

Contenido

VIII.	Análisis de Riesgo Sanitario Ambiental.....	1
VIII.1.	Introducción.....	1
VIII.2.	Estudios de Riesgo Cualitativos o Cuantitativos	1
VIII.3.	Evaluación del Riesgo Sanitario Ecológico como parte de los Estudios de Clasificación de los Cuerpos de Agua Nacionales	2
VIII.3.1.	Evaluación del Riesgo Sanitario - Ecológico por Contaminación del Agua Ambiental.....	3
VIII.3.2.	Identificación de un peligro potencial.....	3
VIII.3.3.	La evaluación de la exposición	4
VIII.3.4.	Evaluación de la relación exposición–respuesta.....	5
VIII.3.5.	Caracterización del riesgo.....	5
VIII.3.6.	Estimación o Determinación del Riesgo.....	5
VIII.3.6.1.	Descripción de la Metodología.....	5
VIII.3.6.2.	Evaluación de las consecuencias adversas	6
VIII.3.6.3.	Modelo de Calificación de los Factores de Riesgo.....	7
VIII.3.6.3.1.	Descriptorios de Probabilidad.....	7
VIII.3.6.3.2.	Descriptorios de las Consecuencias Adversas en la Población.....	7
VIII.3.6.3.3.	Descriptorios de las Consecuencias Adversas Ecológicas	8
VIII.3.7.	Consecuencias por contaminación química y contaminación microbiana en la Población.....	8
VIII.3.8.	Consecuencias Ecológicas por contaminación química.....	8
VIII.4.	Riesgos Sanitarios y Ecológicos	8
VIII.4.1.	Matriz de Evaluación Cualitativa del Riesgo Sanitario – Ecológico.	8
VIII.5.	Aplicación del Modelo de Evaluación Cualitativa del Riesgo Sanitario–Ecológico al Estudio de Clasificación del Río Santiago	9
VIII.5.1.	Información del estudio de Clasificación del Río Santiago.....	9

VIII.5.2. Niveles de Contaminantes Peligrosos en las Descargas y en la Corriente del Río Santiago	11
VIII.5.3. Niveles de los Contaminantes Inorgánicos.....	11
VIII.5.3.1. Niveles de los Contaminantes Orgánicos.....	12
VIII.5.3.2. Niveles de los Contaminantes Microbiológicos	14
VIII.6. Identificación de los Datos utilizados en la Aplicación del Método de Evaluación del Riesgo Sanitario-Ecológico.....	14
VIII.6.1. Contaminantes peligrosos	14
VIII.6.2. Poblaciones Probablemente Expuestas o Poblaciones en Riesgo.....	15
VIII.6.3. Probabilidad de los Eventos Peligrosos	21
VIII.7. Evaluación Cualitativa del Riesgo para las Diferentes Zonas del Estudio de Clasificación del Río Santiago.....	22
VIII.8. Conclusiones	25

Listado de Tablas

Tabla VIII.1. Matriz de Evaluación Cualitativa del Riesgo Sanitario – Ecológico	9
Tabla VIII.2. Contaminantes inorgánicos en el Río Santiago y Límites Permisibles	12
Tabla VIII.3. Concentración de contaminantes orgánicos en el Río Santiago y límites permisibles	13
Tabla VIII.4. Cantidad de Indicadores microbianos y parasitarios en el agua	14
Tabla VIII.5. Concentración de contaminantes peligrosos en las diferentes zonas del Río Santiago	14
Tabla VIII.6. Concentración de contaminantes peligrosos en las diferentes zonas del Río Santiago	14
Tabla VIII.7. Puntajes de la Probabilidad (AxB) de que se desarrollen peligros a diferentes distancias del río. 22	
Tabla VIII.8. Valores de Probabilidad Convencional de los Diferente Puntajes de Probabilidad	22
Tabla VIII.9. Puntajes de la exposición, la severidad de las consecuencias adversas y del tamaño de las poblaciones expuestas	23

VIII. Análisis de Riesgo Sanitario Ambiental

VIII.1. Introducción

El estudio que se presenta analiza los riesgos asociados a la contaminación por descargas de aguas residuales en la cuenca del río Santiago

La evaluación del riesgo en general es el proceso que se realiza para valorar si existe la probabilidad de que se desarrolle un peligro real y la magnitud que podrían tener las consecuencias del mismo. Existen dos tipos de evaluación del riesgo: cualitativa o cuantitativa

VIII.2. Estudios de Riesgo Cualitativos o Cuantitativos

Tanto si una evaluación es cuantitativa o cualitativa se debe utilizar un método estructurado, sistemático, repetible y predecible.

En la evaluación cuantitativa del riesgo se determina matemáticamente la probabilidad de que un peligro dado pueda ocurrir y el error asociado con la estimación de esa probabilidad. En esta evaluación de la probabilidad se incluye tanto la probabilidad de que un peligro se desarrolle como la probabilidad de las diversas consecuencias de ese peligro, ya que existe una relación directa entre las dos. Además esta probabilidad se asocia a la severidad de las consecuencias adversas.

Este tipo de análisis es apropiado para situaciones que se presentan en industrias donde se utilizan tecnologías complicadas, especialmente en la industria química, plantas de energía nuclear, plantas de ingeniería aeronáutica, etcétera; entidades con una larga historia de funcionamiento durante la cual se ha ido acumulando información sobre el tipo y frecuencia de sus riesgos. El método cuantitativo requiere, para ser riguroso, una gran cantidad de datos y un amplio conocimiento sobre cada proceso que contribuye al riesgo total.

Cuando no existen suficientes datos para aplicar los métodos cuantitativos es aceptable utilizar métodos cualitativos para evaluar el riesgo. La aplicación de una evaluación cualitativa o una cuantitativa, depende de la cantidad, tipo y calidad de los datos con los que se cuente; además de la complejidad del riesgo bajo consideración y el nivel de detalle requerido para tomar decisiones al respecto.

Es importante señalar que en las evaluaciones del riesgo se utilizan diversos modelos que en general describen el proceso evaluado pero no abarcan en su totalidad la complejidad de los sistemas involucrados ni proporcionan respuestas definitivas.

Por otro lado, las evaluaciones cualitativas en general utilizan descripciones relativas de los resultados adversos y de su probabilidad, para ello pueden combinar datos derivados de varias fuentes, algunos de los cuales pueden ser cuantitativos. Una evaluación requiere evidencias científicas, repetibles, comprobables, que teóricamente sostengan las estimaciones cualitativas de probabilidad y magnitud de las consecuencias; en el caso de los riesgos sanitario-ecológicos estas evidencias son determinadas de acuerdo a criterios objetivos de efectos dañinos medidos en la salud humana y el ambiente.

Las evaluaciones del riesgo sanitario - ecológico son por lo general cualitativas debido a: su gran complejidad, al extenso número de datos muy diversos que se pueden registrar, a la necesidad de distribuir el riesgo total entre múltiples receptores que puede dar como resultado múltiples impactos adversos, y a la urgencia para tomar decisiones.

En el caso que nos ocupa, la evaluación del riesgo sanitario-ecológico relacionado con la contaminación y usos del agua superficial, se decidió utilizar un modelo de análisis rápido del riesgo, por puntajes, de tipo cualitativo, tomando en cuenta que:

- Los tipos de sustancias u organismos causantes de los peligros son muy variados.
- Los potenciales efectos adversos para el ambiente y la salud humana son muy variados.
- Los efectos ambientales se observan dentro de sistemas muy complejos que tienen gran cantidad de variables no bien entendidas.
- Los efectos adversos pueden ocurrir a largo término y por lo tanto son difíciles de cuantificar y correlacionar.

