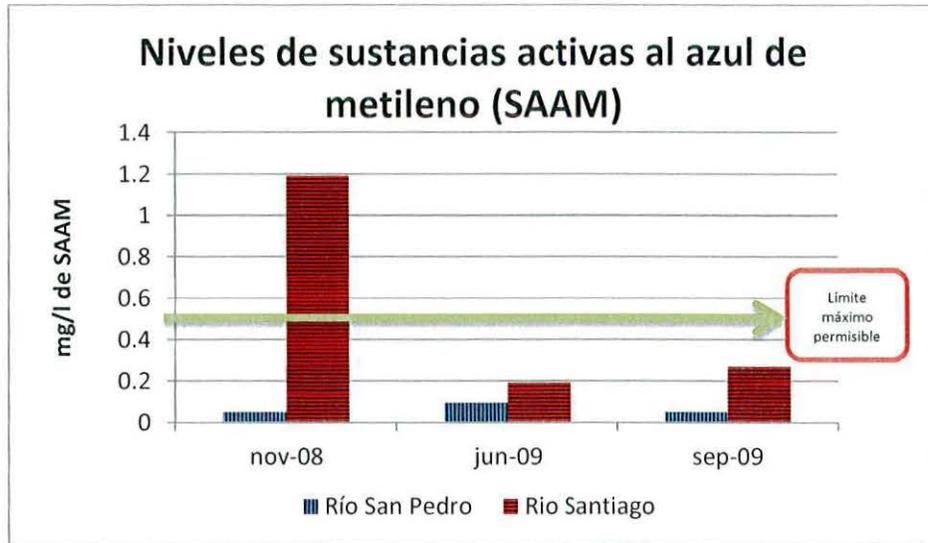


Figura 21. Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 22 se observa que se encontró fuera de norma el aluminio en el río Santiago en los 3 muestreos con 2.144, 2.929 y 6.626 mg/l y en el río San Pedro en el muestreo de noviembre de 2008 y septiembre de 2009 con 1.135 y 2.229 mg/l.

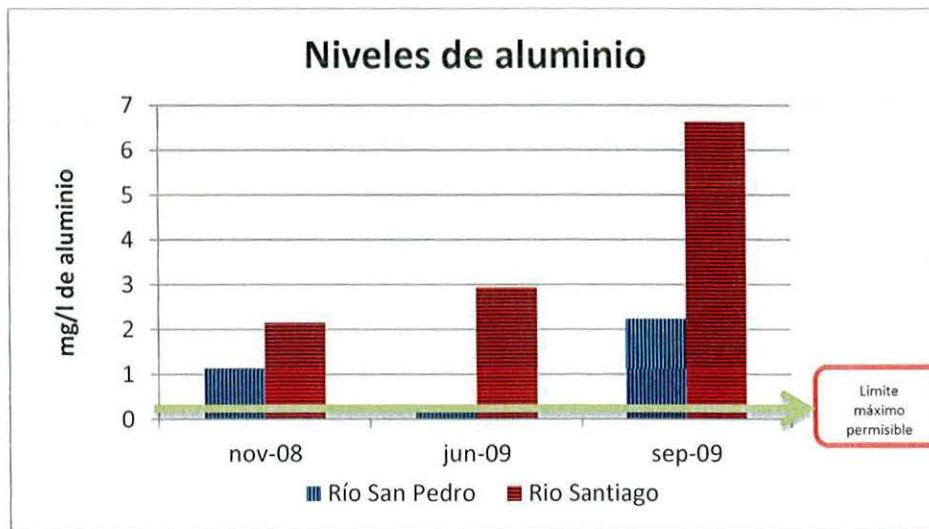


Figura 22. Aluminio  
Fuente: Elaboración propia

El arsénico se encontró fuera de norma en el río Santiago en el muestreo de noviembre de 2008 con 0.1240 mg/l (Figura 23).

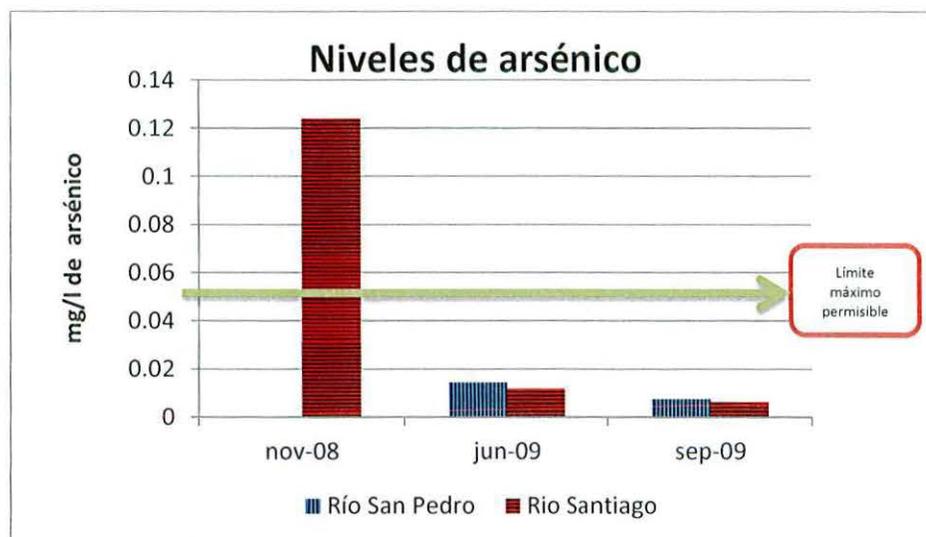


Figura 23. Arsénico  
Fuente: Elaboración propia

En el río Santiago el cadmio se entro fuera de norma en el muestreo de noviembre de 2008 con 0.2340 mg/l y en junio de 2009 con 0.0125 mg/l (Figura 24).

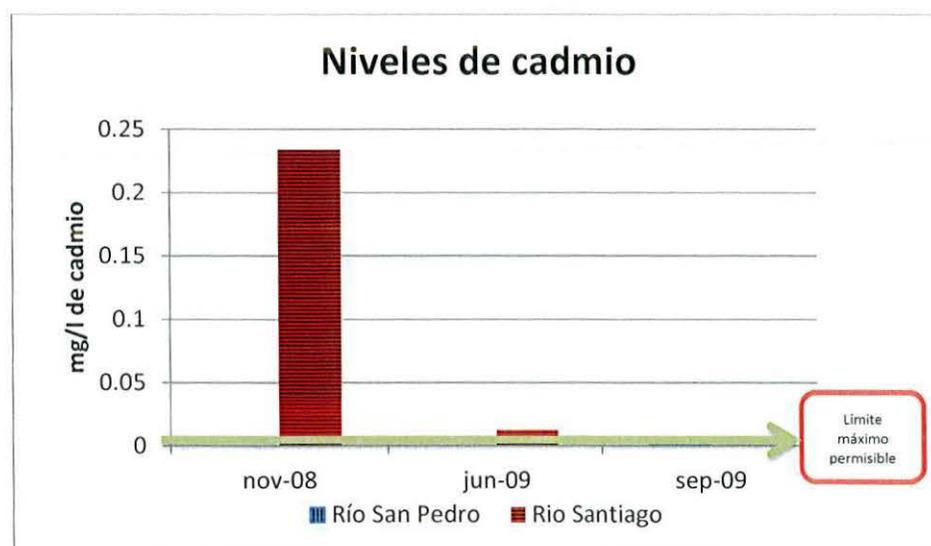


Figura 24. Cadmio  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 25 se observa que el hierro se encontró fuera de norma para los tres muestreo en el río Santiago con 1.838, 1.919 y 5.140 mg/l y para el río San Pedro en septiembre de 2009 con 2.338 mg/l.

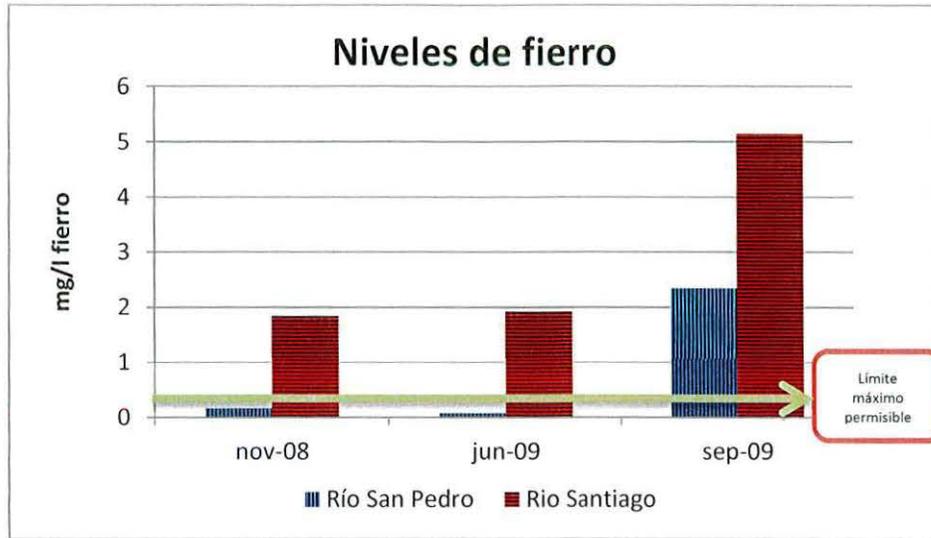


Figura 25. Fierro  
Fuente: Elaboración propia

El manganeso se encontró fuera de norma en el río Santiago en el muestreo de noviembre de 2008 con 0.1950 mg/l y en septiembre de 2009 con 0.1870 mg/l (Figura 26).

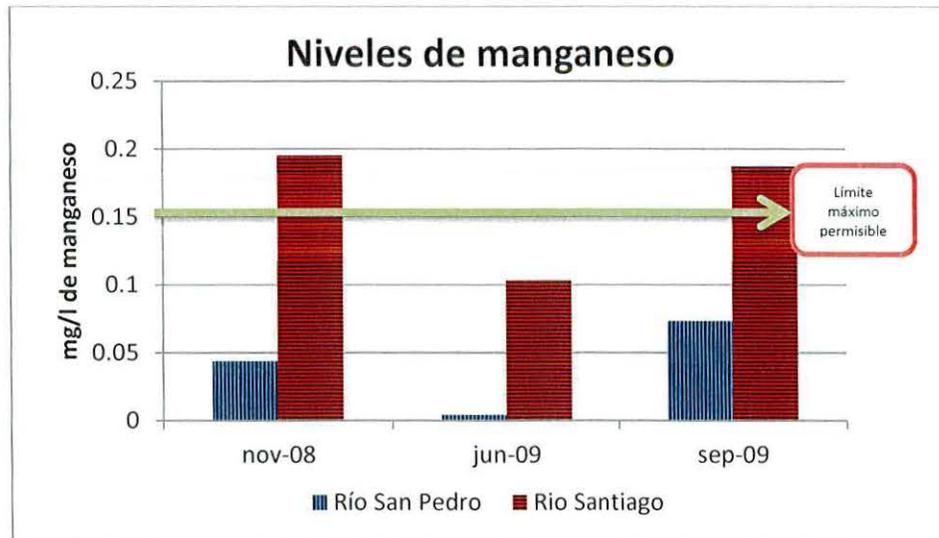


Figura 26. Manganeso  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 27 se observa que los coliformes totales en el río San Pedro se encontraron fuera de norma en noviembre 2008 con 11 NMP/100ml, 1,800 en junio 2009 y 20,000 en septiembre de 2009.

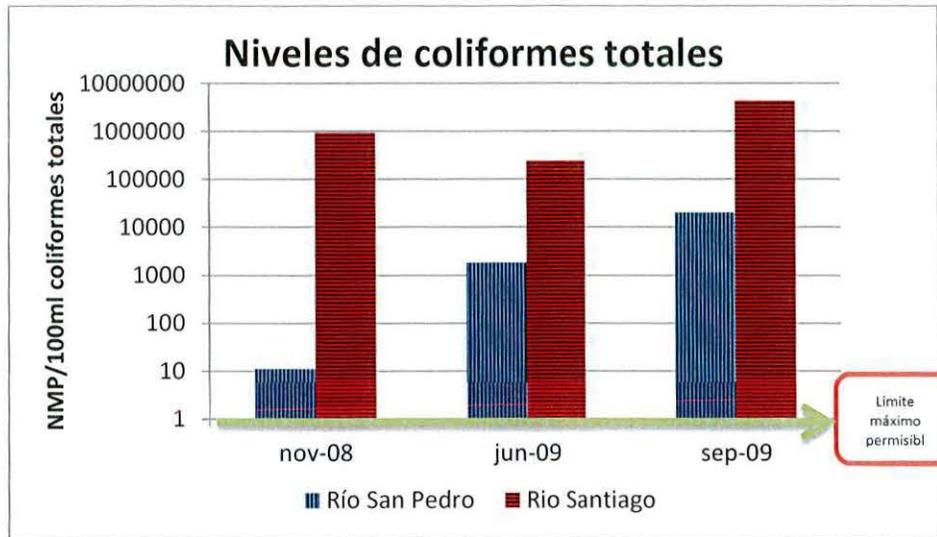


Figura 27. Coliformes totales  
Fuente: Elaboración propia

En el río Santiago también se encontraron fuera de norma los coliformes totales en los tres muestreos con 930,000; 240,000 y 4 300,000 NMP/100ml para cada muestreo respectivamente. Los coliformes fecales en el río San Pedro para el muestreo de junio fue de 11; 1,800 y 20,000 NMP/100ml y en río Santiago fueron de 930, 000; 24, 000 y 4 300, 000 NMP/100ml para cada muestreo respectivamente (Figura 28).

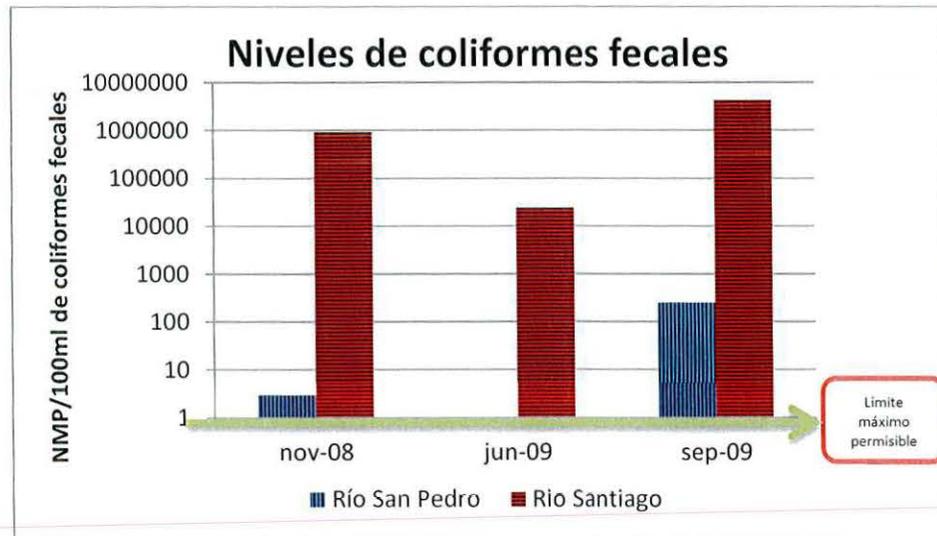


Figura 28. Coliformes fecales  
Fuente: Elaboración propia

### 8.1.2 Índice de calidad del agua

Se realizó el cálculo del índice de calidad del agua en el cual se incluyeron los siguientes parámetros : aluminio, arsénico, cadmio, cloruros, coliformes totales, conductividad, cromo total, dureza total, fósforo total, hierro, manganeso, mercurio, nitratos, nitritos, oxígeno disuelto, pH, plomo, S.A.A.M., sólidos disueltos, sulfatos, temperatura y turbiedad.

