

# UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Geología

EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS  
EN BAHÍA DE KINO, SONORA, MÉXICO.

**TESIS**

Que para obtener el Grado de:  
Maestro en Ciencias-Geología.



**P R E S E N T A:**

**YASMIN GUADAUPE  
MARTÍNEZ MARMOLEJO.**

**Hermosillo, Sonora, Marzo de 2018**

# Universidad de Sonora

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

# ÍNDICE.

Agradecimientos

Dedicatoria

Resumen.

Abstract

## Capítulo I.- Introducción.

1.1.- Introducción.....	1
1.2.- Antecedentes Generales.....	3
1.2.1.- Antecedentes Particulares.....	3
1.2.1.1.- Sismicidad.....	6
1.2.1.2.-Tsunamis .....	9
1.2.1.3.-Procesos de Remoción en Masa .....	10
1.2.1.4.-Erosión Costera.....	11
1.2.1.5.-Inundación Fluvial y Pluvial. ....	11
1.3.- Objetivos .....	19
1.3.1.- Objetivos Generales .....	19
1.3.2.- Objetivos Particulares. ....	19
1.4.- Metodología.....	20
1.4.1.- Metodología para la evaluación de Actividad Sísmica y Tsunamis...21	
1.4.2.- Metodología para la evaluación de Procesos de Remoción en Masa.. 23	
1.4.3.- Metodología para la evaluación de Erosión Costera.....26	
1.4.4.- Metodología para la evaluación de Inundación Fluvial y Pluvial.....26	
1.4.5.- Metodología para la evaluación de Inundación por Marea.....26	

## Capítulo II.- Localización y caracterización de los elementos del medio natural de Bahía de Kino.

2.1.- Localización y descripción del área de estudio .....	28
2.1.1.- Fisiografía. ....	28
2.1.2.-Geología. ....	29
2.1.3.- Marco Tectónico-Estructural .....	34
2.1.4.-Edafología .....	35
2.1.5.-Uso de Suelo y Vegetación. ....	38
2.1.6.- Hidrografía.....	41

2.1.7.- Climatología.....	42
---------------------------	----

### **Capítulo III.- Localización y caracterización de los elementos Sociales, Económicos y Demográficos de Bahía de Kino.**

3.1.- Distribución y Densidad de la Población .....	44
3.2.-Distribución de la Población por edad y sexo .....	44
3.3.-Educación .....	46
3.4.- Vivienda.....	46
3.4.1.-Viviendas particulares según condición de ocupación de la vivienda.	47
3.4.2.- Material de construcción de la Vivienda .....	47
3.4.3.-Seervicios que dispone la Vivienda .....	49

### **Capítulo IV.- Resultados.**

4.1.-Sismos.....	51
4.1.1.- Evaluación de Recurrencia .....	51
4.1.2.- Evaluación de la Aceleración Máxima (PGA) .....	53
4.1.3.-Conversión de PGA a intensidad de Mercalli.....	55
4.1.4.-Mapa de Riesgo Sísmico de Bahía de Kino .....	56
4.2.-Tsunamis.....	58
4.2.1.- Mapa de Peligro por Tsunamis en Bahía de Kino .....	58
4.2.2.-Mapa de Riesgos por Tsunamis en Bahía de Kino .....	60
4.3.-Procesos de Remoción en Masa o Procesos de Ladera .....	63
4.3.1.-Modelo Digital de Elevación (DEM) .....	63
4.3.2.- Mapa de Pendientes.....	64
4.3.3.- Mapa Geomorfológico .....	66
4.3.4.-Caracterización Estructural de Bahía de Kino .....	69
4.3.5.- Representación de datos estructurales de los sistemas de fallas y fracturas en la Red de Wulff de los Cerros: La Pila, Colorado y La Cruz.....	71
4.3.5.1.-Red de Wulff del Sistema de fallas y fracturas del Cerro la Pila.....	71
4.3.5.2.-Red de Wulff del Sistema de fallas y fracturas del Cerro la Cruz .....	72
4.3.5.3.- Red de Wulff del Sistema de fallas y fracturas del Cerro Colorado....	73
4.3.6.- Procesos de Remoción en Masa de los Cerros: La Pila, La Cruz y Colorado .....	74
4.3.6.1.-Procesos de Remoción en Masa Cerro La Pila .....	75

4.3.3.2.- Procesos de Remoción en Masa Cerro La Cruz.....	77
4.3.3.3.- Procesos de Remoción en Masa Cerro Colorado .....	78
4.4.- Erosión Costera .....	82
4.4.1.-Tamaño y Clasificación de las Arenas.....	83
4.4.2.-Dirección del Transporte de Sedimentos .....	86
4.4.3.- Mapa de Dirección de transporte de sedimentos, de Bahía de Kino...	87
4.4.4.- Mapa de Riesgo por Erosión Costera de Bahía de Kino.....	89
4.5.- Inundación Fluvial, Pluvial y de Marea.....	90
4.5.1.- Datos meteorológicos.....	90
4.5.2.- Cuenca Hidrográfica .....	92
4.5.3.- Área de la Cuenca.....	93
4.5.4.- Cálculo de Pendiente de la Cuenca.....	95
4.5.5.- Cálculo de Tiempo de Concentración.....	96
4.5.6.- Cálculo del Coeficiente de escorrentía.....	97
4.5.7.- Calculo de intensidad de lluvia y tiempo de concentración.....	98
4.5.8.- Calculo del Gasto Máximo.....	101
4.5.9.- Inundación por Marea .....	102
4.5.10.- Mapa de Nivel de Inundación de Bahía de Kino.....	103
4.5.11.- Mapa de Peligro por Inundación Pluvial, Fluvial y Marea de Bahía de Kino. .....	105
4.5.12.- Mapa de Vulnerabilidad por tipo de vivienda.....	107
4.5.13.- Mapa de Riesgo por Inundación Pluvial, Fluvial y Marea.....	110

## **Capítulo V.- Discusiones.**

5.0.-Discusiones .....	115
------------------------	-----

## **Capítulo VI.- Conclusiones y Recomendaciones.**

6.0.-Conclusiones .....	118
6.1.-Recomendaciones.....	122
Bibliografía.....	125
Páginas Web.....	130