En el análisis rápido de un peligro potencial, se asignan niveles de prioridad de acuerdo a una calificación por puntos para los diversos escenarios que se pueden presentar una vez identificado el peligro. De acuerdo con estas calificaciones algunos riesgos se pueden ignorar o considerar aceptables, por su bajo puntaje. A otros, se les puede asignar una importancia media en función de los cambios en la calidad del agua o de los efectos adversos sobre las condiciones ecológicas, estéticas o de bienestar de la cuenca, pero donde no necesariamente se encuentran efectos evidentes sobre la salud pública y por último aquellos escenarios donde los efectos negativos en la salud pública o el ambiente tienen un gran significado y se consideran de alta prioridad.

VIII.3. Evaluación del Riesgo Sanitario Ecológico como parte de los Estudios de Clasificación de los Cuerpos de Agua Nacionales

Los datos que aportan los Estudios de Clasificación de los Cuerpos de Agua Nacionales no contienen todos los elementos necesarios para obtener la caracterización de los diferentes riesgos que se pueden presentar, solo en casos en que ya existan datos específicos sobre efectos sanitarios o ecológicos, se podrán utilizar éstos de acuerdo a la calidad de su recopilación y certeza, por lo anterior se propone como una estrategia inicial utilizar un método rápido de evaluación de los posibles riesgos sanitario ecológicos relacionados con los cuerpos de agua que cuenten con estudios de clasificación para tener una aproximación admisible de la probabilidad del daño ambiental y sus efectos en la población.

En el análisis que se presenta se utilizó la combinación de dos modelos uno el Método para Calificación de Riesgos desarrollado por Parametrix/AWT, de Parametrix, Australia, para ser utilizado en el análisis del peligro en el agua de Sidney, Australia, que se presenta en el Capítulo 12. Management Strategies del libro Water Quality - Guidelines, Standards and Health: Assessment of Risk and Risk Management for Water Related Infectious Disease, Edited by L. Fewtrell, Center for Research into Environment and Health, Aberystwyth, Wales and J. Bartram, World Health Organization, Geneva, 2001 y el utilizado en el Informe Risk Analysis Framework under the Gene Technology Act 2000, Australia, 2005

VIII.3.1. Evaluación del Riesgo Sanitario - Ecológico por Contaminación del Agua Ambiental

La evaluación de los riesgos asociados con la contaminación del medio ambiente, se establece de acuerdo a cuatro pasos:

- Identificación de un peligro potencial.
- Evaluación de la exposición al peligro.
- Evaluación de la relación entre la exposición (dosis) y la respuesta esperada (consecuencias).
- Caracterización del riesgo.

La identificación del peligro, en esta etapa se analiza: el qué, cómo, dónde y cuándo algo puede ir mal y la vía causal que lleva a un resultado adverso.

La apreciación de la probabilidad de que un resultado adverso se presente y la severidad de las consecuencias de este resultado, abarca la evaluación de la exposición y la extrapolación de la información sobre las relaciones exposición–respuesta a los contaminantes ambientales.

La integración de toda la información adquirida en las etapas anteriores lleva a caracterizar el riesgo y determinar el daño potencial asociado.

El propósito de realizar las evaluaciones de los riesgos sanitario ambientales es utilizar los resultados de estas evaluaciones en el siguiente procedimiento de la administración del riesgo, a partir del cual se decide: si el riesgo evaluado es aceptable entonces mantener un monitoreo continuo del mismo que permita prevenir cualquier emergencia, en caso contrario, de no ser aceptable el riesgo, implementar las estrategias necesarias para controlarlo o eliminarlo.

VIII.3.2. Identificación de un peligro potencial

En estos casos el peligro se relaciona con la presencia de sustancias peligrosas y microorganismos patógenos en los cuerpos de agua. En el primer caso se consideran las propiedades tóxicas y carcinogénicas de las sustancias involucradas en la situación de peligro potencial. En el segundo caso, aunque no se cuenta con información de cada posible microorganismo patógeno peligroso que se encuentre en el agua, se tiene la referencia de microorganismos indicadores, éstos son microorganismos no patógenos que se encuentran en grandes concentraciones en las heces fecales y en consecuencia al detectarse en el agua indican la presencia de contaminación fecal y la posible presencia de patógenos de origen entérico.

En el estudio de clasificación del Río Santiago se utilizaron como indicadores microbiológicos, la cantidad de coliformes fecales presentes en el agua relacionándola posteriormente con la presencia de patógenos fecales. También, se computó la cantidad de huevos de *Ascaris lumbricoides* como referente del grupo de helmintos patógenos para el humano presentes en las muestras de agua.

Con respecto de las sustancias presentes en el agua se evalúa la información sobre los efectos nocivos de las sustancias tóxicas y carcinogénicas. El objetivo de esta acción es conocer los efectos en la salud que resultarían de la exposición al agente químico investigado.

Esta fase de la evaluación se sustenta en la información bibliográfica que provee las evidencias a favor o en

contra de que el agente detectado se considere la causa de un tipo específico de efecto nocivo.

Se pretende que los estudios utilizados sean rigurosos en su metodología y se refieran a los efectos observados en el hombre, preferentemente estudios epidemiológicos o clínicos. Sin embargo, no existen suficientes estudios epidemiológicos idóneos y las valoraciones sobre el riesgo de los tóxicos se basan en resultados de estudios de experimentación en animales, extrapoladas estas evidencias al ser humano. Inclusive, se utilizan datos del análisis de la relación estructura-actividad de las sustancias detectadas o similares para valorar propiedades y posibles efectos.

VIII.3.3. La evaluación de la exposición

La exposición se define en función de la concentración de la sustancia o cantidad de microorganismos en el agua multiplicada por el intervalo del tiempo en que el organismo expuesto (individuos de la población en peligro) se encuentra en contacto con el agua:

En los análisis de exposición ambiental se determina el origen de los tóxicos y de los microorganismos patógenos presentes en los medios ambientales, se identifican las fuentes emisoras de estos contaminantes y las descargas que los contienen, datos que se obtienen en los estudios de Clasificación, en este caso se utilizaron los datos del estudio de Clasificación del Río Santiago.

Es esencial definir el punto de interacción entre el medio contaminado y el receptor para asegurar que existe la probabilidad de exposición a los contaminantes, por ejemplo: si se trata de agua de abastecimiento o agua de contacto o la exposición es indirecta a través de los alimentos: vegetales, hortalizas, cereales, pescados, ganado, que crecieron en ambientes o aguas contaminadas, o se regaron con aguas contaminadas.

Por último, es necesario definir la población humana receptora, es decir la población que habita dentro de una zona delimitada por su acceso a los contaminantes considerados que se encuentran en la corriente o cuerpo de agua.

Además de los elementos enumerados anteriormente es primordial tomar en cuenta el lapso durante el cual se puede dar la exposición; es decir la duración de la exposición. Se considera separadamente durante cuánto tiempo la población está, estará o ha estado expuesta a los contaminantes y la frecuencia de esta exposición, cuantas horas del día el individuo está expuesto por día y el número de días o de semanas al año, etcétera; se considera asimismo si existen grandes fluctuaciones en la exposición o si la exposición es continua o intermitente.

El objetivo del análisis de la exposición es considerar la dosis real de exposición ya sea por ingestión a través del agua, por ingestión de alimentos contaminados por medio del agua, o bien por contacto dérmico directo con el agua.