En la Figura 29 se muestran los valores obtenidos del índice de calidad agua, los cuales fueron para el río Santiago de 23.29, 28.29 y 27.27 ;en el río San Pedro los valores fueron de 64.61, 60.20 y 51.78 para el muestreo de noviembre de 2008, junio de 2009 y septiembre de 2009 respectivamente.

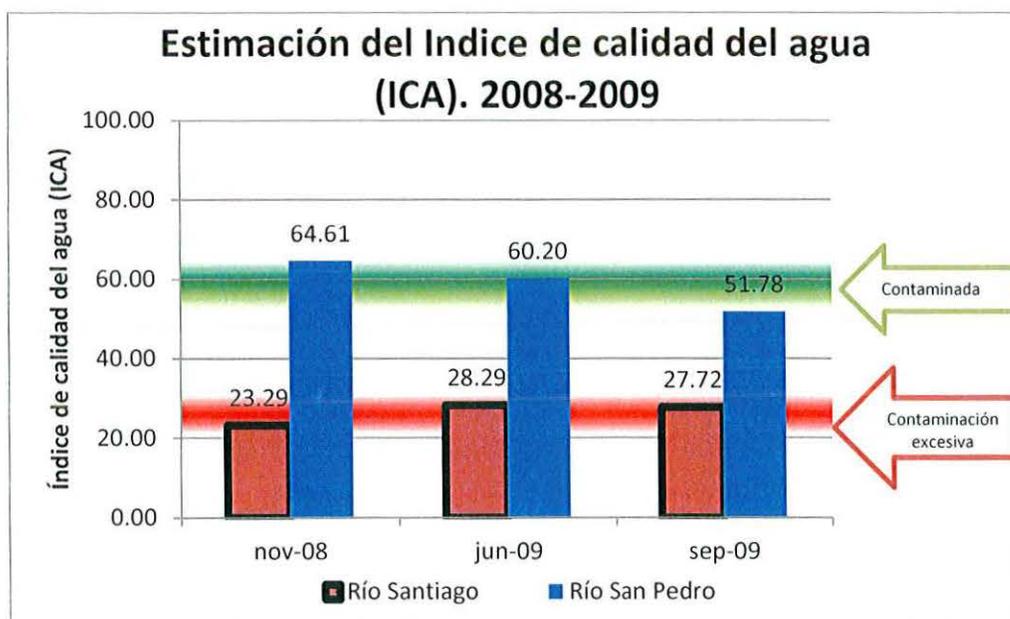


Figura 29. Índice de calidad del agua.  
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los criterios de interpretación del índice de calidad del agua la calidad del río Santiago se considera como contaminación excesiva y es inaceptable para su consumo. Para el río San Pedro la calidad del agua se considera contaminada y es necesario un tratamiento potabilizador para su consumo (Tabla 11).

Estado	Rango ICA	Uso: Agua Potable
Excelente (E)	90-100	No requiere purificación para consumo.
Aceptable (A)	80-90	Purificación menor requerida.
Levemente contaminada (LC)	70-80	Dudoso su consumo sin purificación.
Contaminada (C)	50-70	Tratamiento potabilizador necesario.
Fuerte contaminación (FC)	40-50	Dudosa para consumo.
Excesiva contaminación (EC)	0-40	Inaceptable para consumo.

Fuente: Elaboración propia

### 8.1.3 Análisis de enfermedades

De las peticiones realizadas a la Secretaria de Salud en Jalisco y Nayarit se recibieron datos sobre los casos de enfermedades de tipo respiratorias y gastrointestinales, con respecto a problemas de cáncer y de la piel mencionaron no contar con la información o que no se tenían reportes de enfermedades de este tipo en el periodo 2008- 2009.

Tabla 12. Casos de enfermedades en niños de 1 a 4 años en San Cristóbal de la Barranca, Jalisco.

AÑO	Causas	CODIGO C.I.E. 10a Rev.	Total de Casos
2008	Infecciones respiratorias agudas altas	J00-J06	54
	Enfermedades infecciosas intestinales	A00-A09	4
2009	Infecciones respiratorias agudas altas	J00-J06	77
	Enfermedades infecciosas intestinales	A00-A09	10

Fuente: SUIVE-2009,2008 datos proporcionado por el Departamento de Estadística de la Secretaria de Salud, Jalisco.

En la Tabla 12 se observa que para el año 2008 en San Cristóbal de la Barranca se presentaron 54 casos de infecciones respiratorias altas y 77 para 2009. Se presentaron 4 casos de enfermedades infecciosas intestinales en 2008 y 10 para 2009.

Tabla 13. Casos de enfermedades en niños de 1 a 4 años en Tuxpan, Nayarit.

AÑO	Causas	CODIGO C.I.E. 10a Rev.	Total de Casos
2008	Infecciones respiratorias agudas altas	J00-J06	1090
	Enfermedades infecciosas intestinales	A00-A09	178
2009	Infecciones respiratorias agudas altas	J00-J06	1661
	Enfermedades infecciosas intestinales	A00-A09	425

Fuente: Elaboración propia con base a Dirección general de Epidemiología. Casos nuevos de enfermedad, proporcionado por el Departamento de Epidemiología de la Secretaría de Salud Nayarit.

Para el caso de Tuxpan se presentaron 1090 casos de infecciones respiratorias agudas altas en 2008 y 1661 para 2009. Las enfermedades infecciosas intestinales reportaron 178 casos para 2008 y 425 para 2009 (Tabla 13).

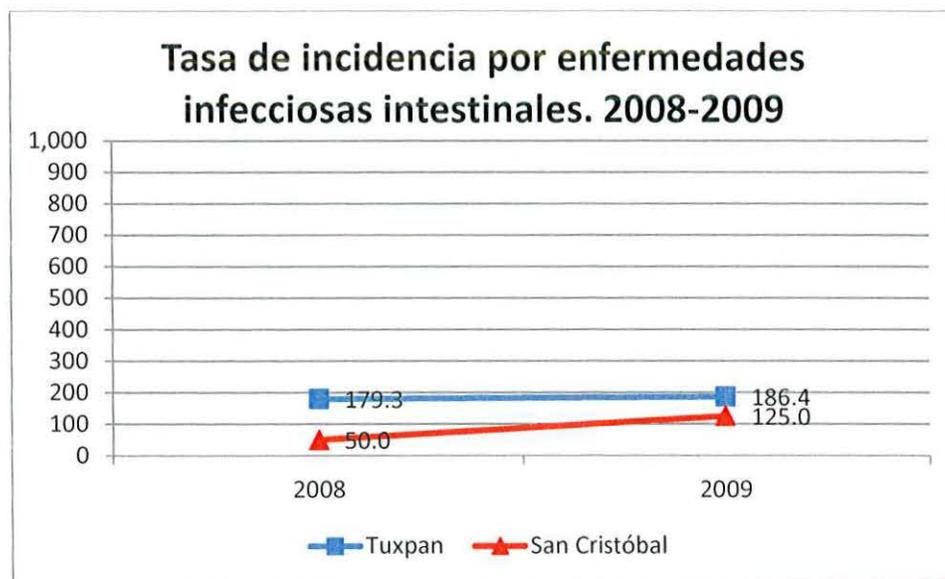


Figura 30. Enfermedades infecciosas intestinales en el año 2008 y 2009.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por la Secretaría de Salud y datos de INEGI, 2010. Tasa por 1000 habitantes.

De acuerdo al cálculo de tasa de los casos de enfermedades infecciosas intestinales en 2008 y 2009, en la Figura 30 se observa que para el caso de

San Cristóbal en 2008 se estiman 50 casos y en 2009 se representa un incremento a 125 casos por 1000 habitantes.

En Tuxpan para 2008 se presentaron 179.35 casos de enfermedades infecciosas intestinales, para el 2009 se estiman 186.41 casos por cada 1000 habitantes.

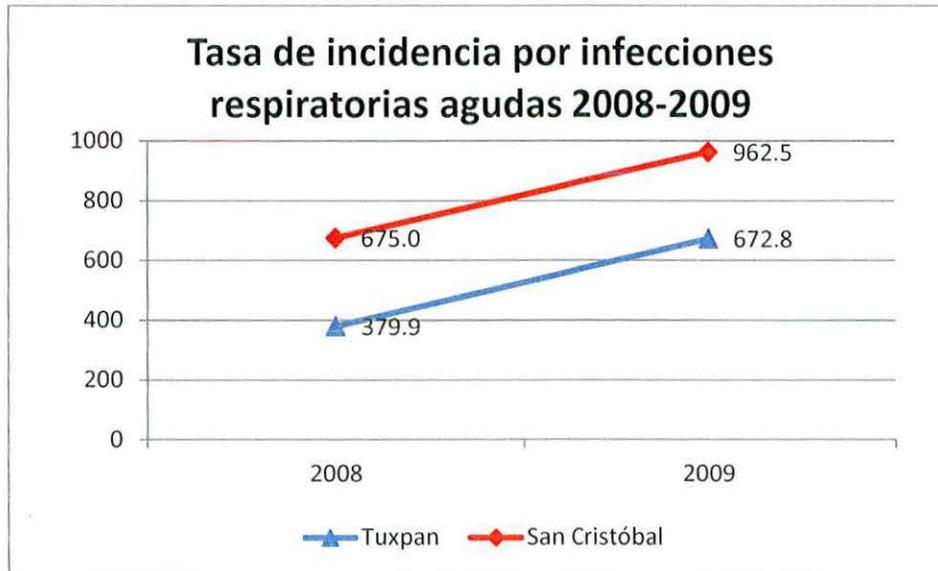


Figura 31. Infecciones respiratorias agudas en el año 2008 y 2009.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por la Secretaría de Salud y datos de INEGI, 2010. Tasa por 1000 habitantes.

Para el caso de las infecciones respiratorias agudas en San Cristóbal se estiman 675 casos en 2008 un para 2009 se incremento este número a 962.5 casos por cada 1000 habitantes. Por otro lado en Tuxpan se presentan 379.89 de casos incrementándose hasta 672.83 en 2009 (Figura 31).

## 8.2 Resultados de la segunda fase de estudio

Esta fase comprende el análisis de calidad del agua en los ríos San Pedro y Santiago en junio de 2012. Se evalúan parámetros fuera de norma y se calculó el índice de calidad del agua. En este apartado también se incluye los resultados del cuestionario aplicado en ambas localidades.

### 8.2.1 Análisis de calidad del agua 2012

En la Tabla 14 se muestran los resultados de los muestreos realizados en el río Santiago en San Cristóbal de la Barranca y río San Pedro en Tuxpan en junio de 2012.

Tabla 14. Resultados de análisis del agua en el río San Pedro y río Santiago en junio de 2012				
Parámetros	Unidad	Río Santiago	Río San Pedro	NOM 127
		San Cristóbal d la B. 27/06/2012	Tuxpan 26/06/2012	
Temperatura	°C	25.9	27.8	--
pH	Unid pH	8.03	6.5	6.5/8.5
Oxígeno Disuelto	mg/l	6.44	5.8	--
Conductividad	µS/cm	1000	64.6	--
Turbiedad	UTN	<b>24</b>	<b>164.1</b>	5
Cloruros Totales	mg/l	69.69	14.0	250
Dureza Total	mg CaCO3/l	260.15	120	500
Fluoruros	mg/l	<b>2.12</b>	0	1.5
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	1.82	2.8	10
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	1.59	0	1
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	<b>3</b>	<0.1	0.5
Sulfatos	mg/l	101.32	1	400
SAAM	mg/l	<0.19	<0.05	0.5
Fósforo Total	mg/l	3.48	1.58	--
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	690	700	1000
Sulfuros	mg/l	0.31	1	--
Aluminio	mg/l	<b>3.2322</b>	<b>18.44</b>	0.2
Cadmio	mg/l	<b>0.3396</b>	<b>0.009</b>	0.005
Cobre	mg/l	0.179	0.09	2
Cromo	mg/l	<b>0.17</b>	<0.05	0.05
Fierro	mg/l	<b>0.97</b>	<b>7.29</b>	0.3
Manganeso	mg/l	<b>0.271</b>	0.11	0.15
Mercurio	mg/l	<0.0005	<0.001	0.001
Plomo	mg/l	<b>0.2696</b>	<b>0.08</b>	0.01
Sodio	mg/l	112.2	3.36	200
Zinc	mg/l	0.317	0.03	5
Coliformes Totales	NMP/100ml	<b>20,000</b>	<b>&gt;1 100</b>	0
Coliformes Fecales	NMP/100ml	<b>20,000</b>	<b>900</b>	0

Fuente: Elaboración propia

Notas de unidades de medición: °C: grados centígrados; mg/l: miligramos por litro; µS/cm: microsiemens por centímetro; UTN: unidades de turbiedad nefelométricas; NMP/100ml: numero mas probable por 100 ml

En el río Santiago se encontraron fuera de norma los parámetros de turbiedad con 24 UTN (rebasando la norma en un 79.16%), 2.12 mg/l de fluoruros (rebasando la norma en un 29.21%), nitrógeno amoniacal con 3 mg/l (rebasando la norma en un 83.33%), 3.2322 mg/l de aluminio (rebasando la norma en un 93.81%), cadmio con 0.3396 mg/l (rebasando la norma en un 98.52%), 0.17 mg/l de cromo (rebasando la norma en un 70.58%), fierro con 0.97 mg/l (rebasando la norma en un 69.07%), 0.271 mg/l de manganeso (rebasando la norma en un 44.64%), plomo con 0.2696 mg/l (rebasando la norma en un 96.29%), 20, 000 NMP/100ml de coliformes totales (rebasando la norma en un 100%) y coliformes fecales con 20, 000 NMP/100ml (rebasando la norma en un 100%), (Tabla 14 y Tabla 15).

Se encontraron fuera de norma en el río San Pedro los parámetros de turbiedad 164.1UTN (rebasando la norma en un 96.95%), 18.44 mg/l de aluminio (rebasando la norma en un 98.91%), cadmio con 0.009 mg/l (rebasando la norma 44.44%), 7.29 mg/l de fierro (rebasando la norma en un 95.88%), plomo con 0.08 mg/l (rebasando la norma en un 87.5%), >1 100 NMP/100ml de coliformes totales (rebasando la norma en un 100%), y coliformes fecales con 900 NMP/100ml (rebasando la norma en un 100%). (Tabla 14 y Tabla 15).

Tabla 15. Parámetros fuera de norma y porcentaje con que excede el límite máximo de la NOM-127-SSA1-1994			
Parámetros fuera de norma	NOM 127	% que excede la NOM	
		San Cristóbal de la Barranca	Tuxpan
Turbiedad	5 mg/l	79.16	96.95
Fluoruros	1.5 mg/l	29.21	0
Nitrógeno amoniacal	0.5 mg/l	83.33	0
Aluminio	0.2 mg/l	93.81	98.91
Cadmio	0.005 mg/l	98.52	44.44
Cromo	0.05 mg/l	70.58	0
Fierro	0.3 mg/l	69.07	95.88
Manganeso	0.15 mg/l	44.64	0
Plomo	0.01 mg/l	96.29	87.5
Coliformes totales	0 NMP/100ml	100	100
Coliformes fecales	0 NMP/100ml	100	100

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 32 se resaltan el número de muestreo en que los valores de turbiedad, fluoruros, nitrógeno de nitritos, nitrógeno amoniacal, sustancias activas al azul de metileno (SAAM), coliformes totales, coliformes fecales, plomo, fierro, cadmio, aluminio, arsénico, manganeso, y cromo se encontraron fuera de norma.