## Índice de Figuras

1.- Localización Geográfica del estado de Sonora .....	2
2.- Regionalización sísmica de la República Mexicana.....	6
3.- Sismicidad de Sonora y la distribución de focos sísmicos con sus respectivas magnitudes.....	8
4.-Mapa de Peligro por Tsunami para la República Mexicana.....	9
5.- Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos y Desastres en México.	12
6.- Trayectoria de los Ciclones Tropicales que han pasado por el Océano Pacífico de 1951-2000.....	13
7.- Incursión del mar a zonas habitaciones ubicadas cerca de la playa.....	14
8.- Imágenes de los estragos generados por el huracán Henriette, donde se muestra la incurción del mar y la destrucción del muelle en KinoViejo.....	14
9.- Imagen de satélite infrarroja con el centro del huracán "Odile" acercándose a la costa de Baja California Sur.....	15
10.- Precipitación acumulada, asociada con el huracán "Odile". Domingo 14 de septiembre al jueves 18 de septiembre .....	16
11.- Elevado oleaje y zonas habitacionales de Kino Viejo inundadas.....	16
12.- Muestran los daños generados a las zonas habitacionales de Kino Nuevo, que se localizan sobre la playa y la carretera principal que conecta a Kino con Hermosillo y otros poblados.....	17
13.- Zonas inundadas de Kino Viejo, y daños ocasionados en la infraestructura.....	17
14.- Áreas inundadas de Kino viejo, por los efectos del huracán Linda. ....	18
15.- Daños generados por las inundaciones al muelle, y zonas habitacionales de Kino Viejo, así como las vías de comunicación terrestre .....	18
16.- Representación metodológica de las etapas de desarrollo de la investigación .....	21
17.- Mapa topográfico de Bahía de Kino, Sonora. ....	29
18.- Mapa Geológico de Bahía de Kino.....	33
19.- Imagen Satelital que muestra el sistema de fallas transcurrentes del Golfo de California y sus límites geográficos. ....	35
20.- Mapa Edafológico de Bahía de Kino.....	37
21.- Mapa de Vegetación y Uso de Suelo de Bahía de Kino. ....	40
22.- Subcuencas Regionales que conforman Bahía de Kino.....	41
23.- Distribución de los diferentes tipos de clima en el Estado de Sonora.....	42
24.-Mapa de Peligro Sísmico en Bahía de Kino .....	54

25.- Mapa de Riesgo Sísmico en Bahía de Kino.....	57
26. Mapa de Peligro por Tsunamis en Bahía de Kino .....	59
27.-Mapa de Riesgo por Tsunami en Bahía de Kino.....	61
28.- Modelo Digital de Elevación en Bahía de Kino.....	63
29.- Mapa de Pendientes de Bahía de Kino .....	65
30.-Mapa Geomorfológico de Bahía de Kino.....	68
31.- Mapa Estructural de Bahía de Kino.....	69
32.- Rosa de Fallas y Fracturas de Bahía de Kino.....	70
33.- Red de Wulff, del sistema de fallas y fracturas en el Cerro la Pila .....	71
34.- Red de Wulff del sistema de fallas y fracturas del Cerro la Cruz .....	72
35.- Red de Wulff del sistema de fallas y fracturas del Cerro Colorado.....	73
36.- Tipos de Procesos de remoción en masa que se presentan en el cerro la Pila	75
37.-. Procesos de remoción en masa que se generan en el cerro la Cruz .....	77
38.- Procesos de remoción en Masa que se presentan en el Cerro Colorado	78
39.- Vista aérea de Bahía de Kino. Tomada por Fabián Iriarte. Panorámico ..	82
40.- Morfología costera de Bahía de Kino.....	83
41.- Mapa de Dirección de transporte de sedimentos, de Bahía de Kino .....	87
42.- Kino Viejo, zona de riesgo alto por erosión costera .....	88
43.- Edificaciones dañadas a lo largo de la playa en Kino Nuevo .....	88
44.- Kino Nuevo y Kino viejo zona de riesgo medio y bajo por erosión costera.	88
45- Mapa de Riesgo por Erosión Costera de Bahía de Kino.....	89
46.- Principales características de una cuenca hidrológica.....	93
47.- Mapa de Microcuencas de Bahía de Kino .....	94
48.- Mapa de Nivel de Inundación de Bahía de Kino.....	104
49.- Mapa de Peligro por inundación Fluvial y Pluvial de Bahía de Kino .....	105
50.- Mapa de Vulnerabilidad por tipo de vivienda.....	109
51.- Mapa de Riesgo por Inundación de Bahía de Kino .....	113
52.- Mapa de Valoración Cualitativa de Riesgos Geológicos de Bahía de Kino, Sonora.....	121

## Índice de Tablas

1.- Tsunamis de origen lejano, posteriores a 1950 en México.....	10
2.- Clasificación de movimiento para procesos de remoción en masa .....	24
3.- Infraestructura Educativa.....	46
4.- Condición de Ocupación de las Viviendas en Bahía de Kino. ....	47
5.- Material en muros de vivienda.....	47
6.- Material en techos de viviendas.....	48
7.- Combinación entre tipo de material para techos y muros en Bahía de Kino .....	48
8.- Tipos de Servicio con los que disponen las Viviendas de Bahía de Kino ...	49
9.- Clasificación de magnitudes de acuerdo a la zona I.....	51
10.-Tiempo de recurrencia, con respecto al grado de magnitud del área de estudio .....	52
11.- Resultados obtenidos del cálculo de aceleración máxima (PGA).....	53
12.- Resultados obtenidos de la conversión de PGA a intensidad de Mercalli. .....	55
13.- Población, vivienda e infraestructura por nivel de Riesgo por Tsunami..	60
14.- Grado de Peligro de acuerdo al tipo de laderas.....	74
15.- Grado de Peligro y Vulnerabilidad por Procesos de Remoción en Masa para la población y bienes físicos. ....	79
16.- Categorías del Riesgo total por Procesos de Remoción en Masa en Bahía de Kino.....	82
17.-Tamaño de la arena .....	84
18.- Datos meteorológicos de la estación Bahía de Kino .....	90
19.- Interpretación de valores climáticos medios anuales.....	91
20.- Cálculo de pendiente de las microcuenca de Bahía de Kino.....	95
21.- Cálculo del tiempo de concentración de las cuencas de Bahía de Kino.	96
22.- Calculo del Coeficiente de escurrimiento para las Cuencas de Bahía de Kino .....	97
23.- Intensidad y Tiempo de Concentración.....	99
24.- Gasto Máximo de las Cuencas que integran el área de estudio.....	101
25.- Clasificación de Peligro de Bahía de Kino con respecto a cada una de las cuencas que conforman la zona de estudio.....	106
26.- Índice de Vulnerabilidad según el tipo de vivienda en Bahía de Kino ....	107
27.- Tipo de Infraestructura de Obras Públicas de Bahía de Kino .....	108

28.- Grado de Riesgo de acuerdo con la clasificación de CENAPRED, con respecto al tipo de vivienda según el material usado en techo y muros, para el área de Bahía de Kino .....	110
29.- Parámetros para Valoración Cualitativa de Riesgos Geológicos .....	118
30.- Parámetros para Valoración Cualitativa de Riesgos Geológicos .....	119

### **Índice de Gráfica.**

1.- Población Total de Bahía de Kino. Fuente (INEGI, Censo de Población y Vivienda 2014). .....	44
2.- Distribución de la Población por Edad en Bahía de Kino. Fuente (INEGI, Censo de Población y Vivienda 2014). .....	45
3.- Distribución de la Población por Edad y Sexo en Bahía de Kino. Fuente..	45
4.- Servicios Básicos Disponibles en Viviendas de Bahía de Kino.....	49
5.- Representación gráfica del Tamaño medio y desviación estándar contra la distancia, donde las flechas muestran la probable dirección del transporte de sedimentos en Bahía de Kino, de acuerdo con la metodología de Sunamura y Horikawa (1971) .....	86
6.- Temperatura anual máxima y mínima de Bahía de Kino. ....	91
7.- Precipitación anual de Bahía de Kino.....	92
8.- Intensidad Duración y Frecuencia de Bahía de Kino, Sonora.....	100
9.- Promedio de elevación mensual de marea del 2016 .....	102

## **AGRADECIMIENTOS.**

Mediante este escrito quiero expresar mi más sincero agradecimiento a cada una de las personas que contribuyeron y apoyaron esta investigación con su aporte científico y humano.

