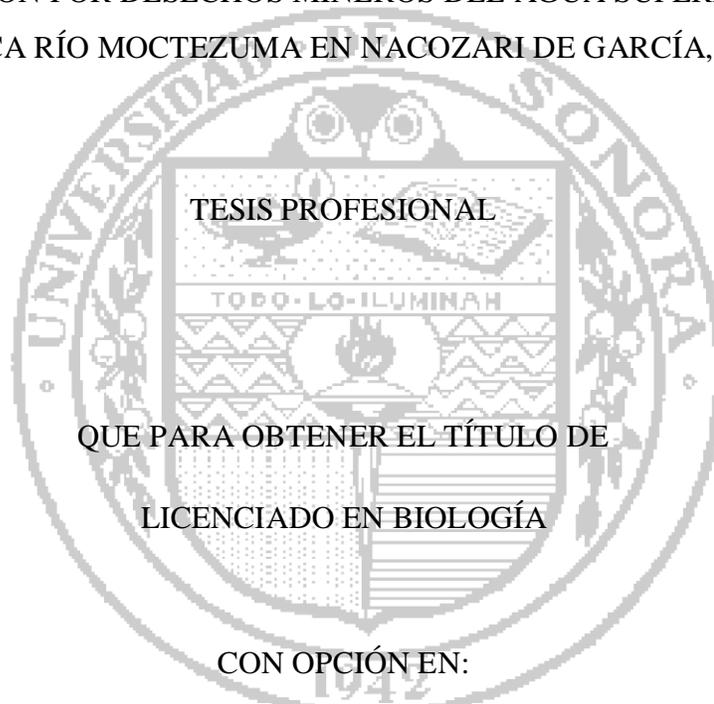


UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RIESGOS A LA SALUD HUMANA POR
CONTAMINACIÓN POR DESECHOS MINEROS DEL AGUA SUPERFICIAL EN LA
SUBCUENCA RÍO MOCTEZUMA EN NACUZARI DE GARCÍA, SONORA



TESIS PROFESIONAL

TODO LO ILUMINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CON OPCIÓN EN:
BIOTECNOLOGÍA

PRESENTA:

MENDOZA IBARRA EMMANUEL

Hermosillo, Sonora.

Agosto del 2013.

Repositorio Institucional UNISON



“El saber de mis hijos
hará mi grandeza”



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

FORMATO DE APROBACIÓN

Los miembros del Comité de Tesis designado para revisar la Tesis de Emmanuel Mendoza Ibarra la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito para obtener el Título de Licenciado en Biología con Opción en Biotecnología.

Dr. Carlos Enrique Peña Limón
Director de Tesis

M.C. Gerardina Nubes Ortiz
Sinodal Secretario

M.C. Gilberto Solís Garza
Sinodal

M.C. Arturo Villalba Atondo
Suplente

GLOSARIO

Blanco: Receptor de los contaminantes, tóxicos o sustancias peligrosas quien recibe afectación desde alguna fuente.

Catálogo de Sitios Contaminados: Lista de sitios con prioridad nacional de los que se conoce la presencia de liberación de contaminantes presentes en los mismos hacia el medio ambiente.

Efluente: Curso de agua que descarga o vertidos empleados en los procesos industriales, urbanos o agrícolas.

Evaluación Preliminar: Fase de la Evaluación de Riesgo Ambiental para determinar con una menor inversión de tiempo, esfuerzo y recursos, si un sitio posee o no alguna amenaza a la salud humana o al medio ambiente.

Evaluación de Riesgo Ambiental: Proceso metodológico para determinar la probabilidad o posibilidad de que se produzcan efectos adversos, como consecuencia de la exposición de los seres vivos a las sustancias contenidas en los residuos peligrosos o agentes infecciosos que los forman.

Inspección Preliminar del Sitio: Fase de Evaluación de Riesgo Ambiental que consiste en realizar visitas al sitio con el fin de observar su ambiente para recolectar información que no pudo ser obtenida en la fase de Evaluación Preliminar.

Lixiviación: Proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno o más de los componentes solubles del sólido.

Jales: Desechos sólidos que se generan al procesar minerales en la industria minera y que depositan en forma de apilamientos de rocas molidas.

Modelo Conceptual Preliminar: Ilustración gráfica de la interacción entre las fuentes de residuos de un sitio, los blancos y las rutas de exposición.

Ponderación de Peligro: Valor base de referencia según la metodología de Evaluación Preliminar para determinar si un sitio presenta o no potencial de contaminar al medio ambiente o a la salud humana.

Superfund: Programa del gobierno federal de los Estados Unidos de América el cual se encarga de limpiar, mejorar o restaurar los sitios que contienen desperdicios peligrosos y los cuales están sin control.

Terreno Calcáreo: Formación geológica debido a la disolución de capa o capas de roca con altos contenidos de carbonatos.

Tier: Categoría por medio de la cual se evalúan las fuentes de los residuos de un sitio.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a mis padres, por ser los grandes pilares durante toda mi vida. A mi padre, a quien no me bastarían las palabras para agradecerle todo lo que hizo y se esforzó por mi madre, mis hermanos y por mí, a él, quien fue y sigue siendo mi ejemplo de hombre a seguir, por sus infinitas enseñanzas de vida y por su gran afecto como padre que siempre mostró en cada actividad relacionada con su familia.

A mi madre, quien amorosamente siempre se muestra preocupada por sus hijos, por sus consejos, sus valores y por sus valiosas observaciones y recomendaciones sobre las decisiones que tomo.

A mis hermanos, a quienes amo inmensamente y con quienes comparto un grato sentimiento de apoyo mutuo en cualquier situación de la vida.

Al profesor Dr. Carlos Enrique Peña, quien en los últimos años ha participado notoriamente en mi formación profesional con lo que se ha ganado un eterno reconocimiento y estimación de mi parte.

A la profesora M.C. Gerardina Nubes, por su notorio interés de ayudar y apoyar a estudiantes como yo a quienes nunca nos sobra alguien como Dina que constantemente se preocupa por sus pupilos, no solamente en aspectos académicos, sino inclusive personales.

A mi comité de tesis, quienes participan directamente en la adecuada ejecución y en el aporte de conocimientos de mi trabajo de tesis.

A mis amigos, quienes ocupan un lugar importante como en cualquier persona y quienes se vinculan en numerosos logros personales.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora, que a través del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas brindó lo necesario para culminar mis estudios profesionales y mi trabajo de tesis.

Al profesor Dr. Carlos Enrique Peña, por el aporte de su experiencia y conocimientos desde que fue mi profesor académico, por su apoyo en esta importante fase de mi vida, y por su dirección y pago financiero de mi trabajo de tesis.

A la profesora M.C. Gerardina Nubes, por su disposición en ayudarme e impulsarme en la realización de mi trabajo de tesis, además de sus observaciones y recomendaciones.

A los profesores M.C. Gilberto Solís y M.C. Arturo Villalba, por aceptar ser miembros de mi comité de tesis y su tiempo de evaluar y corregir mi trabajo de tesis para una adecuada realización del mismo.

Al coordinador y profesor en la licenciatura en Biología Dr. Alf Meling, por ayudar y participar también en la corrección del escrito de este trabajo de tesis.

Al profesor Ing. Víctor Manuel Calles, del Departamento de Ingeniería Civil y Minas de esta misma universidad, al Ing. Francisco Javier Maytoarena de la PROFEPA, al Ing. Ramón Mejía de la SEMARNAT y al Ing. J. Francisco Flores de la CEA por su disposición a brindar información valiosa requerida para este trabajo.

A mis compañeros de trabajo, Lic. Omar Acosta, Giovanna Zazueta, Karina Enríquez, Guadalupe Inzunza, Diana Gallego y Emiliano Mora, quienes de cierta manera, formaron parte de este trabajo al ser miembros del mismo proyecto del cual surgió mi trabajo de tesis y al ayudarme a captar cierta información necesaria para el mismo.

A mis familiares, amigos y cercanos (madre, hermanos, Iván, Carlos, Christian, Magdiel, Melinda, Lulú, Atenas, Lucy, Lupita, Erandi, Mónica, Adrián entre otros), por su constante y frecuente apoyo para impulsarme a culminar éste, mi trabajo de tesis, así como sus alegrías que favorecen el humor y estado de ánimo de uno.

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
I. INTRODUCCIÓN	15
II. ANTECEDENTES	17
II.1. Subcuenca Río Moctezuma	18
II.1.1. Características abióticas de Nacozari de García	18
II.1.1.3. Hidrografía	18
II.1.1.1. Edafología	20
II.1.1.2. Climatología	22
II.1.1.4. Fisiografía	24
II.1.2. Características bióticas de Nacozari de García	25
II.1.2.1. Flora y tipos de vegetación	25
II.1.2.2. Fauna	26
II.1.3. Información social de Nacozari de García	27
II.1.3.1. Historia de Nacozari de García	27
II.1.3.2. Salud y seguridad social	28
II.1.3.3. Morbilidad	29
II.1.3.4. Mortalidad	30
II.1.3.5. Demografía	30
II.1.3.6. Educación	32
II.1.3.7. Desarrollo urbano y vivienda	33
II.1.3.8. Servicios públicos municipales	33

II.1.4. Información socio-económica de Nacozari de García	35
II.1.4.1. Industria	35
II.1.4.2. Minería	35
II.1.4.3. Ganadería	36
II.1.4.4. Agricultura	37
II.3. Actividad Minera en Sonora y el Municipio de Nacozari de García	37
II.4. Sitios Contaminados	38
II.5. Residuos Peligrosos	40
II.6. Efectos a la Salud por Exposición a Partículas y Metales Pesados	41
II.6.1. Partículas	42
II.6.2. Metales pesados	43
II.6.2.1. Plomo	44
II.6.2.2. Arsénico	45
II.6.2.3. Cobre	46
II.7. Evaluación de Riesgos	47
II.7.1. Evaluación preliminar de riesgos (ep)	49
III. JUSTIFICACIÓN	51
IV. HIPÓTESIS	52
V. OBJETIVO GENERAL	53
V.1. Objetivos Específicos	53
VI. METODOLOGÍA	54
VI.1. Descripción General del Trabajo	54
VI.1.1. Información general del municipio de Nacozari de García	54
VI.1.1.1. Localización	54
VI.1.1.2. Extensión territorial	56
VI.2. Estimaciones de Peligro de los Sitios	57

VI.2.1. Búsqueda de la información	57
VI.2.2. Evaluación y calificación de la información	58
VI.2.3. Inspección preliminar o reconocimiento del sitio	58
VI.2.4. Evaluación de la(s) fuente(s) de residuo(s)	58
VI.2.5. Evaluación de las rutas de exposición	59
VI.2.5.1. Ruta de agua subterránea	59
VI.2.5.2. Ruta de agua superficial	59
VI.2.5.3. Ruta exposición suelo y aire	60
VI.2.6. Modelo conceptual preliminar del sitio	60
VI.2.7. Cálculo de la calificación al sitio	61
VII. RESULTADOS	62
VII.1. Caracterización y Origen de las Fuentes de Contaminantes	62
VII.2. Evaluación de las Rutas de Exposición	63
VII.2.1. Ruta agua subterránea	63
VII.2.1.1. Características hidrogeológicas	63
VII.2.1.2. Blancos para la ruta agua subterránea	64
VII.2.1.3. Criterios para la ruta agua subterránea	65
VII.2.2. Ruta agua superficial	65
VII.2.2.1. Características hidrológicas	65
VII.2.2.2. Blancos para la ruta agua superficial	66
VII.2.2.3. Criterios para la ruta agua superficial	66
VII.2.3. Rutas de exposición a suelo y aire	66
VII.2.3.1. Características físicas	66
VII.2.3.2. Blancos para las rutas de exposición a suelo y aire	67
VII.2.3.3. Criterios para las rutas de exposición a suelo y aire	67

VII.3. Modelo Conceptual Preliminar del Sitio	67
VII.4. Calificación del Sitio	69
VIII. DISCUSIÓN	70
IX. CONCLUSIONES	71
X. RECOMENDACIONES	72
XI. LITERATURA CITADA	73
XII. APÉNDICES	76
XII.1. Apéndice 1: Formato de la Información Resumida	76
XII.2. Apéndice 2: Hojas de Cálculo para la Calificación del Sitio	81

LISTA DE TABLAS

Tabla I	Patrón de lluvias en el Municipio de Nacozeni de García, normales climatológicas 1971-2000. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.	20
Tabla II	Causas de mortalidad en Nacozeni en el periodo de 2005 a 2009 (INEGI, 2010).	28
Tabla III	Crecimiento poblacional en Nacozeni de García, Sonora (1980-2010) (INEGI, 2010).	28
Tabla IV	Distribución de la población en Nacozeni de García, Sonora (INEGI, 2010).	28
Tabla V	Datos demográficos básicos de vivienda (INEGI, 2010).	30
Tabla VI	Plantas de beneficio inactivas de minerales metálicos (SGM, 2010).	32
Tabla VII	Plantas fundidoras y refinadoras (SGM, 2010).	33
Tabla VIII	Principales proyectos mineros en exploración (SGM, 2010).	33
Tabla IX	Unidades de producción pecuaria en Nacozeni de García (INEGI, 2009).	34
Tabla X	Enfermedades producidas por deficiencia o toxicidad de elementos esenciales (Higuera y Oyarzun, 2005).	41
Tabla XI	Cálculo para la calificación final del sitio (U.S. EPA, 1991)	58
Tabla XII	Calificación del Sitio obtenida con la aplicación del formato U.S. EPA.	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Dirección de flujo en la Cuenca Río Yaqui. Tomado de Peña-Limón et al. (2012).	14
Figura 2	Subcuencas Río Moctezuma y Río Bavispe. Tomado de Peña-Limón et al. (2012).	16
Figura 3	Tipos de roca en Nacozari de García, Sonora. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Geológica 1:250 000, serie I INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250000 serie II.	17
Figura 4	Suelos dominantes de Nacozari de García, Sonora. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. INEGI. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250 000, serie II. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250000 serie II.	18
Figura 5	Climas de Nacozari de García, Sonora. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las Cartas de Climas, Precipitación Total Anual y Temperatura Media Anual 1:1000000, serie II. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250000 serie II.	20
Figura 6	Relieve de Nacozari de García, Sonora. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1, Información Topográfica Digital Escala 1:250 000serie II.	21
Figura 7	Uso de suelo y vegetación de Nacozari de García, Sonora. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. INEGI. Conjunto de Datos Vectorial de Uso de Suelo y Vegetación Serie III 1:250 000. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250000 serie II.	22
Figura 8	. Educación en Nacozari de García, Sonora. Fuente: INEGI (2010).	29

Figura 9	Servicios municipales en Nacozari de García, Sonora. Fuente: INEGI (2010).	31
Figura 10	Diagrama general para llevar a cabo la evaluación de riesgos a la salud humana.	52
Figura 11	Subcuencas abarcadas por el municipio de Nacozari de García. Tomado de Peña (2012).	53
Figura 12	Modelo Conceptual preliminar del sitio ilustrando las fuentes, los blancos y los puntos probables de entrada.	65

RESUMEN

La Cuenca del Río Yaqui es de gran magnitud, está constituida por varias subcuencas y la mayoría de éstas drenan hacia la presa El Novillo, siendo la Subcuenca Río Moctezuma una de las más importantes. Entre las principales fuentes de contaminación que se consideran para esta región están los desechos mineros. La hipótesis consiste básicamente en que el agua de la presa del Novillo se contamina con los efluentes de los desechos mineros abandonados en Nacozari de García que descargan en el Río Nacozari. El objetivo primordial del presente estudio consiste en determinar si Nacozari de García se puede considerar como posible sitio con potencial de contaminar el Río Moctezuma utilizando la metodología desarrollada por la U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency) denominada Estudio de Clasificación. La metodología se basa y se fundamenta en el protocolo mencionado, el cual está desarrollado para aplicar Evaluaciones Preliminares de Riesgo. Éste viene acompañado de una guía denominada Guidance for Performing Preliminary Assesments Under CERCLA. Como resultado de la aplicación de esta metodología, se obtuvo una ponderación del sitio de 32.66, la cual establece que aquellos sitios que sobrepasen una ponderación de 28.5, habrán de considerarse como sitios con potencial contaminante hacia el medio ambiente. Se han realizado estudios similares al presente y se hace especial énfasis en el trabajo de tesis de maestría de Vargas-Valdez (2008), en el cual se utilizó la misma metodología y el mismo sitio de estudio. En base a los resultados obtenidos, se concluye que el sitio de estudio ha de considerarse potencialmente peligroso, especialmente para el Río Nacozari, así como considerarse posible que las exposiciones de este río a los Jales Nacozari puedan ser acarreadas aguas abajo a través del Río Moctezuma, posiblemente hasta llegar a la presa El Novillo.

I. INTRODUCCIÓN

Se define Evaluación de Riesgo Ambiental como, un proceso metodológico para determinar la probabilidad o posibilidad de que se produzcan efectos adversos, como consecuencia de la exposición de los seres vivos a las sustancias contenidas en los residuos peligrosos o agentes infecciosos que los forman.

Tanto para la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) como para la U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency) la evaluación de riesgos en sitios contaminados se centra en la estimación de los efectos adversos y en la obtención de la información de base necesaria que permitan tomar una decisión respecto a la remediación del sitio. En este proceso se recopila y sistematiza la información generada en la caracterización y el estudio histórico de un sitio contaminado, con el fin de entender las relaciones y causalidades entre la presencia de los contaminantes, las distintas rutas y vías de exposición y los efectos adversos observados en el medio ambiente o los efectos potenciales que pudieran presentarse (SEMARNAT, 2006; U.S. EPA, 1991).

Esta herramienta es muy útil en la gestión, porque ayuda a entender como en un sitio contaminado, se origina un riesgo al medio ambiente y a la salud humana, su magnitud y sus mecanismos de afectación. Así mismo, el estudio de evaluación de riesgo ambiental permite la toma de decisiones, en los casos donde por la complejidad y la extensión de la contaminación así como por los elevados costos de remediación, se torna difícil elegir la estrategia más adecuada, que garantice la reducción de la contaminación, la reducción de la exposición a niveles aceptables y la remediación a costos aceptables para la sociedad.

Evaluación Preliminar, es una fase que forma parte de Evaluación de Riesgo Ambiental y está diseñada para determinar, con una menor inversión de tiempo, esfuerzo y recursos, si un sitio posee o no alguna amenaza a la salud humana o el medio ambiente, y si la posee, si este requiere investigación adicional. La porción de investigación de la Evaluación Preliminar implica coleccionar y revisar información ya disponible sobre el sitio y sus alrededores, así como también identificar sitios que requieran evaluación para posibles acciones de remediación (U.S. EPA, 1991).

Para un país como México, el cual tiene una amplia variedad de regiones geográficas, paisajes, especies y ecosistemas, es importante contar con un método para determinar los efectos adversos de la contaminación y sus consecuencias al medio ambiente. En especial son de protegerse los ecosistemas y las especies que la legislación mexicana ampara, ya que revertir el deterioro de dichos ecosistemas y regiones y la protección del medio ambiente es una de las principales tareas de SEMARNAT (SEMARNAT, 2006).

Este trabajo de tesis surge a partir de un proyecto desarrollado por Peña-Limón et al. (2012) denominado Evaluación de Riesgos en la Cuenca Rio Yaqui, Primera Etapa, Fase de Clasificación de Riesgos en la Subcuenca Río Moctezuma en el cual se estudian las posibles fuentes con potencial contaminante para el agua drenada hacia la presa Plutarco Elías Calles. Dicho proyecto, está dirigido hacia la Comisión Estatal del Agua (CEA), quien apoyada en éste, considerará las condiciones del agua de las regiones relacionadas a la presa para contemplarlo en sus proyectos destinados al manejo del agua potable en Sonora.

Dicha comisión, dirige el programa gubernamental denominado Sistema Integral (SONORA SI), el cual tiene considerado entre otros proyectos, la construcción de un acueducto desde la presa del Río Yaqui; la construcción del acueducto Independencia desde la presa Plutarco Elías Calles o Presa El Novillo hasta la Ciudad de Hermosillo, con el cual se pretende asegurar e incrementar el abasto de agua potable actual y futura al 100% en beneficio de la población de esta ciudad mediante el complemento y sustitución parcial de las fuentes subterráneas actuales por el agua superficial de la presa El Novillo conducida mediante este acueducto (CEA, 2010).

II. ANTECEDENTES

El programa gubernamental SONORA SI tiene considerado la construcción de acueductos desde las presas del Río Yaqui y Río Mayo para satisfacer total o parcialmente las necesidades de agua para consumo humano a varias localidades. Los proyectos más importantes son la construcción del acueducto Independencia desde la presa Plutarco Elías Calles o Presa El Novillo hasta la Ciudad de Hermosillo y el acueducto Revolución para alimentar los sistemas de agua potable de varias localidades en el Valle del Mayo usando agua de la Presa Adolfo Ruiz Cortínez o Presa Mocuzarit.

La Cuenca del Río Yaqui es de gran magnitud, está constituida por varias subcuencas y la mayoría de las subcuencas drenan hacia la presa El Novillo (Peña-Limón et al., 2012) como se muestra en la Figura 1.

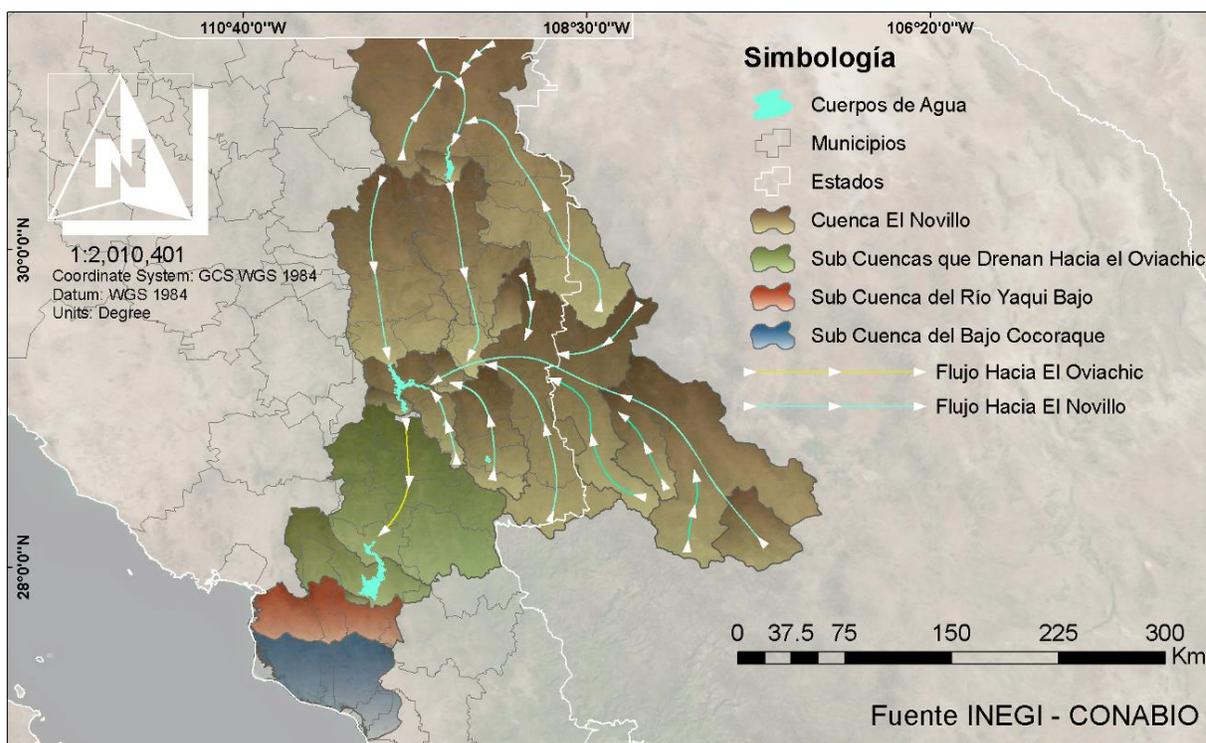


Figura 1. Dirección de flujo en la Cuenca Río Yaqui. Tomado de Peña-Limón et al. (2012).