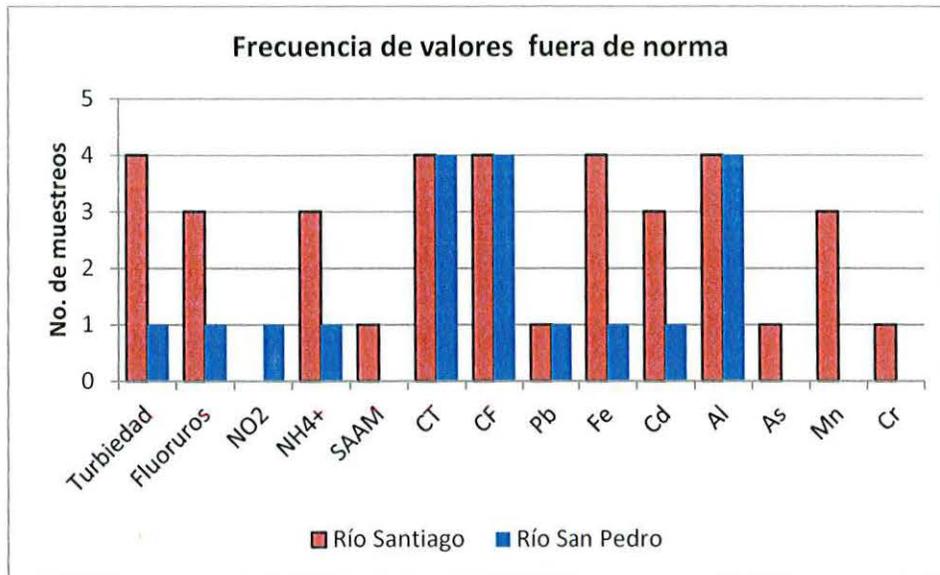


Figura 32. Frecuencia de valores fuera de norma  
Fuente: Elaboración propia

### 8.2.2 Índice de calidad del agua

En la Figura 33 se observan los resultados del índice de calidad del agua para el mes de junio de 2012 fueron de 23.20 para el Río Santiago y 46.12 para el río San Pedro. De acuerdo a los criterios de interpretación el agua del río Santiago para el sitio de San Cristóbal de la Barranca se considera con contaminación excesiva e inaceptable para su consumo; el agua del río San Pedro en Tuxpan se encuentra con contaminación fuerte y es dudosa para consumo.

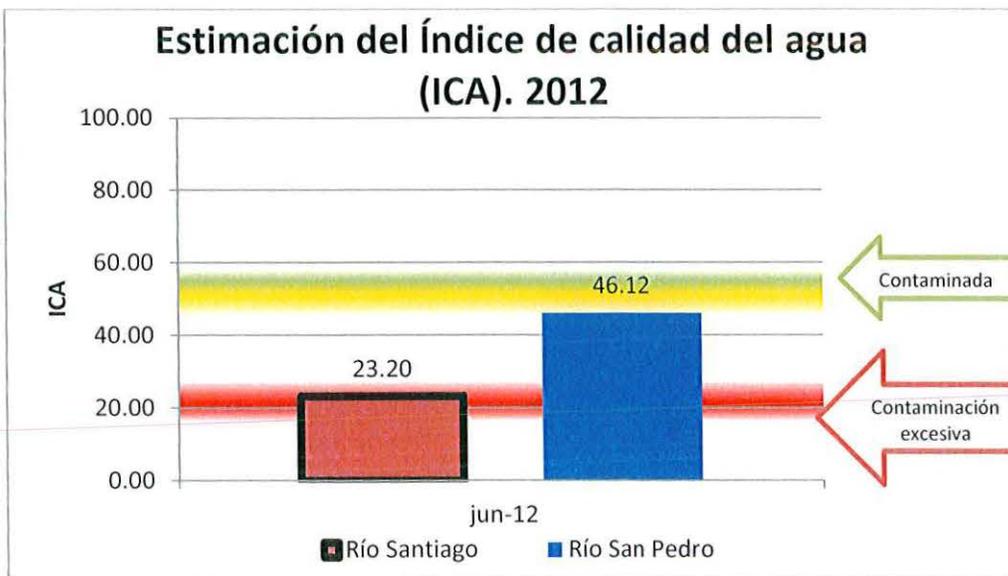


Figura 33. Índice de calidad del agua, Junio 2012  
Fuente: Elaboración propia

### 8.2.3 Evaluación del cuestionario

En la evaluación del cuestionario se muestra el análisis para cada una de las preguntas realizadas. Los resultados se presentan en seis apartados de acuerdo a la estructura del cuestionario.

#### *Datos generales de padre o tutor*

En la Tabla 16 se muestran los siguientes datos: de acuerdo a las personas que se le aplicaron los cuestionarios en San Cristóbal el 94.8% eran mujeres y 4.2% hombres; en Tuxpan 89.8% eran mujeres y 10.2% hombres.

En San Cristóbal las personas que recogen a los niños en la escuela el 87.5% eran mamás, 4.2% papás y 1.2% tío; en Tuxpan 73.5% mamás, 2% papás y como un dato relevante el 20.4% eran abuelos de los niños.

Tabla 16. Características generales de los encuestados			
Pregunta	Variables	Población %	
		San Cristóbal de la Barranca	Tuxpan
<b>Sexo de las personas encuestadas</b>	Femenino	94.8	89.8
	Masculino	4.2	10.2
<b>Parentesco con el niño</b>	Papá	4.2	2
	Mamá	87.5	73.5
	Abuelo(a)	0	20.4
	Tío (a)	4.2	0
<b>Estado civil</b>	Casado	53.3	59.2
	Soltero	20.8	8.2
	Unión libre	16.7	26.5
	Viudo	0	6.1
<b>Escolaridad</b>	Primaria	20.8	18.4
	Secundaria	45.8	30.6
	Preparatoria	25	34.7
	Licenciatura	4.2	8.2
	Carrera técnica	0	4
<b>Ocupación</b>	Hogar	83.3	77.6
	Trabaja	16.7	16.3
	Estudiante	0	2
	Pensionado	0	4

Fuente: Encuestas

El 53.3% de los encuestados en San Cristóbal menciona estar casado, 20.8% soltero y un 16.7% en unión libre; en Tuxpan 59.2% eran casados, 8.2% solteros, 26.5% vivían en unión libre y 6.1% viudos.

En relación al nivel de escolaridad en San Cristóbal 20.8% cuenta con educación primaria, 45.8 secundaria y 4.2% con licenciatura; en Tuxpan 18.4% primaria, 30.6% secundaria, 34.7% preparatoria, 8.2% licenciatura y 4% con carrera técnica. Esto indica que existe un mejor nivel de educación en Tuxpan.

En cuanto a la ocupación de la personas en San Cristóbal el 83.3% refiere dedicarse al hogar y 16.7% trabaja; en Tuxpan 77.6% dedicados al hogar, 16.3% a trabajar, 2% estudiantes y 4% pensionados.

En referencia a los años cumplidos en las localidades los rangos mas altos en San Cristóbal son de 11 a 20 años y de 21 a 30 años con 29.17% cada uno; en Tuxpan el rango mas alto fue el de 21 a 30 años con 48.98%(Tabla 17).

Tabla 17. Años de residencia		
Años de residencia	San Cristóbal de la Barranca %	Tuxpan %
1 a 5	20.83	14.29
6 a 10	12.50	10.20
11 a 20	29.17	0
21 a 30	29.17	48.98
31 a 40	8.33	14.29
41 a 50	0	2.04
51 a mas	0	10.20

Fuente: Encuestas

### ***Datos generales del niño***

De las encuestas realizadas no se encontraron diferencias significativas de acuerdo a la proporción de niños y niñas en las dos poblaciones de estudio como se muestra en la Figura 34 y Figura 35.

En Tuxpan el 43% de los niños eran del sexo femenino y 57% masculino; en San Cristóbal del sexo femenino eran el 42% y masculino el 58%.

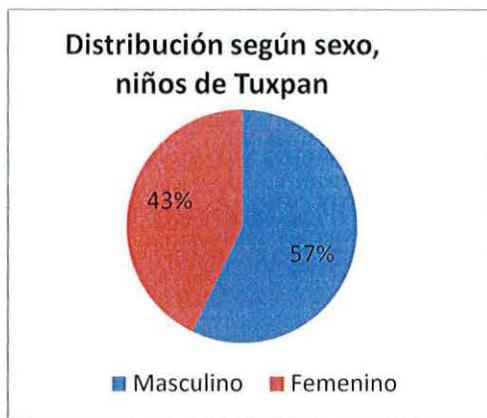


Figura 34. Sexo de los niños en Tuxpan  
Fuente: Encuestas

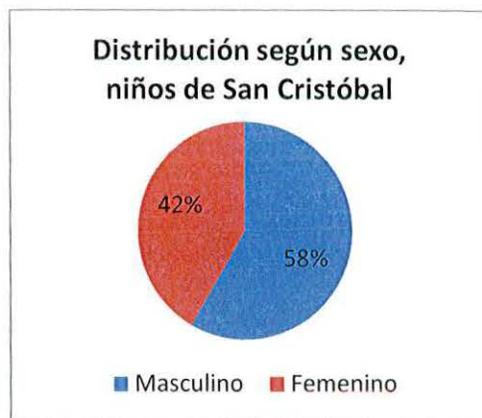


Figura 35. Sexo de los niños en San Cristóbal  
Fuente: Encuestas

De acuerdo al lugar de nacimiento de los niños, en la Figura 36 y Figura 37 se observa que en Tuxpan el 53% nacieron en la localidad, 14% en Tepic siendo la ciudad más cercana y 12% en Santiago Ixcuintla que es un poblado cercano; en San Cristóbal en la figura 13 se observa que el 79% de los nacimientos fueron en Zapopan que es la ciudad más cercana al poblado, 8% en Guadalajara y 9% nacieron en Estados Unidos.



Figura 36. Lugar de nacimiento en Tuxpan  
Fuente: Encuestas

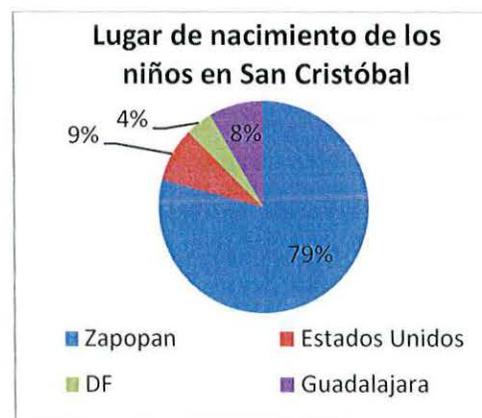


Figura 37. Lugar de nacimiento en San Cristóbal  
Fuente: Encuestas

En Tuxpan el 33% de los encuestados cuentan con IMSS, 29% cuentan con seguro popular, 16% acude al centro de salud, 12% se atiende con el médico particular y 10% tiene ISSSTE (Figura 38).

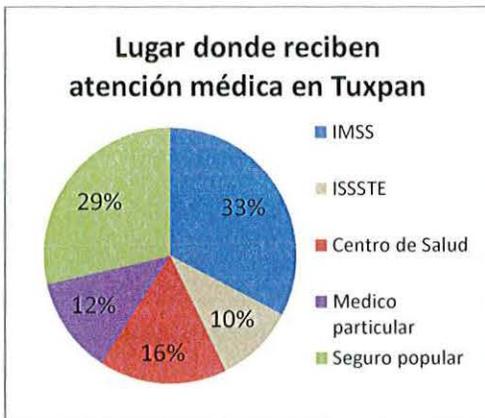


Figura 38. Lugar donde reciben atención en Tuxpan.  
Fuente: Encuestas

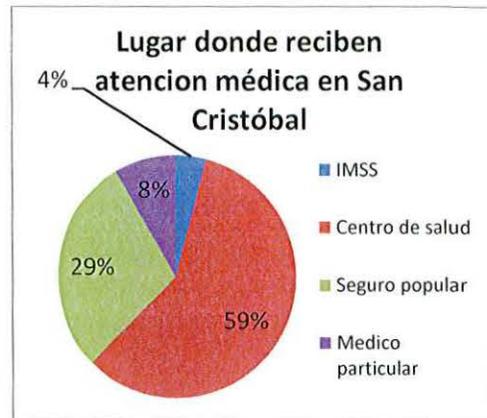


Figura 39. Lugar donde reciben atención en San Cristóbal  
Fuente: Encuestas

En San Cristóbal el 59% de los encuestados acuden al Centro de Salud de la comunidad, el 29% cuenta con seguro popular, 8% acude al medico particular y el 4% cuenta con seguro IMSS (Figura 39).

### Salud del niño

En San Cristóbal de la Barranca el 62.5% de los participantes consideran el estado del salud del niño bueno, el 25% regular, 8.3% malo y 4.2% muy bueno. En Tuxpan el 49% considera el estado de salud de niño bueno, 26.5 muy bueno y 24% regular (

Figura 40).

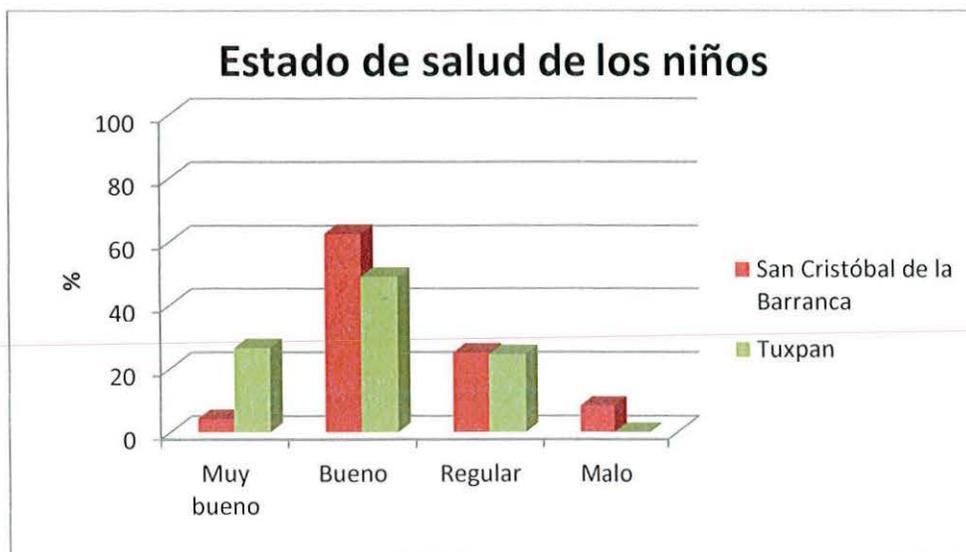


Figura 40. Estado de salud del niños en San Cristóbal y Tuxpan.

Fuente: Encuestas

Se les preguntó a las personas encuestadas si el niño había presentado algún dolor o síntoma que impidiera sus actividades habituales en el último año, en San Cristóbal el 38.8% respondió que si y el 61.2% contestaron que no; en Tuxpan el 54.2 % respondió que si y el 45.8% que no.

Sin embargo cuando se les pregunto si en los últimos meses el niño había presentado alguno dolor o síntoma en San Cristóbal el 62.2% contesto que si y el 37.5% contesto que no; en Tuxpan un 28.6% dijo que si y 71.4 que no (Tabla 18).

**Tabla 18. Presencia de algún dolor o síntoma en los niños.**

Presencia de dolor o síntoma en el niño	Respuestas	San Cristóbal %	Tuxpan %
<b>En el último año</b>	Si	38.8	54.2
	No	61.2	45.8
<b>Los últimos seis meses</b>	Si	62.5	28.6
	No	37.5	71.4

Fuente: Encuestas

De acuerdo a los resultados sobre síntomas presentados en los niños en Tuxpan el 51% de los encuestados menciona que los niños no presentaron ningún problema, el 39% presentaron problemas de garganta y solo un 4% menciona haber sido por diarrea (Figura 41). Para San Cristóbal el 25% no presento ningún problema y el 71% menciona que las causas principales síntomas fueron por problemas de garganta (Figura 42).