En primer lugar quiero agradecer y brindar mi reconocimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la ayuda económica brindada durante el desarrollo de este trabajo con el No. de registro 623770 y No. de becario 331172, en el periodo de 01 de agosto del 2014 al 07 de julio del 2016, para la obtención del grado de maestría en el programa de Ciencias-Geología, impartido en el departamento de Geología por la Universidad de Sonora (UNISON), gracias por la confianza que depositaron en mí.

Quiero agradecer de manera especial a mi directora de tesis Maestra Margarita de la O Villanueva por su apoyo moral, económico y académico brindado durante mi formación profesional de posgrado y en el desarrollo de esta investigación, pero sobre todo gracias por su tiempo, paciencia y confianza depositada, así como las críticas constructivas que me permitieron realizar una buena investigación y que este trabajo de tesis culminara de manera exitosa.

Agradezco a la Dra. María Amabel Ortega Rivera por su apoyo académico, moral y por brindarme parte de su tiempo desde mis primeros pasos en el ámbito de la investigación científica, pero ante todo gracias por ser incondicional y la confianza que siempre me ha brindado en todo momento, su aportación en este trabajo ha sido muy importante.

A los profesores Alfredo Ochoa y Javier Valencia mis más sincero agradecimiento por su colaboración y apoyo en el levantamiento de datos topográficos en campo, así como en el proceso de la información por medio de los SIG (Sistemas de Información Geográfica), gracias por aportar ideas innovadoras que facilitaron el procesamiento y representación cartográfica de este trabajo, así como el interés que mostraron durante el desarrollo de la investigación.

Al Ing. Jesús Alfonso Robles Zavala quiero agradecer por el apoyo brindado en trabajo de campo y laboratorio, gracias por compartir tu experiencia y el empleo de técnicas que agilizaron el trabajo, agradezco también los consejos y el apoyo incondicional durante el desarrollo de mi formación profesional.

Mi agradecimiento a Sheila por el apoyo brindado en la generación de láminas delgadas y al Dr. Francisco Cuen por la instalación del software para la elaboración cartográfica y por tener la oportunidad de tomar una clase con usted, al Mtro. Mario Martínez por apoyarme en el tratamiento de datos topográficos.

A mis compañeras de maestría Cecilia Santillana y Mirna Muñoz por compartir buenos momentos que gracias a ello ahora tenemos una gran amistad, al igual agradezco a cada una de ustedes por compartir su conocimiento y experiencias en el ámbito de la investigación.

De manera muy especial agradezco a mis padres y mis dos hermanos, gracias por su comprensión, cariño y amor, a pesar de la distancia ustedes siempre han sido el pilar fundamental en mi vida y el motor que me mueve todos los días, les debo tanto y no me queda más que agradecerles y retribuirles con resultados positivos, prueba de ello es este trabajo, no es solo un logro mío es de ustedes también, los quiero mucho.

## **DEDICATORIA.**

### **A Dios:**

Por permitirme estar aquí y tener el privilegio de vivir y acompañarme en cada paso que doy, por iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a personas en el momento justo las cuales han sido mi apoyo durante este proceso.

### **A mi madre Rosario.**

Por tus consejos, por ser más que una mamá eres mi mejor amiga, gracias por motivarme siempre y estar cuando más te necesite a pesar de la distancia para ti eso jamás fue un impedimento, siempre estuviste cuando más te necesite, los viajes eran largos pero para ti eso nunca importo, gracias por siempre inculcarme y recordarme estos cuatro valores que son: el amor, el respeto, la caridad y el perdón.

### **A mi padre Concepción.**

Siempre me has dado el ejemplo de la perseverancia y constancia que te caracterizan, gracias por tus sabios consejos y por hacer de mí una mujer fuerte, aunque para ti sea siempre tu niña como me lo dices.

### **A mis hermanos.**

Emmanuel y Adrián por estar conmigo y apoyarme siempre, ustedes han sido mi fuerza pero también han sido mi fortaleza, me han enseñado a no tener miedo a nada y enfrentar cualquier adversidad.

### **A mis maestras.**

Margarita de la O Villanueva y María Amabel Ortega Rivera por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales de posgrado y en la elaboración de la tesis, por creer en mí y compartir su tiempo y esfuerzo en mi persona, además de impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional, lo que una vez comenzó como una idea ahora es una realidad.

## Resumen

Los peligros naturales han jugado un papel importante en el desarrollo de las sociedades y las culturas, debido a la amenaza y riesgo que representan para el hombre, pues se presentan de forma inesperada, rápida y violenta. La república mexicana no es la excepción, ya que por su posición geográfica es susceptible a presentar diferentes tipos de riesgos geológicos e hidrometeorológicos. El estado de Sonora es particularmente vulnerable, ya que se encuentra categorizado dentro de los ocho primeros estados con alto riesgo ante fenómenos hidrometeorológicos. La zona costera no es la excepción, y Bahía de Kino es una de ellas, representando un riesgo mayor debido a la interacción entre los procesos exógenos de carácter continental y marino y los endógenos, como es el caso del tectónico, haciendo que sea una zona con un alto grado de peligro y riesgo.

La presente investigación tuvo como finalidad realizar un estudio de Riesgo en la zona costera de Bahía de Kino, empleando una serie de metodologías propuestas por CENAPRED y otras instituciones, por lo que se realizó un análisis de tipo cualitativo (características físicas del área) y cuantitativo (empleo de fórmulas y modelos matemáticos), para la generación e interpretación de mapas temáticos. Los resultados obtenidos en la primera etapa fue la identificación de los 5 tipos de peligros que amenazan de manera constante el área, los cuales son: sismos, tsunamis, procesos de remoción en masa, erosión costera e inundaciones (pluviales y fluviales); en la segunda etapa se obtuvieron una serie de mapas temáticos que muestran la delimitación y puntualización de los diferentes tipos de peligro, así como la probabilidad y frecuencia con que se presentan en tiempo y espacio. Por último en la tercera etapa se obtuvo la clasificación del grado de riesgo de los diferentes fenómenos, y los parámetros de valoración cualitativa, que permitieron definir el riesgo que tiene mayor incidencia en Bahía de Kino, los cuales pueden ser utilizados para mitigación de riesgos por las autoridades y población en general, así como para adecuar los programas de desarrollo urbano y atención a riesgos, desarrollados por los diferentes niveles de gobierno.

Palabras clave: peligro y riesgo geológico e hidrometeorológico, vulnerabilidad, cartografía, periodo de retorno.