Con los datos de los estudios de Clasificación de los Cuerpos de Agua solo se tiene información de las fuentes de descargas, la cantidad y tipo de contaminantes de las descargas, las concentraciones de los contaminantes en el agua, las poblaciones que utilizan el agua del río y los usos más frecuentes del agua de la corriente. Según la Clasificación del Río Santiago el uso al cual está destinado es a protección de la vida

acuática agua.

Por lo anterior la evaluación de la exposición en estas condiciones es solo un estimado aproximado de la exposición real.

VIII.3.4. Evaluación de la relación exposición–respuesta

La evaluación exposición/respuesta especifica el efecto gradual del material peligroso sobre la población expuesta, permite establecer si los más expuestos son los más afectados y los grupos de cada población más susceptibles al riesgo, es posible evaluar las curvas dosis–respuesta obtenidas en los estudios experimentales o epidemiológicos de los contaminantes peligrosos involucradas. En estos estudios se relacionan: diferentes cantidades de la sustancia o microorganismo a la cual se expone un sujeto (dosis de exposición) con la presencia y severidad de los efectos obtenidos además posibilita especificar las medidas de protección pertinentes. Sin embargo, con los datos de los estudios de Clasificación no es posible llevar a cabo una evaluación de este tipo, donde es necesario contar con registros de efectos nocivos o enfermedades en las poblaciones expuestas al peligro.

VIII.3.5. Caracterización del riesgo

El proceso de caracterización del riesgo combina los datos obtenidos en los tres pasos anteriores: la identificación del peligro, la evaluación de la exposición ambiental y la relación dosis/respuesta para valorar la probabilidad del daño específico por la exposición a contaminantes presentes en el ambiente, en una población o grupo de la población en general.

Después de caracterizar el riesgo el siguiente paso lleva a decidir administrativamente si el riesgo es aceptable o no, y las medidas para su monitoreo o la posibilidad de su eliminación total.

VIII.3.6. Estimación o Determinación del Riesgo

El riesgo R se define matemáticamente como el producto de la probabilidad P o la frecuencia F^* del evento peligroso por la magnitud de las consecuencias del desarrollo del peligro.

$$R = P \text{ o } F^* (\text{del Evento}) \times C$$

En el caso del los riesgos sanitario – ecológicos por contaminación del agua ambiental, la estimación de los mismos está basada en la identificación de eventos peligrosos a partir de la contaminación del agua y los factores que caracterizan el riesgo:

- Probabilidad o frecuencia del desarrollo del peligro.
- Probabilidad o frecuencia de las consecuencias que abarcan diferentes daños o efectos adversos en el medio ambiente y la población.
- Magnitud de las consecuencias ecológicas y sanitarias

VIII.3.6.1. Descripción de la Metodología

Al evaluar el riesgo es importante considerar el criterio con el cual los riesgos específicos son evaluados. Las

preguntas se dirigen hacia los siguientes temas ¿Qué se considera como daño o resultado adverso? ¿Cómo se puede medir el daño? Al proponer un daño como parte de la evaluación de un riesgo es necesario contar con los elementos necesarios para poder detectarlo o medirlo

En el diseño de la evaluación de un riesgo se deben considerar: las evaluaciones previas; el potencial dañino de los materiales involucrados, para los humanos y otros organismos vivos; el potencial de estos materiales de afectar adversamente cualquier ecosistema; el transporte y persistencia de los materiales en el medio ambiente; y específicamente las capacidades: tóxicas, patogénicas, alérgicas, carcinogénicas, teratogénicas y disruptivas de estos materiales sobre los organismos vivos.

La evaluación de las consecuencias empieza por la pregunta-¿estos efectos podrían ser un problema? - ya que si existe la probabilidad de que el peligro produzca efectos adversos, es necesario determinar qué tan severas serían las consecuencias.

Por lo tanto, las consecuencias de los resultados adversos necesitan ser examinados en diferentes niveles. Por ejemplo: el daño al humano se considera primero a nivel individual y posteriormente se considera el total de la población o grupos poblacionales, mientras que el daño ambiental es considerado generalmente a nivel de poblaciones, especies o comunidades bióticas

VIII.3.6.2. Evaluación de las consecuencias adversas

Al total de las diferentes efectos dañinos provocados por el desarrollo de un peligro sanitario-ecológico se les analiza como consecuencias adversas, en la evaluación de éstas se consideran cinco factores,

La severidad, que incluye el número, magnitud, y probable gravedad de los efectos

La extensión espacial

La extensión temporal

La capacidad acumulativa

La reversibilidad

Para reducir la ambigüedad de la terminología utilizada en estas evaluaciones cualitativas se utilizan para cada una de las variables de la función de riesgo los grupos de descriptores utilizados en otras propuestas publicadas y avaladas internacionalmente para:

- la evaluación de la probabilidad.
- la evaluación de las consecuencias.
- la estimación del riesgo.

Se intenta que los descriptores cubran el rango total de las posibles situaciones que se pueden aplicar en los escenarios proyectados, de acuerdo al estudio de Clasificación del Cuerpo de Agua de que se trate, sin embargo, estos descriptores son relativos. Por ejemplo las consecuencias de un riesgo relacionado con la salud humana pueden ser muy diferentes a las consecuencias de un riesgo que paralelamente se observen en el ambiente.

VIII.3.6.3. Modelo de Calificación de los Factores de Riesgo

En la matriz de la estimación cualitativa del riesgo sanitario-ecológico por contaminación del agua ambiental se combinan los factores que definen el riesgo: las frecuencias (probabilidades) de que el peligro pueda provocar un resultado adverso con las diferentes intensidades de las consecuencias de ese resultado, así, obtenemos todos los valores posibles del riesgo cualitativo según el modelo. Para realizar el proceso es necesario desarrollar descriptores, sencillos de interpretar, de las situaciones que se pueden presentar con base en la información recabada.

Se han considerado por separado tres componentes bien definidos del riesgo sanitario-ecológico:

Riesgo para la salud por contaminantes químicos.
Riesgo para la salud por contaminantes microbianos.
Riesgo ecológico.

En los siguientes incisos se explican los descriptores y las matrices desarrolladas para cada uno de los riesgos señalados.

VIII.3.6.3.1. Descriptores de Probabilidad

Los descriptores de la probabilidad para estimar el riesgo sanitario – ecológico, en el caso de los riesgos a la salud de la población por contaminación química y microbiológica y el riesgo de los ecosistemas por la contaminación química comprende dos factores: la frecuencia con la que se presenta el evento peligroso que va desde esporádico hasta continuo (A) y las distancias que existen entre el sitio contaminado y las poblaciones y ecosistemas posiblemente afectados (B). La probabilidad de exposición para las poblaciones humana se considera a tres rangos de distancias entre 0 y 20 km. con respecto al cuerpo de agua, en tanto que para los ecosistemas solo se considero el rango más cercano de 0 – 5 km.

PROBABILIDAD = A x B

A los diferentes niveles de los descriptores se les da un puntaje incremental arbitrario, que permite llevar a cabo una serie de combinaciones para determinar el rango total de categorías las probabilidades del riesgos sanitario- ecológicos por contaminación del agua. El puntaje de la probabilidad de que se desarrolle el peligro se obtiene multiplicando A x B y se obtienen 12 niveles de probabilidad de un evento peligroso para las poblaciones humanas y 4 niveles para los ecosistemas más cercanos al río.