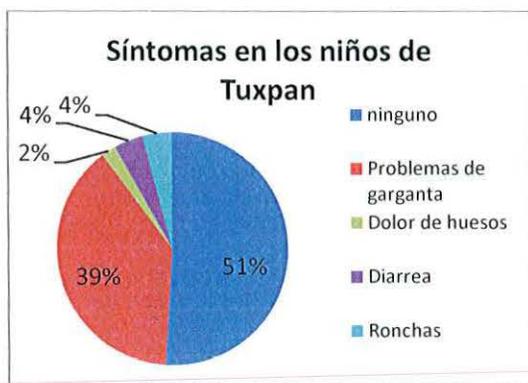


Figura 41. Síntomas en los niños de Tuxpan  
Fuente: Encuestas

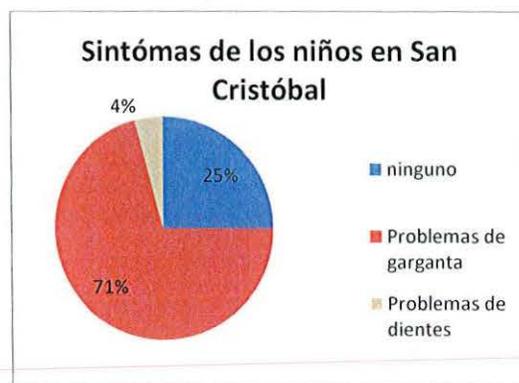


Figura 42. Síntomas en los niños de San Cristóbal  
Fuente: Encuestas

En San Cristóbal se refiere que un 50% de los niños dejo de realizar sus actividades habituales de 1 a 3 días por el dolor o síntoma que presentaron,

12.50% de 4 a 10 días, 4.1/% de 11 a 15 días y 4.1% de 16 a 30 días. En Tuxpan los niños dejaron de realizar sus actividades en un 28.57% de 1 a 3 días, 14.29% de 4 a 10 días y 2.04% de 11 a 15 días (Tabla 19).

Tabla 19. Días que los niños han dejado de realizar sus actividades por el dolor o síntoma.

Días	San Cristóbal %	Tuxpan %
Ninguno	29.17	55.10
1 a 3	50.00	28.57
4 a 10	12.50	14.29
11 a 15	4.17	2.04
16 a 30	4.17	0.00

Fuente: Encuestas

Se les pregunto a las personas encuestadas si los niños presentaban alguna enfermedad crónica, en San Cristóbal el 21% y en Tuxpan 8% refiere que si.

Dentro de las enfermedades que padecen los niños en Tuxpan, el 6% de los encuestados mencionaron que son de tipo respiratorio y el 2% alergias (Figura 43). En San Cristóbal el 17% de los encuestados mencionaron que tienen alguna enfermedad de tipo respiratoria, el 4% alergias y otro 4% problemas epilépticos (Figura 44).

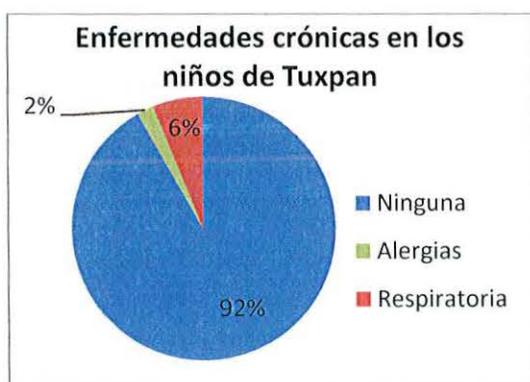


Figura 43. Enfermedades en los niños de Tuxpan

Fuente: Encuestas

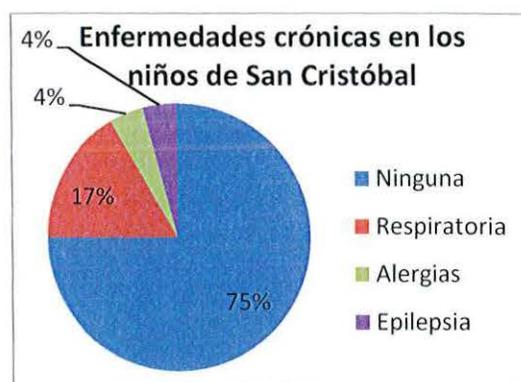


Figura 44. Enfermedades en los niños de San Cristóbal

Fuente: Encuestas

### Hábitos alimenticios

A las personas encuestadas se les pregunto sobre los alimentos que los niños consumen normalmente. En la Tabla 20 se observa que para el grupo de lácteos tanto en Tuxpan como en San Cristóbal en mayor proporción

mencionan que los consumen de 1 o 2 veces al día, resaltando que en Tuxpan un 8.16% menciona que solo los consumen de 1 o 2 veces por semana.

Tabla 20. Hábitos alimenticios de los niños en Tuxpan, Nayarit y San Cristóbal, Jalisco.

GRUPO DE ALIMENTOS	Población	3 o mas veces al día %	1 o 2 veces al día %	3 a 6 veces por semana %	1 o 2 veces por semana %	1 o 2 veces por mes %	No consume %
Lácteos: leche, yogurt, queso...	Tuxpan	10.20	69.39	12.24	8.16	0.00	0.00
	San Cristóbal	12.50	83.33	4.17	0.00	0.00	0.00
Frutas: Plátano, Manzana, Papaya, Naranja....	Tuxpan	4.08	26.53	32.65	32.65	2.04	2.04
	San Cristóbal	8.33	91.67	0.00	0.00	0.00	0.00
Verduras: Zanahoria, Calabaza, Chayote, Papa, Ejotes....	Tuxpan	4.08	42.86	20.41	26.53	2.04	4.08
	San Cristóbal	0.00	66.67	16.67	16.67	0.00	0.00
Arroz/Pastas	Tuxpan	2.04	38.78	24.49	32.65	2.04	0.00
	San Cristóbal	0.00	54.17	25.00	20.83	0.00	0.00
Frijoles/ lentejas	Tuxpan	6.12	61.22	16.33	4.08	10.20	2.04
	San Cristóbal	0.00	70.83	4.17	16.67	8.33	0.00
Embutidos: Salchicha, Jamón, Tocino, Chorizo....	Tuxpan	4.08	26.53	16.33	30.61	10.20	12.24
	San Cristóbal	8.33	25.00	12.50	25.00	8.33	20.83
Cereales: Avena, Tortilla, Pan....	Tuxpan	12.24	65.31	14.29	2.04	0.00	6.12
	San Cristóbal	16.67	83.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Dulces y Golosinas	Tuxpan	10.20	36.73	8.16	26.53	6.12	12.24
	San Cristóbal	8.33	50.00	4.17	33.33	4.17	0.00
Refrescos	Tuxpan	4.08	32.65	4.08	30.61	4.08	24.49
	San Cristóbal	8.33	45.83	0.00	41.67	0.00	4.17

Fuente: Encuestas

En el caso de las frutas, en Tuxpan un 32.65% mencionaron que los consumen de 3 a 6 veces por semana y 32.65% 1 o 2 veces por semana. En San Cristóbal el 91.6% menciona que los niños consumen fruta 1 o 2 veces al día.

En Tuxpan un 42.86% menciona que los niños consumen verduras 1 o 2 veces al día, 20.41% 3 a 6 veces por semana y un 26.53% 1 o 2 veces por semana. En San Cristóbal un 66.67% mencionan que las consumen 1 o 2 veces al día.

Arroz o pastas en Tuxpan un 38.78% menciona que las consumen 1 o 2 veces al día y un 32.65% 1 o 2 veces por semana. Mientras en San Cristóbal un 54.17% menciona que las consumen 1 o 2 veces al día y un 25% de 3 a 6 veces por semana.

En cuanto al consumo de frijol o lentejas, mencionan en Tuxpan que un 61.22% los consumen 1 o 2 veces al día y en San Cristóbal un 70.83% también mencionan que las consumen a diario.

Para el caso de los embutidos un 30.61% menciona en Tuxpan que los consumen 1 o 2 veces por semana, sin embargo un 26.53% dice que las consumen a diario. En San Cristóbal 25% consumen a diario, 25% 1 o 2 veces por semana y un 20.83% no las consumen.

El grupo de los cereales mencionaron consumirlos en un 65.31% en Tuxpan y un 83.33% en San Cristóbal 1 o 2 veces por día.

Un 50% de las personas encuestadas mencionan que los niños consumen dulces y golosinas a diario y un 33.33% solo 1 o 2 veces por semana. Mientras en Tuxpan un 36.73% dice que las consumen diario y un 25.53% 1 o 2 veces por semana.

El refresco lo consumen diario en un 32.65%, 1 o 2 veces por semana un 30.61% y 24.49% menciona que no lo consumen en Tuxpan. Un 45.83% en San Cristóbal dicen que los niños consumen refresco a diario y un 41.67% 1 o 2 veces por semana.

### ***Vivienda y agua***

En Tuxpan el 53.1% de las personas encuestadas refiere que en su casa viven 3 o 4, 30.6% 5 o 6 personas, 10.2% 7 u 8 personas y 2% viven 9 o mas.

Por otro lado en San Cristóbal el 37.5 % menciona que en su casa viven 3 o 4 personas, 33.3% 5 o 6 personas, 20.8% 7 u 8 personas y 8.3% viven 9 o mas (Tabla 21).

Tabla 21. Porcentaje de número de habitantes por vivienda.

Habitantes por vivienda	Tuxpan %	San Cristóbal %
<b>1 a 2</b>	4	0
<b>3 a 4</b>	53.1	37.5
<b>5 a 6</b>	30.6	33.3
<b>7 a 8</b>	10.2	20.8
<b>9 o más</b>	2	8.3

Fuente: Encuestas

De acuerdo a las características de la vivienda de las personas encuestadas el 12.5% en San Cristóbal mencionó que el piso de su casa es de tierra, 33.3 de material y 50% de vitropiso; en Tuxpan el 69.4% de las personas dijo que su piso es de material, 24.5% tiene vitropiso y 2% menciona que el piso es de tierra.

En San Cristóbal todas las viviendas cuentan con servicio de agua potable y en Tuxpan 81.6% mencionó que sí cuenta con el servicio pero un 18.4% dijo que no.

Las viviendas en ambas localidades tienen el servicio de sanitarios. En relación al servicio de drenaje en San Cristóbal el 8.3% y en Tuxpan el 30% menciona que no cuenta con servicio de drenaje (Tabla 22).

Tabla 22. Características en la vivienda.

Características	Variables	San Cristóbal %	Tuxpan %
Material del piso	Piso de tierra	12.5	2.0
	Piso de material	33.3	69.4
	Vitropiso	50.0	24.5
	Otro	4.2	4.1
Servicio de agua potable	Sí	100.0	81.6
	No	0	18.4
Cuenta con:	Baño	100	100
	Letrina	0	0
	Otro	0	0
Servicio de drenaje	Sí	91.7	69.3
	No	8.3	30.6

Fuente: Encuestas

El cuestionario incluyó algunas preguntas en relación a los usos del agua y la percepción de su calidad.

En Tuxpan menciona el 67% que el agua que consume normalmente proviene de la red municipal, el 31% de los encuestados cuenta con pozo artesanal del cual se abastece (Figura 45).

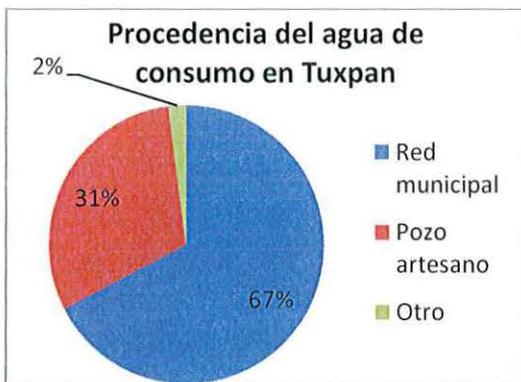


Figura 45. Lugar de donde consume agua en Tuxpan  
Fuente: Encuestas

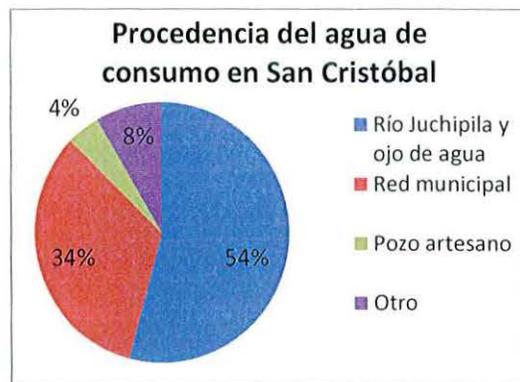


Figura 46. Lugar de donde consume en San Cristóbal  
Fuente: Encuestas

En San Cristóbal el 54% de la población uso el agua que proviene del Río Juchipila y de un ojo de agua cercano a la comunidad y el 34% menciona que usa la de la red municipal y solo el 4% cuenta con pozo artesanal (Figura 46).

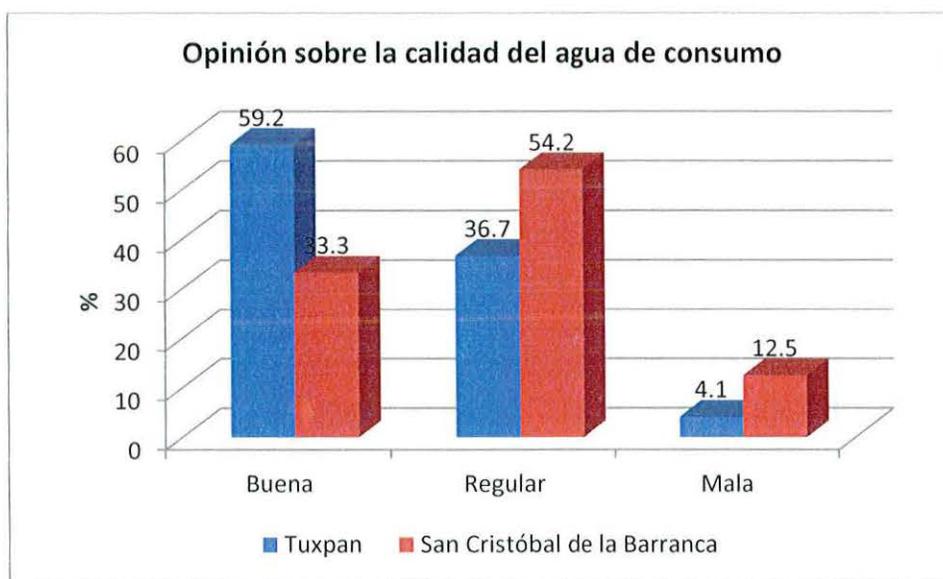


Figura 47. Opinión sobre la calidad del agua de consumo.  
Fuente: Encuestas

En Tuxpan el 53% de la población menciona que la calidad del agua que usa es buena, el 37% dice que es regular y solo el 4% menciona que es de mala calidad. En San Cristóbal de la Barranca el 54% menciona que la calidad que recibe de agua es regular, el 33% menciona que es buena y un 13% dijo que era mala (Figura 47).

En relación al abastecimiento de agua en San Cristóbal el 62.5% menciona que es suficiente y con presión todo el tiempo y un 33.3% menciona que es insuficiente en época de secas. En Tuxpan el 57.1% dijo que tiene un abastecimiento suficiente, con presión todo el tiempo y 24.5% menciona que es suficiente pero sin presión.

Para la preparación de alimentos y beber en Tuxpan el 98% de los encuestados menciona utilizar agua de garrafón. En San Cristóbal el 46% menciona que el agua es de la llave, el 38% usa agua de garrafón y el 8% hierve el agua para beber o preparar los alimentos.

**Problemas ambientales y de salud**

De acuerdo a los olores desagradables presentes en Tuxpan el 61% de los encuestados menciona que si percibe algún olor desagradable en su comunidad y el 38% no percibe ningún olor. En relación a la intensidad de los olores el 16.3% dice que es fuerte y 10.2% muy fuerte (Figura 48).

En San Cristóbal de la B. el 88% de la población percibe un olor desagradable y hace referencia principalmente al río Santiago (Figura 49). El 66.7% de las personas encuestadas refiere que el olor que perciben es muy fuerte, incluso molesto al respirar.