## Abstract

Natural hazards have played an important role in the development of societies and cultures, due to the threat and risk they pose to man, because they occur unexpectedly, quickly and violently. The Mexican Republic is not the exception, since due to its geographical position it is susceptible to present different types of geological and hydrometeorological risks. The state of Sonora is particularly vulnerable, since it is categorized within the first eight states with high risk to hydrometeorological phenomena. The coastal zone is not the exception, and Bahía de Kino is one of them, representing a greater risk due to the interaction between the exogenous processes of continental and marine character and the endogenous ones, as it is the case of tectonics, making it an area with a high degree of danger and risk.

The purpose of this research was to carry out a risk study in the coastal area of Bahía de Kino, using a series of methodologies proposed by CENAPRED and other institutions, for which a qualitative (physical characteristics of the area) and quantitative analysis was carried out. (Use of formulas and mathematical models), for the generation and interpretation of thematic maps. The results obtained in the first stage was the identification of the 5 types of hazards that constantly threaten the area, which are: earthquakes, tsunamis, mass removal processes, coastal erosion and floods (rain and river); In the second stage a series of thematic maps were obtained that show the delimitation and punctuation of the different types of danger, as well as the probability and frequency with which they appear in time and space. Finally, in the third stage, the classification of the degree was obtained. of risk of the different phenomena, and the parameters of qualitative assessment, that allowed to define the risk that has greater incidence in Bahía de Kino, which can be used to mitigate risks by the authorities and the population in general, as well as to adapt the programs of urban development and attention to risks, developed by the different levels of government.

Keywords: geological and hidrometeorological danger and risk, vulnerability mapping, return period.

# **CAPITULO I. - INTRODUCCIÓN**

## 1. INTRODUCCIÓN

Los peligros y/o desastres naturales han jugado un papel importante en el desarrollo de las sociedades y las culturas. Un desastre puede definirse como un evento o suceso que ocurre, en la mayoría de los casos, en forma repentina e inesperada rápida y violenta como es el caso de los terremotos, o ser lentos, como la erosión del suelo, causando sobre los elementos sometidos alteraciones intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o pérdida de los bienes de una comunidad y/o daños severos al medio ambiente. La afectación al territorio, a su vez, puede ser localizada, como en los casos de desprendimiento de materiales o subsidencias, o puede afectar a grandes áreas como en el caso de inundaciones. Como fenómenos recurrentes y naturales, que han ocurrido desde épocas históricas, algunos bien documentados como la erupción del Tambora en Indonesia, el terremoto de Japón en el 2011 o el Huracán Mitch en 1998, son ejemplo de ello; en la actualidad, con el crecimiento acelerado de la población y de la interacción de ésta con el medio físico, es cuando el riesgo que representan cobra relevancia, habiéndose aumentado su frecuencia en orden de magnitud en el último medio siglo.

Cabe señalar que la República Mexicana no se encuentra exenta a este tipo de fenómenos naturales, estos se localizan a lo largo y ancho del territorio nacional en forma diferente. Definiendo espacios diferentes, siendo estos factores geográficos, climáticos, sociales y culturales, determinantes para el aumento del riesgo socio-natural y por ende afecte al país. México está clasificado como uno de los 30 países en el mundo más expuestos a tres o más tipos de peligros naturales (CENAPRED, 2010).

Por lo que es de suma importancia desde el punto de vista científico, económico y social conocer y estudiar estos fenómenos naturales, con la finalidad de generar comunidades bióticas y abióticas más equilibradas.

En México a partir del 2004 dentro de la Agencia Nacional de Protección Civil, en el área de prevención de desastres se elaboraron las estrategias de prevención, basada en tres puntos fundamentales:

➤ Primero:

Conocer los peligros y amenazas para saber dónde, cuándo y cómo nos afectan.

➤ Segundo:

Identificar y establecer en el ámbito nacional, estatal, municipal y comunitario, las características y los niveles actuales de riesgo ante esos fenómenos.

➤ Tercero:

Diseñar acciones y programas para mitigar y reducir oportunamente estos riesgos a través del reforzamiento y adecuación de la infraestructura, mejorando normas y procurando su aplicación, y finalmente, preparando e informando a la población para que sepa cómo actuar antes, durante y después de una contingencia.

El estado de Sonora (figura 1) no es la excepción, debido a su ubicación geográfica y a sus características particulares en cuanto a fisiográfica, climatológica y geológica, hace que se encuentre categorizado dentro de las zonas desde alto riesgo a las zonas de bajo riesgo.

Además, Sonora está considerada entre las ocho primeras entidades a nivel nacional como la que tiene mayor vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos (Ley de Protección Civil para el Estado de Sonora, 2009) y se considera como una zona de sismicidad intermedia en función a las zonas sísmicas establecidas por el Sistema Sismológico Nacional.

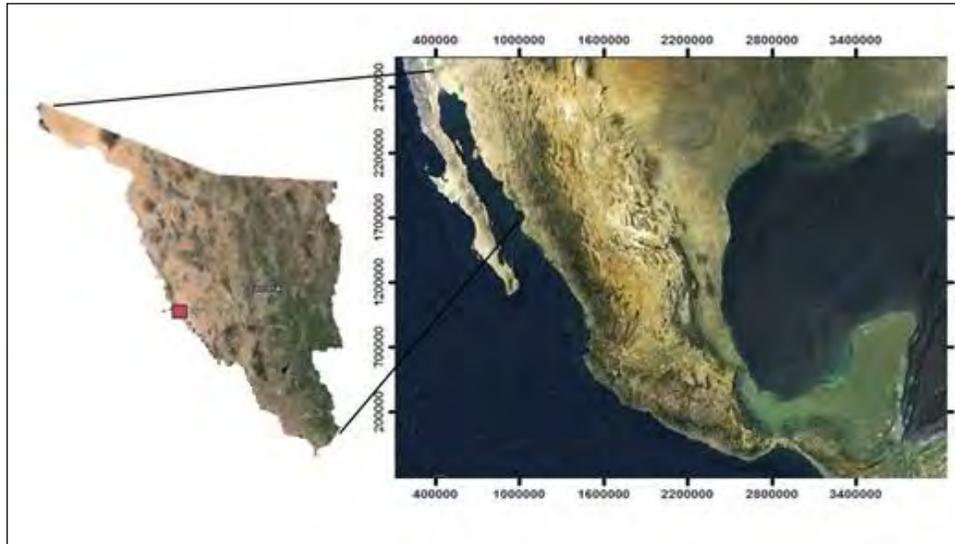


Figura 1.-Localización Geográfica del estado de Sonora.  
Tomado de CONABIO (2010) y google earth (2014).

En las zonas costeras del estado de Sonora el riesgo aún es mayor, ya que además de que existe una interacción entre los procesos exógenos de carácter continental y marino, los procesos de carácter endógeno, como es el caso de los tectónicos, hacen a ésta zona aún más vulnerable.