VIII.3.6.3.2. Descriptores de las Consecuencias Adversas en la Población

Se consideraron como descriptores de la magnitud de las consecuencias adversas en los riesgos a la salud y seguridad de la población, la suma de los siguientes factores: La intensidad del efecto que va desde la presencia de contaminantes microbiológicos y tóxicos en los cuerpos de agua hasta efectos en la salud de la población aledaña a estos cuerpos. Además se toma en cuenta el tamaño de las poblaciones que podrían ser afectadas y su posible exposición. Las consecuencias se determinan en función de tres descriptores, tamaño de la población en riesgo, tiempo de exposición y efectos adversos de la contaminación, a cada uno de ellos se le da un factor de ponderación, de acuerdo a su peso específico considerado en el total de la magnitud de las consecuencias.

VIII.3.6.3.3. Descriptores de las Consecuencias Adversas Ecológicas

Se consideraron descriptores de la magnitud de las consecuencias adversas en las comunidades y poblaciones bióticas, presentes en el área señalada, la suma de los siguientes factores: La intensidad del efecto que va desde la presencia de contaminantes tóxicos en la columna de agua y su probable presencia en sedimentos de los cuerpos de agua hasta los efectos bióticos presentes en el sitio, así como los niveles de organización de los especímenes afectados que van desde individuos aislados hasta varios de los elementos de un ecosistemas concurrentes en el sitio de exposición.

Para obtener el puntaje de la intensidad del peligro sanitario – ecológico en las poblaciones expuestas se realizan las siguientes operaciones.

VIII.3.7. Consecuencias por contaminación química y contaminación microbiana en la Población

Población en riesgo Pr

Tiempo de exposición Ex

Efecto adverso por contaminación química C1, o

Efecto adverso por contaminación microbiana: C2

Las consecuencias se consideran como la sumatoria de los factores anteriores

Consecuencias adversas por contaminación química: $Q = [C1 + Pr + Ex]$, o

Consecuencias adversas por contaminación microbiana: $M = [C2 + Pr + Ex]$

VIII.3.8. Consecuencias Ecológicas por contaminación química

Especímenes en Riesgo Pr

Tiempo de exposición Ex

Efectos ecológicos adverso por contaminación química : C3

Consecuencias ecológicas adversas por contaminación química: $EQ = [C3 + Pr + Ex]$

VIII.4. Riesgos Sanitarios y Ecológicos

Los valores numéricos para los diferentes niveles de riesgo de acuerdo a la fórmula antes referida [$R = P \text{ del Evento} \times C$], se pueden obtener con la matriz utilizando los valores de las diferentes consecuencias propuestas multiplicando los valores de la probabilidad del evento.

$P \times Q = RQ$, Riesgo por contaminantes químicos, $P \times M = RM$, Riesgo por contaminantes microbiológicos, y $P \times E = RE$, Riesgo ecológico por contaminantes químicos

VIII.4.1. Matriz de Evaluación Cualitativa del Riesgo Sanitario – Ecológico.

El siguiente paso de esta propuesta consiste en utilizar una matriz de evaluación cualitativa del riesgo, tal como se utilizan en diferentes campos donde se presentan peligros difíciles de cuantificar, que integra la probabilidad y las consecuencias del riesgo con una calificación apreciativa.

Tabla VIII.1. Matriz de Evaluación Cualitativa del Riesgo Sanitario – Ecológico

Probabilidad	Riesgo			
<i>Baja</i>			Bajo	Medio
<i>Media</i>		Bajo	Méδιο	Alto
<i>Alta</i>	Bajo	Medio	Alto	Máximo
<i>Máxima</i>	Bajo	Medio	Alto	Máximo
Puntajes	Mínimas	Menores	Medias	Grandes
Q	20-44	45-69	70-94	95-120
M	30-50	51-69	70-90	91-110
CE	58-70	71-99	100-149	150-250

Para cada tipo de contaminación se forman 16 subgrupos de riesgo correspondientes a las 16 celdas de la matriz que permiten calificar al riesgo de máximo, alto, medio o bajo tal como se propone en el modelo de acuerdo a los puntajes utilizados en las fórmulas propuestas.

En la parte inferior de la tabla se presenta los rangos de los puntajes obtenidos para las consecuencias de los tres tipos de riesgos evaluados: Consecuencias por contaminación química Q. Consecuencias por contaminación microbiana M y consecuencias por contaminación química en el ambiente CE.

Los valores de mayor rango corresponden a los riesgos que afectan la salud pública y/o al ambiente y que están relacionados con eventos crónicos, continuos o muy frecuentes y de grandes consecuencias. Dependerá del criterio de cada administrador el determinar la gestión de la situación peligrosa según la calificación obtenida y su posición dentro del intervalo de posibles calificaciones.

VIII.5. Aplicación del Modelo de Evaluación Cualitativa del Riesgo Sanitario–Ecológico al Estudio de Clasificación del Río Santiago

VIII.5.1. Información del estudio de Clasificación del Río Santiago

El estudio de clasificación incluye el alto río Santiago y sus afluentes principales, los ríos Zula y Verde hasta la presa Santa Rosa, que se ubican en la región centro del país dentro de la Región Hidrológica N° 12K.

La zona clasificada del río Santiago se dividió en dos tramos; El primer tramo empieza en el municipio de Ocotlán (Jalisco) terminando en el sitio donde cruza el acueducto Calderón el río Santiago, con un recorrido de 89.6 km. El segundo tramo inicia inmediatamente después de la presa de generación hidroeléctrica "La Intermedia" hasta antes de la presa Santa Rosa, con un recorrido de 82.3 km. El tramo intermedio entre estos dos segmentos ubica a las presas de generación hidroeléctrica que la CFE opera en este río. De igual manera se clasificaron de forma separada los ríos Verde y Zula; el río Verde para fines de estudio, inicia en la estación Chilarillo en los límites con el Estado de Aguascalientes, y termina en la confluencia con el río Santiago. El río Zula para fines del estudio inicia aguas arriba de la población de Arandas y termina en la confluencia con el río Santiago en Ocotlán.

Adicionalmente, el río Santiago se dividió en ocho zonas cuya delimitación y características se pueden encontrar en el Estudio de Clasificación en el capítulo de modelación de la calidad del agua. En cada uno de estas zonas se midieron los parámetros que definen la calidad del agua y de otros parámetros no convencionales utilizando 10 estaciones de monitoreo además, se midieron varios de estos parámetros en descargas directas e indirectas de origen municipal, industrial y pecuario, tanto directas al río Santiago como indirectas a afluentes que conducen sus escurrimientos al río Santiago.