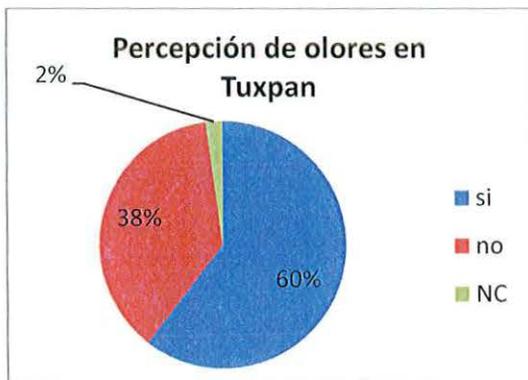


Figura 48. Percepción de olores en Tuxpan  
Fuente: Encuestas

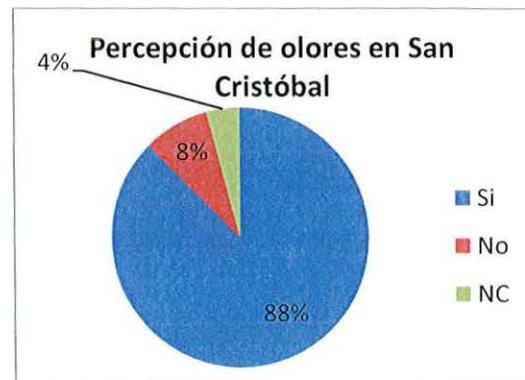


Figura 49. Percepción de olores en San Cristóbal  
Fuente: Encuestas

Los encuestados en Tuxpan menciona que la relación que tienen con la presencia del río San Pedro en un 57% es favorable, a un 29% le es indiferente y a un 8% le parece molesto. En el río Santiago el 92% de la población menciona que su relación con el río es molesta principalmente debido a la contaminación (Figura 50).

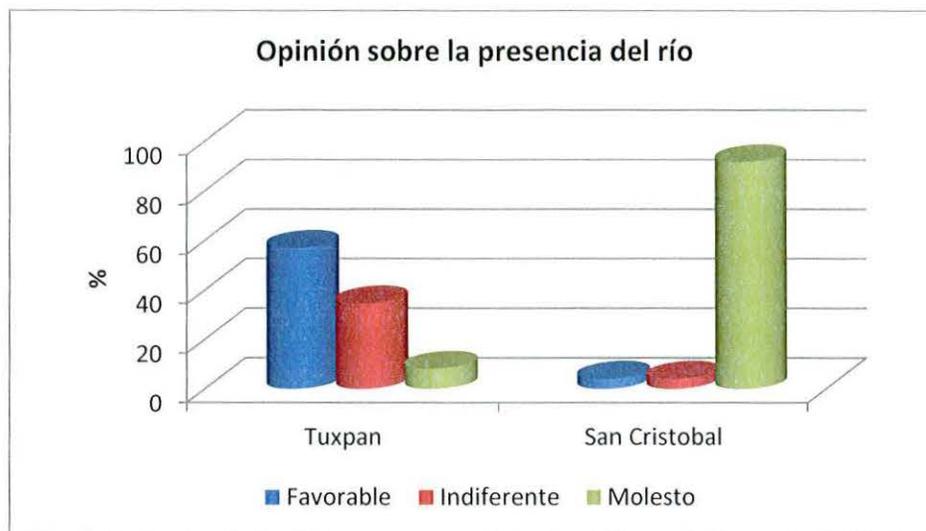


Figura 50. Opinión sobre la relación de las personas con el río.  
Fuente: Encuestas

En relación a los problemas que los encuestados identifican en su comunidad en Tuxpan el 63% menciona que no identifica ningún problema. Algunos otros hacen referencia a problemas con el drenaje, basura, inundaciones y la falta de áreas verdes en la localidad (Figura 51).

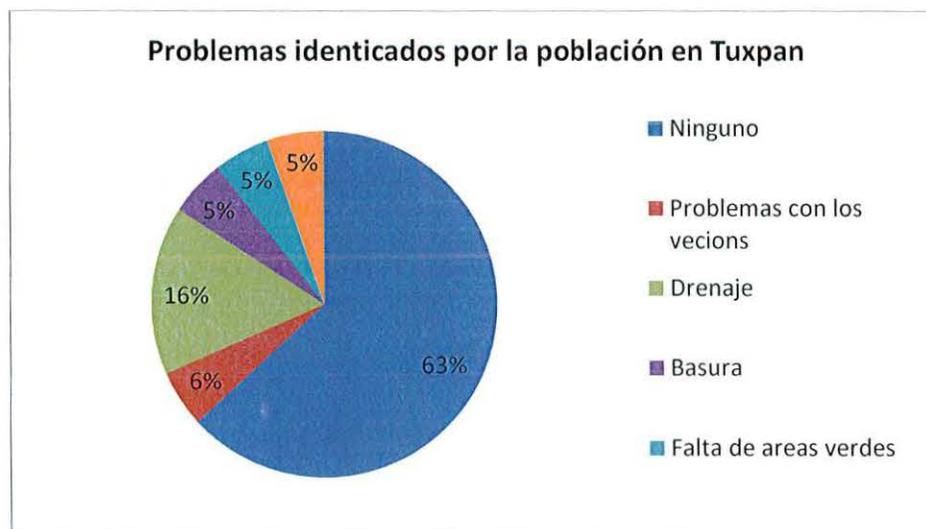


Figura 51. Problemas identificados por la población de Tuxpan.  
Fuente: Encuestas

En San Cristóbal el 34% menciona que no identifica problemas, el 29% que existen enfermedades en la comunidad a causa del río, el 21% mencionan que el problema es la contaminación de los ríos y otros hacen referencia a problemas de delincuencia (Figura 52).

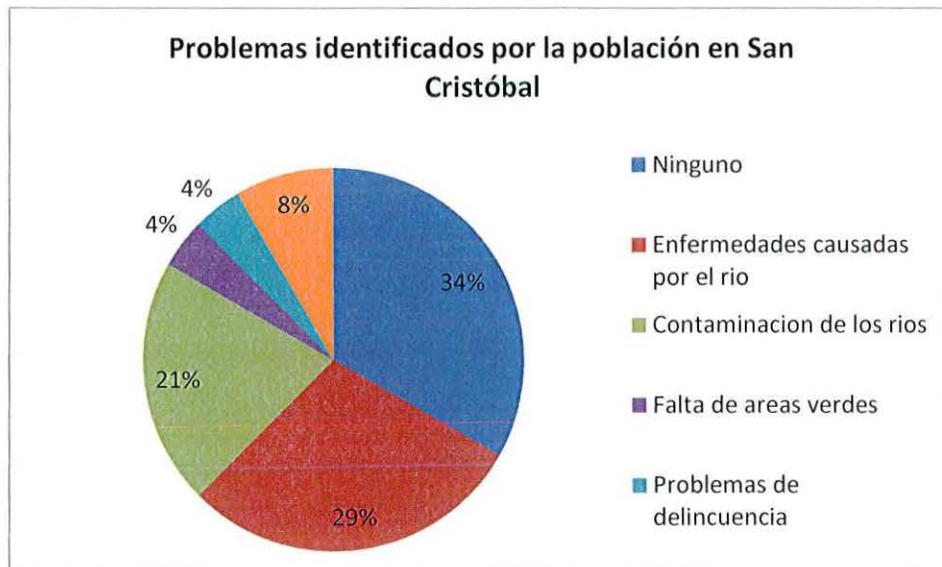


Figura 52. Problemas identificados por la población de San Cristóbal  
Fuente: Encuestas

En Tuxpan las necesidades que expresa la comunidad son áreas verdes, el arreglo de las calles, drenaje, limpieza y en una mayor proporción de las personas dijeron no tener necesidades (Figura 53).

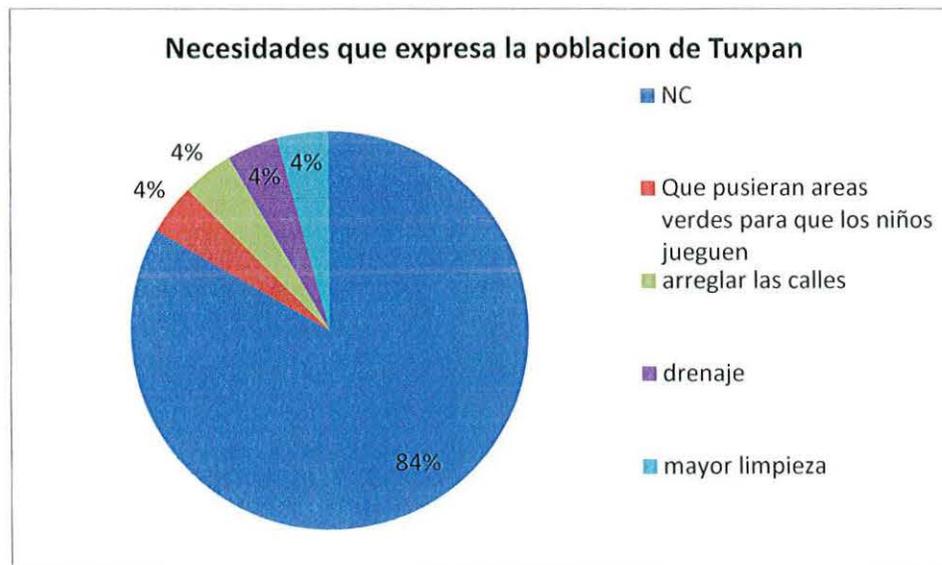


Figura 53. Necesidades que expresa la población de Tuxpan.  
Fuente: Encuestas

En San Cristóbal el 50% no cree tener alguna necesidad, el 17% menciona que quisieran los escucharan las autoridades, 17% pide la limpieza del río y el 16% la generación de fuentes de empleo (Figura 54).

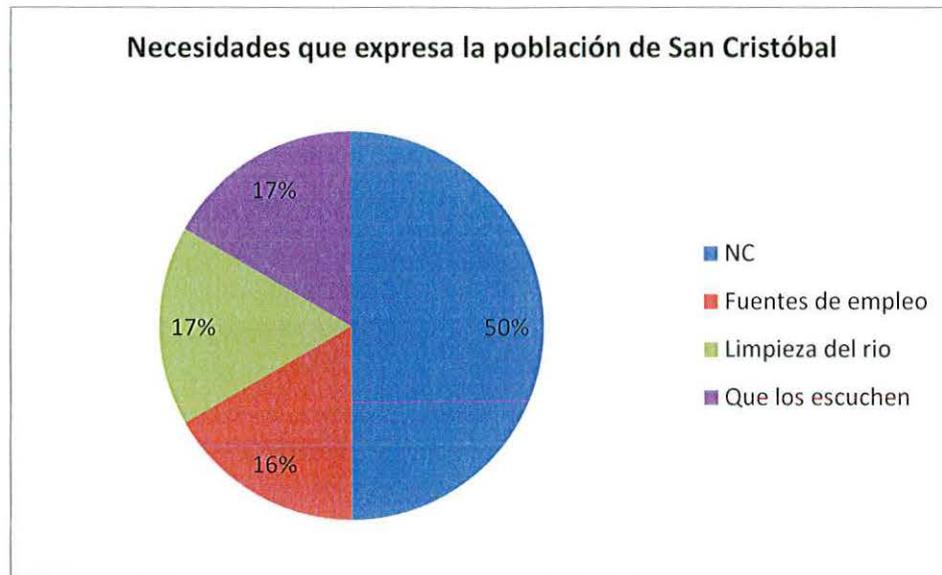


Figura 54. Necesidades que expresa la población de San Cristóbal  
Fuente: Encuestas

### 8.3 Análisis estadístico

Con el fin de presentar los resultados de manera esquemática e integrada, se hace una agrupación de las asociaciones que presentaron y no significancia estadística.

El análisis estadístico Odds ratio requiere de una matriz que incluye datos de exposición y no exposición al evento determinado.

Para valorar la significancia estadística se considera el valor de P por lo que aquellos datos que refieren un valor menor de 0.05 son significativos y aquellos que refieren un valor de P mayor de 0.05, es no significativo.

#### **Asociación entre el índice de calidad del agua y datos sobre incidencia de enfermedades.**

En la Tabla 23 se presenta la matriz utilizada para el cálculo de Odds ratio relacionando los casos de enfermedades en niños reportados por la Secretaría de Salud en las dos localidades de este estudio con los índices de calidad del agua.

Las infecciones respiratorias en 2008 y 2009 así como las enfermedades infecciosas intestinales en 2008 presentaron valores de P menores de 0.05 lo

que nos indica que estos valores son significativos estadísticamente al aplicar la prueba de Odds ratio.

		ICA BAJO		ICA ALTO		Odds ratio	Valor de P
		San Cristóbal		Tuxpan			
		SI	NO	SI	NO		
<b>2008</b>	Infecciones respiratorias agudas	54	26	699	1141	0.29	0.0000001*
	Enfermedades infecciosas intestinales	4	76	330	1510	0.08	0.0000000*
<b>2009</b>	Infecciones respiratorias agudas	77	3	1238	602	4.15	0.0028107*
	Enfermedades infecciosas intestinales	10	70	343	1497	1.6	0.1677734

Fuente: Datos reportados de la Secretaría de Salud.

\*Valores significativos menores de 0.05

### Asociación entre el índice de calidad del agua y variables de encuesta

Se elaboró una matriz con los datos reportados a través de las encuestas en las dos localidades asociándola al índice de calidad del agua, para el río Santiago considerado bajo y en el río San Pedro alto, (Tabla 24).

Los valores que presentaron significancia estadísticas fueron sobre el consumo de agua de garrafón, problemas respiratorios (gripe y tos) y la percepción de olores desagradables.

<b>Encuesta 2012</b>	ICA BAJO		ICA ALTO		Odds ratio	Valor de P
	San Cristóbal		Tuxpan			
	SI	NO	SI	NO		
<b>Agua de garrafón</b>	9	15	48	1	80	0.0000000*
<b>Problemas respiratorios tos y gripe</b>	19	30	17	7	3.83	0.0100636*
<b>Problemas intestinales</b>	0	24	2	47	---	---
<b>Alergias</b>	1	23	1	48	---	---
<b>Percepción de olores desagradables</b>	21	3	29	20	0.21	0.0144233*
<b>Servicio de agua potable</b>	24	0	40	9	1.54	---
<b>Percepción sobre la contaminación del agua</b>	12	12	0	49	---	---

Fuente: Encuestas

\*Valores significativos menores de 0.05

\*\* No fue posible calcular Odds ratio ya que el programa no admite valores menores de 5.

## 9. DISCUSIÓN

La relación entre los daños a la salud de los prescolares y el deterioro ambiental requieren de una atención particular. La salud se encuentra relacionada con factores físicos, químicos, biológicos, sociales del ambiente. Por ello, es importante la participación de todos los miembros de la sociedad en acciones que favorezcan una buena calidad de vida para lograr tener las condiciones que requiere un ambiente saludable.

No existen datos concretos donde se asocie la calidad el agua y las repercusiones en la salud de la población aledaña a Rio Santiago y Rio San Pedro como cuerpos de agua contaminada, por lo que en esta investigación se caracteriza las condiciones de salud ambiental en dos comunidades, realizando la evaluación de la calidad del agua que presentan los ríos aledaños a ellas, reportes de enfermedades en niños por la Secretaria de Salud y la evaluación de una encuesta de salud en niños y opinión sobre problemas ambientales; con el fin de establecer comparaciones entre las condiciones de salud en la población infantil y la calidad del agua de los ríos.

La calidad del agua en el río San Pedro en Nayarit para 2008 y 2009 fue determinada con condiciones de agua potable con solamente presencia de mínimas cantidades de aluminio, coliformes totales y fecales. Sin embargo, en el río Santiago en Jalisco es notable la mala calidad del agua presente para el mismo periodo, encontrando de forma recurrente la presencia de fluoruros, nitrógeno amoniacal, y cantidades mas elevadas de aluminio, cadmio, fierro, manganeso, coliformes fecales y totales, rebasando estos últimos por mucho las normas tanto para la protección de la vida acuática y consumo humano.