De acuerdo a lo anterior, es de suma importancia realizar estudios de evaluación de riesgo de forma sistemática sobre las áreas que presentan una conformación transicional. Es por ello que se realizó un estudio de evaluación de riesgo con carácter integral dentro de la zona costera de Bahía de Kino (Figura 1), en la cual se llevan a cabo actividades turísticas, acuícolas, pesca, deportivas, educativas.

Finalmente, la presente investigación tiene como finalidad generar información cartográfica y estadística sobre los diferentes tipos de peligro, vulnerabilidad y riesgo que tiene esta población, mediante la integración de la información de todos los fenómenos naturales con los que se pudiera ver afectada la población de Bahía de Kino, Sonora, México, y así poder realizar una evaluación del riesgo y peligro que representan para la población los diferentes tipos de fenómenos naturales integrados, además de conocer la probabilidad y frecuencia con que se pueden presentar en tiempo y espacio. Por último, obtener la clasificación del grado de riesgo de los diferentes fenómenos, así como los parámetros de valoración cualitativa, que permitieron definir el riesgo que tiene mayor incidencia en Bahía de Kino. Por último, presentar a partir de la línea base generada en la presente investigación, un mapa y reporte de riesgos naturales dentro del área de estudio,

que puedan ser utilizados para la toma de decisiones y como pueden ser utilizados para la mitigación de riesgos por las autoridades y población en general, además de adecuar los programas de desarrollo urbano y atención a riesgos, desarrollados por los diferentes niveles de gobierno.

## **1.2 Antecedentes Generales**

En México se han elaborado una serie de investigaciones relacionadas con los riesgos geológicos e hidrometeorológicos, debido a que año con año se presentan algunos de ellos con mayor frecuencia e intensidad que otros, afectando severamente a la población, siendo algunos sectores más vulnerables que otros, entre los que destacan las zonas costeras. A continuación, se mencionan algunos de los trabajos que se han realizado con respecto a este tipo de zonas.

En 2004 se realizó el Atlas de Peligros Naturales de la Ciudad de Acapulco de Juárez Guerrero, México, (Identificación y Zonificación); donde se identificaron los peligros geológicos, geomorfológicos e hidrometeorológicos y su relación de extensión geográfica con respecto a la traza urbana. (Atlas de Peligros Naturales de la Ciudad de Acapulco, SEDESOL, (2004)).

En el 2013 se elaboró el Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales de Estado de Yucatán, el cual tuvo la finalidad de contribuir, en el desarrollo de procedimientos que permitan establecer estrategias para la atención, prevención, reducción, y mitigación de desastres, así como el diagnosticar los niveles de peligro y riesgo a los que puede estar expuesta la población en diversas áreas. Los resultados obtenidos fueron plasmados en un Sistema de información Geográfica (SIG). (Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales de Estado de Yucatán, SGM. (2013)).

En 2011 en Sinaloa, se elaboró el Atlas de Riesgos Naturales para el municipio de Mazatlán, donde se establecieron las bases técnicas para que las autoridades locales estructuren una planeación territorial adecuada y eviten la expansión de asentamientos humanos hacia zonas de riesgo. (Atlas de Riesgos Naturales para el municipio de Mazatlán, SEDESOL. (2011)).

### **1.2.1 Antecedentes Particulares**

En Sonora:

En el 2005, se realizó un diagnóstico Ambiental y Socioeconómico de la Región Marina-Costera de Bahía de Kino e Isla Tiburón, Sonora México; donde se habla de la intensa actividad pesquera que se tiene en esta zona y el grado de sobre explotación de la misma, además del potencial económico que representa para el estado, así como la descripción general de especies endémicas de la zona y la evaluación en la calidad ambiental. (Diagnóstico Ambiental y Socioeconómico de la Región Marina-Costera de Bahía de Kino / Isla Tiburón, Sonora México: Documento de trabajo y discusión para promover un desarrollo sustentable, (2005))

En el 2011 se elaboraron los Atlas de Riesgos Naturales de los Municipios de Guaymas y Empalme, Sonora México, los cuales presentaron información sistematizada y

cartográfica sobre los peligros, la vulnerabilidad y el riesgo, ante fenómenos naturales y zonas identificadas como de alto riesgo basándose en los antecedentes históricos y el análisis del territorio y los elementos afectables en el presente, además de actualizar los programas de desarrollo urbano con criterios para evitar el crecimiento sobre zonas no aptas. (Atlas de Riesgos Naturales de los Municipios de Guaymas y Empalme, Sonora México, SEDESOL. (2011))

En el 2013, se elaboró el Atlas de Riesgos del Municipio de Hermosillo, dentro del cual se encuentra Bahía de Kino. Este trabajo aborda los diferentes tipos de riesgos geológicos e hidrometeorológicos a los que se encuentra expuesta la población, puntualizando y detallando los de la ciudad de Hermosillo, ya que parte del objetivo del trabajo es apoyar en la regulación del crecimiento urbano en zonas de Riesgo. Para el caso de otros poblados como lo es Bahía de Kino solo se mencionó de forma general los tipos de riesgos geológicos que pueden presentarse. (Atlas de Riesgos del Municipio de Hermosillo. H. Ayuntamiento de Hermosillo. (2013))

Hasta el momento no se ha generado un trabajo a menor escala, para el caso de las zonas costeras del estado de Sonora, es por ello que se realizó un estudio a menor escala y mayor detalle con respecto a la temática de Riesgos Geológico e Hidrometeorológicos dentro del área de Bahía de Kino, debido a que es una zona potencial en crecimiento turístico.

Particularmente, los ecosistemas costeros son áreas especialmente productivas, destacando por su alta diversidad biológica, su riqueza en recursos pesqueros y la cantidad significativa de minerales que descansan en el lecho marino.

Bahía de Kino es un lugar con características naturales y fisiográficas especiales, reconocido a nivel nacional e internacional por su riqueza biológica, cultural, su intensa actividad pesquera y acuícola, así como también su potencial desarrollo turístico y náutico. Esta gran riqueza ha permitido que durante más de siete décadas se hayan desarrollado actividades de pesquerías comerciales y el establecimiento de más de 20 granjas acuícolas, así como en la última década un desarrollo turístico informal. Estas actividades económicas desafortunadamente no han sido reguladas por las instancias correspondientes, generando una mala planeación y desarrollo urbano de la localidad. Estando expuesta la población a una amplia variedad de riesgos hidrometeorológicos y geológicos como: sismicidad, inundaciones fluviales, pluviales y por el incremento en el nivel del mar, erosión (eólica y fluvial), hundimiento, sedimentación, huracanes y lluvias torrenciales. Y sí a esto se le suma a que tienen servicios públicos (agua, luz, drenaje, etc.) deficientes, hace de este lugar una zona de alto riesgo. (Diagnóstico Ambiental y Socioeconómico de la Región Marina-Costera de Bahía de Kino / Isla Tiburón, Sonora México: Documento de trabajo y discusión para promover un desarrollo sustentable, (2005))

Dentro de las proyecciones que existen en el marco estatal, se pretende que Bahía de Kino sea un polo de desarrollo, donde se pretende generar (Proyecto Kino Nuevo, SEMARNAT (2014)):

- Turismo y usos recreativos.
- Industria pesquera y acuicultura
- Actividades mar adentro

- Cambios en el uso del agua.
- Agricultura Halófitas
- Impulso a la cultura

Esto da pie a que dicha área tenga un ordenamiento integral, generándose un estudio de riesgo, para que los diferentes procesos y eventos que se puedan presentar en esta región, no alteren parte de su paisaje y con ello los cambios generados en su dinámica tengan un desarrollo sustentable.