No.	Zona	Delimitación	Características
1	Ocotlán	Inicia antes de la confluencia del río Zula, a 3.6 km aguas abajo del lago de Chapala, y termina en la presa de Poncitlán, en el puente que comunica las localidades de Poncitlán y Santiago Totolimixpan.	Longitud de la zona 17.10 km. Recibe principalmente 18.8 ton/día de DQO, 12.6 ton/día de SST y 3.2 ton/día de DBO5, con un caudal al inicio de 8,540 l/s.
2	Poncitlán	Inicia en la presa de Poncitlán, en el puente que comunica las localidades de Poncitlán y Santiago Totolimixpan, y termina antes de la confluencia del arroyo Santiaguito.	Longitud de la zona 30.51 km. Recibe las descargas municipales de Poncitlán y Atequiz a- Atotonilco, ambas por el margen izquierdo del río Santiago. Recibe 0.63 ton/día de DQO, 0.25 ton/día de DBO5 y 0.20 ton/día de SST, con un caudal al inicio de 6,720 l/s.
3	Santiaguito	Antes de la confluencia del río Santiaguito, hasta después de la confluencia del Arroyo Ahogado.	Longitud de la zona 11.84 km. Confluencia por la margen izquierda de los arroyos Santiaguito y Ahogado Recibe 4.08 ton/día de DQO, 1.33 ton/día de DBO5 y 0.83 ton/día de SST, con un caudal al inicio de 2,520 l/s. Por parte del Arroyo El Ahogado recibe un caudal de 202.5 l/s.
4	El Salto	Inicia después de la confluencia del Arroyo Ahogado hasta la localidad de Puente Grande.	Longitud de la zona 11.1 km. Recibe las descargas municipales de Juanacatlán y Puente Grande. Recibe 4.22 ton/día de DQO, 1.87 ton/día de DBO5 y 4.44 ton/día de SST, con un caudal al inicio de 2,800 l/s.
5	Puente Grande	Inicia en el puente de la carretera libre Guadalajara-Zapotlanejo y termina en el Puente Grande.	Longitud de la zona 18.28 km. En esta zona el río Santiago recibe por la margen derecha los afluentes del río La Laja y del río Zapotlanejo. Recibe 8.53 ton/día de DQO, 8.28 ton/día de DBO5 y 1.81 ton/día de SST,

No.	Zona	Delimitación	Características
			con un caudal al inicio de 2,200 l/s.
6	La Intermedia	Inicia después de la presa La Intermedia y termina 300 metros aguas abajo del puente Arcediano.	Longitud de la zona 4.64 km. Recibe por la margen izquierda dos descargas municipales de Guadalajara y por la margen derecha recibe el flujo del río Verde. Recibe 234.38 ton/día de DQO, 37.74 ton/día de DBO5 y 70.74 ton/día de SST, con un caudal al inicio de 1,761 l/s.
7	Arcediano	Inicia 300 metros aguas abajo del puente Arcediano y termina antes de la confluencia del río Juchipila.	Longitud de la zona 39.67 km. Recibe dos descargas municipales de Guadalajara y al río Verde. Recibe 136.64 ton/día de DQO, 62.15 ton/día de DBO5 y 56.71 ton/día de SST, con un caudal al inicio de 6,081 l/s.
8	San Cristóbal de la Barranca	Inicia antes de la confluencia del río Juchipila y termina en la presa Santa Rosa.	Longitud de la zona 38.00 km. Confluencia por la margen derecha del río Juchipila. Recibe 54.64 ton/día de DQO, 11.24 ton/día de DBO5 y 13.52 ton/día de SST, con un caudal al inicio de 8,240 l/s..

VIII.5.2. Niveles de Contaminantes Peligrosos en las Descargas y en la Corriente del Río Santiago

VIII.5.3. Niveles de los Contaminantes Inorgánicos.

De los contaminantes inorgánicos presentes en las descargas, sobrepasan el límite máximo permisible de la NOM-ECOL-001SEMARNAT el Arsénico y Plomo. Con respecto a los límites permitidos en los criterios de calidad del agua en río: Cadmio, Cianuros, Mercurio y Níquel sobrepasan los límites para protección de la vida acuática.

Tabla VIII.2. Contaminantes inorgánicos en el Río Santiago y Límites Permisibles

Metal	Concentración máxima en descargas mg/l	Límite máximo en descargas mg/l*	Concentración máxima en río mg/l	Límites para protección de vida acuática mg/l**
Arsénico	0.263	0.1 - 0.2	0.038	0.20
Cadmio	0.041	0.1 - 0.2	0.116	0.004
Cianuros	0.037	1.0 - 2.0	0.075	0.005
Cobre	2.400	4.0 - 6.0	0.103	0.05
Cromo	0.121	0.5 - 1.0	0.013	0.05
Mercurio	ND	0.005 - 0.01	0.0012	0.0005
Níquel	0.846	2.0 - 4.0	0.080	0.06
Plomo	0.201	0.2 - 0.4	0.006	0.03
Zinc	7.790	10 - 20	0.597	0.02

* NOM-ECOL-001-SEMARNAT, ** Ley Federal de Derechos

VIII.5.3.1. Niveles de los Contaminantes Orgánicos

Se midieron las concentraciones de varios contaminantes orgánicos en descargas municipales e industriales que descargan directamente al río Santiago o a sus afluentes, no existen límites máximos establecidos para estos parámetros en la NOM-001-ECOL-SEMARNAT, pero al comparar con los criterios de calidad del agua, se observa que los siguientes compuestos en descargas superan los criterios; Fenol, Bis(2-etilhexil)ftalato, Dietilftalato y Cloroformo. Con respecto a estaciones en río sobrepasa en algunas zonas del río los límites permitidos nacionales, el Bis(2-etilhexil)ftalato sobrepasa el límite para protección de la vida acuática de agua dulce.

Tabla VIII.3. Concentración de contaminantes orgánicos en el Río Santiago y límites permisibles

Compuesto	Concentración máxima en descargas mg/L	Límite máximo en descargas mg/L	Concentración máxima en río mg/L	Límites para protección de vida acuática mg/L
Fenol	0.0686	--	0.0029	0.1
Bis(2-etilhexil) ftalato	0.108	--	0.226	0.0094
Dimetilftalato	0.007	--	ND	0.0094
Dietilftalato	0.030	--	0.0087	0.0094
Cloroformo	0.148	--	0.012	0.03
Diclorobencenos	0.004	--	ND	0.01
2,4,6 Triclorofenol	0.0009	--	ND	0.01
Benceno	0.0015	--	ND	0.05
Etilbenceno	ND	--	ND	0.1
Isoforona	0.004	--	0.0011	1.2
Naftaleno	ND	--	ND	0.02
Nitrobenceno	0.009	--	ND	0.3
Tetracloroetileno	0.002	--	ND	0.05
Tetracloruro de Carbono	0.0005	--	ND	0.3
Tolueno	0.011	--	0.0011	0.2

VIII.5.3.2. Niveles de los Contaminantes Microbiológicos

La contaminación microbiológica se presenta a lo largo de todo el río, presentándose en la mayoría de las zonas, niveles muy altos de estos indicadores.

Tabla VIII.4. Cantidad de Indicadores microbianos y parasitarios en el agua

Indicadores	Concentración máxima en descargas NMP/100mL	Límite máximo permisible en descargas NMP/100mL	Concentración máxima en río NMP/100mL	Límite permisible en agua superficial NMP/100mL
Coliformes Fecales	2.3E+09	2.0E+03	2.3E+08	1.0E+03
Estreptococos Fecales	4.6E+05	--	2.7E+05	--

VIII.6. Identificación de los Datos utilizados en la Aplicación del Método de Evaluación del Riesgo Sanitario-Ecológico

VIII.6.1. Contaminantes peligrosos

En la siguiente tabla se presentan los datos de la presencia y concentración de los parámetros más importantes relacionados con la contaminación química y microbiológica detectada en el agua de los diferentes zonas del río Santiago.