La turbiedad es debida a la presencia de partículas minerales u orgánicas en suspensión en el río Santiago este parámetro se encontró fuera de norma de manera recurrente. Marco y col. en 2004 mencionan que existe una correlación entre la turbiedad y la presencia de coliformes totales en el agua. En el río San Pedro se encontró fuera de norma solo para septiembre de 2009 y se atribuye al temporal de lluvias.

En un estudio realizado por Galicia y col. en 2011 se encontraron concentraciones de fluoruros entre 0.44 y 1.28 mg/l mencionando que estos niveles representan un riesgo para la salud sobre todo si el agua se destina para consumo humano. En este trabajo en el río Santiago se encontraron fuera de norma en tres ocasiones y en el río San Pedro solo en una ocasión.

Los coliformes totales y fecales se encontraron fuera de norma en ambos ríos, sin embargo es notable que en el río Santiago los valores sobrepasen el límite permisible y por encima de los que se encontraron en el río San Pedro. De acuerdo a un estudio realizado por Juárez y col. en 2006, en el estado de Hidalgo, México, se encontró la presencia de coliformes fecales en el río Tulancingo con valores similares a los registradas en este estudio. Determinando que los coliformes fecales influyen directamente en la contaminación del agua.

En lo que respectan los metales que se encontraron fuera de norma en el río Santiago se encontraron aluminio y fierro en todos los muestreos; en tres ocasiones cadmio y manganeso. Para el río San Pedro solo el aluminio se encontró en todos los muestreos pero con valores menores a los que se encontraron en el río Santiago. De acuerdo al ATSDR en 2008 la concentración de aluminio en aguas naturales generalmente es menor de 0.1 mg/l. El hierro es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre. Está presente en aguas dulces naturales en concentraciones de 0,5 a 50 mg/l. En las Guías de calidad de la OMS de 1993 no se propuso ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el hierro en el agua de consumo, pero se mencionó que puede calcularse un valor de unos 2 mg/l para prevenir la acumulación excesiva de hierro en el organismo. (OMS, 2003).

Para este estudio se encontraron niveles superiores a los reportados por un trabajo realizado por Buenfil y Flores(2007) en el estudio de metales en el río Hondo en Quintana Roo se encontraron niveles de entre 3.4 y 7 µg/l indicando contaminación una fuerte contaminación por fuentes agrícolas y descargas de desechos domésticos. El conjunto de las pruebas de estudios de la ingesta diaria real y de toxicidad en animales de laboratorio a los que se suministró manganeso en el agua de bebida, un valor de referencia provisional basado en efectos sobre la salud de 0,5 mg/l debería ser adecuado para proteger la salud pública. También se señaló que los consumidores suelen considerar aceptable el agua con concentraciones inferiores a 0,1 mg/l, aunque esto puede variar en función de las circunstancias locales. Para el caso del estudio aquí presentado los valores se encuentran arriba de 0.1mg/l.

Las diferencias presentadas entre la calidad del agua entre los dos ríos mencionados están basados de acuerdo a la estimación del índice de calidad del agua; clasificando el agua del río San Pedro como contaminada y haciendo necesario un tratamiento potabilizador para su consumo (Valores ICA entre 50 y 70) y sin embargo para el río Santiago el agua se considera con contaminación excesiva e inaceptable para el consumo humano (Valores ICA entre 20 y 30).

Los resultados para el 2012 sobre la evaluación de la calidad del agua en ambos ríos arrojaron valores similares a los que se presentaron en 2008 y 2009 para el caso del río San Pedro, en esta ocasión se detectó además la presencia de plomo y cadmio. Para el caso del río Santiago se encontraron también fuera de norma en este estudio para 2012 cadmio, cromo y plomo. De acuerdo a los resultados presentados por la Comisión Estatal del Agua en Jalisco (CEA, Jalisco) del monitoreo mensual que realiza a lo largo del río Santiago desde el 2008 se han encontrado de forma recurrente los parámetros fuera de norma antes mencionados además de otros elementos como grasa y aceites, zinc, plomo y mercurio en el punto de San Cristóbal. Por otro lado en un estudio realizado por la Universidad Autónoma de Nayarit en el río San Pedro en 2011, para el caso de coliformes fecales se encontraron valores entre 100 y 410 NMP/100ml y coliformes totales entre 4,350 y 10,710 NMP/100ml, en Tuxpan; siendo similares a los reportados en este estudio.

Estos resultados nos indican que el fenómeno se repite a través del tiempo, lo cual se debe a que las fuentes de contaminación como lo son los vertidos de desechos domésticos e industriales no tratados provenientes de la zona metropolitana de Guadalajara para el caso del río Santiago siguen siendo recurrentes, lo que nos muestra que no se han realizado actuaciones al respecto. Para el caso del río San Pedro también se muestra un incremento en la contaminación, lo cual evidencia que las poblaciones aledañas también se encuentran vertiendo sus desechos al río.

Es necesaria atender esta situación, verificando que las aguas de desecho sean tratadas antes de ser vertidas al río, además de que cumplan con los requerimientos establecidos por las normas.

Para caracterizar el estado de salud en estas localidades se utilizaron dos herramientas. Primero para el periodo entre 2008 y 2009 se obtuvieron los datos de Secretaría de Salud registrados en la población infantil en cada uno de las comunidades y segundo, para 2012 se realizó la evaluación a partir de los datos referidos por la población en escuelas de nivel preescolar en ambas comunidades.

Para las enfermedades gastrointestinales se reportan más casos en Tuxpan que en San Cristóbal, sin embargo de acuerdo a lo que se observa en la Figura 30 en San Cristóbal se presentó un incremento de más del doble de los casos del año 2008 a 2009. Por otro lado, de las infecciones respiratorias se reportan mayor número de casos en la población de San Cristóbal que en Tuxpan. Los datos aquí presentados solo corresponden a los reportados por la Secretaría de Salud debido a que en San Cristóbal siendo una población con mayor nivel de

marginación, no se cuenta con otros servicios como los de IMSS e ISSSTE, por lo que los resultados pueden deberse a diferentes situaciones, en el caso de San Cristóbal por ejemplo, no todas las personas acuden al Centro de Salud, algunos acuden a los hospitales de Guadalajara, en el caso de Tuxpan acuden a otras instancias además de los de la Secretaría de Salud.

De acuerdo a los resultados de la encuesta como se observa en la Tabla 16 encontramos datos similares en cuanto al sexo, parentesco con el niño, escolaridad y su ocupación de los encuestados en ambas localidades. De la misma manera las características de la vivienda como el material de construcción del piso de la vivienda y los servicios con los que se cuentan en ambas comunidades presentaron poca diferencia. Lo cual nos indica que las poblaciones en cuestión se encuentran en las mismas condiciones respecto al nivel socioeconómico.

Las diferencias encontradas entre ambas comunidades se reflejan en las condiciones de salud de los niños, en la

Figura 40 se observa que en Tuxpan el mayor porcentaje de las personas encuestadas mencionó que consideraba bueno y muy bueno el estado de salud de los niños, en San Cristóbal un 8.3% refiere que el estado de salud del niño es malo y solo un 4.2% dice que es muy bueno. Otra diferencia que encontramos se observa en la Figura 41 y Figura 34 cuando se les preguntó sobre los síntomas presentados en los niños, a lo que en Tuxpan un 51% de los encuestados mencionaron no presentar ningún síntoma y un 39% mencionó que los síntomas presentaron eran relacionados con problemas de garganta; por otro lado en San Cristóbal, solo un 25 % mencionaron que no presentaron ningún síntoma y un 71% hacer referencia a problemas de garganta. Con respecto a las enfermedades crónicas en ambas localidades también se presentaron diferencias: en Tuxpan un 92% menciona no presentar ninguna enfermedad y solo un 6% hace referencia a enfermedades de tipo respiratorio; en el caso de San Cristóbal un 75% menciona no presentar ninguna enfermedad, sin embargo un 17% menciona tener algún padecimiento de tipo respiratorio.

Otras de las diferencias encontradas de acuerdo a los resultados de la encuesta en cuanto a la calidad del agua de consumo en Tuxpan cerca del 60 % de los encuestados mencionan que reciben agua de buena calidad y 37 % menciona que es regular y en San Cristóbal el 55% dice que es regular y 12% mala.

Cuando se les pregunto que opinión tenían con respecto a la presencia del río en San Cristóbal, cerca del 100% menciona que es molesto por olores

desagradables al contrario de Tuxpan donde mas del 40% dice que es favorable y a un 30% le es indiferente.

Con respecto a los problemas que comentan las personas en San Cristóbal, un 30% hace referencia a la contaminación de los ríos Santiago, Juchipila y Patitos que pasan por la localidad, además de las enfermedades causadas por la contaminación de los ríos.

Debido a que los datos obtenidos en este estudio no son paramétricos como lo son análisis en sangre u orina o algún otro indicador, no se pudo hacer un estudio correlativo. Sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos realizamos un análisis asociativo, observando que en San Cristóbal donde hay menor calidad del agua existe peores condiciones de salud en comparación con los habitantes de Tuxpan donde la calidad del agua es mejor.

Aun cuando el agua contaminada no se encuentra en contacto directo con las personas existen otras vías de exposición como lo son los bioaerosoles que pueden ser generados y dispersados a través del viento, lo que se encuentra asociado que exista un mayor numero de padecimientos relacionados con las vías respiratorias. Otro de los aspectos importantes a considerar es que no existen espacios recreativos dentro de la comunidad alejados del río lo que hace que las personas y principalmente los niños se encuentran en constante convivencia con el río. Además, se observó en una de las visitas a San Cristóbal que habitantes indígenas de las comunidades aledañas tienen que cruzar el río para llegar al pueblo, teniendo un contacto directo con él.

Con base en nuestro estudio se puede concluir que el estado de salud de los habitantes si se asocia con las condiciones ambientales, por lo que es indispensable hacer llegar los resultados de este trabajo a la sociedad y autoridades correspondientes con el fin de realizar seguimientos contrastantes a los problemas que se presentan en la localidad, de esta manera se puedan implementar medidas de atención para una mejora de las condiciones de salud y calidad de vida en la población.

Es importante realizar estudios donde se puedan obtener datos paramétricos de tipo inmunológico o bacteriológico que podrían ser herramientas que nos permitirán encontrar correlaciones directas sobre los diferentes contaminantes y las enfermedades asociadas a ellos.

## **10. CONCLUSIONES**

El agua es un bien natural fundamental para el desarrollo de la vida en todas sus expresiones, a lo largo de la historia a nivel mundial existe una gran afectación a este recurso, la degradación de la cuenca del río Santiago es un ejemplo de ello, los impactos generados se encuentran relacionada con distintas actividades económicas y productivas (la disposición de los residuos, el desarrollo urbano, las actividades industriales, etc.), impactando los ecosistemas terrestres a su paso y como consecuencia afectando la salud de la vida humana.

En este estudio se encontró que el estado de salud de los niños en San Cristóbal de la Barranca se encuentra afectado debido a los altos niveles de contaminación que presenta el río Santiago en contraste con los niños de Tuxpan donde se presenta una mejor calidad del agua en el río San Pedro.

Se detectó la presencia de contaminantes tanto en el río San Pedro como en el Santiago, pero en este último se encuentran en mayores concentraciones y de forma recurrente los coliformes fecales, coliformes totales, fierro y aluminio; además de la presencia de cadmio, arsénico, cromo y manganeso.

De acuerdo al índice de calidad del agua el río Santiago se clasificó como agua con contaminación excesiva, siendo inaceptable su consumo y para el caso del río San Pedro es agua contaminada, siendo necesario un tratamiento potabilizador para su consumo.

Las enfermedades relacionadas con vías respiratorias se presentan con mayor frecuencia en ambas localidades, teniendo mayor número de casos en San Cristóbal de la Barranca, de acuerdo a los reportes proporcionados por la Secretaría de Salud, coincidiendo con los datos obtenidos a través de la encuesta.

Los problemas que detecta la población de San Cristóbal de acuerdo a los datos de la encuesta presentan una asociación directa con la contaminación del río y la deficiente calidad del agua de consumo, al contrario de Tuxpan donde los problemas son referidos a otras situaciones sociales y de otros tipos de contaminación.

## **RECOMENDACIONES**

De acuerdo a lo anterior es indispensable la difusión de los resultados de este estudio para lograr que las distintas instancias tanto administrativas como académicas puedan realizar acciones al respecto.

Realizar estudios donde se puedan obtener datos paramétricos de tipo inmunológico o bacteriológico que podrían ser herramientas que nos permitirán encontrar correlaciones directas sobre los diferentes contaminantes y las enfermedades asociadas a ellos.

Dar seguimiento a los monitoreos de calidad de calidad del agua en los ríos y el agua de consumo en la localidad, que permita conocer las condiciones en que se encuentra, de tal forma que se puedan implementar medidas de mitigación y correctivas.

Es importante que en la comunidad conozca los riesgos asociados a la exposición de los diferentes contaminantes presentes en el río.

Con base a la legislación ambiental, realizar denuncias por parte de la comunidad, contribuye a que las autoridades intervengan en solucionar problemas ambientales y de salud relacionados con la contaminación del río.

Promover un programa de educación ambiental para que la población pueda participar en actividades que favorezcan el mejoramiento de las condiciones ambientales de la comunidad.

Las autoridades deben adquirir el compromiso de generar soluciones y dar seguimiento a los problemas ambientales y de salud a los que se enfrentan los habitantes de San Cristóbal de la Barranca a causa de la contaminación del río Santiago.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (2000). Documento EPA 815-F-00-007. Disponible en: <http://water.epa.gov/drink/agua/estandares.cfm>. Consulta (15-04-2011).
- Antonio Pardo, (1997). *¿Qué es la salud?* .Departamento de Bioética, Universidad de Navarra Publicado en *Revista de Medicina de la Universidad de Navarra*, 41(2):4-9.
- APHA-AWWA-WPCF, (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Editorial Días de Santos.
- Arreguín, F., Martínez, P. y Trueba, V., (2004). El agua en México. Una visión institucional. Disponible en: [http://132.248.9.9/libroe\\_2007/1013589/A17.pdf](http://132.248.9.9/libroe_2007/1013589/A17.pdf). Consulta: (24-11-2011).
- ATSDR, (2008). Resúmenes de Salud Pública. Aluminio. Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs22.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs22.html). Consultado 11/11/2012.
- Bifani, P. (1997). Medio ambiente y desarrollo (Segunda edición ed.). Guadalajara, Jalisco, México: Universitaria.
- Buenfil, M. y Flores N., (2007). Determinación de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) presentes en el río Hondo, Quintana Roo. VI Congreso Internacional y XII nacional de ciencias ambientales. Memorias en extenso. 435-439.
- Carabias, J. y R. Landa, (2005). *Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los Recursos Hídricos en México*. UNAM – El Colegio de México Gonzalo Río Arronte, México.
- Carabias, Julia (2005). *Agua, Medio Ambiente y Sociedad. Hacia la Gestión Integral de los Recursos Hídricos en México*, UNAM-COLMEX-Fundación Gonzalo Río Arronte, México. Disponible en: [www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com](http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com) (Consultada 08-11-11)
- Carlos Corvalan, S. H. (2005). Ecosistemas y bienestar humano. Organización Mundial de la Salud.