La determinación de los riesgos a la salud pública que se puedan presentar por los diversos tipos de contaminantes de los ríos que se van a usar para suministrar agua potable es un proyecto de gran magnitud que debe fraccionarse y definir los sitios en una escala geográfica menor y hacer los estudios por etapas.

Se planteó estudiar cada subcuenca por separado, llevando a cabo “Estudios de Peligrosidad” (EsP) a cada fuente potencial de contaminante. A cada uno de estos estudios se les denominó Unidad de Operación (UO).

II.1. Subcuenca Río Moctezuma

En la primera etapa se estudia la problemática de la Subcuenca Río Moctezuma (SRM). Se enfocan los impactos sobre el Río Nacozari (afluente del Río Moctezuma) producidos por los desechos dejados por la mina que fue operada por la empresa Moctezuma Copper Co. La operación de la gran mina La Caridad, también localizada en el municipio de Nacozari de García, arroja sus residuos hacia el municipio de Villa Hidalgo y pueden impactar al Río Bavispe. Cuando se estudien los impactos dentro de la Subcuenca Río Bavispe (SRB), será entonces cuando se determinen los impactos relacionados con dicha mina (Peña-Limón et al., 2012). En la Figura 2 se muestran ambas subcuencas y su relación con la presa El Novillo.

II.1.1. Características abióticas de Nacozari de García

II.1.1.3. Hidrografía

Hidrológicamente el Municipio se localiza en la cuenca del Río Yaqui, dividido por las subcuencas del Río Bavispe al norte y noroeste, el Río Moctezuma en la porción Sureste, en proporciones de ocupación aproximada del 70% en la primera y 30% en la segunda. En lo que respecta a la ciudad de Nacozari, ésta se ubica en la clave 9D-8, interpretada como Sonora Sur, cuenca Río Yaqui, subcuenca Río Moctezuma, de acuerdo a la regionalización de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 1996).

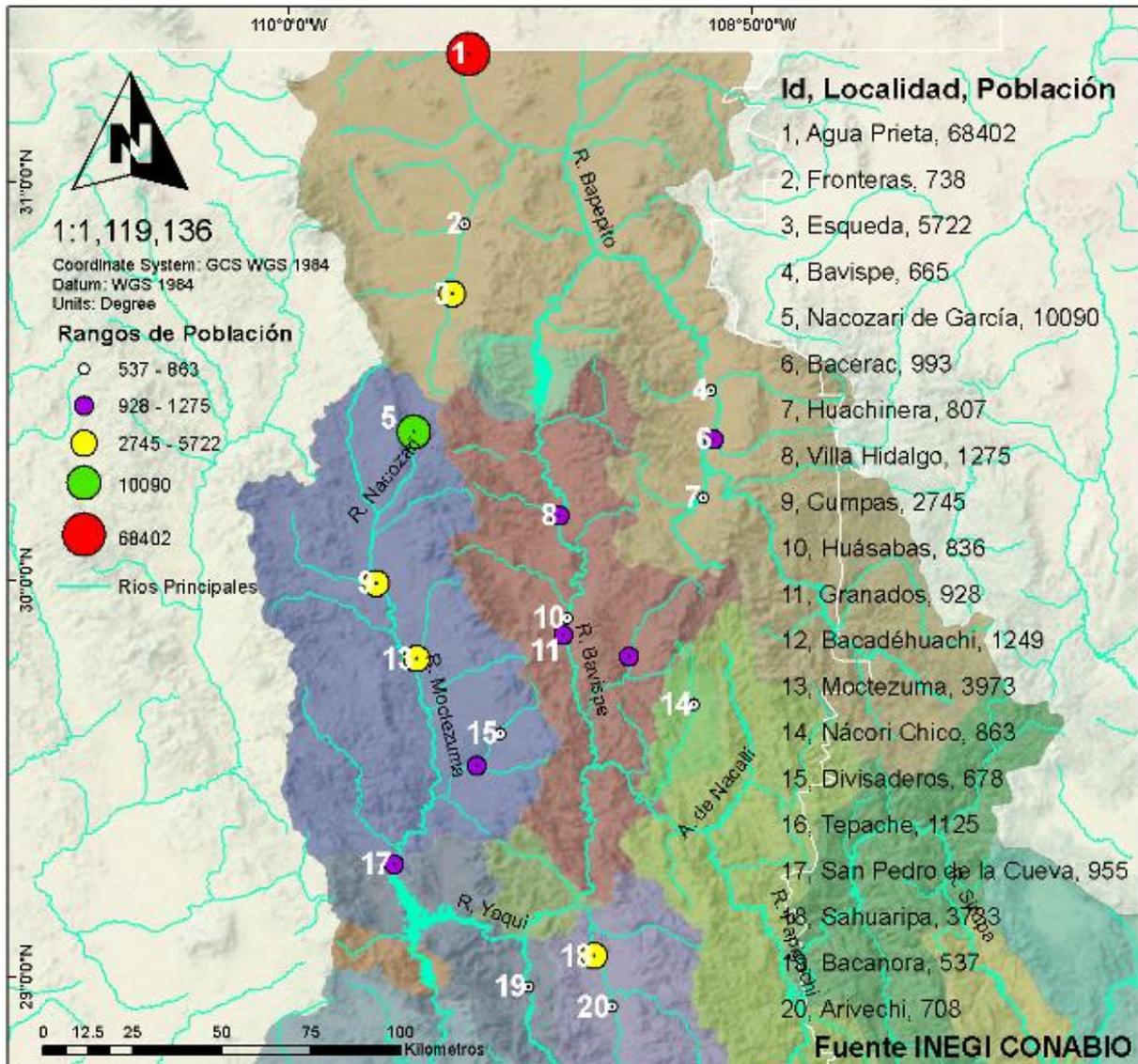


Figura 2. Subcuencas Río Moctezuma y Río Bavispe. Tomado de Peña-Limón et al. (2012).

La corriente que se aprovecha en el sitio es el Arroyo Nacozari, el cual nace en el parteaguas común con la cuenca Río Sonora y la del Arroyo Fronteras, a una altitud de 2,486 msnm, en la Sierra La Púrica, 20 km al Noroeste de Nacozari. Su curso general es hacia el sur, descendiendo rápidamente pasando por la población de Nacozari a una elevación de 1,100 metros, con una longitud de recorrido hasta este sitio de 21.7 km (CNA, 1996).

Aguas abajo, el río pasa por las inmediaciones de Cumpas y Moctezuma, cambiando su nombre por el de esta última población, hasta su descarga al vaso de la presa Plutarco Elías Calles (El Novillo), localizada en su confluencia con el Río Yaqui (CNA, 1996).

II.1.1.1. Edafología

Los tipos de rocas que se encuentran en Nacozari de García, pertenecen a los siguientes periodos: Terciario (63.28%), Neógeno (13.17%), Paleógeno (9.09%), Cretácico (6.60%), Pérmico (0,29%), Cuaternario (2.49%), no definido (5.08 %).

Los tipos de rocas que podemos encontrar son las siguientes: Ígnea extrusiva: toba ácida (33.79%), riolita-toba ácida (18.23%), andesita (5.67%), andesita-toba intermedia (3.71%), basalto (3.33%). Como roca sedimentaria tenemos: conglomerado (26.24%), caliza (1.64%), lutita-arenisca (0.07%), arenisca (0.07%). Por otra parte, encontramos ígnea intrusiva, como: granito (1.97%), granodiorita (1.38), pórfido riolítico (0.01 %). La Figura 3 muestra lo anterior.

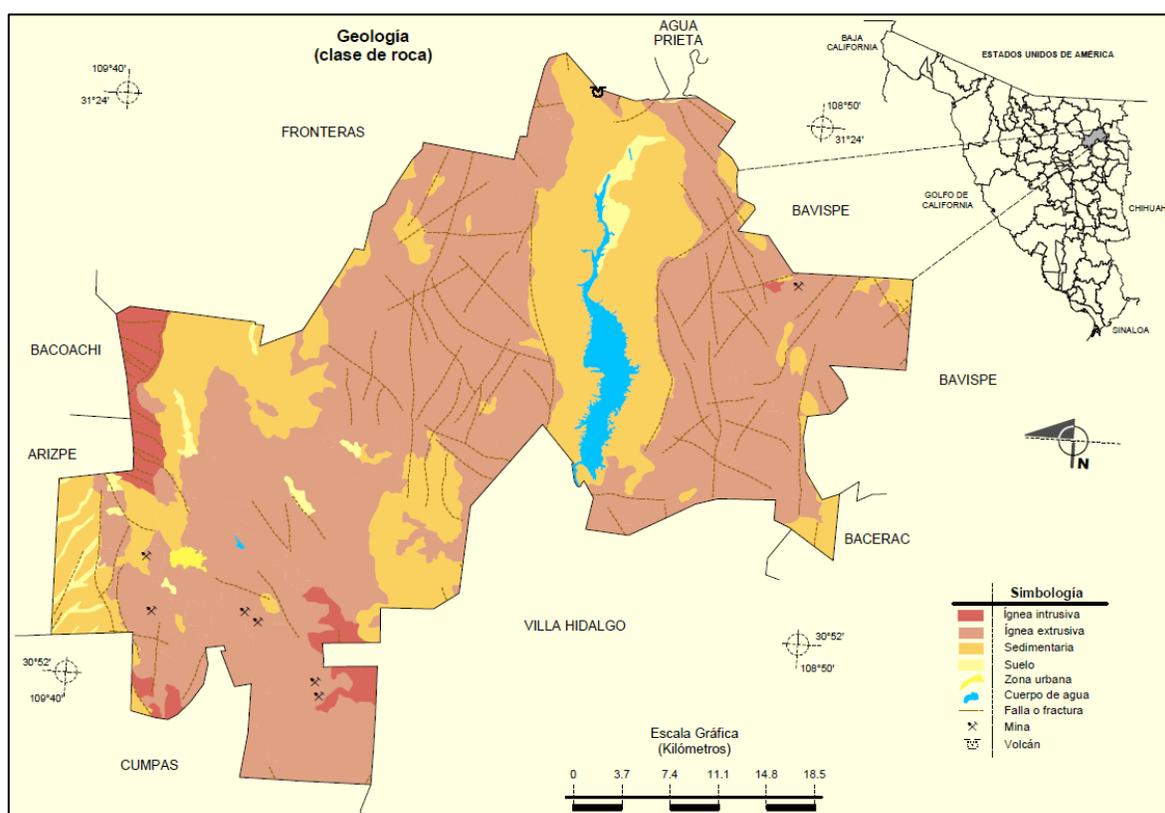


Figura 3. Tipos de roca en Nacozari de García, Sonora. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Geológica 1:250 000, serie I INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250000 serie II.

En el municipio se localizan los siguientes tipos de suelo: Cambisol, se localiza al sureste del Municipio; son suelos jóvenes, poco desarrollados, pueden tener cualquier tipo de vegetación, la cual se encuentra condicionada por el clima y no por el tipo de suelo. Su susceptibilidad a la erosión es alta.

Phaeozem, se localiza al centro del Municipio, tiene una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes, en condiciones naturales tienen cualquier tipo de vegetación. Su susceptibilidad a la erosión depende de la pendiente del terreno.

Regosol, se localiza al suroeste del municipio; su fertilidad es variable, su uso agrícola está principalmente condicionado a su profundidad. Su susceptibilidad a la erosión es muy variable y depende de la pendiente del terreno.

El suelo dominante que encontramos aquí es: Phaeozem (35.29%), Leptosol (28.30%), Regosol (18.16%), Luvisol (14.06%), Vertisol (1.13%) y Fluvisol (0.90%). La siguiente Figura 4 ilustra los suelos dominantes en Nacoziari de García.

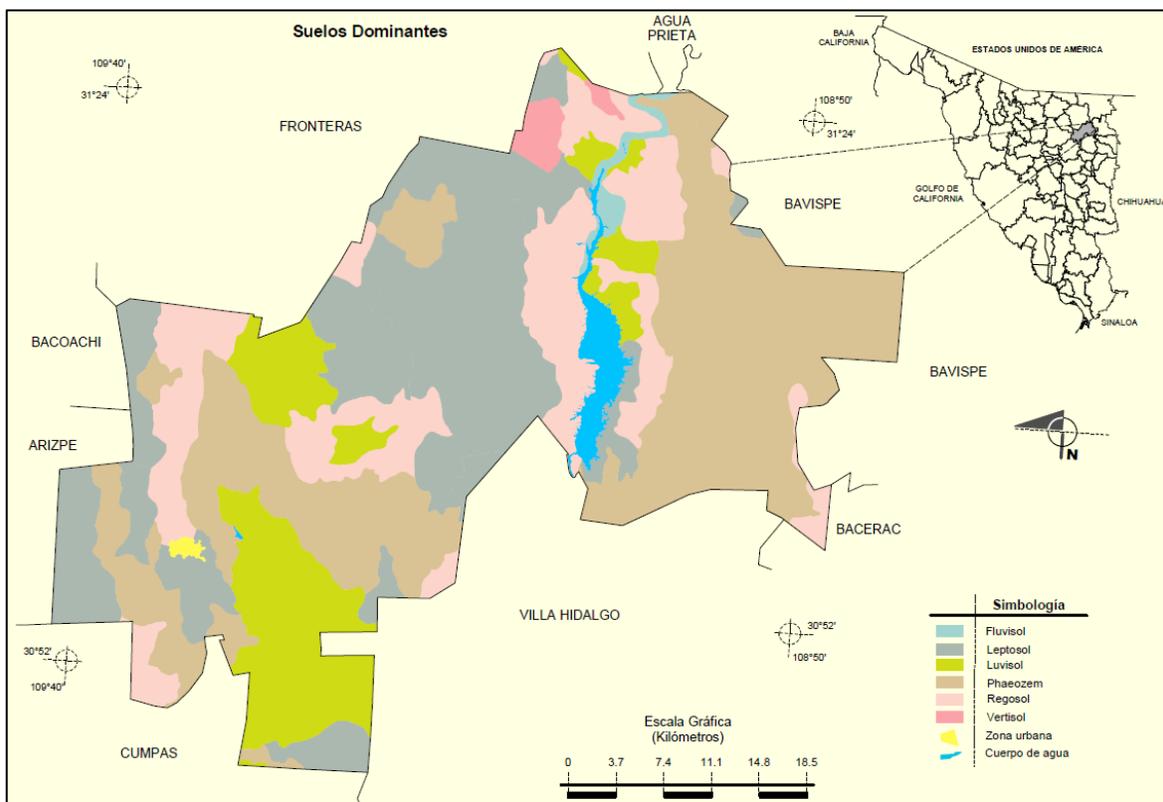


Figura 4. Suelos dominantes de Nacoziari de García, Sonora. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. INEGI. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250 000, serie II. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250000 serie II.

II.1.1.2. Climatología

El tipo de clima en el municipio de Nacozari de García es variado, predominando en la cabecera el clima cálido seco BS1hw(x'), con una temperatura media máxima mensual de 27 °C en verano, en los meses de julio y agosto, y una temperatura media mínima mensual de 10.9 °C.

De acuerdo al sistema de clasificación climática de Koppen, modificado por Enriqueta García para adaptarlos a las condiciones de la República Mexicana, el clima de Nacozari corresponde a una transición entre el grupo de climas secos, tipo semiseco, con variante en los subtipos semiseco semicálido y semiseco templado.

Las claves de los climas que se definen son los siguientes: Bs, hw (x')(e'). Semiseco, semicálido, con lluvias de verano, porcentaje de precipitación invernal mayor a 10.2 milímetros, con invierno fresco, muy extremo, Bs, Kw (x')(e').

La transición está condicionada principalmente por la temperatura, correspondiente al subtipo semicálido, a las partes bajas de la región donde se localiza Nacozari, y conforme se alcanza mayores elevaciones hacia las montañas circundantes, el clima semicálido se convierte en el templado, al descender gradualmente la temperatura media. Respecto a la precipitación, el valor promedio anual es de 560.4 milímetros, en los períodos de precipitación, el más importante ocurre durante el verano en los meses de julio, agosto y septiembre, cuando se concentra el 52% de la lluvia anual, lo que define claramente el período húmedo o de lluvias. En la figura 5 se muestra la carta climatológica del municipio.

El segundo período por volumen precipitado, se presenta durante el invierno, en los meses de diciembre, enero y febrero cuando se acumula el 26% de la precipitación anual. Las lluvias de verano se caracterizan por ser torrenciales y de corta duración, obedeciendo a sistemas convectivos característicos de esta región del Noroeste del país. Las lluvias de invierno, son generalmente de poca intensidad y larga duración, provocadas por sistemas atmosféricos, como son frentes fríos y vaguadas polares que tienen su origen en las regiones cercanas al polo Norte y que descienden hacia estas latitudes, cuando las condiciones de corrientes de vientos de altura, presión atmosférica y humedad la favorecen. En la Tabla I se muestra el patrón de lluvias del año 1971 al 2000 en el municipio de Nacozari de García.

Tabla I. Patrón de lluvias en el Municipio de Nacozari de García, normales climatológicas 1971-2000. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

PRECIPITACIÓN (milímetros)	NORMAL	MÁXIMA MENSUAL	AÑO DE MÁXIMA	MÁXIMA DIARIA	FECHA MÁXIMA DIARIA	AÑOS CON DATOS
Enero	41.2	140.7	1993	69.5	08/1974	22
Febrero	39.1	133.0	1980	78.0	13/1980	22
Marzo	27.4	103.7	1983	63.5	03/1983	23
Abril	11.1	97.7	1985	39.2	26/1985	22
Mayo	7.4	37.5	1973	37.5	04/1973	21
Junio	20.8	108.7	2000	54.1	26/2000	19
Julio	144.4	245.8	1992	92.0	20/1998	20
Agosto	113.2	196.5	1977	61.6	09/1983	21
Septiembre	56.3	151.7	1983	66.0	08/1991	23
Octubre	36.3	145.4	2000	53.3	03/1983	22
Noviembre	27.7	80.5	1977	36.6	05/1995	21
Diciembre	35.5	174.7	1984	49.0	03/1992	20
Anual	560.4					

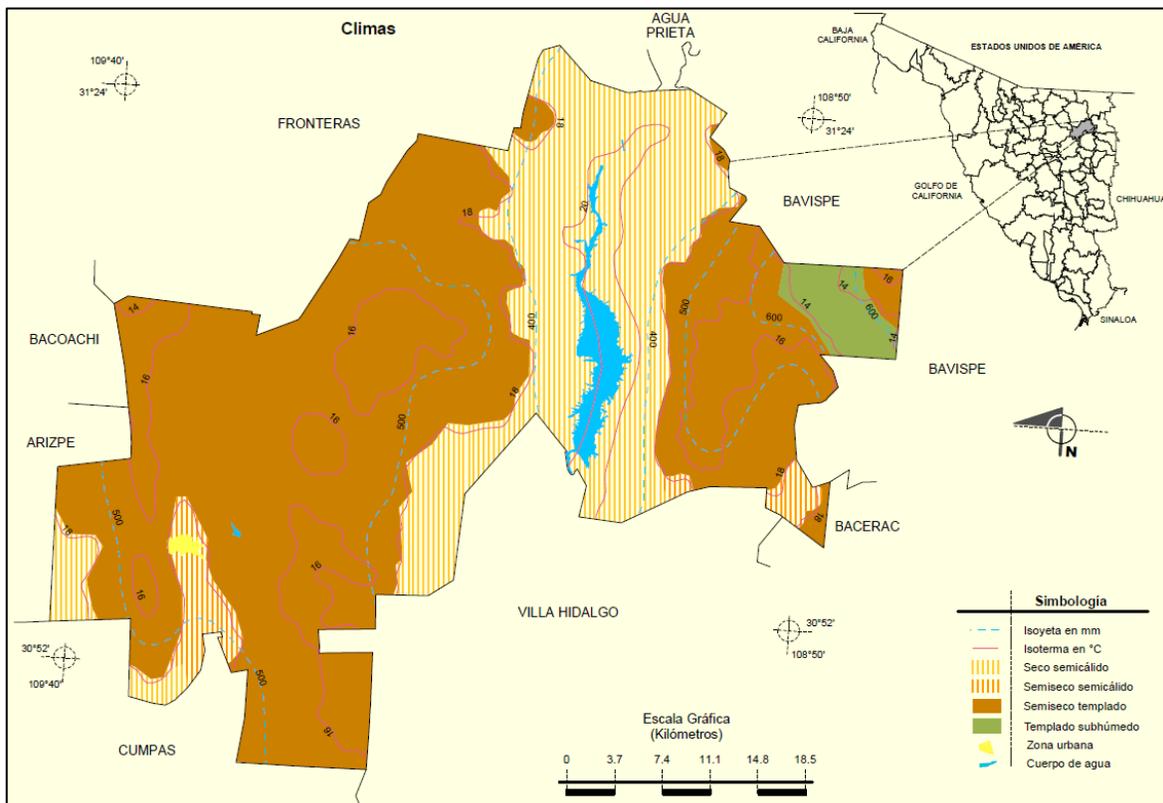


Figura 5. Climas de Nacozari de García, Sonora. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las Cartas de Climas, Precipitación Total Anual y Temperatura Media Anual 1:1000000, serie II. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250000 serie II.

II.1.1.4. Fisiografía

Tiene como provincia a la Sierra Madre Occidental (87.38%); como subprovincias tenemos las Sierras y Valles del Norte (66.22%), Sierras y Cañadas del Norte (24.20%), Llanuras y Medanos del Norte (9.59%).

Su territorio es montañoso y lo forman varios contrafuertes que se desprenden de la Sierra Madre Occidental, con inclinación descendente norte-sur; sus serranías principales son: la Sierra San Diego, la de Buenos Aires en sus límites con Bacoachi, La Púrica, Nacozari y Juriquipe.

Los sistemas de topofomas con que cuenta son: la Sierra alta (53.29%), Sierra baja con cañadas (24.20%), Valle intermontano (9.90%), Valle aluvial intermontano (9.59%) y No aplicable (3.03%). En la figura 6 se muestra la carta fisiográfica y de relieve del municipio.