La extensión de litoral que tiene el estado de Sonora es de aproximadamente 1207.81 Km, donde las poblaciones de mayor a menor actividad económica y poblacional respectivamente son: Guaymas, Puerto Peñasco y Bahía de Kino. De las cuales actualmente la única que cuenta con un estudio sobre riesgo es el Puerto de Guaymas, esto debido a los daños ocasionados por el huracán Jimena en el 2009, cuyo meteoro también afectó a la región de Bahía de Kino, evacuándose en esa ocasión a 137 personas. Considerado como uno de los fenómenos naturales más severos que han azotado en la región dejando pérdidas económicas de 58.9 millones de dólares y varias pérdidas humanas (Atlas de Riesgos Naturales en el municipio de Guaymas, Sonora, 2011).

Si bien es cierto que los fenómenos hidrometeorológicos son los de mayor recurrencia y los que han producido mayor afectación tanto en las ciudades y zonas rurales de las costas sonorenses (SEDESOL, 2011), no se debe dejar de lado los de origen geológicos. La región costera del Estado de Sonora se considera como una zona sísmica activa, registrándose una cantidad de sismos en un radio menor de 100 Km, para el caso de la región de Guaymas-Bahía de Kino se tiene que, en un rango de 66 a 68 km, se presentan sismos con magnitudes no mayores a los 7° en la escala de Richter, considerándose ambas regiones en el sexto y séptimo lugar respectivamente dentro del grado de peligrosidad sísmica de las Ciudades del noroeste de México (López-Pineda L., 2010).

En cuanto a los datos climatológicos, el viento es un aspecto determinante en la vida de Bahía Kino, pues influyen fuertemente en la navegación y recreación marina, y con ello en las actividades económicas marinas, independientemente de su papel en la generación de las surgencias por viento características en el Golfo de California. La zona presenta fuertes vientos del sureste durante el verano (junio-agosto) que soplan noche y día, así como del noroeste en invierno (diciembre-febrero), que por lo regular soplan solo durante el día con duración de 2-5 días. Durante marzo y abril se presentan una calma relativa. Existen otros tipos de viento, los llamados localmente *westes* que provienen del oeste y que son comunes de octubre a febrero. Los *toritos* son vientos del este que se presentan en verano, al igual que los *chubascos* solo que estos transportan humedad y en ocasiones provocan fuertes lluvias (Moreno, R. C., 2005).

Dentro de las actividades económicas principales que se presentan en Bahía de Kino son: la pesca que representa un 46.35%, rebasando por 2% la actividad comercial y de servicios. Poco más del 50% de la población de este poblado depende de la pesca

comercial de forma directa, y de gran cantidad de actividades económicas relacionadas indirectamente con ella. (Diagnóstico Ambiental y Socioeconómico de la Región Marina-Costera de Bahía de Kino / Isla Tiburón, Sonora México: Documento de trabajo y discusión para promover un desarrollo sustentable, (2005)).

Es por ellos la importancia de identificar y evaluar las zonas de Riesgo para poder delimitar áreas de conservación y áreas protegidas, para que los futuros proyectos turísticos, de recreación y de vivienda sean asentados de forma adecuada y exista un equilibrio entre el medio físico y el hombre, teniendo un desarrollo sustentable; y así poder tener los datos necesarios para proteger los intereses ya sean humanos, sociales, económicos, medioambientales, además de mitigar su vulnerabilidad ante los riesgos costeros.

### 1.2.1.1 Sismicidad.

La sismicidad es uno de los fenómenos derivados de la dinámica interna de la Tierra que ha estado presente en la historia geológica de nuestro planeta, y que seguirá manifestándose de manera similar a lo observado en el pasado. (CENAPRED, 2004).

Los sismos no pueden predecirse, es decir, no existe un procedimiento que hasta el momento establezca con claridad la fecha y el sitio de su ocurrencia, así como el tamaño del evento.

Para conocer el grado de peligro sísmico en Bahía de Kino Sonora, se recurrió a la Regionalización Sísmica de CFE, la cual se generó empleando los registros históricos de los grandes sismos en México. Con los catálogos de sismicidad y de aceleración del terreno se establecieron 4 zonas sísmicas (figura 2) que son las siguientes:

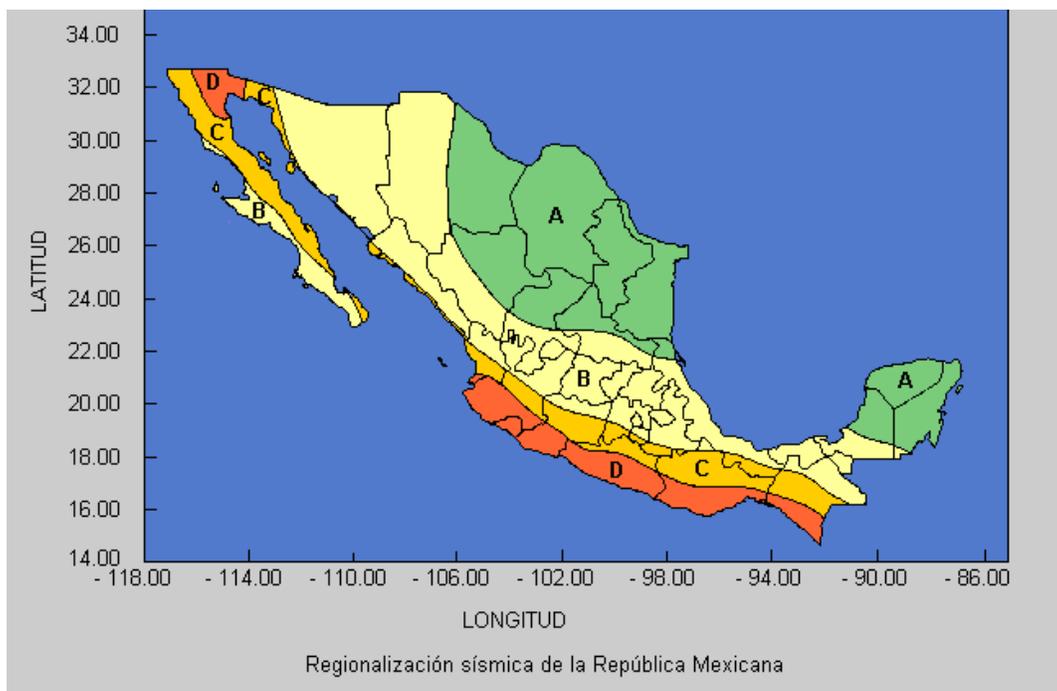


Figura 2.- Regionalización sísmica de la República Mexicana. Tomado de: Manual de diseño de Obras Civiles (Diseño por Sismo) de la Comisión Federal de Electricidad.