- Carr, Genevieve M., and James P. Neary, (2008). Water Quality for Ecosystem and Human Health. Second Edition. United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System/ Water Programme.
- Cassanha, L. A, Leiliane, C. André A. y Volney de M. (2011). La investigación como instrumento innovador de la sanidad ambiental. *Revista Salud Ambiental*. 11, 1-8.
- CEMDA, 2006. El agua en México: lo que todas y todos debemos saber. México D.F.
- Chelala, C., (1999). Impactos del ambiente sobre la salud infantil. Organización Panamericana de la Salud (OPS) 36.
- Comisión Estatal del Agua, Jalisco (CEA, Jalisco), (2010). Resultados del monitoreo Rio Santiago, Rio Zula y Arroyo el Ahogado de Agosto de 2010.
- Comisión Nacional del Agua (CNA), (2011). Estadísticas del Agua en México. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/S GP-1-11-EAM2011.PDF>. Consulta (26-11-2011).
- Consejo Nacional de Población (CONAPO), (2005). Índice de marginación 2005. Disponible en: <http://www.conapo.gob.mx>. Consulta (01-04-2012).
- De la Mora, C., Flores, G., Ruíz, A., & García, J. (2004). Modelo estocástico de la Variabilidad espacial de la calidad de agua en un ecosistema lacustre. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*.
- De la Mora, C., Flores, G., Ruíz, A., & García, J. (2004). Modelo estocástico de la Variabilidad espacial de la calidad de agua en un ecosistema lacustre. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*.
- Díaz de Rada, V. (2002). Tipo de encuestas y diseño de investigación. Universidad Pública de Navarra. Pamplona.
- Dirección General de Información en Salud (DGIS). Base de datos de defunciones generales (1979-2007). [en línea]: Sistema Nacional de

Información en Salud (SINAIS). [México]: Secretaría de Salud. <<http://www.sinais.salud.gob.mx>> Consulta: (01-04-2012).

- Duran, J.M. y Torres, A., (2006) "¿Agua para Guadalajara?". En BARKIN D, (coordinador).La gestión del agua urbana en México. Retos, debates y bienestar. México: Universidad de Guadalajara.
- FIDERCO y UAN, (2011).*Análisis regional de la gestión del agua en la Región Centro Occidente, Parte II. Situación actual y perspectivas para el manejo del agua*, Programa de Desarrollo Región Centro Occidente, Fideicomiso para el Desarrollo de la Región Centro Occidente/ Universidad Autónoma de Nayarit, Guadalajara. Disponible en <http://www.centrooccidente.org.mx/downloads/08%20Analisis-Gestion-Agua-2-3.pdf>. Consulta: (12-01-2012)
- Gait, N. y Pierotto, M. (2009). Contaminación y contaminantes del agua en Manual de Salud Ambiental Infantil. Para enseñanza de grado en escuelas de medicina. Ministerio de Salud Chile, Ministerio de Salud Argentina y Organización Panamericana de la Salud.
- García, J. (2009). Estudios de calidad del agua del Río San Pedro, Nayarit. Informe de resultados. Zapopan.
- Gómez, J. (2001). Vulnerabilidad y medio ambiente. Comisión Económica para América latina y el caribe. División de medio ambiente y asentamientos humanos. Santiago de Chile. Disponible en: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/3/8283/jigomez.pdf>. Consulta (03-05-2012).
- Hernández, R., Arturo R. y Cesar B., (2008). Cambios de cobertura y usos del terreno de la sub-cuenca río San Pedro (Nayarit, México) y su efecto sobre los humedales costeros. Instituto Nacional de Ecología (INE). Disponible en: <http://www.ine.gob.mx/descargas/ord ecol/1bienal oemgc res rhernandez etal.pdf>. Consulta (11-05-2011).

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2000). Censo de Población y Vivienda. Jalisco. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx>. Consulta (06-04-2012).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2005). Censo de Población y Vivienda. Jalisco. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx>. Consulta (06-04-2012).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2010). Censo de Población y Vivienda. Jalisco. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx>. Consulta (06-04-2012).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2009. Estadísticas a propósito del día mundial del medio ambiente. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/estadisticas/2009/ambiente09.asp?s=inegi&c=2726&ep=15>. Consulta (26-11-2011).
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (2009). Enciclopedia de los municipios de México, Nayarit.
- Jiménez, B.E. (2001). La Contaminación ambiental en México. Limusa.
- Johnson, B.L. (1997) Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, Personal Communication, as in (2001) An Ensemble of Definitions of Environmental Health, U.S. Department of Health and Human Services, Environmental Health Policy Committee, y Risk Communication and Education Subcommittee.
- Juárez H., (2006). Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el cono este de lima metropolitana. Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Agraria la Molina, Lima-Perú.
- Kraemer RA, Choudhury K, Kampa E (2001). Protecting Water Resources: Pollution Prevention. In: International Conference on Freshwater, Bonn, Germany, p. 18
- LEON, L.F., (1991), "Índice de Calidad del Agua, ICA", Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, 36 p.

- López, O., Lechuga, M., (2001). Contaminantes en los cuerpos de agua del sur de Sonora. *Revista Salud pública de México*. 43-3
- Loyola R. y Soncco C. (2007). Salud y calidad del agua en zonas urbano marginales de Lima metropolitana. *Economía y Sociedad* 64.
- Marcó, L., R. Azario, C. Metzler y M.C. García, (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadoras a partir de fuentes superficiales. *Revista Hig. Sanid. Ambient.* 4: 72-82.
- Martínez de Bascarán, G., (1979). Establecimiento de una Metodología para el Índice de Calidad del Agua.
- McCulligh, C., Paez, J.C. y Moya, G. (2007) Mártires del Río Santiago, Informe sobre violaciones al derecho a la salud y a un medio ambiente sano en Juanacatlán y El Salto, Jalisco, México. México: Ed. Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario, A.C.
- NOM-127-SSA1-1994. (1994). Salud Ambiental, Agua Para Uso y Consumo Humano-límites Permisibles de Calidad y Tratamiento a que debe Someterse el Agua para su Potabilización. Diario Oficial de la Federación. México. Norma Oficial Mexicana. Secretaria de Salud.
- OMS, (2003). Iron in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud.
- OPS/OMS, (1999). Agua y salud. Autoridades locales, salud y ambiente. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/acrobat/aguasa.pdf>. Consulta: (25-02-2012)
- Ordóñez, G. (2000). Salud ambiental; conceptos y actividades. *Revista Panamericana de Salud Pública/Pan Am/Public Health* , 137-147.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), (2012). Salud ambiental. Disponible en: [http://www.who.int/topics/environmental\\_health/es/](http://www.who.int/topics/environmental_health/es/). Consulta (26-06-2012).
- Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud,(1993). Nuestro planeta, nuestra salud. Informe de la Comisión de Salud y Medio Ambiente de la OMS. Washington. 544.

- Orlor, J. (2010). El uso de encuestas en Sociología Jurídica. Los sondeos de opinión sobre la Administración de Justicia: posibilidad de un estudio Cross-Country en Argentina y España. *Revista Derecho y Ciencias Sociales*. (2) 215-229.
- Plan municipal de desarrollo rural. Municipio de San Cristóbal de la Barranca, (2005). Disponible en: <http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrusjalisco/jalisco/docs/serv/planesmpales/074.pdf> Consulta (05-04- 2012).
- Prüss-Üstün A, Kay D, Fewtrell L, Bartram J (2004). Unsafe water, sanitation and hygiene. In: Comparative quantification of health risks. Global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors. Volume 1. World Health Organization, Geneva.
- Prüss-Üstün, A., y Corvalán, C. (2006). *Ambientes saludables y prevención de enfermedades: hacia una estimación de la carga de morbilidad atribuible al medio ambiente: resumen*. Francia: Organización Mundial de la Salud.
- Rengifo, H. (2008). Conceptualización de la salud ambiental: teoría y práctica (parte 2). *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* (1), 66-73. Disponible en:<http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/artrevista/pdf/rpmesp2009.v26.n1.a14.pdf> (Consulta: 22-07-11)
- SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA <http://cct.sep.gob.mx/padron/external/workCenter/search/searchByNameOrKey.do#result> Consulta( 23-02- 2012).
- SECRETARIA DE SALUD JALISCO. <http://www.jalisco.gob.mx/wps/wcm/connect/5266958045f5a0d6af24ffa565703543/unidadesmedicas.pdf?MOD=AJPERES>. Consulta (23-02-2012).
- Segundo informe de gobierno .Tuxpan, Nayarit. 2010 [http://www.tuxpan.gob.mx/area10/up\\_2011/punto\\_19/2\\_inf\\_v\\_oroapas.pdf](http://www.tuxpan.gob.mx/area10/up_2011/punto_19/2_inf_v_oroapas.pdf). Consulta (23-02-2012).

- Toledo, A., (2002). El agua en México y el mundo. Gaceta Ecológica. Instituto nacional de Ecología. pp9-18.
- UNEP (2002) Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002 (GEO-3): pasado presente y futuro. Disponible en: <http://www.unep.org/geo/geo3/spanish/008.htm>
- UNESCO/WHO/UNEP, (1996). Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Second Edition.
- Vargas, R., Scherman, R.L., Contreras, M., Gallardo J. y Ríos M.A., (2004). Modelo Interdisciplinario para el Proyecto de Abastecimiento de Agua de la Zona Conurbada de Guadalajara. *El Proyecto Arcediano y los riegos a la salud: ¿Existen soluciones o el problema avanza?* Comité Técnico de Análisis del Proyecto Arcediano.
- Velásquez, M. y Pérez J., (1996). Agua y Salud en México. Reunión regional sobre calidad de agua potable. OPS/CEPIS/REULAB. Perú.
- WWDR, (2003). *Water for Life. Water for People.* World Water Development Report. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr1-2003/downloads/>.  
Consulta: (30-06-2011)
- Zayas, R y Cabrera, U., (2007). Los tóxicos ambientales en la salud y sus impactos en la salud de los niños.

## 12. ANEXOS

## Anexo I. Tablas de normalización y peso asignado de parámetros para la estimación del índice de calidad del agua.

Tabla 25 Normalización de pH, conductividad y oxígeno disuelto

Parámetro	pH	Conductividad	Oxígeno Disuelto	Valoración
	1/14	>16.000	0	0
	2/13	12	1	10
	3/12	8	2	20
	4/11	5	3	30
Valor	5/10	3	3.5	40
	6/9.5	2.5	4	50
Analítico	6.5	2	5	60
	9	1.5	6	70
	8.05	1.25	6.5	80
	8	1	7	90
	7	<750	7.5	100
Unidad de Medida	Unidad	µmhos/cm	mg/l	%

Tabla 26 Normalización de coliformes totales, cloruros y temperatura

Parámetro	Coliformes totales	Cloruros	Temperatura	Valoración
	>14.000	>1.500	>50/>-8	0
	10	1	45/-6	10
	7	700	40/-4	20
	5	500	36/-2	30
Valor	4	300	32/0	40
	3	200	30/5	50
Analítico	2	150	28/10	60
	1.5	100	26/12	70
	1000	50	24/14	80
	500	25	22/15	90
	<50	0	21 a 16	100
Unidad de Medida	UFC/100 ml	mg/l	°C	%

Tabla 27 Normalización de S.A.A.M., dureza total y sólidos disueltos

Parámetro	S.A.A.M Detergentes	Dureza Total	Sólidos disueltos	Valoración
	>3.00	>1.500	>20.000	0
	2	1	10	10
	1.5	800	5	20
	1	600	3	30
Valor	0.75	500	2	40
	0.5	400	1.5	50
Analítico	0.25	300	1	60
	0.1	200	750	70
	0.06	100	500	80
	0.02	50	250	90
	0	<25	<100	100

Tabla 28 Normalización de sulfatos, nitratos y nitritos

Parámetro	Sulfatos	Nitratos	Nitritos	Valoración
	>1.500	>100	>1	0
	1	50	0.5	10
	600	20	0.25	20
	400	15	0.2	30
Valor	250	10	0.15	40
	150	8	0.1	50
Analítico	100	6	0.05	60
	75	4	0.025	70
	50	2	0.01	80
	25	1	0.005	90
	0	0	0	100
Unidad de Medida	mg/l SO <sub>4</sub>	mg/l N-NO <sub>3</sub>	mg/l N-NO <sub>2</sub>	%

Tabla 29 Normalización de color, turbiedad y fósforo total

Parámetro	Color	Turbiedad	Fósforo Total	Valoración
	>200	>100	>0.65	0
	150	70	0.6	10
	100	50	0.55	20
	75	30	0.5	30
Valor	50	20	0.45	40
	20	10	0.4	50
Analítico	16	8	0.3	60
	12	6	0.25	70
	8	4	0.2	80

	4	2	0.15	90
	0	0	<0.10	100
Unidad de Medida	Esc. Pt.-Co.	UTN	mg/l	%

Tabla 30. Normalización de aluminio, arsénico y cadmio

Parámetro	Aluminio	Arsénico	Cadmio	Valoración
	0.4	0.1	0.01	0
	0.36	0.09	0.009	10
	0.32	0.08	0.008	20
	0.28	0.07	0.007	30
Valor	0.24	0.06	0.006	40
	0.2	0.05	0.005	50
Analítico	0.16	0.04	0.004	60
	0.12	0.03	0.003	70
	0.08	0.02	0.002	80
	0.04	0.01	0.001	90
	0	0	0	100
Unidad de Medida	mg/L	mg/L	mg/L	%

Tabla 31. Normalización de cromo total, hierro y manganeso

Parámetro	Cromo total	Hierro	Manganeso	Valoración
	0.1	0.6	0.3	0
	0.09	0.54	0.27	10
	0.08	0.48	0.24	20
	0.07	0.42	0.21	30
Valor	0.06	0.36	0.18	40
	0.05	0.3	0.15	50
Analítico	0.04	0.24	0.12	60
	0.03	0.18	0.09	70
	0.02	0.12	0.06	80
	0.01	0.6	0.03	90
	0	0	0	100
Unidad de Medida	mg/L	mg/L	mg/L	%

Tabla 32. Normalización de mercurio y plomo

Parámetro	Mercurio	Plomo	Valoración
	0.002	0.05	0
	0.0018	0.045	10
	0.0016	0.04	20
	0.0014	0.035	30
Valor	0.0012	0.03	40
	0.001	0.025	50
Analítico	0.0008	0.02	60
	0.0006	0.015	70
	0.0004	0.01	80
	0.0002	0.05	90
	0	0	100
Unidad de Medida	mg/L	mg/L	%

Tabla 33 Peso asignado a los parámetros

PESO ASIGNADO	PARÁMETRO
Valor máximo de 4	Conductividad, Oxígeno Disuelto, S.A.A.M. (Detergentes), Color, Mercurio
Valor medio de 3	Turbiedad, Fósforo Total, Coliformes Totales, Arsénico, Cadmio, Cromo total, hierro, Manganeso, Plomo
Valor menor de 2	Sólidos Disueltos, Sulfatos, Nitrógeno de Nitratos, Nitrógeno de Nitritos, Aluminio, Cromo hexavalente
Valor mínimo de 1	pH, Cloruros, Temperatura, Dureza Total

## Anexo II. Cálculo del Índice de Calidad del Agua

## Río Santiago

Río Santiago	30/06/2009	CI	PI	CIPI	$\Sigma$ CIPI/PI(K)
aluminio	2.929	0	2	0	<b>28.29</b>
arsénico	0.0119	90	3	270	
cadmio	0.0125	0	3	0	K=
cloruros	42.07	85	1	85	0.5
coliformes totales	240000	0	3	0	
conductividad	684	100	4	400	
cromo total	0	100	3	300	
dureza total	59.30	90	1	90	
fósforo total	1.68	0	3	0	
hierro	1.919	0	3	0	
manganeso	0.1030	70	3	210	
mercurio	0.0006	70	4	280	
nitratos	0.84	90	2	180	
nitritos	0.553	10	2	20	
oxígeno disuelto	6.09	70	4	280	
pH	7.65	100	1	100	
plomo	0	100	3	300	
S.A.A.M.	0.190	65	4	260	
sólidos disueltos	439	85	2	170	
sulfatos	91.07	60	2	120	
temperatura	26.0	70	1	70	
turbiedad	34.3	30	3	90	
			57	3225	