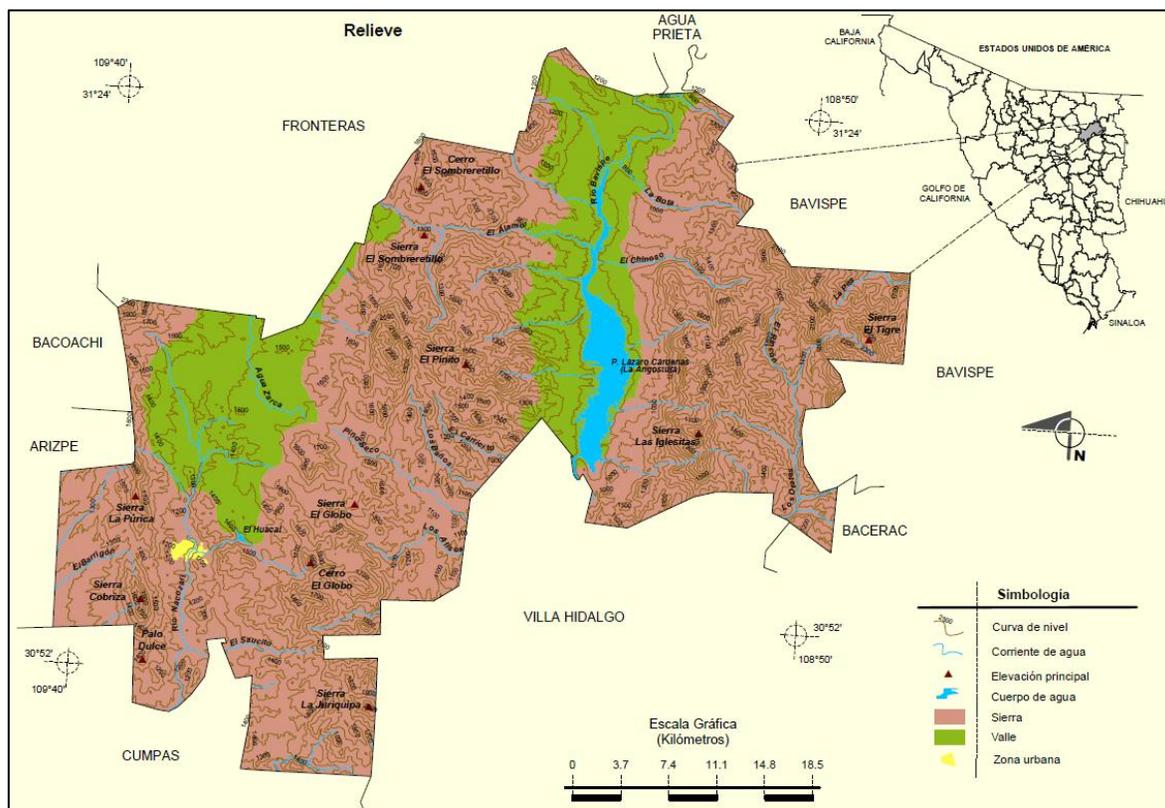


Figura 6. Relieve de Nacozari de García, Sonora. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1, Información Topográfica Digital Escala 1:250 000serie II.

II.1.2. Características bióticas de Nacozeni de García

II.1.2.1. Flora y tipos de vegetación

Según la carta Uso de Suelo y Vegetación 1:250 000 para Nacozeni de García, el área de estudio tiene los tipos de vegetación mostrados en la siguiente Figura 7, los cuales se describen brevemente según la Guía para la Interpretación de Cartografía de la Carta de Uso y suelo y Vegetación:

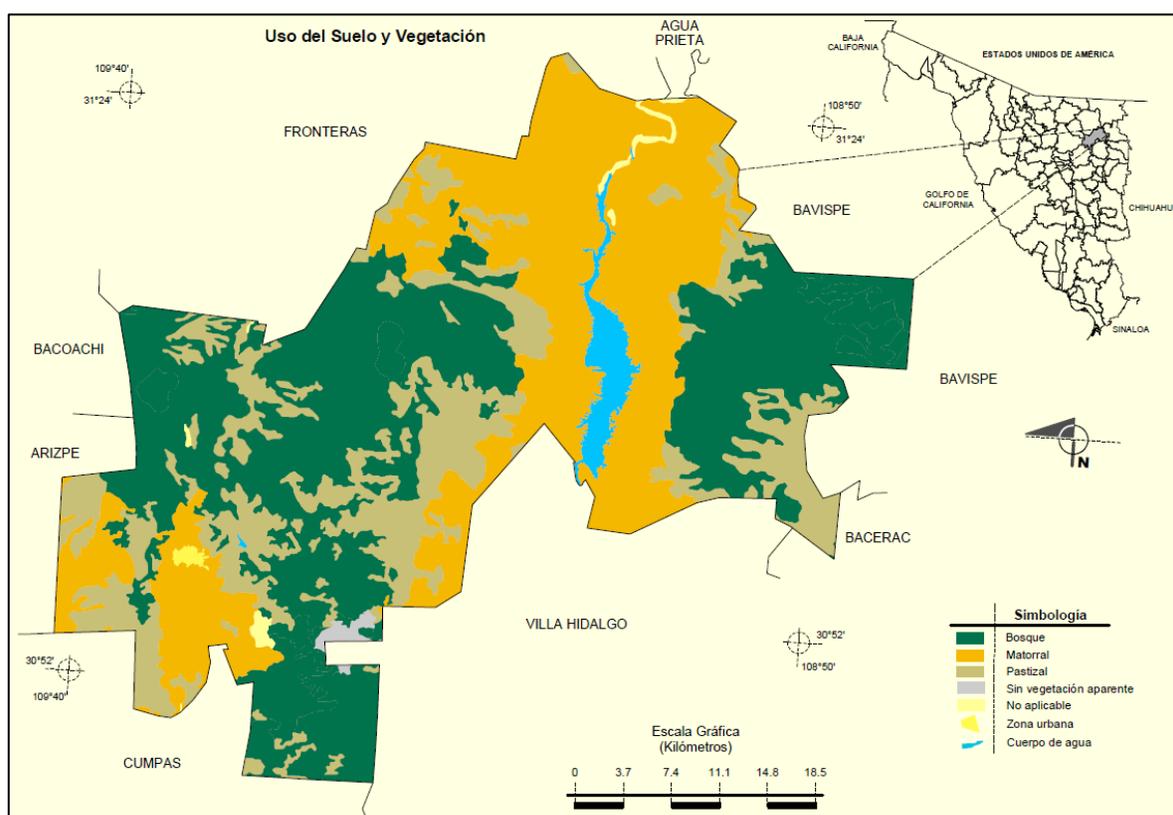


Figura 7. Uso de suelo y vegetación de Nacozeni de García, Sonora. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. INEGI. Conjunto de Datos Vectorial de Uso de Suelo y Vegetación Serie III 1:250 000. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250000 serie II.

Son varios los tipos de vegetación: bosque de pino en la parte noreste, centro y sureste del Municipio. En estas mismas puntas se cuenta con vegetación de pastizal, en la región sureste y noreste del municipio existe vegetación de matorral, subtropical, cuyas principales especies son cashuate (*Ipomoea arborescens arborescens*), copal (*Bursera microphylla*), acebuche (*Celtis pallida*), nopal (*Opuntia spp.*), uña de gato (*Acacia greggii*), garambullo (*Myrtillocactus spp.*), entre otras.

En la región norte del Municipio en la serranía de la presa de La Angostura la vegetación existente es de matorral subinermes tales como gobernadora (*Larrea divaricata tridentata*), hierba de burro (*Zinnia acerosa*), trompillo (*Ipomoea ternifolia leptotoma*), entre otras.

En la parte alta de la Sierra del Tigre podemos encontrar bosque de pino-encino.

II.1.2.2. Fauna

Podemos encontrar algunas especies de mamíferos, como: venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), puma (*Puma concolor*), lince (*Felix rufus*), coyote (*Canis latrans*), jabalí (*Pecari tajacu*), mapache (*Procyon lotor*), liebre (*Lepus alleni*), conejo (*Lepus californicus*), zorra gris (*Urocyon cinerepargenteus*), ardilla (*Ammospermophilus harrisi*), zorrillo (*Mephitis macroura*) y ratón de campo (*Onychomys torridus*).

Especies de aves, como: tecolote (*Otus kennicottii*), cuervo (*Corvus corax*), zopilote (*Coragyps atratus*), pato prieto (*Aythya spp.*), gavián gris (*Asturina nítida*), aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*) y paloma (*Zenaida macroura*).

De anfibios podemos encontrar: sapo (*Bufo alvarius*), sapo verde (*Bufo retiformis*) y rana (*Rana berlandieri*).

Y por último de reptiles, encontramos: lagartija (*Anolis nebuloides*), iguana (*Dipsosaurus dorsalis*), tortuga amarilla (*Kinosternon sonoriense*), tortuga terrestre (*Gopherus agassizii*), serpiente coralillo (*Micruroides euryxanthus*), serpiente cascabel cola (*Crotalus molossus*), serpiente cascabel tigre (*Crotalus tigris*), serpiente cascabel diamante (*Crotalus atrox*) y camaleón (*Phrynosoma solare*), entre otras.

II.1.3. Información social de Nacozari de García

II.1.3.1. Historia de Nacozari de García

La ciudad de Nacozari de García, fue fundada en 1660. El nombre original fue Nuestra Señora del Rosario de Nacozari y después se llamó Placeritos de Nacozari.

Nacozari se fundó al descubrirse los yacimientos de minerales que rodean a la ciudad y al desarrollarse la explotación de las minas se atrajo una numerosa población, sobre todo en el siglo XIX.

En 1867 las minas fueron adquiridas por la compañía U. B. Teader, luego fueron vendidas a la Moctezuma Copper Co. y entonces se asentaron en Nacozari trabajadores e ingenieros estadounidenses y por lo tanto las compañías construyeron buenas viviendas, bibliotecas y hospitales.

La abundancia de mineral convirtió a Nacozari en una de las principales poblaciones del noreste de Sonora, permaneciendo en actividad la mayoría de las minas hasta que en 1948 varias fueron cerradas. El principal mineral explotado fue el cobre que primero era transportado a Agua Prieta y Douglas, Arizona, en vagones jalados por mulas, hasta que en 1904 fue terminado el ferrocarril que unió Nacozari con esas ciudades.

El hecho que dio a conocer a Nacozari a nivel nacional y mundial fue el evento que ocurrió en esta población el 7 de noviembre de 1907. En esa fecha el ferrocarril, detenido en la estación, estaba cargado con explosivos para las excavaciones mineras y se incendió a causa de las chispas que despedía la caldera de la locomotora. De explotar ese cargamento dentro de la población hubiera devastado los alrededores y causando un gran número de muertos entre la población civil. El maquinista, Jesús García Corona, decidió tratar de sacar el convoy a un lugar abierto donde la explosión no causara daño. La mayoría de la tripulación del tren saltó y logró salvarse, no así Jesús García que continuó al frente de la locomotora hasta que finalmente explotaron los vagones incendiados aproximadamente a 6 kilómetros de Nacozari. La fuerza de la explosión devastó la zona, matando a un total de 13 personas, entre ellas Jesús García, quien murió de forma instantánea. Jesús García fue considerado un héroe, denominado desde entonces como "El héroe de Nacozari" y en todo México, muchas calles, escuelas, plazas y monumentos

llevan su nombre, y el 7 de noviembre es festejado el día del ferrocarrilero. La población, hasta entonces conocida como Placeritos de Nacozari, fue rebautizada en su honor como Nacozari de García.

En 1968 fueron descubiertos grandes yacimientos de cobre en un predio denominado “La Caridad”, a 30 km al sureste de la ciudad de Nacozari. Se creó una compañía paraestatal para explotar los yacimientos, ahora usando la tecnología de tajo abierto. Su apertura volvió a detonar la actividad económica, y por tanto, volvió a incrementarse significativamente la población del municipio. La Caridad es considerada la tercera mina de cobre más grande del mundo.

II.1.3.2. Salud y seguridad social

La principal institución encargada de brindar los servicios de salud en Nacozari es el Centro de Salud (CS) de la Secretaría de Salud (SS), contando con los recursos básicos para ofrecer un servicio de primer nivel.

Aparte de la SS, la población de Nacozari está cubierta por las siguientes instituciones de seguridad social: el IMSS, el ISSSTE y el ISSSTESON. También operan los siguientes programas de salud: Seguro Popular, Oportunidades, y Bienvenidos a todos los Nuevos Sonorenses (BNS). El hospital del IMSS es el único que cuenta con servicio de radiología. El ISSSTESON cuenta con una farmacia.

En Nacozari hay dos laboratorios clínicos particulares, uno de ellos atiende a los derechohabientes del ISSSTESON y hay también cuatro consultorios particulares, uno de ellos corresponde al ISSSTESON.

Los derechohabientes del ISSSTE deben trasladarse a la ciudad de Agua Prieta para recibir atención médica, los derechohabientes del ISSSTESON son atendidos en el Centro de Salud o por un médico particular subrogado por el ISSSTESON. Este servicio médico cuenta con una farmacia propia para surtir sus medicamentos.

Los pacientes sin ninguna derechohabiencia son referidos hacia el Hospital General de Moctezuma o hacia el Hospital General del Estado.

El CS cuenta con los siguientes recursos:

- a) Recursos humanos: un director del centro de salud, un médico de base, un médico pasante, 4 enfermeras, un pasante de enfermería, un promotor de salud, una administradora, una encargada de farmacia, un encargado de limpieza.
- b) Recursos materiales del CS son: dos consultorios, una sala de espera, dirección, área de farmacia, área administrativa, área de vacunas, un cuarto para curaciones, sala de rehidratación, sala de expulsión, dos cuartos para hospitalización con dos camas cada cuarto, cuatro baños con acceso a pacientes, un baño para personal, una oficina para el programa de Oportunidades, una oficina para grupo de crónico degenerativos, una oficina para el programa BNS, planificación familiar y realización de la prueba Papanicolaou, dos bodegas, un cuarto médico con baño, área de cirugía general, un consultorio de ortopedia, se tiene un consultorio de medicina general, una cocina, área de lavado con lavadora y lavadero y un cuarto de séptico.
- c) Recursos financieros: La Secretaría de Salud (SS) cubre las erogaciones para sostener los recursos humanos así como gastos para materiales (papelería, medicamentos, vacunas y material de curación). El municipio aporta una beca complementaria para el pasante de medicina.

II.1.3.3. Morbilidad

De acuerdo a los reportes del CS, los problemas de salud prioritarios en Nacozari no se relacionan con la exposición de la población a las grandes cantidades de polvos desprendidos del jale del centro.

Según el CS los factores de riesgo para la salud en Nacozari son: el embarazo en adolescentes, las infecciones respiratorias agudas y las enfermedades diarreicas agudas.

Las principales causas de los embarazos presentados en adolescentes son el inicio temprano de vida sexual y la falta de educación sexual.

Para las infecciones respiratorias agudas se identifican como causas las bajas temperaturas, hacinamiento, automedicación, tabaquismo, esquema de vacunación incompleto, mala higiene y desnutrición.

Las causas para las enfermedades diarreicas agudas son una mala higiene, desnutrición, consumo de alimentos chatarra, mala cocción de alimentos y hacinamiento.

Las principales causas de morbilidad en Nacozari en los últimos años han sido las infecciones respiratorias agudas, las enfermedades diarreicas agudas, enfermedades intestinales, dermatitis, infecciones de las vías urinarias, hipertensión arterial, vértigo, entre otras.

II.1.3.4. Mortalidad

Los datos del Registro Civil de Nacozari, reportan que en el período de 2005 a 2009 hubo 270 defunciones. El grupo etario que presentó mayor número de defunciones en dicho período fue el de las personas mayores de 60 años, mientras que el grupo que presentó menor número de defunciones fue el de las personas de 1 a 4 años de edad. En los cinco años que comprende ese período la tasa de mortalidad en hombres fue mayor que en mujeres.

Entre las causas de mortalidad, las principales son el infarto agudo al miocardio, la falla orgánica y los accidentes y traumatismos. Otras causas de mortalidad que se presentan con menor incidencia son la cirrosis hepática, muerte fetal, entre otras. En la Tabla II se presenta una relación de las causas de muerte con el número de defunciones en el periodo de 2005 a 2009.

II.1.3.5. Demografía

En los últimos años se ha visto un descenso en la población que habita este municipio. Durante la época 1980-1990 la población aumentó en aproximadamente un 40%, esto posiblemente por la actividad minera basada en la extracción de cobre. Sin embargo este crecimiento no se mantuvo y según el último censo de población y vivienda del INEGI 2010, hubo una disminución en el número de habitantes. Esto por el proceso de industrialización del estado que ofrece una imagen de trabajo y mejor remunerado que se dan en otras partes del estado e incluso del extranjero. En las Tablas III y IV se muestran el crecimiento y distribución respectivamente de la población en el municipio.

Tabla II. Causas de mortalidad en Nacozeni en el periodo de 2005 a 2009 (INEGI, 2010).

CAUSA	NÚMERO DE MUERTES
Insuficiencia cardiaca	18
Accidentes y traumatismos	23
Neoplasias	31
Infarto agudo del miocardio	69
Neumonía	12
Cirrosis hepática	2
Falla orgánica	27
Muerte fetal	6
Otras	82

Tabla III. Crecimiento poblacional en Nacozeni de García, Sonora (1980-2010) (INEGI, 2010).

POBLACIÓN				RAZON DE CRECIMIENTO (%)		
1980	1990	2000	2010	1980-1990	1990-2000	2000-2010
9,383	13,171	14,365	12,75	40.37	9.07	-11.24

Tabla IV. Distribución de la población en Nacozeni de García, Sonora (INEGI, 2010).

	NÚMERO	%	DEL ESTATAL
Total	12,751	100	4.7
Hombres	6,575	51	4.9
Mujeres	6,157	49	4.6

La densidad población de este municipio es de 4.2 hab/km². La cabecera municipal concentra el 90% de la población. Según los datos del INEGI, los principales bloques en estructura de edad son adultos de 30-64 (38.2%) y niños 0-14 años (30.6%).

II.1.3.6. Educación

Según datos del INEGI (2010), la población del municipio de Nacozari de García de 5 años de edad o más es 11,342, de los cuales 3,589 asistían a la escuela. El porcentaje de personas de 6 a 24 años que van a la escuela es 69.6. Las personas de 6 y más años de edad que saben leer y escribir son 10,628, y el porcentaje de personas alfabetas de 15 o más años de edad es 97.4. La población de 5 y más años sin escolaridad en 2010 era de 200 individuos.

El número de habitantes de 5 y más años de edad con preescolar son 499, con primaria son 3,545, con instrucción pos primaria son 7,016, con nivel profesional son 1,142, y con posgrado son 51 como lo muestra la Figura 8.

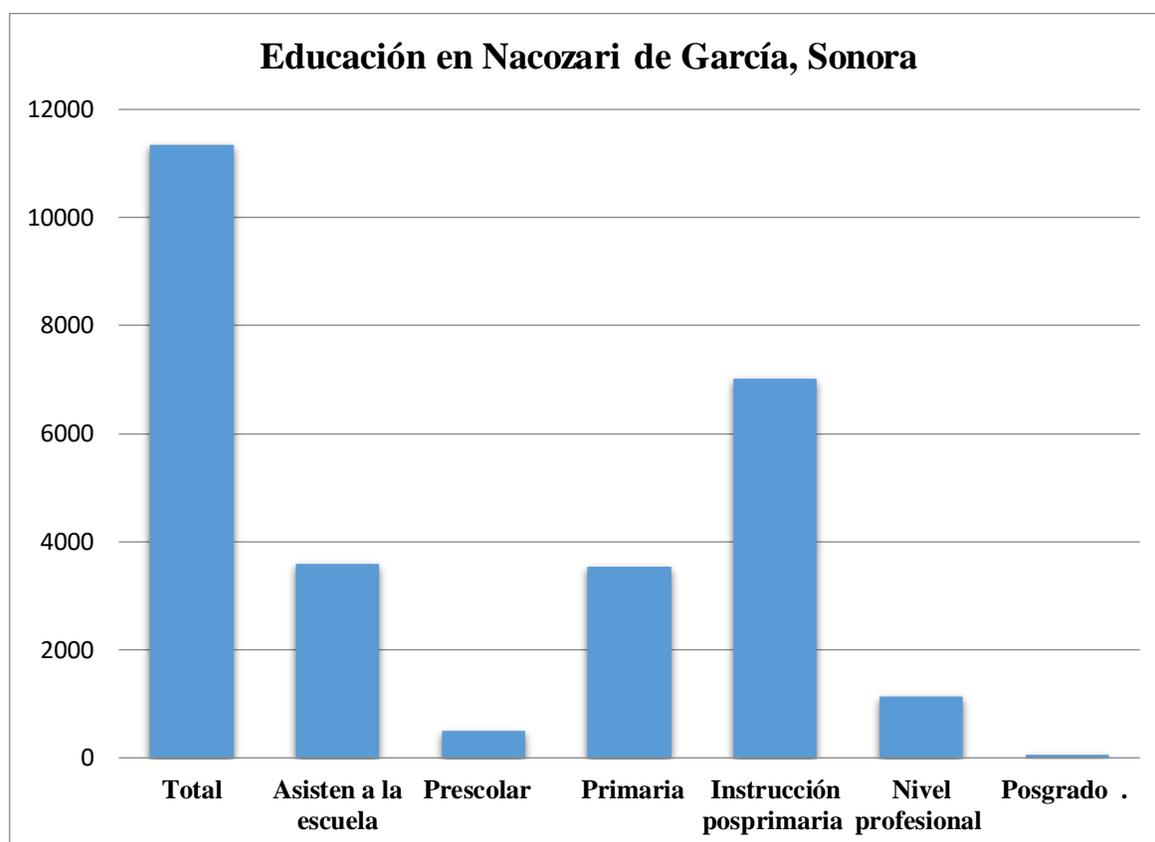


Figura 8. Educación en Nacozari de García, Sonora. Fuente: INEGI (2010).

II.1.3.7. Desarrollo urbano y vivienda

En 2010, el municipio de Nacozeni de García contaba con un total de 3,371 viviendas particulares habitadas, con 12,618 ocupantes. No hay ocupantes de viviendas móviles, en azotea, y en locales no construidos para habitación. En la Tabla V se muestran los datos demográficos básicos de vivienda en el municipio.

Tabla V. Datos demográficos básicos de vivienda (INEGI, 2010).

	NACUZARI DE GARCÍA	SONORA
Población Total	12,751	2,662,480
Total de viviendas particulares habitadas	3,371	705,668
Viviendas particulares habitadas que disponen de agua de la red pública en el ámbito de la vivienda	3,257	662,273
Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	3,264	632,352
Viviendas particulares habitadas que disponen de excusado o sanitario	3,271	685,319

Hay 50 ocupantes de departamentos en edificio, 19 ocupantes de viviendas en vecindad, 203 en viviendas particulares de clase no especificada, y un individuo en refugio. Del total de viviendas, 3,224 tienen piso diferente de tierra

II.1.3.8. Servicios públicos municipales

De las 3,371 viviendas particulares, 3,257 disponen de agua de la red pública, 3,264 disponen de drenaje, 3,271 tienen sanitario, 3,295 tienen energía eléctrica. En estas viviendas, 3,183 disponen de refrigerador, en 3,229 poseen televisión, 2,830 disponen lavadora y en 1,547 poseen computadora.

El municipio cuenta con el servicio de agua potable con una cobertura del 96.6 por ciento. La cobertura de alcantarillado alcanza el 96.8 por ciento de la población total del municipio. La electrificación se proporciona al 97.7 por ciento de la población total del municipio tal y como se muestra en la Figura 9.

Nacozari de García cuenta actualmente con un serio problema de drenaje y alcantarillado, especialmente por la escases de agua y su sistema de agua potable el cual es muy antiguo. Se reportan olores de aguas negras en la época de verano.

La principal amenaza ambiental de este origen es debido a que el drenaje de la ciudad tiene su desemboque directamente en el río Nacozari. Aunado a lo anterior, la ciudad cuenta con pocas lagunas de oxidación que además funcionan parcialmente.