Tabla VIII.5. Concentración de contaminantes peligrosos en las diferentes zonas del Río Santiago

Zona	Arsénico mg/L	Cadmio mg/L	Cianuros mg/L	Cobre mg/L	Cromo mg/L	Mercurio mg/L	Níquel mg/l	Plomo mg/L	Zinc mg/l	Fenol mg/L
S1	0.0378				0.004		0.0586	0.0056		
S2	0.0196				0.0099	0.0012				
RS3	0.0342									
S3	0.0276	0.0023	0.075		0.013					0.0028
S4	0.0106				0.0046				0.029	0.0027
S5	0.0229				0.0102					
S6	0.0171				0.0123		0.0634		0.071	
RS7	0.0189	0.1159		0.101			0.0777		0.597	0.0018
S7	0.0260	0.0631		0.103	0.0062		0.0570		0.253	
S8	0.0224	0.0038	0.003	0.062	0.0038				0.033	

Tabla VIII.6. Concentración de contaminantes peligrosos en las diferentes zonas del Río Santiago

Zona	Bis(2-etilhexil)ftalato mg/L	Dietilftalato mg/L	Cloroformo mg/L	Isoforona mg/L	Tolueno mg/l
S1	0.0066	0.0020	0.0033		
S2	0.0017	0.0006			
RS3					
S3	0.0149	0.0041		0.0006	0.0047

Zona	Bis(2-etilhexil)ftalato mg/L	Dietilftalato mg/L	Cloroformo mg/L	Isoforona mg/L	Tolueno mg/l
S4	0.0031		0.0069		
S5	0.0023	0.0002			0.0010
S6	0.0099	0.0017			0.0097
RS7		0.0087	0.0122		0.0107
S7					
S8					

Los datos de la tabla anterior proporcionan información sobre la presencia y concentración de los contaminantes peligrosos de los cuales se infieren las probables consecuencias de su presencia en cada uno de las zonas del cauce del río Santiago y afluentes.

VIII.6.2. Poblaciones Probablemente Expuestas o Poblaciones en Riesgo

Por otro lado, se localizaron las poblaciones que se encuentran dentro de las áreas de interés para la aplicación del modelo en relación a los diferentes zonas del río. De estas zonas aquellos en los cuales se encuentran poblaciones situadas en las probables áreas de exposición son las señaladas en las siguientes tablas.

Poblaciones que se encuentran de 0-5 km, 5-10 km y 10 -20 km de los diferentes zonas del río

Distancia 0 – 5 km

Población de la Zona 1

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Ocotlán	Ocotlán	81,165
Jalisco	Poncitlán	Cuitzeo (La Estancia)	5,217
Jalisco	Poncitlán	Santa Cruz el Grande	2,447
Jalisco	Zapotlán el Rey	Ahuatlán	1,876
Total			90,705

Población de la Zona 2

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Chapala	Atotonilquillo	6,611
Jalisco	Ixtlahuacán de los Membrillo	Atequiza	6,107
Jalisco	Poncitlán	Poncitlán	13,105
Jalisco	Poncitlán	San Miguel Zapotitlán	2,056
Jalisco	Zapotlán del Rey	Santiago Totolimixpan	2,371

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Zapotlán del Rey	Tecuaititán	1,113
Jalisco	Ixtlahuacán de los Membrillo	El Rodeo	1,267
Jalisco	Poncitlán	San Jacinto	1,563
Jalisco	Poncitlán	El Romereño (INFONAVIT)	1,788
Total			35,981

Población de la Zona 3

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Ixtlahuacán de los Membrillo	La Capilla del Refugio	2,123
Jalisco	Juanacatlán	Juanacatlán	8,206
Total			10,329

Población de la Zona 4

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	El Salto	El Salto	19,794
Jalisco	El Salto	San José del Castillo	11,979
Jalisco	El Salto	Fraccionamiento la Alameda	2,200
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	La Alameda	4,106
Jalisco	Tonalá	Puente Grande	5,477
Jalisco	Tonalá	Centro de Readaptación Social	11,308
Jalisco	Zapotlanejo	La Laja	2,963
Jalisco	Juanacatlán	San Antonio Juanacastle	1,248
Jalisco	El Salto	Galaxia Bonito Jalisco	1,217
Jalisco	Zapotlanejo	El Salitre (La Mora)	1,056
Jalisco	El Salto	El Muey	1,042
Total			62,390

Población de la Zona 5

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Tonalá	Tonalá	8,123

Población de la Zona 6

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Tonalá	Coyula	11,439

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Tonalá	Tonalá	99,174
Jalisco	Guadalajara	Guadalajara	336,931
Total			447,544

Población de la Zona 7

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Zapopan	San Esteban (San Miguel Tateposco)	2,117
Jalisco	Zapopan	Las Cañadas (Bosque de San Isidro)	1,122
Jalisco	Zapopan	San Isidro	1,028
Jalisco	Zapopan	Zapopan	144,609
Jalisco	Guadalajara	Guadalajara	70,436
Total			219,312

Distancia 5 – 10 km

Población de la Zona 1

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Ocotlán	San Martín de Zula (Zula)	2,169
Jalisco	Zapotlán del Rey	Oatlán	1,200
Total			3,369

Población de la Zona 2

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Ixtlahuacán de los Membrillo	Ixtlahuacán de los Membrillos	5,492
Jalisco	Zapotlán del Rey	Zapotlán del Rey	3,053
Jalisco	Ixtlahuacán de los Membrillo	Los Cedros	1,922
Jalisco	Ixtlahuacán de los Membrillo	Buenavista	1,704
Total			12,171

Población de la Zona 3

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Zapotlanejo	Santa Fe	2,500
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	La Calera	1,863
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	Jardines de la Calera	1,045

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Ixtlahuacán de los Membrillo	Santa Rosa (La Hacienda de Santa Rosa)	1,043
Total			6,451

Población de la Zona 4

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	Zapote del Valle (Zapote de Santa Cruz)	5,856
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	Fraccionamiento Rancho Alegre	3,097
Total			8,953

Población de la Zona 5

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Tonalá	Tonalá	136,925
Jalisco	Tlaquepaque	Tlaquepaque	66,667
Jalisco	Zapotlanejo	Zapotlanejo	30,162
Jalisco	Tonalá	La Punta	1,621
Total			235,375

Población de la Zona 6

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Guadalajara	Guadalajara	519,451
Jalisco	Tlaquepaque	Tlaquepaque	80,046
Jalisco	Tonalá	Tonalá	130,036
Jalisco	Zapotlanejo	Matatlán	1,417
Total			730,950

Población de la Zona 7

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Ixtlahuacán del Río	Ixtlahuacán del Río	5,700
Jalisco	Zapopan	Zapopan	207,163
Jalisco	Guadalajara	Guadalajara	154,559
Total			367,422

Distancia 10 – 20 km

Población de la Zona 1

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Jamay	San Miguel de la Paz	2,477
Jalisco	Tototlán	Tototlán	11,147
Total			13,624

Población de la Zona 2

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Ixtlahuacan de los Membrillos	Las Aguilillas	1,530

Población de la Zona 3

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	Cajititlán	4,903
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	San Lucas Evangelista	2,243
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	San Juan Evangelista (San Juan)	1,961
Total			9,107

Población de la Zona 4

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	Cuexcomatitlán	1,885

Población de la Zona 5

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	El Salto	Las Pintas	21,215
Jalisco	El Salto	Las Pintitas	24,144
Jalisco	El Salto	San José el Verde (El Verde)	12,298
Jalisco	El Salto	El Quince (San José el Quince)	16,109
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	Santa Cruz del Valle	21,456
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	La Unión del Cuatro (San José del Valle)	2,276
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	Hacienda Santa Fe	28,252
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	Fraccionamiento Real del Valle (El Paraíso)	4,399
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	Fraccionamiento Villas de la Hacienda	5,696
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	Valle Dorado Inn	2,955
Jalisco	Tlaquepaque	Paseo del Prado	2,679
Jalisco	Zapotlanejo	San José de las Flores (Gallinas de Arriba)	1,015