Río Santiago	11/11/2008	CI	PI	CIPI	$\Sigma$ CIPI/PI(K)
aluminio	2.144	0	2	0	<b>23.29</b>
arsénico	0.1240	0	3	0	
cadmio	0.2340	0	3	0	K=
cloruros	47.84	85	1	85	0.5
coliformes totales	930000	0	3	0	
conductividad	972	90	4	360	
cromo total	0	100	3	300	
dureza total	117.96	80	1	80	
fósforo total	0.44	40	3	120	
hierro	1.838	0	3	0	
manganeso	0.1950	40	3	120	
mercurio	0	100	4	400	

nitratos	0	100	2	200
nitritos	0.035	15	2	30
oxígeno disuelto	0.20	0	4	0
pH	7.46	100	1	100
plomo	0	100	3	300
S.A.A.M.	1.19	30	4	120
sólidos disueltos	463	85	2	170
sulfatos	72.33	70	2	140
temperatura	21.0	100	1	100
turbiedad	78.2	10	3	30
			57	2655

Río Santiago	09/09/2009	CI	PI	CIPI	$\Sigma$ CIPI/PI(K)
aluminio	6.626	0	2	0	<b>27.72</b>
arsénico	0.0063	100	3	300	
cadmio	0.001	90	3	270	K=
cloruros	34.50	85	1	85	0.5
coliformes totales	4300000	0	3	0	
conductividad	562	100	4	400	
cromo total	0.05	50	3	150	
dureza total	127.60	80	1	80	
fósforo total	0.356	55	3	165	
hierro	5.140	0	3	0	
manganeso	0.1870	40	3	120	
mercurio	0.0005	75	4	300	
nitratos	5.19	65	2	130	
nitritos	0.995	0	2	0	
oxígeno disuelto	4.45	50	4	200	
pH	7.97	90	1	90	
plomo	0.01	80	3	240	
S.A.A.M.	0.27	60	4	240	
sólidos disueltos	343	85	2	170	
sulfatos	63.38	75	2	150	
temperatura	27.0	70	1	70	
turbiedad	102	0	3	0	
			57	3160	
Río Santiago		CI	PI	CIPI	$\Sigma$ CIPI/PI(K)
aluminio	3.2322	0	2	0	<b>23.20</b>
arsénico	0	100	3	300	
cadmio	0.3396	0	3	0	K=
cloruros	69.69	75	1	75	0.5
coliformes totales	20,000	0	3	0	
conductividad	1000	90	4	360	

Cromo total	0.17	0	3	0
Dureza total	260.15	65	1	65
Fósforo total	3.48	0	3	0
Hierro	0.97	0	3	0
Manganeso	0.271	10	3	30
Mercurio	<0.0005	100	4	400
Nitratos	1.82	85	2	170
Nitritos	1.59	0	2	0
Oxígeno disuelto	6.44	80	4	320
pH	8.03	90	1	90
Plomo	0.2696	0	3	0
S.A.A.M.	<0.19	100	4	400
Sólidos disueltos	690	70	2	140
Sulfatos	101.32	60	2	120
Temperatura	25.9	70	1	70
Turbiedad	24	35	3	105
			57	2645

### Río San Pedro

Río San Pedro	13/06/2009	CI	PI	CIPI	$\Sigma$ CIPI/PI(K)
aluminio	0.2891	30	2	60	<b>60.20</b>
arsénico	0.0143	90	3	270	
cadmio	0.0001	100	3	300	K=
cloruros	5.13	100	1	100	0.75
coliformes totales	1,800	65	3		
conductividad	306	100	4	400	
cromo total	0	100	3	300	
dureza total	39.294	95	1	95	
fósforo total	0	100	3	300	
hierro	0.0785	100	3	300	
manganeso	0.004	100	3	300	
mercurio	0	100	4	400	
nitratos	0	100	2	200	
nitritos	0	100	2	200	
oxígeno disuelto	5.8	70	4		
pH	7.7	100	1	100	
plomo	0	100	3	300	
S.A.A.M.	0.0946	70	4	280	
sólidos disueltos	152	95	2	190	
sulfatos	9.0685	95	2	190	
temperatura	31.8	50	1	50	
turbiedad	4.5	80	3	240	

57 4575

Río San Pedro	16/11/2008	CI	PI	CIPI	$\Sigma$ CIPI/PI(K)
aluminio	1.135	0	2	0	<b>64.61</b>
arsénico	0	100	3	300	
cadmio	0.0001	100	3	300	K=
cloruros	1.84	100	1	100	0.75
coliformes totales	11	100	3	300	
conductividad	194.4	100	4	400	
cromo total	0	100	3	300	
dureza total	36.4	95	1	95	
fósforo total	0.1257	95	3	285	
hierro	0.1677	75	3	225	
manganeso	0.0437	85	3	255	
mercurio	0	100	4	400	
nitratos	0	100	2	200	
nitritos	0	100	2	200	
oxígeno disuelto	2.33	20	4	80	
pH	7.15	100	1	100	
plomo	0	100	3	300	
S.A.A.M.	0.05	85	4	340	
sólidos disueltos	91.2	100	2	200	
sulfatos	7.18	95	2	190	
temperatura	21.7	100	1	100	
turbiedad	4.21	80	3	240	
			<b>57</b>	<b>4910</b>	

Río San Pedro	10/09/2009	CI	PI	CIPI	$\Sigma$ CIPI/PI(K)
aluminio	2.229	0	2	0	<b>51.78</b>
arsénico	0.0074	100	3	300	
cadmio	0.0008	100	3	300	K=
cloruros	0.93	100	1	100	0.75
coliformes totales	20,000	0	3	0	
conductividad	77.2	100	4	400	
cromo total	0.0017	100	3	300	
dureza total	11.682	100	1	100	
fósforo total	0	100	3	300	
hierro	2.338	0	3	0	
manganeso	0.0731	75	3	225	
mercurio	0	100	4	400	

nitratos	0.4575	95	2	190
nitritos	6.1	0	2	0
oxigeno disuelto	4.2	50	4	200
pH	7.45	100	1	100
plomo	0	100	3	300
S.A.A.M.	0.05	75	4	300
sólidos disueltos	464	85	2	170
sulfatos	1.3456	95	2	190
temperatura	29.7	60	1	60
turbiedad	635	0	3	0
			57	3935

Tuxpan		CI	PI	CIPI	$\Sigma$ CIPI/PI(K)
aluminio	18.44	0	2	0	46.12
arsénico	0	100	3	300	
cadmio	0.009	10	3	30	K=
cloruros	14.0	95	1	95	0.75
coliformes totales	>1 100	75	3	225	
conductividad	64.6	100	4	400	
cromo total	<0.05	100	3	300	
dureza total	120	80	1	80	
fósforo total	1.58	0	3	0	
hierro	7.29	0	3	0	
manganeso	0.11	65	3	195	
mercurio	<0.001	100	4	400	
nitratos	2.8	75	2	150	
nitritos	0	100	2	200	
oxigeno disuelto	5.8	70	4	280	
pH	6.5	60	1	60	
plomo	0.08	0	3	0	
S.A.A.M.	<0.05	100	4	400	
sólidos disueltos	700	70	2	140	
sulfatos	1	95	2	190	
temperatura	27.8	60	1	60	
turbiedad	164.1	0	3	0	
			57	3505	

## Anexo III. Formato de encuesta

## Sondeo de salud infantil y opinión de aspectos ambientales

**Introducción:** El siguiente cuestionario forma parte de un proyecto de investigación, que analiza aspectos de salud infantil y condiciones ambientales relacionadas con el agua, como base para promover medidas de atención a través de los diferentes sectores.

DATOS GENERALES DEL PADRE O TUTOR	
1. Sexo : 1( )Mujer    2( )Hombre	2. Edad : (    ) años
3. Dirección:	
4. Años cumplidos viviendo en la localidad:	
5. Parentesco con el niño: a)( )Papá    b)( )Mamá    c)( )Hermano/a    d)( )Tío/a    e)( )Abuelo/a f)( )Tutor    g)( )Otro_____	
6. Estado Civil: a)( )Soltero    b)( )Casado    c)( )Viudo    d)( )Divorciado    e)( )Unión libre	
7. Escolaridad: a)( )Primaria    b)( )Secundaria    c)( )Preparatoria    d)( )Carrera Técnica e)( )Licenciatura    f)( )Maestría    g)( )Doctorado    h)( )Otro_____	
8. Ocupación:	
DATOS GENERALES DEL NIÑO	
9. Sexo: 1( )Mujer    2( )Hombre	10. Fecha de nacimiento DIA( __ )MES( __ )AÑO( __ )
11. Lugar de nacimiento	
Salud del niño	
12. Como considera el estado general de salud del niño/a? a)( )Muy bueno    b)( )Bueno    c)( )Regular    d)( )Malo e)( )Muy malo    f)( )No sabe/No contesto	
13. ¿Durante el último año, ha tenido el niño/a que dejar sus actividades habituales (ir a la escuela, dejar de jugar o bañarse) por algún dolor o síntoma? a) ( ) Si.....pasa a 15    b) ( ) No.....pasa a 14	
14. De noviembre del año pasado a la fecha ha tenido el niño/a que dejar sus actividades habituales (ir a la escuela, dejar de jugar o bañarse) por algún dolor o síntoma? a) ( ) Si.....pasa a 15    b) ( ) No.....pasa a 17	

15. ¿Cual ha sido ese dolor o sintoma mas grave que ha obligado al niño a reducir sus actividades no pudiendo ir a la escuela o jugar?

a) ( ) Dolor de huesos o articulaciones      b) ( ) Problemas de nervios, depresión o dificultad para dormir

c) ( ) Problemas de garganta, tos, catarro o gripe      d) ( ) Dolor de cabeza

e) ( ) Heridas o lesiones      f) ( ) Dolor de oídos, otitis

g) ( ) Diarrea o problemas intestinales      h) ( ) Ronchas, alergias

i) ( ) Molestias de riñón o urinarias      j) ( ) Problemas de estomago o digestivo

k) ( ) Fiebre      l) ( ) Problemas con los dientes o encías

m) ( ) Vómitos      n) ( ) Dolor abdominal

o) ( ) Otros \_\_\_\_\_      p) ( ) No sabe/No contesto

16. ¿Cuántos días ha tenido el niño/a que dejar sus actividades habituales por ese dolor o sintoma? \_\_\_\_\_ días.

17. ¿Padece el niño/a alguna enfermedad crónica?

a) ( ) Si.....pasa a 18      b) ( ) No.....pasa a 19

18. ¿Qué tipo de enfermedad crónica es la que padece? Si padece más de una, indique la más importante

a) ( ) Alergias (rinitis, urticaria, etc.)

b) ( ) Enfermedad respiratoria (bronquitis, asma, sinusitis, etc.)

c) ( ) Enfermedad digestiva (intolerancia digestiva, diarrea crónica, hepatitis, etc.)

d) ( ) Enfermedades del corazón

e) ( ) Enfermedad renal (insuficiencia renal, síndrome nefrótico, etc.)

f) ( ) Diabetes

g) ( ) Enfermedades neurológicas (epilepsias, parálisis, esquizofrenia, etc.)

h) ( ) Cáncer \_\_\_\_\_ tipo \_\_\_\_\_

i) ( ) Otros \_\_\_\_\_

19. Lugar donde recibe atención medica

a) ( ) IMSS      b) ( ) ISSSTE      c) ( ) Centro de salud      d) ( ) Medico particular

e) ( ) Seguro popular      f) ( ) Farmacia      g) ( ) No se atiende      h) ( ) Se automedica

i) Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_

**Hábitos alimenticios**

20. ¿En un día habitual que alimentos consume el niño/a?

GRUPO DE ALIMENTOS	a) 3+ día	b) 1-2 día	c) 3-6 sem	d) 1-2 sem	e) 1-2 mes	f) 0 mes
Lácteos: leche, yogurt, queso...						
Carnes: pollo, res, pescado, cerdo, huevo....						
Frutas: Plátano, Manzana, Papaya, Naranja....						
Verduras: Zanahoria, Calabaza, Chayote, Papa, Ejotes....						
Arroz/Pastas						
Frijoles/ lentejas						
Embutidos: Salchicha, Jamón, Tocino, Chorizo....						
Cereales: Avena, Tortilla, Pan....						
Dulces y Golosinas						
Refrescos						

**VIVIENDA Y AGUA**

21. ¿Cuántas personas viven en la casa?

a) ( ) 1-2      b) ( ) 3-4      c) ( ) 5-6

d) ( ) 7-8      e) ( ) 9 o más

22. ¿Cuál es el material del piso de la vivienda?

a) ( ) Piso de tierra      b) ( ) Piso de material

c) ( ) Vitropiso      d) ( ) Otro

23. ¿Cuenta con servicio de agua potable?

a) ( ) Si      b) ( ) No

24. La vivienda cuenta con

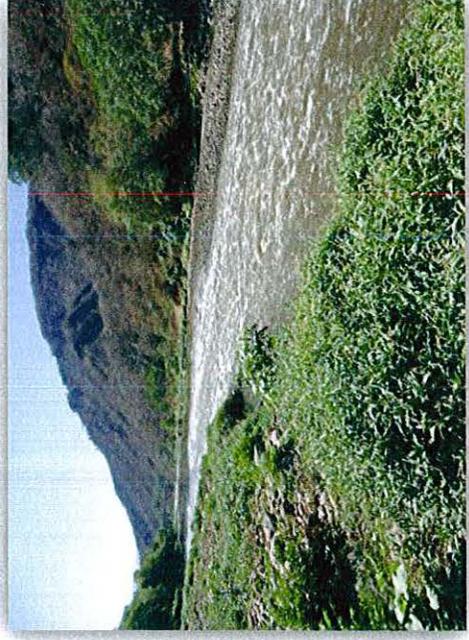
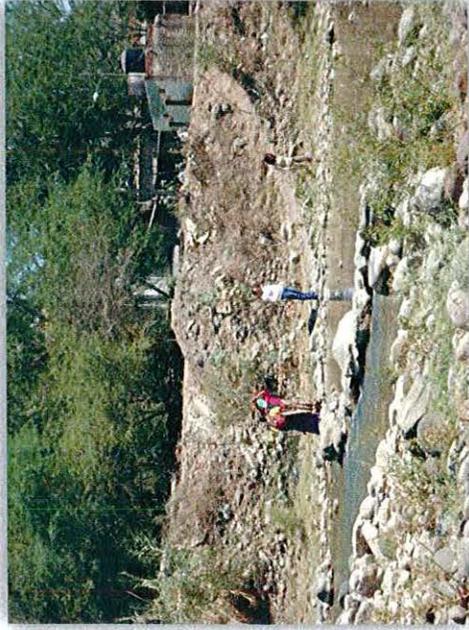
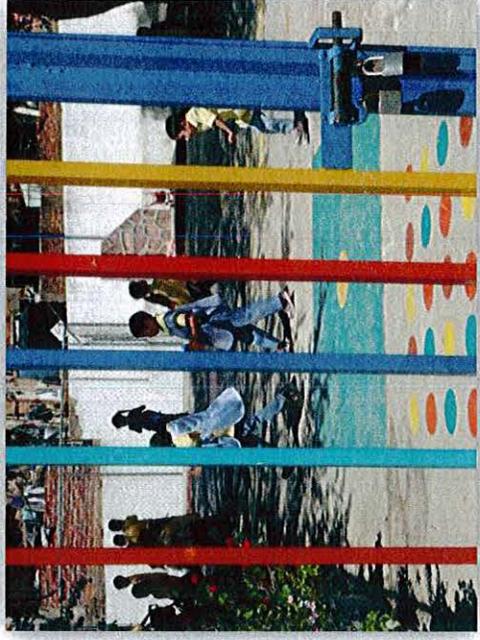
a) ( ) Baño      b) ( ) Letrina

c) ( ) Otro \_\_\_\_\_



Anexo IV. Fotografías

San Cristóbal de la Barranca, Jalisco



Tuxpan, Nayarit



a