La ciudad cuenta con un basurero municipal y un relleno sanitario a baja escala sin procedimientos establecidos ubicados aproximadamente a una distancia de 2 km del río Nacozari.

Nacozari cuenta con cloradores, una red de agua pública con 100% de cloración, con una concentración de 0.5 ppm en las zonas alejadas y 1.5 ppm en las zonas cercanas a los cloradores.

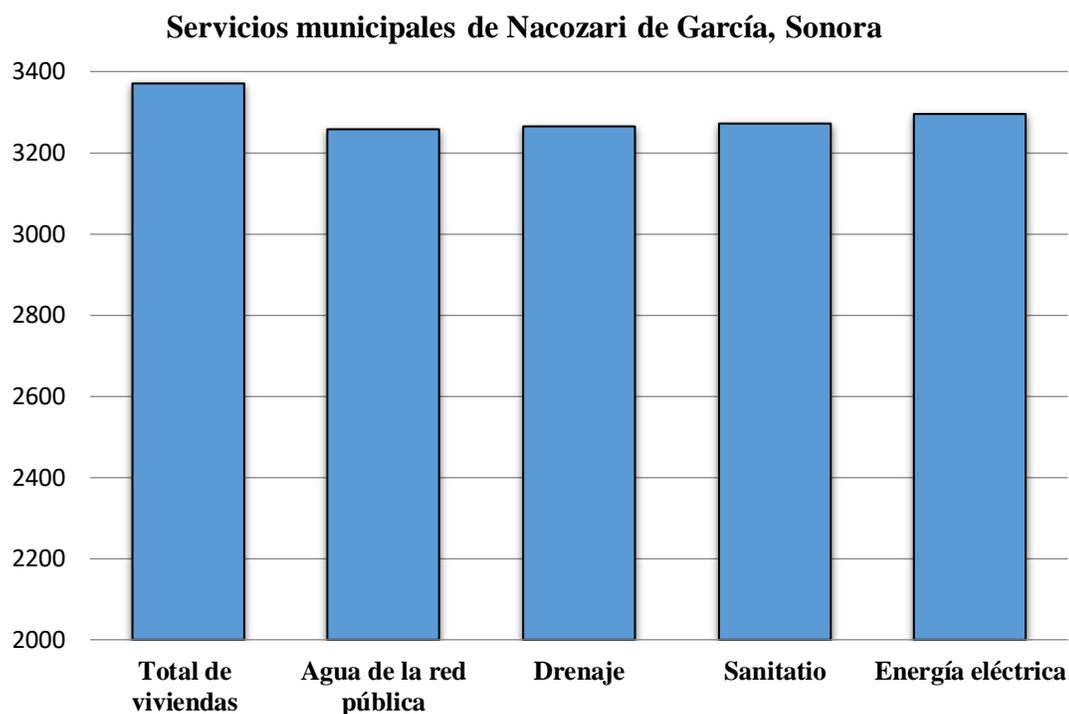


Figura 9. Servicios municipales en Nacozari de García, Sonora. Fuente: INEGI (2010).

II.1.4. Información socio-económica de Nacozari de García

II.1.4.1. Industria

Nacozari de García no cuenta con industrialización o maquiladoras al ser un poblado dedicado casi exclusivamente a la minería y al comercio local con proveedores de Hermosillo y Agua Prieta primordialmente.

II.1.4.2. Minería

Nacozari se fundó y creció en base a la explotación de los yacimientos mineros localizados en el municipio. El principal producto de la minería es el cobre y metales preciosos que lo acompañan. En 1948 cerró la mina de Pilares y en 1968 fue descubierta la Mina La Caridad a 20 millas al sureste de Nacozari. La operación de esta mina se empezó como industria paraestatal y posteriormente se privatizó. La Caridad es considerada la tercera mina de cobre más grande del mundo. La información asociada a la minería se presenta en las siguientes tablas.

Tabla VI. Plantas de beneficio inactivas de minerales metálicos (SGM, 2010).

NOMBRE	EMPRESA	MUNICIPIO	PRODUCCION (ton/día)	SUSTANCIA
Churunibabi	--	Nacozari	--	Oro, Plata
El Dorado	--	Nacozari	--	Cobre, Molibdeno
Pilares	--	Nacozari	--	Cobre
Filadelfia	--	Nacozari	--	Cobre, Molibdeno
Bella Esperanza	--	Nacozari	--	Cobre, Molibdeno

Tabla VII. Plantas fundidoras y refinadoras (SGM, 2010).

EMPRESA	NOMBRE	MUNICIPIO	CAPACIDAD TON/DIA	SUSTANCIA	PROCESO
Mexicana de Cobre, S.A de C.V.	La Caridad	Nacozari de García	2,546	Cu anódico y cobre blister	Fundición, Ref. electrolítica

Tabla VIII. Principales proyectos mineros en exploración (SGM, 2010).

PROYECTO	MUNICIPIO	SUSTANCIA	EMPRESA QUE EXPLORA
El Tigre	Nacozari de García	Au, Ag	Minera Cordilleras, S.A. de C.V.
Florida Barrigón	Nacozari de García	Cu, Mo	Servicios Phelps Dodge, S.A. de C.V.
El Batamote	Nacozari de García	Cu, Mo, Au	Minera H.B., S.A. de C.V.

II.1.4.3. Ganadería

Se practica ganadería a baja escala para consumo local. Se encuentra un rastro municipal tipo no TIF con un procesamiento ápice de vacunos en los meses de febrero y marzo con aproximadamente 46 y 36 sacrificios respectivamente. El rastro, no cuenta con instalaciones para el tratamiento de aguas residuales y se encuentra aproximadamente a 100 metros de distancia de un arroyo afluente al río Nacozari. No se espera que estos desechos produzcan problema ambiental por lo biodegradables que son estos contaminantes. En el manejo pecuario del municipio se utilizan garrapaticidas en períodos de cada 3 a 6 meses regulado por la Secretaria de Salud. No se identificó rutas de transporte entre estos biosidas y el río Moctezuma. En la siguiente Tabla IX se muestran las unidades de producción pecuaria en el municipio.

Tabla IX. Unidades de producción pecuaria en Nacoziari de García (INEGI, 2009).

MUNICIPIO	BOVINO	PORCINO	OVINO	CAPRINO
Nacoziari de García	269	*	*	28

II.1.4.4. Agricultura

No se practica la agricultura en Nacoziari ni en los ejidos cercanos.

II.3. Actividad Minera en Sonora y el Municipio de Nacoziari de García

El estado de Sonora, ha forjado una gran tradición minera durante los últimos siglos. La entidad se caracteriza por su amplia gama de recursos minerales, tanto metálicos como no metálicos, destacando sus grandes yacimientos de cobre, molibdeno, oro, plata, grafito, barita, tungsteno, etc. (Vargas-Valdez, 2008). De los metales mencionados, México es y ha sido uno de los principales productores de cobre a nivel mundial. En forma particular, el estado de Sonora, posee una historia relevante de su producción. Uno de los sitios de extracción de este metal se encuentra en el municipio de Nacoziari de García. En él se ubican dos de las principales minas productoras del metal en el país: Los Pilares y La Caridad, de las cuales, solo la última continúa sus actividades (Alvarado-Martínez et al. 2004).

El yacimiento cuprífero de Los Pilares fue descubierto en el año de 1886, siendo adquirido años más tarde por la compañía norteamericana Moctezuma Copper Company, convirtiéndose en uno de los principales polos de desarrollo en el norte y principal motor del estado en aquella época. Sus actividades se extendieron a lo largo de poco más de cincuenta años, produciendo 3,000 ton/día de cobre, parando en 1949, después de extraer alrededor de 40,000,000 toneladas de mineral (Vargas-Valdez, 2008; Alvarado-Martínez et al., 2004). Dicha producción generó una enorme cantidad de residuos (jales, terreros y material de descapote), los cuales fueron depositados en sitios aledaños al pueblo de Nacoziari, actualmente forman parte de la zona urbana de Nacoziari, debido al crecimiento de la mancha urbana del pueblo. En años recientes los residuos mineros ahí depositados han atraído la atención de las autoridades, ya que

han sido identificados como posible origen de contaminación y riesgo ambiental en la zona (Alvarado-Martínez et al., 2004).

II.4. Sitios Contaminados

Muy probablemente la ausencia del estudio en materia de evaluación de riesgos se deba quizá a un desconocimiento generalizado sobre este tema. Lo que sí se puede afirmar, es que en la actualidad las autoridades mexicanas y del resto de América latina no cuentan con una base técnica de aceptación internacional sobre el tema todavía (Chávez-Toledo, 2005).

La Organización Panamericana de la Salud ha jugado un importante papel desde hace ya más de 20 años. Ha promovido cursos de capacitación, ha integrado equipos internacionales de expertos para estudiar sitios contaminados en diferentes naciones, ha apoyado la publicación de manuales y, en fin, ha estado en la frontera del desarrollo del área en la región. Sin embargo, la OPS deberá mantener su ritmo dado que la evaluación de riesgo ha evolucionado y ello ha ocurrido porque cada día los problemas ambientales son de mayor complejidad, afectando más y más, no solo a los humanos, sino también al resto de los seres vivos (Ilizaliturri et al., 2009).

Hasta el año de 1977, existía poco interés de los desechos peligrosos en Estados Unidos y en el mundo, hasta que se descubrió que sustancias químicas habían escapado de un tiradero de desechos abandonado que contaminaron un desarrollo suburbano conocido como Canal Love cercano a las Cataratas del Niágara en Nueva York (U.S. EPA, 1990; Miller, 1994; Henry y Heinke, 1999).

El caso del Canal Love, fue uno de los primeros que captó la atención pública hacia el tema de residuos. Entre 1947 y 1952 la compañía química Hoker uso un viejo canal que no se había llegado a terminar, para depositar 20,000 toneladas de productos químicos muy tóxicos. En 1952 la Ciudad de Niágara Falls expropió esos terrenos para construir una urbanización y una escuela. La compañía química advirtió de los peligros, pero se pensó que recubriendo, como hicieron, todo el vertedero con capas de arcilla y tierra quedaría suficientemente sellado.

Al final de los años cincuenta cuando los obreros que construían una escuela removieron la arcilla, empezaron a surgir los problemas. Los niños sufrieron quemaduras, algunos enfermaron y otros murieron. Los vapores tóxicos que emanaban del sitio dañaban a las plantas

y con las lluvias salía barro cargado de una mezcla oscura y tóxica. Estos problemas continuaron durante años hasta que en 1978 se hicieron análisis de las aguas de la zona que mostraron la presencia de 82 productos químicos contaminantes (Chávez-Toledo, 2005).

El Departamento de Salud de los Estados Unidos comprobó que una de cada tres mujeres había tenido abortos espontáneos, un porcentaje muy superior al normal y que de 24 niños, cinco tenían malformaciones. Se estudiaron otras enfermedades en niños y se vio que su incidencia era claramente más alta que en la población general. La escuela fue cerrada, la zona fue declarada un área catastrófica y cientos de familias fueron evacuadas. Además de los graves daños a la salud de las personas, el proceso tuvo un costo de cerca de 200 millones de dólares (U.S. EPA, 1990; Henry y Heinke, 1999).

En el año de 1980 se crea en los Estados Unidos de América, el programa Superfund a través de la Ley de Respuesta Ambiental Exhaustiva, Compensación y Responsabilidad Pública (CERCLA, por sus siglas en inglés), con la que se asignó un fondo de 13,600 millones de dólares para la limpieza de los sitios de tiradero de desechos peligrosos abandonados o inactivos y tanques subterráneos con fugas, que amenazaban la salud humana y el ambiente en ese país (U.S. EPA, 1990; Miller, 1994). Este programa se proyectó para dar respuesta inmediata en situaciones de emergencia que plantean un peligro inminente, en términos de acciones de eliminación o respuesta de emergencia; y además proporcionar remedios permanentes para los problemas ambientales producto de prácticas del pasado, principalmente los depósitos de residuos abandonados o inactivos, conocidos como acciones de respuesta rehabilitadora (Henry y Heinke, 1999).

Respecto a México, las acciones hacia sitios contaminados se han centrado de una manera importante en la Prevención de Accidentes y Contingencias Ambientales.

En Prevención de Accidentes se incluye la elaboración de Programas para la Prevención de Accidentes (PPA), los cuales contemplan planes, procedimientos, organización, recursos y acciones establecidos para proteger a la población y sus bienes, así como al ambiente y sus ecosistemas, de los accidentes que pudieran ser ocasionados durante la realización de actividades altamente riesgosas (Chávez-Toledo, 2005). Contingencias Ambientales se deriva, cuando una vez que ha ocurrido un accidente se establecen los procedimientos de contingencia ambiental y emergencia ambiental, donde: Contingencia Ambiental se define como aquella situación de riesgo derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que puede poner

en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas; y Emergencia Ambiental es la situación promovida por actividades humanas o fenómenos naturales que al afectar severamente a sus elementos, pone en peligro a uno o varios ecosistemas (SEMARNAP, 1999 y 2000).

Con respecto a los sitios contaminados, SEMARNAP en su página de internet (<http://www.semarnap.gob.mx/programa2000/indice.htm>), en el apartado Contención del deterioro del medio ambiente y de los recursos naturales, 1.B Recuperación de ecosistemas, 1.B.3. Identificación y caracterización de sitios abandonados contaminados con residuos peligrosos, señala que: “La disposición clandestina de los residuos peligrosos, aunada a la dificultad para desarrollar infraestructura requerida para su manejo adecuado, constituye actualmente uno de los principales retos de gestión ambiental en nuestro país. Para enfrentarlo, desde 1995 la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) ha venido identificando y caracterizando sitios abandonados contaminados con residuos peligrosos, con objeto de evaluar riesgos para la población, determinar posibles daños causados al ambiente y promover las medidas de remediación que se requieran”.

Además la SEMARNAP a través de la PROFEPA ha integrado un padrón de sitios abandonados contaminados con residuos peligrosos en el cual se incorpora información sobre la ubicación y extensión del sitio, el tipo y cantidad de residuos presentes, así como la problemática ambiental y/o social generada por los residuos y la situación legal del sitio. En 1999 se identificaron 19 sitios abandonados, los que, sumados a los identificados en años anteriores, integraban un padrón de 90 sitios abandonados en 14 entidades federativas en ese entonces (<http://www.semarnap.gob.mx/programa2000/indice.htm>).

II.5. Residuos Peligrosos

La producción de residuos peligrosos en México ha ido en aumento: En 1986 se estimó una producción anual de 2,737 millones de toneladas; en 1990 llegó a 5,657 millones de toneladas; para 1995 se calculó una generación de entre 7 y 7.5 millones de toneladas anuales (Díaz-Barriga, 1996); y en 1998 la generación en México alcanzó la cifra de ocho millones de toneladas al año, de las cuales se considera que solo el 26% recibió un manejo adecuado (SEMARNAP, 1998; CÉSPEDES y AMCRESPAC, 1998). Díaz-Barriga (1996) ha establecido

que en 10 años se ha triplicado la producción de residuos, pero que en el mismo período no se ha incrementado la capacidad instalada para su manejo adecuado.

Por otra parte, el estado de Sonora ocupa el segundo lugar después de Chihuahua en la generación de desechos peligrosos para los estados fronterizos del Norte del País. Según autoridades mexicanas se estima una generación de 266,000 toneladas métricas, de las cuales solo 71,000 son registrados por la industria, esta cifra representa aproximadamente tan solo el 4% del reportado como cumplimiento según la legislación ambiental vigente en México (<http://www.ine.gob.mx/dgmrar/ri/gen-edos/>).

II.6. Efectos a la Salud por Exposición a Partículas y Metales Pesados

La contaminación por metales pesados es causada cuando algunos metales como el arsénico, el cobalto, el cobre, el cadmio, el plomo, la plata y el zinc, contenidos en las rocas excavadas o expuestos en vetas en una mina subterránea, entran en contacto con el agua. Los metales son extraídos y llevados río abajo, mientras el agua lava la superficie rocosa. Los contaminantes disueltos de un sitio minero son primariamente metales, pero pueden incluir sulfatos, nitratos y radionucleidos; estos contaminantes, una vez disueltos, pueden migrar desde las operaciones mineras hacia el suelo local y el agua superficial (contaminación del agua superficial puede además ocurrir a partir de suelo contaminado o material de desecho al ser estos erosionados y lixiviados hacia los cuerpos de agua) (U.S. EPA, 2000).

Estudios realizados por Gómez-Álvarez et al. (1990, 1997 y 2004), así como por Villalba-Atondo y Gómez-Álvarez (2011) en los ríos San Pedro y Bacanuchi en el estado de Sonora, encontraron contaminación por metales pesados como cadmio, cobre, fierro, manganeso, níquel y zinc, en el río San Pedro, y cobre, plomo, zinc, hierro, manganeso y sulfatos en el río Bacanuchi, en concentraciones que excedieron los valores máximos permisibles, ambos casos fueron relacionados de forma directa con los vertimientos e infiltraciones de desechos ácidos provenientes del depósito de almacenamiento de aguas ácidas ferrocupríferas denominada Concentradora Vieja y de la Compañía Minera de Cananea, respectivamente.

Los metales disueltos en estas aguas como cobre, plata, magnesio y zinc a elevadas concentraciones en agua superficial y subterránea pueden impedir su uso como agua potable o hábitat acuático (U.S. EPA, 2000). Los organismos pueden verse severamente afectados por

pequeñas concentraciones de elementos pesados. En el caso de los organismos acuáticos, puede que unos determinados valores no induzcan su muerte, sin embargo desarrollarán una serie de problemas fisiológicos y metabólicos (a estas dosis se les denomina subletales). Entre estos problemas se pueden mencionar: cambios histológicos o morfológicos en los tejidos, cambios en la fisiología como supresión del crecimiento y desarrollo, torpeza para nadar, etc., cambios en la bioquímica del organismo, tales como en la actividad enzimática, y química de la sangre, trastornos del comportamiento y cambios en la reproducción.

Cada tipo de efecto tóxico estará relacionado con la interacción biológica o bioquímica que la sustancia produzca con el resto de sustancias propias del organismo. Por ejemplo, la hemoglobina es una molécula fundamental en nuestro organismo, puesto que es la encargada del transporte del oxígeno, mediante su transformación reversible en oxihemoglobina. Sin embargo, en presencia de monóxido de carbono la hemoglobina se transforma de forma casi irreversible en carboxihemoglobina, y pierde la capacidad de transportar el oxígeno: en concreto, la transformación del 50% de hemoglobina en carboxihemoglobina puede conducir a la muerte. En otros casos, la toxicidad estará relacionada con otros cambios bioquímicos inducidos por otros compuestos concretos sobre otras moléculas orgánicas concretas (Higueras y Oyarzun, 2005).

II.6.1. Partículas

Las Partículas o Materia Particulada, es un término general empleado para describir una variedad de sustancias que existen como partículas diferenciadas, ya sea como minúsculas gotas de líquido o materia sólida (Harte et al., 1995).

Las principales partículas que contaminan el ambiente son: partículas con metales pesados (Pb, Cd, As), asbestos, “partículas” vivas (microorganismos), partículas con metales ligeros, H_2SO_4 y HNO_3 .

Las partículas afectan a la salud humana de varias formas, son de especial interés los efectos físicos que las partículas sobre el funcionamiento normal del sistema respiratorio. Para causar daño pulmonar, las partículas deben penetrar el sistema respiratorio humano. Las

partículas mayores de alrededor de 2 μm generalmente no penetran más allá de la cavidad nasal o tráquea (National Research Council, 1979).

Las partículas muy pequeñas (menores a 0.1 μm) tienen a depositarse en el árbol traqueobronquial por difusión browniana. Las partículas en el rango de 0.1 a 3 μm penetran profundo dentro de los pulmones donde sedimentan dentro de los bronquios y los sacos alveolares (Harte et al., 1995).

Los efectos en la salud de la contaminación por particulados incluyen la agudización de la bronquitis en los niños y adultos con males respiratorios preexistentes, así como cambios menores pero significativos en el funcionamiento pulmonar de los niños. Si los niveles de contaminación son muy altos ocurren muertes inmediatas entre los ancianos y quienes sufren de males cardiacos y pulmonares preexistentes. Los asmáticos y quienes sufren de alergias reaccionan especialmente a los particulados de sulfato. Estos son los resultados a corto plazo de niveles elevados de partículas. La exposición a largo plazo a la materia Particulada produce daños en los tejidos pulmonares, que contribuyen a enfermedades respiratorias crónicas, cáncer y a enfermedades y muertes prematuras (Harte et al., 1995).

II.6.2. Metales pesados

Algunos metales son esenciales para la buena salud y su deficiencia puede favorecer enfermedades. A modo de ejemplo, los metales pueden clasificarse en dos tipos: esenciales y tóxicos. La Tabla X muestra cómo, a pesar de llamarse esenciales, y ser necesarios para la salud, todos los metales tienen un umbral de toxicidad, a partir del cual producen efectos adversos, o incluso la muerte. La Tabla X relaciona los efectos producidos por deficiencias y por dosis excesivas de algunos elementos metálicos esenciales (Higuera y Oyarzun, 2005).

Otra propiedad importante de los metales es que nunca se degradan. A diferencia de muchos contaminantes orgánicos que se descomponen con la exposición a la luz solar o al calor, los metales persisten (Harte et al., 1995).

Los metales son muy tóxicos porque, como iones o compuestos, son solubles en agua y pueden ser rápidamente adsorbidos dentro de los organismos vivos. Después de la absorción, estos metales pueden unirse a componentes de células vivas como proteínas estructurales,

enzimas y ácidos nucleicos, e interfiere con su funcionamiento. En humanos, algunos de estos metales, aun en pequeñas cantidades, pueden causar severos efectos fisiológicos y de la salud (Landis y Yu, 2004).

Tabla X. Enfermedades producidas por deficiencia o toxicidad de elementos esenciales (Higueras y Oyarzun, 2005).

ELEMENTO	DEFICIENCIA	TOXICIDAD
Hierro	Anemia	Hemocromatosis
Cobre	Anemia "Tambaleo"	Envenenamiento crónico de Cobre Enfermedad de Wilson-Bedlinton
Zinc	Enanismo Crecimiento retardado de las gónadas Acrodermatitis enteropática	Fiebre Metálica Diarrea
Cobalto	Anemia "Enfermedad del hígado blanco"	Fallos cardiacos Poliotemia
Magnesio	Disfunción de las gónadas Convulsiones Malformaciones del esqueleto "Enfermedad del músculo blanco"	Ataxia
Cromo	Trastornos en el metabolismo de la glucosa	Daños en el riñón (nefritis)
Selenio	Necrosis del hígado Distrofias musculares ("Enfermedad de los músculos blancos")	"Enfermedad alcalina" "Tambaleo ciego"

II.6.2.1. Plomo

El plomo es el metal pesado contaminante más generalizado en la atmósfera y, además de unas cuantas industrias asociadas con el plomo, este metal solía proceder de los escapes de automóviles (Strauss y Mainwaring, 1997). La presencia de plomo en el agua dulce indica generalmente la contaminación con desechos metalúrgicos o con desechos industriales que

contienen plomo como el arsenato de plomo. Sin embargo, el plomo puede aparecer en el agua como resultado de la corrosión de amalgamas que contienen plomo, como las soldaduras (Herrera y Ninón, 1998). El plomo es uno de los 35 metales tóxicos que tienden a acumularse en el cerebro, el hígado y los riñones, y puede ser un riesgo para la salud de los humanos (Miller, 1994).