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Tlaquepaque	Tlaquepaque	295,117
Jalisco	Guadalajara	Guadalajara	4,368
Total			441,979

Población de la Zona 6

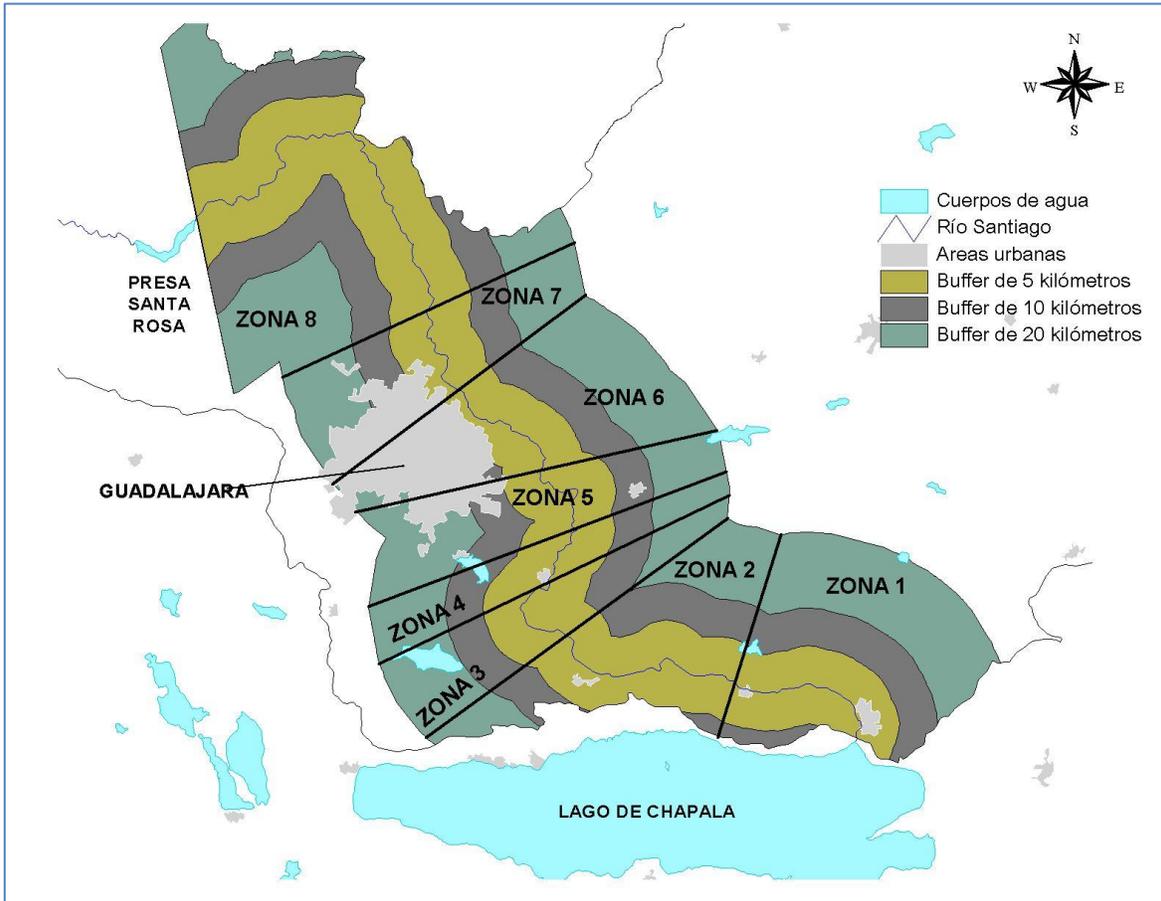
Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Ixtlahuacán del Río	San Antonio de los Vázquez	1,617
Jalisco	Ixtlahuacán del Río	Trejos	1,475
Jalisco	Tlaquepaque	Tlaquepaque	100,221
Jalisco	Guadalajara	Guadalajara	420,098
Jalisco	Zapopan	Zapopan	198,562
Total			721,973

Población de la Zona 7

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Zapopan	Nuevo México	42,246
Jalisco	Zapopan	BAM 5	2,672
Jalisco	Zapopan	Valle Real	12,603
Jalisco	Zapopan	Ejido Copalita	1,064
Jalisco	Guadalajara	Guadalajara	95,051
Jalisco	Zapopan	Zapopan	390,707
Total			544,343

Población de la Zona 8

Estado	Municipio	Localidad	Población
Jalisco	Zapopan	La Magdalena (San José Ejidal)	3,603
Jalisco	Zapopan	Nextipac	3,398
Jalisco	Zapopan	Tesistán (San Francisco Tesistán)	39,269
Total			46,270



VIII.6.3. Probabilidad de los Eventos Peligrosos

Para el caso de los riesgos sanitario-ecológicos de tipo químico y microbiológico, en este caso en particular, por el número de años que se reseñan las continuas descargas de agua residual al río, la frecuencia del evento peligroso se consideró como continuo con un puntaje de A igual a 2 y por distancias de los asentamientos poblaciones los valores abarcan 3, 4 y 5 por lo que el valor de de la función $A \times B$ es de 6, 8 y 10 respectivamente. Para el riesgo ecológico la probabilidad o frecuencia del evento también se consideró como continuo con un puntaje de A igual a 2 el puntaje de la única distancia considerada de 0 -5 km es de 5, y el valor de $A \times B$ es de 10.

Tabla VIII.7. Puntajes de la Probabilidad (AxB) de que se desarrollen peligros a diferentes distancias del río.

Frecuencia del peligro / Distancia con respecto al río	Puntaje de Probabilidad		
	B1 >10-20 km	B2 >5-10 km	B3 0 – 5 km
Anual A1	3	4	5
Mensual A2	4	5	6
Semanal A3	5	6	8
Diaria A4	6	8	10

Para el manejo de los puntajes de la probabilidad se utiliza un modelo matemático que nos permite transformar los valores de los puntajes en valores de probabilidad.

Tabla VIII.8. Valores de Probabilidad Convencional de los Diferente Puntajes de Probabilidad

Nivel de Probabilidad Agregada	Valor de la probabilidad Convencional	Valor de los Puntajes de Probabilidad AB
Máxima	0.9	A4B3
Alta	0.71	A4B1 A3B2 A2B3 A4B2 A3B3
Media	0.57	A2B1 A1B2 A3B1 A2B2 A1B3
Mínima	0.29	A1B1

Para obtener el puntaje de las consecuencias del riesgo se considera, como se asentó en párrafos anteriores, la suma de la magnitud del efecto, la intensidad de la exposición y el tamaño de la población expuesta.

VIII.7. Evaluación Cualitativa del Riesgo para las Diferentes Zonas del Estudio de Clasificación del Río Santiago

Los puntajes correspondientes a los datos del estudio se obtienen en las tablas correspondientes, a continuación se presentan estas relaciones para los efectos y tiempo de exposición, el puntaje de la población probablemente expuesta o en riesgo se obtiene directamente en la tabla de puntajes para las poblaciones, obtenidas por zona y por distancia al río. Los efectos registrados en el estudio corresponden únicamente a datos obtenidos durante el estudio de clasificación del río y no se contaron con registros de salud

Tabla VIII.9. Puntajes de la exposición, la severidad de las consecuencias adversas y del tamaño de las poblaciones expuestas

Consecuencias	Efectos registrados en el estudio	Puntaje Efecto adverso	Exposición estimada	Puntaje Exposición	Población expuesta	Puntaje	Puntaje Total
Químicas	Los Tóxicos Carcinógenos sobrepasan la norma	30	2.5 – 5 años	16	1000 - 10,000	12	58
Microbiológicas	Indicador mayor a la norma	20	2.5 – 5 años	16	10,000 - 100,000	18	54
	Presencia de patógenos en el agua	30			100,000 - 500,00	24	70
Ecológicas	Presencia de Sustancias con efectos ecotóxicos crónicos, arriba de la norma	30	> 1 año	70	30		130
	Pruebas de toxicidad positivas	50		70	30		150

De la Tabla VIII.9, se obtiene el puntaje total de las consecuencias que corresponde a la sumatoria de los puntajes de la severidad de los efectos, la frecuencia de la exposición y el tamaño de la población expuesta.