La república mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas: A, B, C, D.

- La zona A no se tienen registros históricos de sismos; no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.
- Las zonas B y C son intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentes o son zonas afectadas por altas aceleraciones que no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.
- En la zona D se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

De acuerdo con la información proporcionada Bahía de Kino, Sonora se encuentra dentro de la región sísmica B, que es una zona intermedia donde los sismos son poco frecuentes; lo que indica que el grado de peligro es medio-bajo.

En el estado de Sonora, al igual que en Sinaloa, Zacatecas y Durango, la sismicidad es escasa. Los sismos de la entidad se pueden asociar a dos zonas sísmicas, la primera se encuentra en el Golfo de California, la segunda en la parte noreste del estado.

Los sismos del Golfo tienen magnitudes de hasta 7 y se originan a una profundidad de <33km. En los últimos años han ocurrido en esta zona 10 temblores con magnitud mayor que 6, causados por el movimiento lateral izquierdo de aprox. 35 mm por año, a lo largo del sistema de fallas en el límite entre dos placas (Ramírez 2005).

De manera histórica son al menos dos los terremotos que han sacudido al estado de Sonora. El primero fue el 3 de mayo del año 1887, con epicentro en Bavispe, con una magnitud de 7.4, donde murieron 42 habitantes, además provocó la destrucción de asentamientos humanos en la sierra Alta de Sonora. Sus efectos se sintieron en el noroeste de México y suroeste de Estados Unidos. Otro sismo relevante fue el ocurrido en 1923, con su epicentro localizado en la misma localidad anterior.

La región de Bahía de Kino, está ubicada en un área de actividad sísmica moderada, según los datos sísmicos disponibles, aproximadamente de 1918 hasta 2015 (Servicio Sismológico Nacional y U.S. Geological Survey, 2015), indican que este tipo de actividad está relacionada con la extensión al sur del sistema de Fallas de San Andrés. Este sistema dentro del Golfo de California, consiste en un conjunto de fallas transformantes de tipo lateral derecho, con rumbo aproximado NW 50°, siendo una de las zonas sísmicas más activas a nivel mundial y entra a tierra cerca de Mexicali y se liga más al norte con la Falla San Andrés, en su extensión hacia el sur, dentro del Mar de Cortés, esta zona presenta menor actividad, pero sin dejar de presentarse sismos con magnitudes mayores o igual a 7° en escala de Richter.

De acuerdo con los datos del Servicio Sismológico Nacional, la mayor parte de sismos en el estado de Sonora se localizan al noroeste, oeste y suroeste del estado en el mar de Cortés y algunos en el noreste, así como algunos distribuidos en el sur del estado (figura 3).

En los últimos 41 años se han registrado alrededor de 10 sismos mayores de 6°.

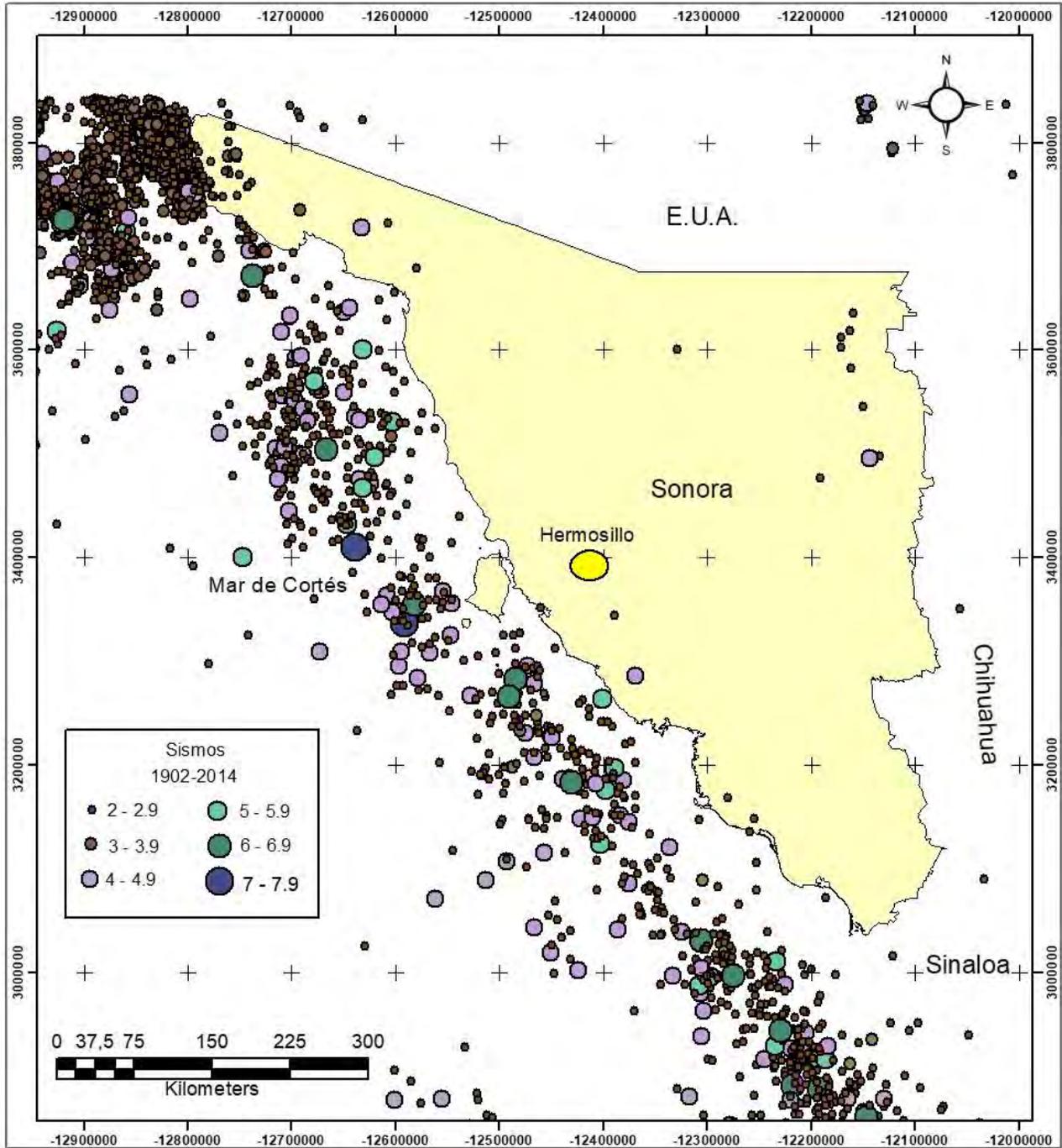


Figura 3.- Esta imagen muestra la sismicidad de Sonora y la distribución de focos sísmicos con sus respectivas magnitudes. Fuente: Servicio Sismológico Nacional, 2015 y U.S. Geological Survey, 2015.