Según la ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) los efectos del plomo son los mismos si entra al cuerpo a través de la respiración o de la ingestión. El principal blanco de la toxicidad del plomo es el sistema nervioso central, tanto en adultos como en niños. La exposición a plomo también puede causar debilidad en dedos, muñecas o tobillos. Causa además pequeños incrementos en la presión sanguínea, particularmente en personas de mediana edad y ancianos, así como anemia. En exposiciones a altos niveles, el plomo causa severos daños en el cerebro y riñones en adultos o niños, hasta llegar a la muerte. En mujeres embarazadas, altos niveles de exposición pueden causar aborto y en hombres puede dañar la producción de espermias (ATSDR, 2007a).

Una vez que el plomo entra al corriente sanguíneo, cerca del 10% es excretado y el resto se almacena en los huesos. Los niños de hasta 9 años de edad son particularmente vulnerables al envenenamiento con plomo, porque sus cuerpos adsorben este metal más fácilmente que los adultos. Además, las mujeres embarazadas pueden transferir también niveles peligrosos de plomo a los niños en gestación (Miller, 1994).

II.6.2.2. Arsénico

El arsénico es un metal de alta distribución en lugares como los estados vecinos de Sonora y Arizona, debido a que forman parte de su geología. Se utiliza en las aleaciones, los agentes conservadores de la madera y en algunas preparaciones médicas. Este elemento fue inicialmente usado en los pigmentos para pinturas, pero este uso cesó, cuando se descubrió que en condiciones húmedas, los mohos convierten el arsénico en los gases altamente tóxicos arsina y trimetilarsina (ATSDR, 2007b).

Las fuentes ambientales de arsénico provienen a partir de su emisión no intencionada durante la extracción y fundición de oro, plomo, cobre y níquel, la producción de hierro y acero,

y de la combustión de carbón, del cual es un contaminante. El lixiviado de minas de oro abandonadas en décadas y siglos anteriores, pueden aún ser una fuente significativa de contaminación por arsénico. En el pasado, los compuestos inorgánicos de arsénico se usaron predominantemente como plaguicidas, principalmente en cosechas de algodón y huertos frutales. Actualmente, los compuestos inorgánicos de arsénico no se pueden usar en la agricultura. Sin embargo, los compuestos orgánicos de arsénico, específicamente el ácido cacodílico, el arsenato de metilo bisódico (DSMA) y el arsenato de metilo monosódico (MSMA), aún se usan como plaguicidas, principalmente en algodón. Algunos compuestos orgánicos de arsénico se usan como suplementos en alimentos para animales.

La inhalación de niveles altos de arsénico inorgánico puede producir dolor de garganta e irritación de los pulmones. La ingestión de niveles muy altos de arsénico puede ser fatal. La exposición a niveles más bajos puede producir náusea y vómitos, disminución del número de glóbulos rojos y blancos, ritmo cardíaco anormal, fragilidad capilar y una sensación de hormigueo en las manos y pies. La ingestión o inhalación prolongada de niveles bajos de arsénico inorgánico puede producir oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en la palma de las manos, la planta de los pies y el torso. El contacto de la piel con arsénico inorgánico puede producir enrojecimiento e hinchazón (ATSDR, 2007b).

El arsénico es conocido por ser cancerígeno en seres humanos. La inhalación y, probablemente también la ingestión de arsénico produce cáncer de pulmón. Por otra parte, la ingestión de arsénico origina cáncer de piel y de hígado, y quizás cáncer de vejiga y de riñón. No se conoce ningún riesgo sobre la salud humana, en caso de que lo haya, de las concentraciones de fondo de arsénico que se encuentran en el medio ambiente (Vargas-Valdez, 2008).

II.6.2.3. Cobre

En bajas concentraciones en la dieta es un elemento esencial para todos los organismos, incluyendo a los seres humanos y otros animales. A niveles mucho más altos pueden ocurrir efectos tóxicos. El cobre se encuentra a menudo cerca de minas, fundiciones, plantas industriales, vertederos y sitios de desechos.

Cuando el cobre se libera al suelo, puede adherirse fuertemente a la materia orgánica y a otros componentes (por ejemplo, arcilla, arena, etc.) en las capas superficiales del suelo y puede que no se movilice muy lejos cuando es liberado. Cuando el cobre y los compuestos de cobre se liberan al agua, el cobre que se disuelve puede ser transportado en el agua de superficie ya sea en la forma de compuestos de cobre o cobre libre o, con más probabilidad, como cobre unido a partículas suspendidas en el agua. Aun cuando el cobre se adhiere fuertemente a partículas en suspensión o a sedimentos, hay evidencia que sugiere que algunos de los compuestos de cobre solubles entran al agua subterránea. El cobre que entra al agua se deposita eventualmente en los sedimentos de los ríos, lagos y estuarios. El cobre es transportado en partículas que emiten las fundiciones y plantas que procesan minerales, y vuelve a la tierra debido a la gravedad o en la lluvia o la nieve (ATSDR, 2004).

El cobre elemental no se degrada en el ambiente. El cobre se puede encontrar en plantas y en animales, y en concentraciones altas en organismos que filtran sus alimentos como por ejemplo mejillones y ostras. El cobre también se encuentra en una variedad de concentraciones en muchas bebidas y alimentos, incluso en el agua potable.

El cobre es esencial para mantener buena salud. Sin embargo, la exposición a dosis altas puede ser perjudicial. La exposición prolongada a polvos de cobre puede irritar la nariz, la boca, los ojos y causar dolores de cabeza, mareo, náusea y diarrea. Si usted bebe agua que contiene niveles de cobre más altos que lo normal, puede que sufra náuseas, vómitos, calambres estomacales o diarrea. La ingestión intencional de niveles altos de cobre puede producir daño del hígado y los riñones y puede causar la muerte. No se sabe si el cobre puede producir cáncer en seres humanos. La U.S. EPA no ha clasificado al cobre en cuanto carcinogenicidad en seres humanos porque no hay estudios adecuados en seres humanos o en animales (ATSDR, 2004)

II.7. Evaluación de Riesgos

Díaz-Barriga (1999), señala que el tipo de contaminación que se presenta en los sitios peligrosos es uno de los más complejos. Por lo general, ésta es una contaminación dada por varios contaminantes, que se presenta en varios medios ambientales y que afecta a varios grupos poblacionales en riesgo. Además señala que: la complejidad de la contaminación en los sitios

peligrosos requiere de una metodología específica para su estudio. El diseño de esta metodología, debe de considerar las características propias de los sitios peligrosos y suficiente información técnica sobre el sitio a estudiar.

En la literatura existen diversos diseños metodológicos para el estudio de sitios peligrosos. El consejo de asesores científicos de la U.S. EPA ha desarrollado metodologías de aceptación internacional para llevar a cabo la evaluación de riesgos para la salud humana y de los ecosistemas en forma sistemática y reproducible.

La evaluación completa de riesgos de la EPA en un sitio contaminado está conformada por diversas guías y cada una de ellas es una metodología en sí misma. En forma general se puede considerar que se ejecuta a través de las siguientes etapas: La primera etapa se denomina Evaluación Preliminar (EP), se realiza utilizando la información disponible y haciendo suposiciones conservadoras de tal manera que si los riesgos que se determinan se consideran despreciables entonces no es necesario llevar a cabo la segunda etapa. La EP permite la calificación del sitio y el nivel de prioridad que deben darle las autoridades ambientales.

La segunda etapa es la Evaluación de Riesgos de Línea Base (ERLB), su resultado es la caracterización del riesgo a la salud como aceptable o no aceptable y es la herramienta para decidir la restauración y saneamiento del sitio. La intervención es necesaria solo en el caso de que los riesgos a la salud sean mayores que los considerados como aceptables; y

La tercera etapa es la elaboración del proyecto de restauración y/o remediación, que determina las actividades que deben ejecutarse en el sitio para que se disminuya o eliminen los peligros en forma definitiva. Es un estudio técnico-económico que incluye la selección de la alternativa tecnológica más adecuada (U.S. EPA, 1991).

Díaz-Barriga (1999) señala además que: la aplicación exacta de los métodos de la EPA en América Latina, presenta algunas dificultades, fundamentalmente por dos hechos: El gran número de sitios que deben estudiarse y la escasez de recursos económicos para efectuar los estudios tan detallados que se requieren en dichas metodologías. Por consiguiente es importante adaptar los puntos más valiosos de este método estadounidense, a las condiciones y necesidades de países como México.

En México el concepto de evaluación de riesgo ambiental se encuentra contemplado dentro del marco de la Ley general para la prevención y gestión Integral de los residuos (LGPGIR) publicada en el Diario Oficial de la Federación del 8 de octubre de 2003, y se define

como el proceso metodológico para determinar la probabilidad o posibilidad de que se produzcan efectos adversos, como consecuencia de la exposición de los seres vivos a las sustancias contenidas en los residuos peligrosos o agentes infecciosos que los forman. Su principal aplicación es para determinar si las sustancias presentes en un sitio contaminado representan actualmente o pueden representar en el futuro un riesgo para los seres humanos y los recursos ecológicos expuestos a ellas y, de ser posible, la magnitud de ese riesgo. En caso de que los riesgos encontrados en un sitio estén por arriba de lo establecido como aceptable, es necesario tomar acciones de remediación como la disminución de las concentraciones de los contaminantes en los medios (SEMARNAT, 2006).

A partir de lo anterior, SEMARNAT ha logrado un importante avance al desarrollar e implementar una metodología para estudios de riesgos ambientales denominada Guía técnica para orientar la elaboración de estudios de evaluación de riesgo ambiental de sitios contaminados. Sin embargo, aunque esta metodología es bastante similar a la desarrollada por la U.S. EPA en cuanto a los criterios considerados, presentan la marcada diferencia de que SEMARNAT requiere de información analítica sobre las fuentes, así como de las exposiciones de los posibles blancos y valores de toxicidad para lograr evaluar su índice de peligro, con lo cual preserva la problemática de requerirse de estudios previos sobre el sitio o las condiciones particulares del mismo. Cabe hacer notar que esta metodología implementada por SEMARNAT no es el equivalente a las evaluaciones preliminares de riesgo por parte de la U.S. EPA, si no a fases posteriores durante el proceso evaluación de riesgos.

II.7.1. Evaluación preliminar de riesgos (ep)

La U.S EPA desarrolló una metodología para aplicar las Evaluaciones Preliminares de Riesgos, la cual viene acompañada de una guía denominada Guidance for Performing Preliminary Assesments Under CERCLA (U.S. EPA, 1991). La ventaja que tiene esta metodología es que permite realizar una evaluación al sitio y calificarlo, como candidato o no, a la Lista de Prioridades Nacionales (NPL por sus siglas en inglés), para ser sujeto de apoyo en el programa CERCLA (Superfund).

Así, esta metodología se convierte en una herramienta útil para determinar si el sitio es candidato o no a un estudio más profundo a través de la Evaluación de Riesgos de Línea Base (ERLB), el cual define su inclusión para realizar actividades de restauración y saneamiento a través de apoyos del Superfund.

La evaluación preliminar consiste en cuatro etapas: En la primera se realiza una búsqueda y recopilación de información; la segunda considera un reconocimiento o inspección del sitio; la tercera incluye la calificación del sitio en donde se señala si posee pequeña o nula amenaza a la salud humana y/o al medio ambiente, o bien si se requiere realizar investigación adicional; y la cuarta consiste en la elaboración del reporte (U.S. EPA, 1991).

III. JUSTIFICACIÓN

Los desechos mineros ubicados en Nacozari de García han venido siendo considerados de preocupación tanto ambiental como sanitaria por diversas instituciones y organizaciones debido a su composición química, a su gran magnitud y a su localización. La liberación y transporte del material proveniente de esta fuente hacia el medio ambiente es más que evidente en las zonas circundantes, especialmente a través del agua superficial por medio de lixiviaciones producidas por las precipitaciones en forma de lluvia, las cuales terminan desembocando directamente sobre el Río Nacozari, que es afluente del Río Moctezuma y éste a su vez, desemboca directamente sobre la presa Plutarco Elías Calles. Por lo tanto y, debido a que el agua contenida en esta presa está contemplada para ser utilizada por el ser humano, es necesario evaluar si la calidad del agua contenida en ella cumple con las especificaciones para este uso, así como identificar las posibles fuentes significativas de tóxicos que pudieran representar un peligro potencial para la salud humana de sus consumidores.

IV. HIPÓTESIS

El agua de la presa Plutarco Elías Calles presenta un potencial riesgo de contaminarse con los efluentes de los desechos mineros abandonados de Nacozari de García que descargan en el Río Nacozari haciendo que el agua transportada por el acueducto Independencia no sea adecuada para el consumo humano.

V. OBJETIVO GENERAL

Determinar si Nacozari de García se puede considerar como posible sitio contaminado utilizando la metodología denominada Estudio de Clasificación-Evaluación Preliminar desarrollado por la U.S. EPA con el propósito de apoyar la toma de decisión sobre la aceptación del uso del agua para consumo humano transportada por el acueducto Independencia.

V.1. Objetivos Específicos

Estimar la ponderación de peligro de cada una de las fuentes identificadas en Nacozari de García.

Determinar si las exposiciones del Río Moctezuma al material proveniente de los jales de Nacozari se pueden considerar como posibles contaminaciones en el agua superficial que resulten en riesgos no tolerables a la salud de las poblaciones que utilicen el agua de la presa El Novillo como fuente de suministro de agua.

Determinar la aplicabilidad de la metodología empleada para el estudio.

VI. METODOLOGÍA

VI.1. Descripción General del Trabajo

Para el propósito de este estudio se va a definir como sitio contaminado a los Jales Nacozari, donde se llevará a cabo el estudio de Evaluación Preliminar de Riesgos. La Ponderación de Peligrosidad de los Jales Nacozari se hará siguiendo el procedimiento especificado por la U.S. EPA para determinar si un sitio debe incluirse dentro del Catálogo de Sitios Contaminados. El primer paso del trabajo será identificar y definir tanto las fuentes de los residuos, como los posibles blancos impactados y las rutas de liberación desde las fuentes hasta éstos. Posteriormente se construirá un Modelo Conceptual Preliminar del sitio, en el cual se ilustra la interacción entre las fuentes de los residuos, los blancos afectados y las rutas de exposición. Después, se aplicará la metodología desarrollada por la U.S. EPA para ponderar la peligrosidad del sitio, la cual consta de una serie de formularios y cuestionarios. Y por último, basado en el resultado obtenido y contrastado con el valor base establecido por la U.S. EPA, se concluirá si el sitio presenta algún peligro potencial y si se le deben aplicar estudios posteriores. La siguiente Figura 10 muestra un diagrama general del proceso para evaluación preliminar de riesgos en donde lo enmarcado de color rojo son las fases más relevantes de la evaluación preliminar..

VI.1.1. Información general del municipio de Nacozari de García

VI.1.1.1. Localización

El municipio está ubicado al noreste del Estado de Sonora, su cabecera es la población de Nacozari de García y se localiza en el paralelo 30°23' de latitud norte y a los 109°41' de longitud a una altura de 1,040 metros sobre el nivel del mar. Colinda con los siguientes municipios: al norte con Agua Prieta, al este con Bavispe, al sureste con Bacerac, al sur con Villa Hidalgo y Cumpas, al oeste con Arizpe, y al noroeste con Bacoachi y Fronteras.

Diagrama General del Estudio

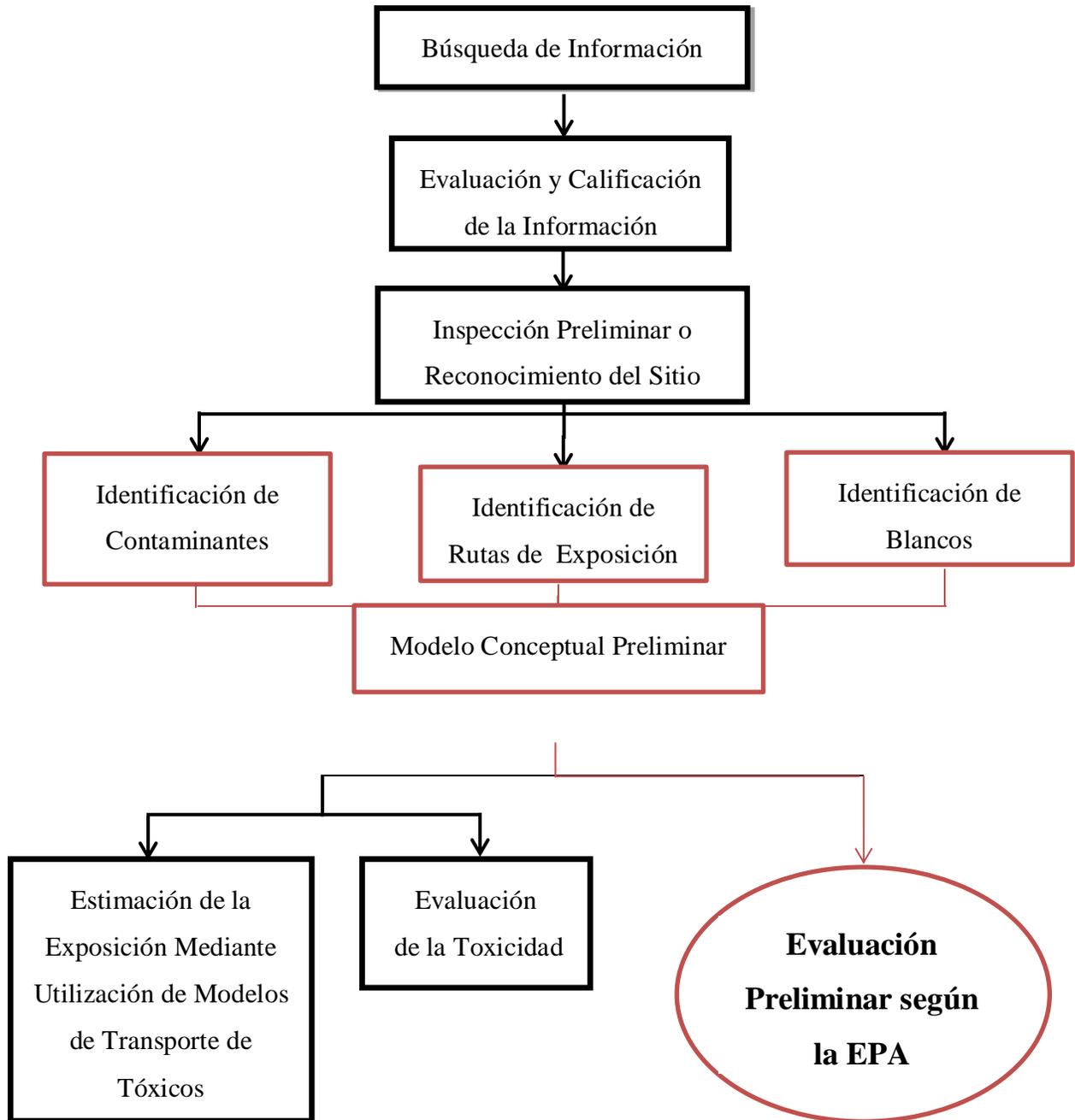


Figura 10. Diagrama general para llevar a cabo la evaluación de riesgos a la salud humana.

El municipio forma parte de las siguientes subcuencas que forman parte de la Cuenca Río Yaqui (CRY): Río Moctezuma (SRM), Río Bavispe (SRB), Río Balepita-San Bernardino (SBSB), la Subcuenca Presa de la Angostura y la Subcuenca El Cumeral. Para esta etapa de la Evaluación de Riesgos en la CRY interesa la fracción del municipio que forma parte de la SRM, que contamina al Río Nacozari que a su vez descarga en el Río Moctezuma. En la Figura 11 se ilustran las subcuencas abarcadas por el municipio.

VI.1.1.2. Extensión territorial

La superficie del municipio es de 3,069.52 kilómetros cuadrados, que representan el 1.66 por ciento del total estatal y el 0.16 por ciento de la nación; cuenta con un total de 43 localidades.

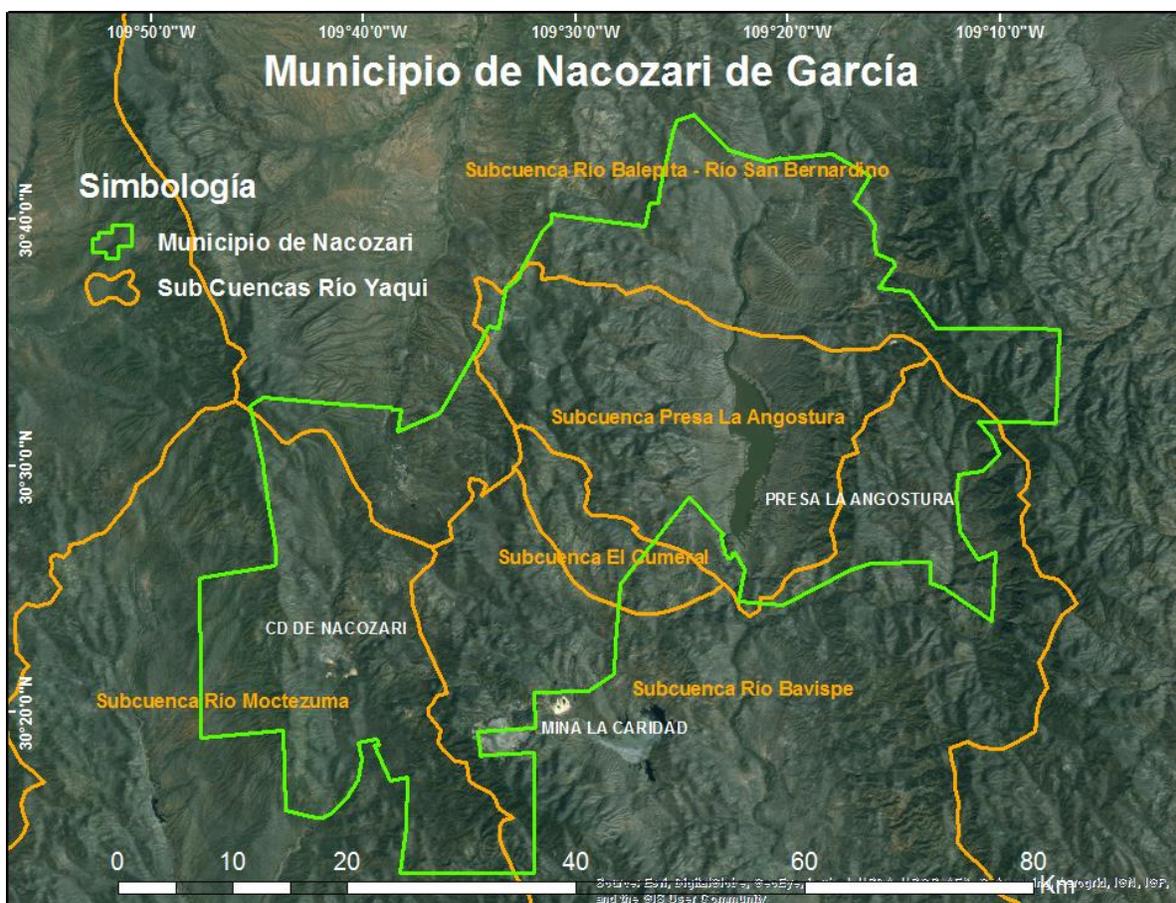


Figura 11. Subcuencas abarcadas por el municipio de Nacozari de García. Tomado de Peña (2012).