De acuerdo a la fórmula presentada el valor estimado del Riesgo se obtiene multiplicando el puntaje total de las Consecuencias por el valor de la Probabilidad del Evento así obtenemos la estimación cualitativa del;

Riesgo sanitario-ecológico por contaminación química R-Q

Riesgo sanitario-ecológico por contaminación microbiológica R-M

Riesgo ecológico RE.

Los efectos adversos registrados y su ubicación por zona del río se obtiene de los datos que aparecen en la Tabla VIII.9 que presenta la concentración de contaminantes peligrosos en las diferentes zonas del Río Santiago. A continuación se presentan los valores estimados de los riesgos evaluados por zona del río y por distancia entre el río y las poblaciones posiblemente expuestas

Zona 1

Distancia	Probabilidad	Consecuencias CQ	Consecuencias CM	Consecuencias CE	Riesgo RQ	Riesgo RM	Riesgo RE
0 - 5 km	0.9	18+16 = 34	18+16+30 = 58	0	34 Bajo	58 Medio	No
5 - 10 km	0.71	12+16 = 28	12+16+30 = 58	0	28 Bajo	58 Medio	No
10 - 20 km	0.57	18+16 = 34	18+16+30 = 64	0	34 Bajo	64 Bajo	No

Zona 2

Distancia	Probabilidad	Consecuencias CQ	Consecuencias CM	Consecuencias CE	Riesgo RQ	Riesgo RM	Riesgo RE
0 - 5 km	0.9	18+16 = 34	18+16+30 = 58	0	34 Bajo	58 Medio	No
5 - 10 km	0.71	18+16 = 34	18+16+30 = 64	0	34 Bajo	64 Medio	No
10 - 20 km	0.57	12+16 = 28	12+16+30 = 58	0	28 Bajo	58 Bajo	No

Zona 3

Distancia	Probabilidad	Consecuencias CQ	Consecuencias CM	Consecuencias CE	Riesgo RQ	Riesgo RM	Riesgo RE
0 - 5 km	0.9	18+16+30 = 64	18+16+30 = 64	30+70+30 = 130	64 Medio	64 Medio	130 Alto
5 - 10 km	0.71	12+16+30 = 58	12+16+30 = 58	0	58 Medio	58 Medio	No
10 - 20 km	0.57	12+16+30 = 58	12+16+30 = 58	0	58 Bajo	58 Bajo	No

Zona 4

Distancia	Probabilidad	Consecuencias CQ	Consecuencias CM	Consecuencias CE	Riesgo RQ	Riesgo RM	Riesgo RE
0 - 5 km	0.9	18+16+30 = 64	18+16+30 = 58	30+70+30 = 130	64 Medio	64 Medio	130 Alto
5 - 10 km	0.71	12+16+30 = 58	12+16+30 = 58	0	58 Medio	58 Medio	No
10 - 20 km	0.57	12+16+30 = 58	12+16+30 = 58	0	58 Bajo	58 Bajo	No

Zona 5

Distancia	Probabilidad	Consecuencias CQ	Consecuencias CM	Consecuencias CE	Riesgo RQ	Riesgo RM	Riesgo RE
0 - 5 km	0.9	0	0	30+70+30 = 130	No	No	130 Alto
5 - 10 km	0.71	24+16+30 = 70	24+16+30 = 70	0	70 Medio	70 Medio	No

10 - 20 km	0.57	$24+16+30 = 70$	$24+16+30 = 70$	0	70 Bajo	70 Bajo	No
------------	------	-----------------	-----------------	---	------------	------------	----

Zona 6

Distancia	Probabilidad	Consecuencias CQ	Consecuencias CM	Consecuencias CE	Riesgo RQ	Riesgo RM	Riesgo RE
0 - 5 km	0.9	$24+16 = 40$	$24+16+30 = 70$	0	40 Bajo	70 Medio	No
5 - 10 km	0.71	$24+16 = 40$	$24+16+30 = 70$	0	40 Bajo	70 Medio	No
10 - 20 km	0.57	$24+16 = 40$	$24+16+30 = 58$	0	40 Bajo	70 Bajo	No

Zona 7

Distancia	Probabilidad	Consecuencias CQ	Consecuencias CM	Consecuencias CE	Riesgo RQ	Riesgo RM	Riesgo RE
0 - 5 km	0.9	$12+16+30 = 58$	$12+16+30 = 58$	$30+70+30 = 130$	58 Medio	58 Medio	130 Alto
5 - 10 km	0.71	$24+16+30 = 70$	$24+16+30 = 70$	0	70 Medio	70 Medio	No
10 - 20 km	0.57	$24+16+30 = 70$	$24+16+30 = 70$	0	70 Bajo	70 Bajo	No

Zona 8

Distancia	Probabilidad	Consecuencias CQ	Consecuencias CM	Consecuencias CE	Riesgo RQ	Riesgo RM	Riesgo RE
0 - 5 km	0.9	0	0	$30+70+30 = 130$	No	No	130 Alto
5 - 10 km	0.71	$18+16+30 = 64$	$18+16+30 = 64$	0	64 Medio	64 Medio	No
10 - 20 km	0.57	$18+16+30 = 64$	$18+16+30 = 64$	0	64 Bajo	64 Bajo	No

VIII.8. Conclusiones

De acuerdo a la metodología utilizada en la evaluación del riesgo ambiental, en todas las zonas del río se presenta riesgos que va de nivel bajo a alto lo cual es indicativo de la importancia de atender la contaminación del río Santiago en el corto plazo.

En tanto que los riesgos por contaminación química, se observa que en las zonas 3, 4 y 7 se tiene un riesgo medio. En tanto que en las zonas 1, 2 y 6 se presenta un riesgo bajo en las poblaciones cercanas a estas zonas. En las zonas 5, 7 y 8 y en un rango de 5 a 10 km, las poblaciones presentan un riesgo medio por contaminación química.

Los riesgos sanitarios por contaminación microbiológica se califican de magnitud media en todas las zonas

excepto en las 5 y 8 para las poblaciones cercanas al río Santiago. Para las localidades ubicadas entre un rango de 5 a 10 km el riesgo por contaminación microbiológica es medio en todas las zonas.

Las poblaciones que se ubican en un rango de 10 a 20 km presentan un riesgo bajo tanto en contaminación química como bacteriológica.

La situación es diferente para el caso de riesgo ecológico, ya que las zonas 3,4,5,7,y 8 presentan un riesgo alto de contaminación ecológica, que ponen en riesgo las comunidades que se ubican en el río Santiago en estas zonas.

En general se considera que los riesgos que deben ser abordados a corto plazo, son aquellos considerados altos o medios, para evitar consecuencias adversas que ya se están gestando o revertir o disminuir las consecuencias que ya son evidentes.