VI.2. Estimaciones de Peligro de los Sitios

A la estimación del peligro (EsP) se le denomina Clasificación del Sitio y consta de tres fases que se llevan a cabo en forma secuencial y que son: Evaluación Preliminar (EP), Inspección del Sitio (IS) y la Estimación de la Peligrosidad (EsP). Para cada una de las fases existen guías detalladas publicadas por la U.S. EPA como anexos a la ley denominada CERCLA o Superfund, (U.S. EPA, 1991).

La EP se lleva a cabo con la información disponible y consiste fundamentalmente en obtener y calificar esa información sobre el sitio tal como fuentes de contaminación, contaminantes, rutas de transporte o exposición y posibles blancos, y aplicarle el cuestionario diseñado ex profeso por la U.S. EPA. Si la EP resulta con una ponderación menor a 28.5 se considera que el sitio no es peligroso y se descontinúa su estudio. Si la ponderación es mayor a dicho número se considera que el sitio es potencialmente peligroso y debe continuarse estudiando y debe llevarse a cabo la fase de Inspección del Sitio (IS).

Para llevar a cabo la IS también se tiene una guía específica. Esta fase consiste en visitar el sitio y obtener muestras que indiquen la magnitud de la fuente así como los posibles mecanismos de emisión y la presencia real de los tóxicos en las rutas de exposición, además de captar información requerida ausente durante la EP.

La EsP es un procedimiento similar a la EP pero utilizando la información generada después de la IS. Si la EsP estima una ponderación mayor a 28.5 al sitio se le da una clasificación de sitio peligroso y se debe realizar la Evaluación de Riesgos de Línea Base (ERLB).

VI.2.1. Búsqueda de la información

En esta etapa se tratará de obtener la mayor cantidad de información posible de la problemática de contaminantes en el Río Moctezuma y el Río Nacozari, así como las minas abandonadas y desechos generados por éstas. La información se obtendrá de organismos gubernamentales, federales y locales. Se consultarán sistemas de información geográfica para la determinación de distancias y ubicaciones, además se buscarán estudios relacionados al problema que se hayan realizado con anterioridad, ya sea por particulares, instituciones educativas o gobierno.

VI.2.2. Evaluación y calificación de la información

La evaluación de la información no consiste más que en revisar la información que se ha logrado obtener y considerar si ésta es suficiente y adecuada para poder llevar a cabo el estudio. De no ser así, se contempla en la siguiente fase que es la Inspección Preliminar del Sitio o Reconocimiento del Sitio, que es precisamente, la fase auxiliar a un caso en el cual no se cuenta con información suficiente.

VI.2.3. Inspección preliminar o reconocimiento del sitio

Las visitas se realizarán con el fin de observar el sitio y su ambiente, para recolectar la información que no pudo ser obtenida en la etapa anterior y que se requiere para la realización de la Evaluación Preliminar. Se hará un listado de la información y observaciones faltantes. Se utilizarán ciertos materiales y equipo, como cámara fotográfica, cuaderno de notas, equipo de protección personal, mapas, sistema de posicionamiento global, etc.

Se pondrá especial énfasis en las rutas de escurrimiento del agua superficial, presencia de cuerpos de agua, de ambientes frágiles y poblaciones cercanas.

VI.2.4. Evaluación de la(s) fuente(s) de residuo(s)

La Evaluación de la Fuente puede realizarse para una sola o para fuentes múltiples, tal es este último el caso del presente estudio, en el que se tienen cuatro depósitos de jales ubicados en distintos lugares.

Procedimiento:

1. Identificar el tipo de fuente.
2. Análisis de la cantidad de datos disponibles para cada fuente.
3. Estimar la masa y/o dimensiones de cada fuente.
4. Determinar el tipo de categoría (Tier) para cada fuente.
5. Convertir cada fuente en unidades de medida apropiada.

6. Para cada fuente, utilizar las fórmulas para determinar el valor de Cantidad de Desechos (WQ) para cada Tier que pueda ser evaluada. El valor más alto de WQ obtenido para alguna Tier será el valor para cada fuente.
7. Sumar los valores de WQ de todas las fuentes, para obtener el total.
8. Utilizar el valor obtenido para asignar el valor final de Característica de los Residuos (WC).
9. Utilizar esta puntuación para todas las rutas de exposición.

VI.2.5. Evaluación de las rutas de exposición

VI.2.5.1. Ruta de agua subterránea

Para la evaluación de esta vía se describirá el uso de agua subterránea dentro de 6.4 km del sitio (4 millas), así como la estratigrafía, acuíferos y uso de pozos municipales y privados. Se calculará también la población suministrada de agua potable con agua subterránea.

Primeramente, al igual que en el resto de las vías se responderá una lista de criterios, cuyos propósitos es auxiliar en el proceso de desarrollar una hipótesis concerniente a la ocurrencia o no de una posible liberación y exposición de blancos específicos a sustancias peligrosas.

Posteriormente, se proseguirá a responder la hoja de evaluación de la Ruta de Agua Subterránea, la cual evaluará las características de la ruta, probabilidad de liberación, blancos y características de residuos, para obtener una calificación final de la vía.

VI.2.5.2. Ruta de agua superficial

Para la evaluación de esta ruta se realizará un croquis con las rutas de migración de agua superficial, ilustrando las rutas de drenaje e identificando cuerpos de agua, probables puntos de entrada, flujos y blancos, 24 km aguas abajo del último punto de entrada.

Se dará respuesta a la lista de criterios para la ruta de agua superficial, así como a las hojas de evaluación, que en este caso son tres: probabilidad de liberación y amenaza al agua para consumo humano, amenaza a la cadena alimenticia humana y amenaza al ambiente. En ésta, se responderá por única vez a las preguntas sobre características de la ruta y la probabilidad de liberación e independientemente las hojas de evaluación para amenaza al agua de consumo humano, cadena alimenticia humana y ambiente.

VI.2.5.3. Ruta exposición suelo y aire

Para la evaluación de la Ruta Exposición Suelo y Aire, se determinará la presencia de blancos (población residente, ambientes frágiles) a distintas distancias de los jales, mismos que serán descritos en el Modelo Conceptual Preliminar.

Las hojas de evaluación comienzan con unos cuestionarios sobre las características de la ruta, le sigue con la liberación de contaminantes y con la evaluación de blancos, esta última considera la evaluación a poblaciones blancos primarios y secundarios, individuos más cercanos a las fuentes y ambientes frágiles primarios y secundarios. Finalmente, se evaluarán las características de los residuos y se obtuvo una calificación final.

VI.2.6. Modelo conceptual preliminar del sitio

La construcción del Modelo Conceptual Preliminar (MCP), consiste fundamentalmente en producir un esquema del sitio donde se localicen las fuentes, se especifiquen los mecanismos de liberación del (o los) tóxico(s), el medio ambiental receptor y las posibles rutas de transporte. Permite visualizar las relaciones entre los distintos componentes del sitio y apoya en la búsqueda de la información relevante a la determinación de la posible peligrosidad del sitio. En la Caracterización de las Fuentes, se determinará su ubicación geográfica y se determinarán sus dimensiones, también se describirá la problemática ambiental de cada uno de los puntos donde la contaminación pueda llegar al Río Moctezuma, (U.S. EPA, 1991).

Se describirá cada Ruta de Transporte a través de la cual los contaminantes pueden llegar a los blancos (Río Moctezuma), siendo estas: corrientes de agua subterránea y agua superficial, exposición directa a suelo y transporte por aire. En todos los casos se hará una descripción general de las características y se identificarán los posibles Blancos que pudieran estar afectando de acuerdo a la distancia.

VI.2.7. Cálculo de la calificación al sitio

Para el cálculo de la calificación final del sitio, se utilizará la ecuación presente en la siguiente Tabla XI. En la columna S se registra la calificación de cada una de las rutas (Agua subterránea, Agua Superficial, Exposición al Suelo y Aire), de las cuales se obtendrá la raíz cuadrada del sitio, misma que se registra en la columna S². Se suman los cuadrados de las vías, la suma se divide entre cuatro y se calcula su raíz cuadrada para obtener finalmente la calificación final del sitio.

Tabla XI. Cálculo para la calificación final del sitio (U.S. EPA, 1991).

S	S ²
Puntuación Vía Agua Subterránea (S _{gw} ²):	
Puntuación Vía Agua Superficial (S _{sw}):	
Puntuación Vía Exposición al Suelo (S _s):	
Puntuación Vía Aire (S _a):	
Puntuación del Sitio:	
$\sqrt{\frac{S_{gw}^2 + S_{sw}^2 + S_s^2 + S_a^2}{4}}$	

VII. RESULTADOS

VII.1. Caracterización y Origen de las Fuentes de Contaminantes

El yacimiento cuprífero de Pilares, encontrado en el mismo municipio de Nacozari de García, fue descubierto en el año de 1886, siendo adquirido años más tarde por la compañía norteamericana Moctezuma Copper Company fundada por Phelps Dodge en 1895, convirtiéndose en uno de los principales polos de desarrollo en el norte y principal motor del estado en aquella época. Sus actividades se extendieron a lo largo de poco más de cincuenta años, produciendo 3000 ton/día de cobre, parando en 1949, después de extraer alrededor de 40 000 000 toneladas de mineral. Dicha producción generó una enorme cantidad de residuos (jales, terreros y material de descapote), los cuales fueron depositados en sitios aledaños al pueblo de Nacozari, los cuales son los denominados Jales de Nacozari tratados en este estudio. En años recientes los residuos mineros ahí depositados han atraído la atención de las autoridades, ya que han sido identificados como posible origen de contaminación y riesgo ambiental en la zona.

En el año de 1994, la presidencia municipal de Nacozari de García presentó una queja ante la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) por los daños ocasionados por los jales abandonados localizados alrededor de la ciudad. Se quejaron de la contaminación del río y muerte del ganado. No se han presentado denuncias posteriores.

Actualmente el terreno en el cual se encuentran los jales es propiedad ejidal por lo cual, a pesar de que el SEMARNAT tiene designado una gran cantidad de presupuesto designado para el manejo de esta situación en Nacozari de García, no puede ejercerlo debido a que no dispone de permiso para hacerlo.

Estos jales, se encuentran totalmente descubiertos y sin ningún intento de confinamiento. A un costado de cada uno de estos jales, al igual que la carretera, fluye, a pesar de ser intermitente, el Río Nacozari estando en contacto directo con los 3 de estos jales.

Para la caracterización de los residuos, es decir, de los jales Nacozari, cito un estudio realizado por Alvarado-Martínez et al. (2004) quienes llevaron a cabo un análisis químico de muestras de los mismos jales para determinar concentración de metales totales presentes en ellos. En su estudio las muestras fueron procesadas por digestión de acuerdo al método EPA

3015 (contenido total de metales) y analizadas según el método 6010 (espectrometría de emisión atómica acoplada inductivamente).

Según resultado del análisis de las muestras tomadas en los Jales del Río, Alvarado-Martínez et al. (2004) determinaron la presencia de los siguientes metales: As (18.53 mg/kg), Ca (13,100 mg/kg), Cd (8.96 mg/kg), Cu (2,013.3 mg/kg), Fe (236,000 mg/kg), Pb (51.9 mg/kg), Zn (237 mg/kg), Sb (6.0 mg/kg), Bi (54.73 mg/kg), Mo (65.0 mg/kg), Cr (119.26 mg/kg).

De igual modo para las concentraciones de los siguientes metales en los Jales del Sur: As (38.66 mg/kg), Ca (5,406.6 mg/kg), Cd (11.56 mg/kg), Cu (3,483.3 mg/kg), Fe (36,200 mg/kg), Pb (3.1 mg/kg), Zn (595.6 mg/kg), Sb (8.96 mg/kg), Mo (23.3 mg/kg), Cr (25.66 mg/kg).

Y para los jales del centro se determinaron las concentraciones de los siguientes metales: As (18.23 mg/kg), Ca (205.33 mg/kg), Cd (7.4 mg/kg), Cu (3,346.6 mg/kg), Fe (178,000 mg/kg), Pb (93.03 mg/kg), Zn (333.6 mg/kg), Sb (35.8 mg/kg), Bi (45.33 mg/kg), Mo (63.96 mg/kg), Cr (112.96 mg/kg).

VII.2. Evaluación de las Rutas de Exposición

VII.2.1. Ruta agua subterránea

VII.2.1.1. Características hidrogeológicas

Los tipos de rocas que se encuentran en Nacozari de García, pertenecen a los siguientes periodos: Terciario (63.28%), Neógeno (13.17%), Paleógeno (9.09%), Cretácico (6.60%), Pérmico (0,29%), Cuaternario (2.49%), no definido (5.08 %).

Los tipos de rocas que se pueden encontrar son las siguientes: Ígnea extrusiva: toba ácida (33.79%), riolita-toba ácida (18.23%), andesita (5.67%), andesita-toba intermedia (3.71%), basalto (3.33%). Como roca sedimentaria tenemos: conglomerado (26.24%), caliza (1.64%), lutita-arenisca (0.07%), arenisca (0.07%). Por otra parte, encontramos ígnea intrusiva, como:

granito (1.97%), granodiorita (1.38), pórfido riolítico (0.01%), encontrándose los Jales Nacozari en la porción predominada con la presencia de rocas ígneas extrusivas.

Según la información recabada, al suroeste del municipio, región en la que se encuentra localizado el sitio de estudio, se encuentran predominantes los suelos tanto tipo Regosol como Leptosol hacia el norte y sur de la zona urbana respectivamente. Controversialmente, ambos tipos de suelos cuentan con características permeables opuestas; los Regosoles, son suelos muy jóvenes, generalmente resultado del depósito reciente de roca y arena acarreadas por el agua. De estos, las variantes más comunes se caracterizan por estar recubiertos por una capa conocida como “ócrica” que se vuelve dura y costrosa impidiendo la penetración de agua hacia el subsuelo y favoreciendo la escorrentía superficial. Los Leptosoles, por otra parte, por lo general son suelos de drenaje-libre al ser suelos muy someros sobre roca continua y suelos extremadamente gravilosa y/o pedregosa que favorecen los escurrimientos hacia el subsuelo. Su susceptibilidad a la erosión es muy variable y depende de la pendiente del terreno.

VII.2.1.2. Blancos para la ruta agua subterránea

En cuanto al uso del agua subterránea de la región, como se menciona en el apéndice 2, a pesar de que el sitio se encuentra localizado dentro de las inmediaciones de la urbanización de Nacozari de García, y de que el agua subterránea tiene un amplio uso para los fines poblacionales, este estudio está dirigido y enfocado a considerar como único blanco probable al Río Moctezuma y sus afluentes como en este caso, el Río Nacozari. Por lo cual, a pesar de que es sabido de que existe una posible afectación a estas aguas y de que pueden haber blancos directos en esta población cercana, se omite el uso del agua subterránea para los límites migratorios considerados en este protocolo, así como también se omiten los posibles blancos diferentes a los de interés en este estudio.

Lo anterior debido a que se pretende estudiar exclusivamente la probabilidad de afectación de este sitio hacia el Río Moctezuma y no prácticamente a todo blanco posible en el sitio.

VII.2.1.3. Criterios para la ruta agua subterránea

Se esperaría que haya una liberación de tóxicos desde las fuentes hacia el agua subterránea debido a que el sitio se encuentra muy probablemente sobre suelo tipo Leptosol, el cual suele ser suelo permeable, mas sin embargo, no se contemplan blancos primarios relacionados a esta ruta. No obstante, no se omite el posible aporte de agua subterránea hacia el agua superficial, sin embargo, no se cuenta con información detallada sobre el sistema pluvial subterráneo con la cual se pueda corroborar este escenario.

VII.2.2. Ruta agua superficial

VII.2.2.1. Características hidrológicas

Hidrológicamente el Municipio se localiza en la cuenca del Río Yaqui, dividido por las subcuencas del Río Bavispe al norte y al noroeste, el Río Moctezuma en la porción Sureste, en proporciones de ocupación aproximada del 70% en la primera y del 30% en la segunda.

Aproximadamente a 15 km de Nacozari se encuentra la Presa “El Huacal”, con una capacidad de 5,000,000 m³, el cual tiene una marcada importancia ya que se usa en época de estiaje para el abastecimiento del agua a la población.

La corriente que se aprovecha en el sitio es el Arroyo Nacozari, el cual nace en el parteaguas común con la cuenca del Río sonora y la del Arroyo Fronteras, a una altitud de 2,486 msnm, en la Sierra La Púrica, que se encuentra a 20 km al noroeste de Nacozari; su curso general es hacia el sur, desciende rápidamente pasando por la población de Nacozari y teniendo contacto directo con los Jales Nacozari a una elevación de 1,100 m, con una longitud de recorrido hasta este sitio de 21.7 km.

Aguas abajo, el río pasa por las inmediaciones de Cumpas y Moctezuma, cambiando su nombre por el de esta última población, hasta su descarga al vaso de la presa Plutarco Elías Calles (El Novillo), localizada en su confluencia con el Río Yaqui.

VII.2.2.2. Blancos para la ruta agua superficial

El principal y único blanco identificado para esta ruta de exposición es el Río Nacozari, el cual mantiene un contacto directo con las fuentes al estar estos ubicados en la rivera del cauce del mismo. De igual forma que la ruta de exposición por agua subterránea, se omite la posible presencia de blancos distintos al Río Nacozari – Río Moctezuma.

VII.2.2.3. Criterios para la ruta agua superficial

Se observa una evidente deposición del material ubicado en los jales sobre el lecho del Río Nacozari durante un tramo de aproximadamente 10 km río debajo de los Jales del Sur por lo cual se sospecha que haya exposición del blanco al material proveniente de las fuentes. Las rutas de escurrimiento desde las fuentes hasta el blanco se encuentran bien definidas, especialmente en los Jales del Sur. Se contempla al Río Nacozari como único blanco probable para esta ruta de exposición omitiendo así la posible presencia de otros blancos.

VII.2.3. Rutas de exposición a suelo y aire

VII.2.3.1. Características físicas

Los Jales Nacozari son montículos de polvos y partículas granulares tipo arena que se encuentran al descubierto sin ningún tipo de contención para su dispersión en el ambiente, por lo cual son muy susceptibles a la erosión y dispersión por el viento. La vegetación se encuentra ausente sobre la superficie de estos montículos y escasa sobre la base y los alrededores de los mismos.

VII.2.3.2. Blancos para las rutas de exposición a suelo y aire

Para enfoques y propósitos de este estudio se omite la presencia de la población de Nacozeni de García para posibles blancos de exposición a estas fuentes. Como ambiente frágil cercano se contempla al Río Nacozeni al encontrarse éste dentro del rango de exposición para estas rutas.

VII.2.3.3. Criterios para las rutas de exposición a suelo y aire

La liberación de contaminantes desde las fuentes hasta el blanco es probable a través de estas rutas de exposición ya que los jales se encuentran descubiertos y sin ninguna tipo de confinamiento que impida su transporte eólico, además de la distancia y relación entre ellos.

VII.3. Modelo Conceptual Preliminar del Sitio

La siguiente Figura 12 ilustra el modelo conceptual del sitio, en el cual se identifican las fuentes de los contaminantes, los blancos afectados (en este caso el Río Nacozeni) y los puntos probables de entrada, es decir, los puntos de interacción entre las fuentes y el blanco.



Figura 12. Modelo Conceptual preliminar del sitio ilustrando las fuentes, los blancos y los puntos probables de entrada.

VII.4. Calificación del Sitio

Como resultado final de la aplicación de esta metodología, se obtuvo una ponderación de peligrosidad de 32.66, siendo la ruta de exposición agua superficial la más significativa, tal y como se muestra en la Tabla XII. El procedimiento para llegar a este resultado, es decir, la calificación de las rutas de exposición, se muestran de manera detallada en el Apéndice 1 y en el Apéndice 2.

Tabla XII. Calificación del Sitio obtenida con la aplicación del formato U.S. EPA.

	S	S²
Puntuación Vía Agua Subterránea (S_{gw}^2):	3	9
Puntuación Vía Agua Superficial (S_{sw}):	63	3,969
Puntuación Vía Exposición al Suelo (S_s):	1	1
Puntuación Vía Aire (S_a):	17	289
Puntuación del Sitio:		
	$\sqrt{\frac{S_{gw}^2 + S_{sw}^2 + S_s^2 + S_a^2}{4}}$	
		<u>32.66</u>

VIII. DISCUSIÓN

Vargas-Valdez (2008) realizó como trabajo de tesis de maestría, un estudio muy similar al presente denominado “Evaluación Preliminar de Riesgos a la Salud por Exposición a Polvos de Jales Abandonados, Caso Nacozari, Sonora”. En él, utilizó la misma metodología desarrollada por la U.S. EPA para evaluación preliminar de riesgos y contempló como blanco primaria a la población local circundante a los jales con especial atención a la exposición por la ruta aérea.

Debido a que en su trabajo Vargas-Valdez (2008) consideró a todo blanco probable, incluyendo la cantidad de personas cercanas a los jales y no solamente el Río Nacozari, obtuvo como resultado de evaluación preliminar de riesgos una ponderación de 86.63, significativamente mayor en comparación a 32.66 obtenido en el presente estudio.

Se han realizado otro tipo de estudios a los Jales Nacozari, como el que llevaron a cabo Alvarado-Martínez et al. (2004) a través de SEMARNAT y el Instituto Nacional de Ecología denominado “Informe de Resultados del Proyecto: Método de Análisis y Propuesta para el Manejo de los Residuos Mineros del Sitio de Nacozari, Sonora.”. Sin embargo, este trabajo se centró en caracterizar la composición química de cada uno de los jales, específicamente de los metales pesados presentes en ellos, además de las concentraciones de estos metales en muestras de suelo y agua tomadas en sitios alrededor de Nacozari de García como pozos de agua para consumo humano y animal, manantiales y estaciones de bombeo. Como resultado del estudio de la composición química de los jales, determinaron la presencia de elevadas concentraciones de Fe y Cu y baja presencia de otros metales como As, Ca, Cd, Pb, Zn, Sb, Bi, Mo y Cr en la mayoría de las muestras analizadas. En cuanto a las muestras de agua y suelo de los alrededores de Nacozari de García, determinaron que todas las muestras contenían cierto rango de presencia de Ca, mientras que una estación de bombeo, un pozo y un manantial presentaban una muy mínima presencia de Fe, Cu, Zn y Al.

Se coincide con el trabajo realizado por De la O-Villanueva et al. (2012) concluyendo que los jales de Nacozari de García se caracterizan por una baja capacidad de retención de agua y una alta erosión hídrica y eólica hacia la superficie de éstos, encontrando las mayores tasas de erosión hídrica al mismo tiempo que los meses de mayor precipitación y evaporación anual que son, Julio y Agosto, y una elevada tasa de erosión eólica en invierno y primavera.

IX. CONCLUSIONES

Las fuentes identificadas en Nacozari de García como posibles contaminantes hacia el Río Nacozari-Río Moctezuma fueron los residuos mineros denominados Jales Nacozari, localizados cada uno en distintos puntos de esta localidad y a una distancia relativamente cercana al Río Nacozari.

Como resultado de la aplicación de la metodología desarrollada por la U.S. EPA para Evaluaciones Preliminares de Riesgos, se obtuvo una ponderación final para el sitio de 32.66.

En base a lo anterior, se considera a los Jales de Nacozari como sitio potencialmente peligroso, especialmente para el Río Nacozari, el cual es la principal corriente de agua superficial de la región, y al mismo tiempo la más cercana a los jales.

El Río Nacozari es un importante afluente al Río Moctezuma. Éste a su vez, después de un recorrido de aproximadamente 100 km, desemboca directamente en la presa Plutarco Elías Calles, de la cual surge el acueducto Independencia. Así pues, es posible que las exposiciones del Río Nacozari a los Jales Nacozari puedan ser acarreadas aguas abajo a través del Río Moctezuma, posiblemente hasta llegar a dicha presa.

En cuanto a determinar la aplicabilidad de esta metodología para un estudio como el llevado a cabo, resultó mayoritariamente favorable y se considera adecuado para posteriores estudios similares.

X. RECOMENDACIONES

Se recomienda impulsar y difundir la utilización de estudios preliminares de riesgo, los cuales tienen como propósito primordial, optimizar esfuerzos, recursos y tiempo al momento de atender asuntos de impacto ambiental.

El acceso a la información en México, no se encuentra en la forma en que debiese, por ello, se recomienda ampliamente optar por opciones alternas para la recopilación de la información sitio-específicas tipo investigadores y/o académicos conocedores de los lugares de interés y de las actividades realizadas en ellos, quienes se muestran más favorables y transparentes.

Debido a lo anterior, se recomienda solicitar ante las dependencias gubernamentales pertinentes un mejor sistema para conservar y brindar la información de una manera más accesible.

Se recomienda además, asumir o interpretar, bajo juicio profesional, aspectos inéditos, desconocidos o distorsionados que pudieran obstruir la fluidez del proceso de evaluación de riesgos dada la recurrente ausencia de información requerida para ello, lo cual ralentizaría irremediablemente las actividades. No obstante, habrá de tratarse de aclarar las dudas de este tipo en la fase de inspección del sitio.

La inspección del sitio es una fase que toma tiempo, esfuerzo y recursos, y en la cual resultan contratiempos y eventos inesperados con frecuencia. Así pues, se recomienda prestar atención y visualizar ampliamente lo planteado para esta fase. Se recomienda indagar previamente con habitantes locales conocedores de las zonas relacionadas sobre las condiciones actuales de las vías de accesibilidad a los puntos establecidos.

Se recomienda también, coordinar la inspección del sitio con estaciones climatológicas o eventos relacionados que pudieran favorecer las condiciones para contrastar la hipótesis planteada en el estudio en la mejor de sus circunstancias, como por ejemplo, realizar la inspección del sitio en las épocas de mayor precipitación pluvial para los estudios que involucren presencia de contaminación de las aguas circundantes, lo cual representaría mejor las condiciones para que ello ocurriese, especialmente para casos en los que la presencia de agua en la zona no es perene.

XI. LITERATURA CITADA

- ATSDR. 2007a. Resumen de Salud Pública: Plomo. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services. Extraído desde: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.pdf.
- ATSDR. 2007b. Resumen de Salud Pública: Arsénico. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services. Extraído desde: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.pdf.
- ATSDR. 2004. Resumen de Salud Pública: Cobre. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services. Extraído desde: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs132.pdf.
- Alvarado-Martínez, V. J., Volke-Sepúlveda, T. L., Salgado-Figueroa, P., de la Rosa-Pérez, A. 2004. Informe de Resultados del Proyecto: Método de Análisis y Propuesta para el Manejo de los Residuos Mineros del Sitio de Nacozari, Sonora. Dirección General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Instituto Nacional de Ecología.
- Calles-Montijo, V. M. 2011. Comunicación Personal. Departamento de Ingeniería Civil y Minas. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.
- Chávez-Toledo, C. 2005. Evaluación Preliminar de Riesgos del CYTRAR. Tesis de Maestría. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.
- Comisión Estatal del Agua (CEA). 2010. Factibilidad Ambiental del Proyecto “Acueducto Independencia”. Hermosillo, Sonora.
- Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES) y Asociación Mexicana para el Control de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A. C. (AMCRESPAC). 1998. Residuos Industriales Peligrosos en México: Políticas, Inversiones e Infraestructura. No. 6. Extraído desde: http://www.temarry.com/Español/residuos_industriales1.htm.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). Gerencia Regional Noroeste. 1996. Estudio de Fuentes de Abastecimiento de Agua Potable para la Cd. de Nacozari, Sonora. Estudios básicos de ingeniería S.A. de C.V.
- De la O-Villanueva, M., Meza-Figueroa, D., Mayer, M., R., Moreno, D., Gómez-Álvarez, A., Del Río-Salas, R., Mendivil, H. y Montijo, A. (2012). Procesos Erosivos en Jales de la Presa I de Nacozari de García, Sonora y su Efecto en la Dispersión de Contaminantes. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 65(1): 27-33.
- Díaz-Barriga, F. 1996. Los Residuos Peligrosos en México. Evaluación del Riesgo para la Salud. Salud Pública de México 38: 280-291.
- Díaz-Barriga, F. 1999. Metodología de Identificación y Evaluación de Riesgos para la Salud en Sitios Contaminados. Organización Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 1ra Edición. Lima, Perú.
- Gómez-Álvarez, A., Villalba-Atondo, A. y Romero-Acosta, A. 1997. Estudio de la Contaminación por Metales Pesados en el Agua Superficial del Río San Pedro, Sonora, México. Bol. Depto. Geol. UniSon 14(2):1-16.

- Gómez-Álvarez, A., Villalba-Atondo, A., Acosta-Ruiz, G., Castañeda-Olivares, M. y Kamp, D. 2004. Metales pesados en el agua superficial del Río San Pedro durante 1997 y 1999. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 20(1): 5-12.
- Gómez-Álvarez, A., Yocupicio-Anaya, M., T. y Ortega-Romero, P. 1990. Niveles y Distribución de Metales Pesados en el Río Sonora y su Afluente el Río Bacanuchi, Sonora, México. *Ecológica* 1(2):10-20.
- Harte, J., Holdren, C., Scheider, R. y Shirley, C. 1995. *Guía de las Sustancias Contaminantes: el libro de los tóxicos de la A a la Z*. Ed. Grijalbo. México, D. F.
- Henry, J. G. y Heinke, G. W. 1999. *Ingeniería Ambiental*. 2da Edición. Prentice Hall. México.
- Herrera, K., Ninón, I. 1998. *FACTORES AMBIENTALES Y LA OTRA MITAD DEL MEDIO AMBIENTE*. Editorial Trillas. México, D. F.
- Higueras, H., P., y Oyarzun, M., R. 2005. *Curso de Minería y Medio Ambiente: Minería y Toxicología*. España. Extraído desde: http://www.uclm.es/users/higueras/mam/Mineria_Toxicidad4.htm.
- Hickman, R. y Thomann, R. V. 2001. *Manual de evaluación y manejo de sustancias tóxicas en aguas superficiales. Sección 2 Evaluación y manejo del riesgo*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).1(1):1-27
- Ilizaliturri, C., A., González-Mille, D., Pelallo A., N., Domínguez, G., Mejía-Saavedra, J., Torres, D., A., Pérez-Maldonado, I., Batres, L., Díaz-Barriga, F. y Espinosa-Reyes, G. 2009. Revisión de las metodologías sobre evaluación de riesgos en salud para el estudio de comunidades vulnerables en América Latina. *Interciencia* 34:710-717.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. *Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal*. Aguascalientes.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2010. *Censo de Población y Vivienda del Municipio de Nacozari de García*. Sonora, México.
- Jiménez, C., Huante, P. y Rincón, E. 2006. *Restauración de Minas Superficiales en México*. Instituto de Ecología UNAM. México.
- Landis, W., G. y Yu, M. 2004. *Introduction to Environmental Toxicology: impacts of chemicals upon ecological systems*. Tercera Edición. Lewis Publishers. U.S.A.
- Miller, G. T. 1994. *Ecología y medio ambiente: Introducción a la ciencia ambiental, el desarrollo sustentable y la conciencia de conservación del planeta tierra*. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D. F.
- National Research Council. 1979. *Airbone Particles. Subcommittee on Airbone Particles. Committee on Medical and Biological Effects of Environmental Pollutants*. University park press, Baltimore. MD.
- Peña-Limón, C., E., Carter, E., Dean y Ayala-Fierro, F. 2001. *Toxicología Ambiental: Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental*. Universidad de Arizona. AZ.
- Peña-Limón, C., E., Solís-Garza, G., Villalba-Atondo, A., Nubes-Ortiz, G., Varela-Romero, A., Vargas-Valdez, N., D. y Acosta-Fajardo, O. 2012. *EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA CUENCA RIO YAQUI, Primera Etapa, Fase de Clasificación de Riesgos en la Subcuenca Río Moctezuma*. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.
- Servicio Geológico Mexicano (SGM); Coordinación General de Minería. 2010. *Panorama Minero del Estado de Sonora*
- Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Estudios Municipales, Gobierno del Estado de Sonora. 1988. *Los Municipios de Sonora, Enciclopedia de los Municipios de México*. Talleres Gráficos de la Nación, México, D.F.

- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 1998. Programa para la minimización y manejo integral de residuos peligrosos. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 1999. Promoción de la prevención de accidentes químicos. No 2. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 2000. Promoción de la prevención y reducción de riesgos químicos ambientales. No 1. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2006. Guía técnica para orientar la elaboración de estudios de evaluación de riesgo ambiental de sitios contaminados. México, D. F.
- Strauss, W. y Mainwaring, S. J. 1997. Contaminación del Aire: causas, efectos y soluciones. Ed. Trillas. México, D. F.
- U.S. EPA. 1990. Sustancias peligrosas en nuestro ambiente: guía ciudadana para comprender los riesgos a la salud de la población y la reducción de la exposición a las sustancias peligrosas. Washington, D. C.
- U.S. EPA. 1991. Guidance for Performing Preliminary Assessments Under CERCLA. Washington, DC.
- U.S. EPA. 2000. Abandoned Mine Site Characterization and Cleanup Handbook. Capítulo 3. U.S.A.
- Vargas-Valdez, N. 2008. Evaluación Preliminar de Riesgos a la Salud por Exposición a Polvos de Jales Abandonados, Caso Nacozari, Sonora. Tesis de Maestría. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.
- Villalba-Atondo, A., Gómez-Álvarez, A. (2011). Calidad del Agua en la Región Noreste del Estado de Sonora, México. Ed. Académica Española.

XII. APÉNDICES

XII.1. Apéndice 1: Formato de la Información Resumida

 FORMA PARA LA EVALUACION PRELIMINAR DE PELIGROSIDAD Página 1 de 5					
1. Información General del Sitio					
Nombre: Sitio Minero de Nacozeni de García		Dirección: Sin dirección			
Ciudad: Nacozeni de García		Estado: Sonora	País: México	Municipio: Nacozeni de García	Código Postal: --
Latitud: 30°21'46" N	Área aproximada del sitio: <u>64.3</u> ha <u>643,407</u> m ²			Estado del sitio: <input type="checkbox"/> Activo <input checked="" type="checkbox"/> Inactivo <input type="checkbox"/> No específico <input type="checkbox"/> NA	
Longitud: 109°41'09" O					
2. Información del Propietario					
Propietario: No específico		Operador: --			
Dirección: --		Dirección: --			
Ciudad: --		Municipio: --			
Estado: --	Código Postal: --	Teléfono: --	Estado: --	Código Postal: --	Teléfono: --
Tipo de Propietario: <input type="checkbox"/> Privado <input type="checkbox"/> Agencia Federal o Nombre _____ <input type="checkbox"/> Estado <input type="checkbox"/> Municipal <input type="checkbox"/> No especificado <input checked="" type="checkbox"/> Otro: <u>Ejidal</u>		Como se identifica: <input checked="" type="checkbox"/> Queja ciudadana <input type="checkbox"/> Petición EP <input type="checkbox"/> Programa local <input type="checkbox"/> Programa federal <input type="checkbox"/> No específico <input checked="" type="checkbox"/> Otro: <u>Programa estatal</u>			
3. Información del evaluador del sitio					
Nombre del evaluador: Emmanuel Mendoza Ibarra		Organización: Universidad de Sonora		Fecha de preparación: --	
Dirección: Calle Huivulai #118, Fracc. Sonora		Ciudad: Guaymas		Estado: Sonora	
Contacto de agencia: Universidad de Sonora – DICTUS		Dirección: Blvd. Colosio, s/n, entre Sahuaripa y Reforma			
Ciudad: Hermosillo		Estado: Sonora		Teléfono: 01 662 259 21 69	



FORMA PARA LA EVALUACION PRELIMINAR DE DESECHOS POTENCIALMENTE PELIGROSOS

Página 2 de 5

4. Características generales del sitio

Usos predominantes de la tierra a 1 milla del sitio:

- Industrial
- Comercial
- Residencial
- Campos
- Agricultura
- Minería
- Otro _____

Establecimiento del Sitio:

- Urbano
- Suburbano
- Rural

Años de operación:

Año de Inicio: 1895
Año de término: 1949

Tipo de operación del sitio

- Manufactura
 - Productos de madera
 - Químicos inorgánicos
 - Plásticos y productos de goma
 - Pinturas y barnices
 - Químicos orgánicos industriales
 - Químicos de agricultura (pesticidas, fertilizantes)
 - Químicos misceláneos (explosivos, adhesivos)
 - Metales primarios
 - Recubrimiento de metal, placas, gravado
 - Forjado de metal y estampado
 - Fabricación de estructuras de metal
 - Equipamiento electrónico
 - Otras manufacturas
- Minería
 - Metales
 - Carbón
 - Aceites y gases
 - Minerales no metálicos
 - Venta al por menor
 - Reciclaje
 - Basura
 - Relleno sanitario municipal
 - Otro relleno sanitario
 - Otros instalaciones federales

Desecho generado:

- Dentro del sitio
- Fuera del sitio
- Dentro y fuera del sitio

Depósito de residuos autorizados por:

- Propietario actual
- Ex propietario
- Ex y actual propietario
- No autorizado
- Desconocido

Desechos con acceso al público:

- Si
- No

Tipo de desecho depositado

- Sólido
- Líquido
- Gas
- Polvo
- Lodo



FORMA PARA LA EVALUACION PRELIMINAR DE DESECHOS POTENCIALMENTE PELIGROSOS
Página 4 de 5

7. Vía Agua Superficial

<p>Tipo de flujo del agua superficial del sitio y dentro de 24 km (marque todas las que corresponda)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Arroyo <input type="checkbox"/> Bahía <input checked="" type="checkbox"/> Río <input type="checkbox"/> Océano <input type="checkbox"/> Estanque <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Otro _____</p>	<p>Distancia terrestre más cercana desde alguna de las fuentes hasta el agua superficial:</p> <p>_____ 1 _____ metros</p> <p>_____ kilómetros</p>																
<p>¿Hay sospecha de agua superficial?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p>	<p>Frecuencia de inundación del sitio:</p> <p><input type="checkbox"/> Anual – 10 años <input type="checkbox"/> >10 años – 100 años <input checked="" type="checkbox"/> >100 años – 500 años <input type="checkbox"/> >500 años</p>																
<p>Tomas de agua potable localizadas en la ruta de migración del agua superficial:</p> <p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p> <p>Se han identificado blancos primarios de las tomas de agua potable:</p> <p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p> <p>Si la respuesta es sí, indique la población atendida por ingerir de esas tomas</p> <p>_____ personas</p>	<p>Lista de todas las tomas de agua potable secundarias</p> <table border="1"><thead><tr><th><u>Nombre</u></th><th><u>Cuerpo de agua</u></th><th><u>Flujo</u></th><th><u>Gente que toma</u></th></tr></thead><tbody><tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr><tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr><tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr></tbody></table> <p>Total dentro de 15 millas _____</p>	<u>Nombre</u>	<u>Cuerpo de agua</u>	<u>Flujo</u>	<u>Gente que toma</u>	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
<u>Nombre</u>	<u>Cuerpo de agua</u>	<u>Flujo</u>	<u>Gente que toma</u>														
_____	_____	_____	_____														
_____	_____	_____	_____														
_____	_____	_____	_____														

7. Vía Agua Superficial (continuación)

<p>Pesquerías ubicadas a lo largo de la ruta de migración del agua superficial:</p> <p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p> <p>Se han identificado pesquerías como blancos primarios:</p> <p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p>	<p>Lista de todas las pesquerías consideradas como blancos secundarios:</p> <table border="1"><thead><tr><th><u>Cuerpo de agua/nombre de la pesca</u></th><th><u>Flujo</u></th></tr></thead><tbody><tr><td>_____</td><td>_____</td></tr><tr><td>_____</td><td>_____</td></tr><tr><td>_____</td><td>_____</td></tr></tbody></table>	<u>Cuerpo de agua/nombre de la pesca</u>	<u>Flujo</u>	_____	_____	_____	_____	_____	_____
<u>Cuerpo de agua/nombre de la pesca</u>	<u>Flujo</u>								
_____	_____								
_____	_____								
_____	_____								

<p>Los humedales se encuentran a lo largo de la ruta de migración del agua superficial:</p> <p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p> <p>Se identificaron los blancos primarios de los humedales:</p> <p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p> <p>Lista de los blancos secundarios de los humedales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Cuerpo de agua</u></th> <th><u>Flujo</u></th> <th><u>Distancia</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> </tbody> </table>	<u>Cuerpo de agua</u>	<u>Flujo</u>	<u>Distancia</u>	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	<p>Otros ambientes sensibles ubicados a lo largo de la ruta de migración del agua superficial:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>Se identificaron los blancos primarios de los ambientes sensibles:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>Lista de los objetivos secundarios de ambientes sensibles</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Cuerpo de agua</u></th> <th><u>Tipo de ambiente sensible</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><u>Río Nacozari</u></td> <td><u>Río Largo</u></td> </tr> </tbody> </table>	<u>Cuerpo de agua</u>	<u>Tipo de ambiente sensible</u>	<u>Río Nacozari</u>	<u>Río Largo</u>
<u>Cuerpo de agua</u>	<u>Flujo</u>	<u>Distancia</u>															
_____	_____	_____															
_____	_____	_____															
_____	_____	_____															
<u>Cuerpo de agua</u>	<u>Tipo de ambiente sensible</u>																
<u>Río Nacozari</u>	<u>Río Largo</u>																

8. Vía Exposición Suelo		
<p>¿Hay personas que vivan o asistan a escuela o guarderías a 200m del área contaminada sospechada o conocida?</p> <p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p> <p>Si es así, total de personas _____ personas</p>	<p>Número de trabajadores:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Nadie <input type="checkbox"/> 1 – 100 <input type="checkbox"/> 101 – 1,000 <input type="checkbox"/> > 1,000</p>	<p>¿Hay ambientes terrestres sensibles identificados a más de 200m del área contaminada sospechada?</p> <p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p> <p>Si es así, liste el ambiente terrestre sensible _____</p>

9. Vía Aire									
<p>¿Hay sospecha de liberación al aire?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>Indique el total de personas en o dentro de:</p> <p>En el sitio <u>0</u></p> <p>0 - ¼ milla _____</p> <p>>¼ - ½ milla _____</p> <p>½ - 1 milla _____</p> <p>1 – 2 millas _____</p> <p>Total dentro de 4 millas <u>0</u></p>	<p>Humedales localizados dentro de 4 millas del sitio:</p> <p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p> <p>Otro ambiente sensible localizado dentro de 4 millas del sitio:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>Listado de todos los ambientes sensibles dentro de ½ milla del sitio:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Distancia</u></th> <th><u>Tipo de ambiente sensible</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>En el sitio</td> <td><u>Río Largo</u></td> </tr> <tr> <td>0 - ¼ milla</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>>¼ - ½ milla</td> <td>_____</td> </tr> </tbody> </table>	<u>Distancia</u>	<u>Tipo de ambiente sensible</u>	En el sitio	<u>Río Largo</u>	0 - ¼ milla	_____	>¼ - ½ milla	_____
<u>Distancia</u>	<u>Tipo de ambiente sensible</u>								
En el sitio	<u>Río Largo</u>								
0 - ¼ milla	_____								
>¼ - ½ milla	_____								

XII.2. Apéndice 2: Hojas de Cálculo para la Calificación del Sitio

EVALUACIÓN DE LA(S) FUENTE(S)

Núm. De Fuente: 1	Nombre de la Fuente: Jales del Centro	<p>Cálculos de la cantidad de residuos (WQ):</p> <p style="text-align: center;">Desecho = n/d Constituyente = n/d Volumen = n/d Área = 2,185,074 ft²</p>
<p>Están localizados dentro de la ciudad y el material en la superficie del terrero está constituidos por partículas muy finas (30% del material pasa malla # 600). El terrero presenta evidencias de erosión e inestabilidad. Abarcan una superficie aprox. de unas 17.8 ha. En la otra ribera del río, se encuentran terreros más pequeños que se denominan “Jales Instalaciones”, que se localizan junto a la antigua concentradora a 150 m de distancia de los jales Centro; la cantidad de material es mucho menor que estos últimos, ocupando un área de 2.5 ha, está rodeado de cerros que lo protegen de la acción del viento, por lo que no genera muchos polvos.</p>		

Núm. De Fuente: 2	Nombre de la Fuente: Jales del Sur	<p>Cálculos de la cantidad de residuos (WQ):</p> <p style="text-align: center;">Desecho = n/d Constituyente = n/d Volumen = n/d Área = 936,460 ft²</p>
<p>Están ubicados a la salida sur de la ciudad, a un costado de la carretera hacia Esqueda. La superficie ocupada por este terrero es de 8.7ha, pero no se eleva mucho sobre el nivel del suelo. El material se encuentra muy erosionado por lo que se encuentran grandes cárcavas y causes dentro de los mismos.</p>		

Núm. De Fuente: 3	Nombre de la Fuente: Jales del Río	Cálculos de la cantidad de residuos (WQ): Desecho = n/d Constituyente = n/d Volumen = n/d Área = 3,788,897 ft ²
<p>Se localizan al sur de la ciudad, entre la carretera que va hacia Cumpas y la que se dirige a la Mina Mexicana de Cobre, a un costado del río Nacozari. Se caracterizan por la gran cantidad de material que contienen, ocupando un área de 35.2 ha. En la base de terrero se observan coloración del material y presencia de escurrimientos de licores oscuros, probablemente sales de fierro férrico, producidos por lixiviación bacteriana y los licores descargan directamente al río.</p>		

Σ WQ= 531,572

Sitio WC:

100

EVALUACIÓN DE LAS RUTAS DE EXPOSICIÓN

RUTA AGUA SUBTERRÁNEA DESCRIPCIÓN DEL USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Uso del Agua Subterránea a 6.4 km del sitio

A pesar de que el sitio se encuentra localizado dentro de las inmediaciones de la urbanización de Nacozari de García, y de que el agua subterránea tiene un amplio uso para los fines poblacionales, este estudio está dirigido y enfocado a considerar como único blanco probable al Río Moctezuma y sus afluentes como en este caso, el Río Nacozari. Por lo cual, a pesar de que es sabido de que existe una posible afectación a estas aguas y de que pueden haber blancos directos en esta población cercana, se omite el uso del agua subterránea para los límites migratorios considerados en este protocolo, así como también se omiten los posibles blancos diferentes a los de interés en este estudio.

Lo anterior debido a que se pretende estudiar exclusivamente la probabilidad de afectación de este sitio hacia el Río Moctezuma y no prácticamente a todo blanco posible en el sitio.

Cálculos de Población Servida por Agua Subterránea como Agua Potable

Como se mencionó anteriormente, a pesar de que existe población servida por agua potable proveniente de aguas subterráneas cercanas al sitio de interés, se excluyen posibles blancos cercanos al sitio aparte del Río Moctezuma.

Lista de Criterios para la Ruta Agua Subterránea							
Sospecha de Liberación de Contaminantes				Blancos primarios			
	Sí	No	No sé		Sí	No	No sé
¿Hay fuentes poco contenidas?	X			¿Hay algún pozo de agua cercano?		X	
¿Es probable que la fuente pueda contribuir a la contaminación del agua subterránea?	X			¿Se ha cerrado algún pozo?		X	
¿La cantidad de residuos es grande?	X			¿Algún usuario cercano ha reportado malos olores o sabores en el agua?		X	
¿La precipitación es alta (>1000mm)?		X		¿Algún pozo tiene una gran extracción?		X	
¿El grado de infiltración es alto?			X	¿Se localiza algún pozo entre el sitio y otros pozos donde se sospecha haya contaminación?		X	
¿El sitio está localizado por terrenos calcáreos?	X			¿Hay evidencia analítica o circunstancial que sugiera contaminación de pozos de agua potable?		X	
¿La superficie es altamente permeable o conductiva?			X	¿Hay algún pozo de agua que garantice muestreo?		X	
¿El agua potable es extraída de acuíferos poco profundos?		X		¿Hay algún blanco primario indicado?		X	
¿Se sospecha que los contaminantes sean altamente móviles en agua subterránea?			X				
¿Hay evidencias analíticas o circunstanciales que sugieran contaminación de agua subterránea?	X						
¿Sospecha liberación de sustancias?	X						

CALIFICACIÓN DE LA RUTA AGUA SUBTERRÁNEA

Características de la Ruta				
¿Se sospecha liberación de sustancias tóxicas?	Si	X	No	
¿El sitio se localiza en terrenos Calcáreos?	Si	X	No	
Profundidad del acuífero	Desconocida			
Distancia a el pozo de agua potable más cercano	Desconocida			

	A	B
	SSL	NSSL
1. Se Sospecha Liberación (SSL). Si se sospecha liberación al agua subterránea asignar un puntaje de 550	550	
2. No Se Sospecha Liberación (NSSL). Si no se sospecha liberación a agua subterránea, y el sitio está en una zona calcárea o la profundidad del acuífero es de 21.3m o menor, asignar una puntuación de 500; si no de 340.		
PL =	550	

Blancos (B)

3. Población Blanco Primaria: Determinar el número de personas suministradas con agua de pozos, de los que se sospeche han estado expuestos a sustancias del sitio. _____ personas x 10 =	0	
4. Población Blanco Secundaria: Determinar el número de personas con agua de pozos que no se sospeche han estado expuestos a sustancias peligrosas del sitio (Tabla 2). ¿Algún pozo es parte de un sistema de mezclado? Sí___ No___ Si es así, adicionar una página con cálculos aproximados.	0	
5. Pozo más Cercano: Si se ha identificado una población primaria blanco, asignar una puntuación de 50; si no, asignar la puntuación del pozo más cercano (Tabla 2). Si no existen pozos de agua potable dentro de 6.4km, asignar una puntuación de cero.	0	
6. Uso como recurso	5	
B =	5	

Características de los Residuos (WQ)

7. A. Si se identificó un blanco primario para agua subterránea, asignar la puntuación calculada en características del residuo, o dar un valor de 32.		
B. Si no se identificó algún blanco primario para agua subterránea, asignar la puntuación asignada para las características de los residuos:		100
WC =		100

Puntuación de la Ruta Agua Subterránea:

$$\frac{PL \times B \times WC}{82,500}$$

3.33

Lista de Criterios para la Ruta Agua Superficial							
Sospecha de Liberación de Contaminantes				Blancos Primarios			
	Si	No	No se		Si	No	No se
¿Hay agua superficial cercana al sitio?	X			¿Hay algún blanco cercano? Si es así:	X		
¿La cantidad de residuos es grande?	X			Tomas de agua potable ____ Pesquerías ____ Ambientes frágiles <u>X</u> .			
¿El área de drenaje es grande?	X			¿Se ha cerrado alguna toma de agua, pesquería o área recreacional?		X	
¿La precipitación es alta?		X		¿Hay evidencia analítica o circunstancial que sugiera contaminación de agua superficial en o aguas abajo del blanco?	X		
¿El grado de infiltración es bajo?			X	¿Hay algún blanco que garantice muestreo? Si es así:	X		
¿Hay fuentes poco contenidas o propensas a escurrimientos o inundación?	X			Tomas de agua potable ____ Pesquería ____ Ambiente frágil <u>X</u> .			
¿Las rutas de escurrimiento están bien definidas?	X			¿Otro criterio?		X	
¿Hay vegetación estresada a lo largo de la ruta de escurrimiento?		X		¿Hay alguna toma de agua como blanco primario identificada?		X	
¿Hay sedimentos o agua descoloridos de manera no natural?	X			¿Hay alguna pesquería como blanco primario identificada?		X	
¿Hay vida silvestre ausente por causas no naturales?			X	¿Hay algún ambiente frágil como blanco primario identificado?	X		
¿Se observa deposición de residuos en el agua superficial?	X						
¿Hay probabilidad de descarga de agua subterránea en agua superficial?	X						
¿Hay evidencia analítica o circunstancial que sugiera contaminación de agua superficial?	X						
¿Se sospecha liberación de contaminantes?	X						

RUTA AGUA SUPERFICIAL

Calificación para Probabilidad de Liberación y Amenaza al Agua Potable

Características de la Ruta		
¿Se sospecha liberación de sustancias tóxicas?	Si	X No
Distancia del agua superficial más cercana	En contacto directo	
Frecuencia de las inundaciones o avenidas	Sin presencia desde que se registra	
Distancia río abajo del ambiente frágil más cercano	En contacto directo	

Probabilidad de Liberación (PL)		A	B										
		SSL	NSSL										
1.	Se Sospecha de liberación (SSL): Si se sospecha una liberación de residuos hacia el agua superficial, asignar una puntuación de 550.	550											
2.	No Se Sospecha Liberación (NSSL): Si no se sospecha liberación a agua superficial, utilizar la tabla de abajo para asignar una puntuación basada en la distancia al agua superficial y frecuencia de inundación.												
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 70%;">Distancia al agua superficial \leq 762 m</td> <td style="text-align: center;">500</td> </tr> <tr> <td>Distancia al agua superficial \geq 762 m, y sitio con inundación de terreno anual o 10 años</td> <td style="text-align: center;">500</td> </tr> <tr> <td>Sitio con inundaciones en 100 años</td> <td style="text-align: center;">400</td> </tr> <tr> <td>Sitio con inundaciones en 500 años</td> <td style="text-align: center;">300</td> </tr> <tr> <td>Sitio fuera de inundaciones en 500 años</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> </tbody> </table>	Distancia al agua superficial \leq 762 m	500	Distancia al agua superficial \geq 762 m, y sitio con inundación de terreno anual o 10 años	500	Sitio con inundaciones en 100 años	400	Sitio con inundaciones en 500 años	300	Sitio fuera de inundaciones en 500 años	100		
Distancia al agua superficial \leq 762 m	500												
Distancia al agua superficial \geq 762 m, y sitio con inundación de terreno anual o 10 años	500												
Sitio con inundaciones en 100 años	400												
Sitio con inundaciones en 500 años	300												
Sitio fuera de inundaciones en 500 años	100												
PL =		550											

Blancos para la amenaza de agua potable (B)				A	B											
3.	Registrar el tipo de cuerpo de agua, el flujo (si aplica), y el número de personas suministradas por cada toma de agua dentro de la distancia límite del blanco. Si no hay toma de agua dentro de la distancia límite del blanco, los puntos 4, 5 y 6 reciben cada uno puntuación de cero.															
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Nombre de la Toma</th> <th style="width: 25%;">Tipo de cuerpo de agua</th> <th style="width: 15%;">Gasto</th> <th style="width: 40%;">Personas suministradas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">lps</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">lps</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Nombre de la Toma	Tipo de cuerpo de agua	Gasto	Personas suministradas			lps				lps				
Nombre de la Toma	Tipo de cuerpo de agua	Gasto	Personas suministradas													
		lps														
		lps														
4.	Población Blanco Primaria: si se sospecha que alguna toma de agua listada arriba ha estado expuesta a sustancias tóxicas del sitio, registrar el nombre de la toma y calcular la puntuación basado en el total de la población suministrada. _____, _____, _____ _____0__personas x 10=			0												
5.	Población Blanco Secundaria: determinar en número de personas suministradas por tomas de agua que no se sospeche han estado expuestas a sustancias tóxicas del sitio, y asignar la puntuación según el total de población de la tabla 3 ¿Alguna toma de agua es parte de un sistema de mezclado? Si____ No____ Si es así, adicionar una página con cálculos aproximados			0												
6.	Toma más cercana: si se ha identificado una población blanco primaria para la amenaza de agua potable, asignar una puntuación de 50; de otro modo, asignar la puntuación de la toma más cercana de la tabla 3. Si no existen tomas de agua dentro de la distancia límite del blanco, asignar una puntuación de cero.			0												
7.	Uso como recurso			5												
B=				5												

RUTA AGUA SUPERFICIAL (CONTINUACIÓN)
Amenaza de la Cadena Alimenticia Humana

Probabilidad de Liberación (PL)	A	B
	SSL	NSSL
Registrar la puntuación obtenida para probabilidad de liberación del cuadro anterior. PL=	550	

Blancos para la Amenaza de la Cadena Alimenticia Humana (B)

<p>8. Registrar el tipo de cuerpo de agua y flujo (si aplica) para cada pesquería dentro de la distancia límite del blanco. Si no hay pesquerías dentro de la distancia límite, asignar una puntuación de cero al final del cuadro.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre de la pesquería</th> <th>Tipo de cuerpo de agua</th> <th>Flujo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">--</td> <td align="center">--</td> <td align="center">--</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Nombre de la pesquería	Tipo de cuerpo de agua	Flujo	--	--	--											
Nombre de la pesquería	Tipo de cuerpo de agua	Flujo															
--	--	--															
<p>9. Pesquería Primaria: Si se sospecha que alguna pesquería listada arriba ha estado expuesta a sustancias peligrosas del sitio, asignar una puntuación de 300 y no evaluar el factor 10. Listar las pesquerías primarias:</p> <p>_____ , _____</p> <p>_____ , _____</p>	0																
<p>10. Pesquerías Secundarias</p> <p>A. Si se sospecha una liberación al agua superficial y se ha identificado una pesquería secundaria pero no pesquerías primarias, asignar un valor de 210.</p> <p>B. Si no se sospecha de liberación, asignar la puntuación de pesquerías secundarias de la tabla debajo usando el menor flujo de alguna pesquería dentro de la distancia límite del blanco.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Flujo más bajo</th> <th>Puntuación de pesquería secundaria</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center"><10 cfs</td> <td align="center">210</td> </tr> <tr> <td align="center">10 a 100 cfs</td> <td align="center">30</td> </tr> <tr> <td align="center">>100 cfs, costas, océanos, grandes lagos</td> <td align="center">12</td> </tr> </tbody> </table>	Flujo más bajo	Puntuación de pesquería secundaria	<10 cfs	210	10 a 100 cfs	30	>100 cfs, costas, océanos, grandes lagos	12	0								
Flujo más bajo	Puntuación de pesquería secundaria																
<10 cfs	210																
10 a 100 cfs	30																
>100 cfs, costas, océanos, grandes lagos	12																
B=	0																

RUTA AGUA SUPERFICIAL (CONTINUACIÓN)
Amenaza ambiental

Probabilidad de Liberación (PL)	A	B
	SSL	NSSL
Registrar la puntuación obtenida para probabilidad de liberación del cuadro anterior. PL=	550	

Blancos de Amenaza Ambiental (B)

<p>11. Indicar el tipo de cuerpo de agua y flujo (si aplica) para cada ambiente frágil de agua superficial dentro de la distancia límite del blanco (ver tablas 4 y 5). Si no hay ambiente frágil, asignar una puntuación de cero para blancos al final de la página.</p> <table border="1" data-bbox="349 716 1065 905"> <thead> <tr> <th>Nombre del ambiente</th> <th>Tipo del cuerpo de agua</th> <th>Flujo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Río Nacozari</td> <td>Río Largo</td> <td>Intermitente</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Nombre del ambiente	Tipo del cuerpo de agua	Flujo	Río Nacozari	Río Largo	Intermitente																
Nombre del ambiente	Tipo del cuerpo de agua	Flujo																				
Río Nacozari	Río Largo	Intermitente																				
<p>12. Ambientes Frágiles Primarios: Si sospecha que algún ambiente frágil de los listados arriba a estado expuesto a sustancias tóxicas del sitio, asignar una puntuación de 300 y no evaluar el factor 13. Listar los ambientes frágiles primarios:</p> <p>_____ Río Nacozari _____,</p> <p>_____ _____,</p>	300																					
<p>13. Ambientes Frágiles Secundarios: si hay ambientes frágiles presentes, pero ninguno es ambiente frágil primario, evaluarlos basados en el flujo.</p> <p>A. Para ambientes frágiles secundarios en cuerpos de aguas superficiales con flujos de 2.83 m³/s o menos, asignar puntuación como sigue, y no evaluar la parte B de este factor:</p> <table border="1" data-bbox="349 1398 1159 1587"> <thead> <tr> <th>Flujo</th> <th>Dilución (tabla 4)</th> <th>Tipo y valor del ambiente (tabla 5 y 6)</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>m³/s</td> <td align="center">x</td> <td align="center">=</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p align="right">Suma=</p> <p>B. Si todos los ambientes frágiles secundarios están localizados sobre cuerpos de agua superficiales con flujos de >2.83 m³/s, asignar una puntuación de 10</p>	Flujo	Dilución (tabla 4)	Tipo y valor del ambiente (tabla 5 y 6)	Total	m ³ /s	x	=		m ³ /s	x	=		m ³ /s	x	=		m ³ /s	x	=			
Flujo	Dilución (tabla 4)	Tipo y valor del ambiente (tabla 5 y 6)	Total																			
m ³ /s	x	=																				
m ³ /s	x	=																				
m ³ /s	x	=																				
m ³ /s	x	=																				
B=	300																					

RUTA AGUA SUPERFICIAL (CONCLUSIÓN)

Resumen de Puntuación de Características de los Residuos, Amenaza y Ruta

Características de los Residuos (WC)	A	B
	SSL	NSSL
14. A. Si se ha identificado algún blanco primario para agua superficial, asignar la puntuación calculada para características de los residuos en la evaluación de la fuente, o una puntuación de 32, cualquiera que sea mayor; no evaluar la parte B de este factor.	100	
B. Si no se identificó algún blanco primario para agua superficial, asignar la puntuación de características de los residuos obtenida en la evaluación de la fuente.		
WC=	100	

Puntuaciones para la Amenaza de la Ruta Agua Superficial

Amenaza	Puntuación de Probabilidad de Liberación (PL)	Puntuación de Blancos (B)	Puntuación de Características de los Residuos (WC)	Puntuación de Amenaza PL x B x WC / 82,500
Agua potable	550	5	100	(Máximo de 100) 3.33
Cadena Alimenticia Humana	550	0	100	(Máximo de 100) 0
Ambiente	550	300	100	(Máximo de 60) 60

Puntuación de la Ruta Agua Superficial
(Amenaza al Agua Potable + Amenaza a la Cadena Alimenticia Humana + Amenaza Ambiental)

<u>63.3</u>

Lista de Criterios para la Ruta Exposición a Suelo (La contaminación superficial puede ser generalmente asumida)			
Población Residente	Si	No	No sé
¿Hay alguna residencia, escuela, o guardería sobre o dentro de 61 m de un área que se sospeche esté contaminada?		X	
¿Hay alguna residencia, escuela o guardería, localizada en tierras adyacentes previamente poseídas o rentadas por los dueños u operadores del sitio?		X	
¿Hay alguna ruta de migración que pudiera esparcir sustancias peligrosas a residencias, escuelas o guarderías cercanas?		X	
¿Hay residentes o estudiantes del lugar o sitios adyacentes que hayan reportado afectos adversos a la salud, sin contar problemas aparentes de contaminación de agua potable o aire?		X	
¿Hay alguna propiedad vecina que garantice muestreo?	X		
¿Otro criterio? _____		X	
¿Hay alguna población residente identificada?		X	

CALIFICACIÓN DE RUTA DE EXPOSICIÓN A SUELO

Característica de la Ruta		
¿Viven personas sobre o dentro de 61 m del área donde se sospeche haya contaminación?	Si__	No <input checked="" type="checkbox"/>
¿Acuden personas a escuelas o guarderías dentro o alrededor de 61 m del área donde se sospeche haya contaminación?	Si__	No <input checked="" type="checkbox"/>
¿Las escuelas o guarderías están activas? Si es así estimar el número de trabajadores_____	Si__	No <input checked="" type="checkbox"/>

Probabilidad de Exposición (PE)	SSC
<p>1. Se Sospecha de Contaminación (SSC): la contaminación superficial puede ser generalmente asumida, y se asigna una puntuación de 550. Asignar cero, solo si se puede demostrar la ausencia de contaminación superficial.</p> <p style="text-align: right;">PE=</p>	550

Amenaza a la Población Residente Blanco (B)												
<p>2. Población Residente: determinar el número de personas que habitan residencias o acuden a escuelas o guarderías dentro de un alrededor de 61 m del área donde se sospecha hay contaminación.</p> <p style="text-align: right;">_____ personas x 10 =</p>		0										
<p>3. Residencias Individuales: si se identifica una población residente (factor 2), asignar una puntuación de 50; de otra manera, asignar una puntuación de 0.</p>		0										
<p>4. Trabajadores: Utilizar la siguiente tabla para asignar una puntuación basada en el número total de trabajadores en el sitio y cercanías donde se sospeche haya contaminación:</p> <table border="1" style="width: 100%; margin: 10px 0;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Número de trabajadores</th> <th style="width: 50%;">Puntuación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1 a 100</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">101 a 1,000</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Mayor a 1,000</td> <td style="text-align: center;">15</td> </tr> </tbody> </table>	Número de trabajadores	Puntuación	0	0	1 a 100	5	101 a 1,000	10	Mayor a 1,000	15		0
Número de trabajadores	Puntuación											
0	0											
1 a 100	5											
101 a 1,000	10											
Mayor a 1,000	15											
<p>5. Ambientes Terrestres Frágiles: utilizar la tabla 7 para asignar un valor para cada ambiente terrestre frágil en el área donde se sospeche haya contaminación:</p> <table border="1" style="width: 100%; margin: 10px 0;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Tipo de ambiente terrestre Frágil</th> <th style="width: 30%;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 20px;"> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">Suma=</p>	Tipo de ambiente terrestre Frágil	Valor				0						
Tipo de ambiente terrestre Frágil	Valor											
<p>6. Uso como recurso</p> <p style="text-align: right;">B=</p>		0										

Características de los Residuos (WC)		
<p>7. Asignar la puntuación calculada para las fuentes</p> <p style="text-align: right;">WC=</p>		100

Puntuación de Amenaza a Población Residente	$\frac{PE \times B \times WC}{82,500}$	0
Puntuación de Amenaza a Población Cercana:		1
Puntuación de Ruta Exposición al Suelo: (Amenaza a Población Residente + Amenaza a Población Cercana)		1

Lista de Criterios para la Ruta Aérea				
Sospecha de Liberación a Contaminantes	Si	No	No sé	Blancos Primarios
¿Se han reportado actualmente olores fuertes?		X		Si se sospecha liberaciones al aire, evaluar toda la población y ambientes frágiles dentro de 400 m (incluyendo aquellos en el sitio) como blancos primarios.
¿Se han observado directamente liberaciones de sustancias peligrosas hacia el aire?	X			
¿Hay reportes de efectos adversos a la salud (nauseas, mareos, dolores de cabeza, etc.) como resultado potencial de la migración de sustancias peligrosas a través del aire?		X		
¿Hay evidencias analíticas o circunstanciales que sugieran liberación al aire?	X			
¿Otros criterios? _____		X		
¿Se sospecha de liberación?	X			

CALIFICACIÓN DE LA RUTA AÉREA

Características de la Ruta		
¿Se sospecha liberación?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Distancia al individuo más cercano	Fuera de rango	

Probabilidad de la Liberación (PL)	A	B
	SSL	NSSL
1. Se Sospecha Liberación (SSL): Si se sospecha liberación del aire, asignar una puntuación de 550	550	
2. No Se Sospecha Liberación (NSSL): si no se sospecha liberación de sustancias al aire, asignar una puntuación de 500		
PL=	550	

Blancos (B)

3. Población Blanco Primaria: determinar el número de personas sujetas a exposición por una liberación de sustancias peligrosas sospechada hacia el aire. _____0___personas x 10=	0									
4. Población Blanco Secundaria: determinar el número de personas que no se sospeche estén expuestas a contaminantes vía aire, y asignar la puntuación del total de la población usando la tabla 8.	0									
5. Individuos más cercanos: si se identifica alguna población blanco primaria para esta vía, asignar una puntuación de 50; de otra manera, asignar la puntuación al individuo más cercano de la tabla 8	0									
6. Ambiente Frágil Primario: sumar los ambientes frágiles primarios (tabla 5) y humedales (tabla 9) para ambientes sujetos a exposiciones de una sospecha de liberación al aire.	25									
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Tipo de Ambiente Frágil</th> <th style="text-align: center;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Río Largo</td> <td style="text-align: center;">25</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">.</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;">Suma =</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de Ambiente Frágil	Valor	Río Largo	25	.		Suma =			
Tipo de Ambiente Frágil	Valor									
Río Largo	25									
.										
Suma =										
7. Ambientes Frágiles Secundarios: usar la tabla 10 para determinar la puntuación	0									
8. Uso como recurso	0									
B=	25									

Características de los Residuos (WC)

9. A. Si se ha identificado algún ambiente primario para esta vía, asignar la puntuación calculada en características de los residuos, o una puntuación de 32; cualquiera que sea mayor; no evaluar la parte B de este factor.	100	
B. Si no ha identificado algún blanco primario para esta vía, asignar la puntuación calculada en características de los residuos		
WC=	100	

Puntuación Ruta Aérea:

$$\frac{PE \times B \times WC}{82,500}$$

16.6

CALIFICACIÓN DEL SITIO

	S	S²
Puntuación Ruta Agua Subterránea (S _{gw}):	3	9
Puntuación Ruta Agua Superficial (S _{sw}):	63	3,969
Puntuación Ruta Exposición al Suelo (S _s):	1	1
Puntuación Ruta Aérea (S _a):	17	289
Puntuación del Sitio: $\sqrt{\frac{(S_{gw})^2 + (S_{sw})^2 + (S_s)^2 + (S_a)^2}{4}}$	32.66	

RESUMEN

	Si	No
1. ¿Existe una alta posibilidad de amenaza hacia algún pozo de agua potable por migración de alguna sustancia dañina presente en el agua subterránea? A. De ser así, identifique los pozos: _____ B. De ser así, ¿cuánta gente es servida por pozos afectados? _____	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2. ¿Existe una alta posibilidad de amenaza para alguno de los siguientes blancos por migración de sustancias dañinas a través del agua superficial? A. Toma de agua potable B. Pesquería C. Ambiente sensible (humedales, hábitats críticos, otros) D. De ser así, identifique los blancos: <u>Río Nacozari – Río Moctezuma</u>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3. ¿Existe una alta posibilidad de que en un área superficial dentro de los 60 metros a la redonda se encuentre una residencia, escuela o guardería contaminada? De ser así, identifique las propiedades y estime la población asociada _____	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4. ¿Hay aspectos de salud pública en este sitio que no hayan sido considerados por esta metodología? De ser así, explique: _____ _____ _____	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>