### 1.2.1.2 Tsunamis

Los Tsunamis son eventos complejos donde una serie de olas de gran energía y tamaño variable se producen en los bordes de las placas tectónicas, debido al deslizamiento vertical de una placa, generando el desplazamiento vertical de una gran masa de agua. Este tipo de olas remueven una cantidad de agua superior a las olas superficiales producidas por el viento.

De acuerdo con el catálogo de tsunamis ocurridos en México a partir del S. XVIII, se han registrado el arribo de 60 tsunamis a la costa occidental de México en los últimos 250 años. Los tsunamis de origen lejano han tenido olas de 2.5 m. de altura y los de origen local han tenido olas de 5 m. en promedio y excepcionalmente hasta 10 m. de altura, causando pérdida de vidas y bienes con la consecuente destrucción de comunidades. En la historia reciente no se tiene conocimiento de que en México hayan ocurrido tsunamis tan destructivos como los de Chile de 1960 y del 2010; el de Alaska de 1964; el de Sumatra en 2004 y el de Japón en 2011. Sin embargo, no podemos descartar la posibilidad de que tsunamis como estos puedan ocurrir en la costa del Pacífico Mexicano. De hecho, existen evidencias de que en 1787 ocurrió un gran terremoto de magnitud 8.4 en San Sixto, Oaxaca, que generó un tsunami local sumamente destructivo (Núñez, Ortiz y Sánchez, 2008). Según el mencionado autor, durante el siglo XVIII ocurrieron cuatro tsunamis, en el siglo XIX más de 10 y en el siglo XX más de una docena, todos produjeron diversos daños.

Los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, están expuestos a tsunamis locales y lejanos, mientras que Baja California, Sonora y Sinaloa, están expuestos a tsunamis lejanos y regionales (figura 4).

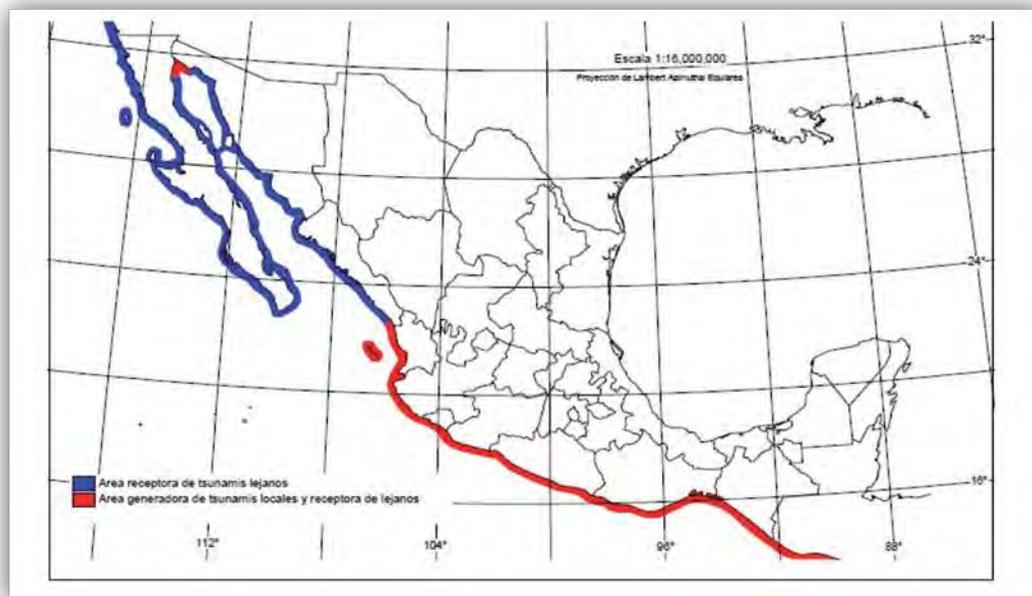


Figura 4.- Mapa de peligro por tsunami para la República Mexicana (CENPRED, 2001).

En la figura 4 se observa que las costas del estado de Sonora, se encuentran en una zona receptora de tsunamis lejanos, en la que se considera una altura máxima esperable de olas de 3 m, menor al que presenta el resto de la costa occidental que es de hasta 10 m.

De acuerdo con el Diagnóstico de Peligros e identificación de Riesgos de Desastres en México, de 1732 a 1996 se han presentado en las costas de México un total de 48 tsunamis, de los cuales 33 han sido de origen local y 15 de origen lejano. De estos últimos, tres han impactado las costas de Guaymas que se localizan a 180 km al sur de Bahía de Kino, por tanto pueden afectar al área de estudio. (Atlas de Riesgo de Guaymas 2011). La Tabla 1, muestra la fecha del evento, así como la altura de las olas que impactaron al municipio de Guaymas.

Tabla.1- Tsunamis de origen lejano, posteriores a 1950 en México.

Fecha (GMT)	Epicentro del sismo (°N,°W)	Zona del sismo	Magnitud del sismo	Lugar de registro del tsunami	Altura máx. olas.
9-marzo-1957	51.3°N,175°W	I. Aleutianas	8.3	Ensenada. B.C. LaPaz, B.C. <b>Guaymas, Son.</b> Mazatlán, Sin. Salina Cruz, Oaxa. Manzanillo, Col. Acapulco, Gro.	1.0 0.2 <b>&lt;0.1</b> 0.2 0.4 0.6 0.6
22-mayo-1960	39.5°N, 74.5°W	Chile	8.5	Ensenada. B.C. LaPaz, B.C. <b>Guaymas, Son.</b> Topolobampo, Son. Mazatlán, Sin. Acapulco, Gro. Salina Cruz, Oax.	2.5 4.5 <b>0.6</b> 0.2 1.1 1.9 1.6
28-marzo-1964	1.1°N, 147.6°W	Alaska	8.4	Ensenada. B.C. LaPaz, B.C. <b>Guaymas, Son.</b> Mazatlán, Sin. Salina Cruz, Oax Manzanillo, Col. Acapulco, Gro.	2.4 0.5 <b>0.1</b> 0.5 0.8 1.2 1.1

Tomado de Atlas de Riesgo de Guaymas 2011. Fuente: CENAPRED. Diagnóstico de Peligro e Identificación de Riesgos de Desastres en México.

### 1.2.1.3 Procesos de Remoción en Masa.

Los procesos de ladera se pueden definir como el desplazamiento, colapso o reacomodo ladera abajo de un cuerpo compuesto por rocas, detritos, suelo o materiales artificiales, generado por la pérdida de la capacidad natural del terreno para autosustentarse (Martínez, 2014); donde la fuerza de gravedad, precipitación, sismicidad y las actividades antropogénicas (excavaciones, sobrecargas y vibraciones del terreno) son los principales factores detonantes. (Modificado de Acantara 2000).

Este tipo de procesos se presentan en áreas con topografía elevada y escarpada, con pendientes mayores a 30°.

En México los procesos de remoción en masa son unos de los fenómenos que se presentan con mayor frecuencia, de manera específica en temporadas de lluvias o cuando se tiene la presencia de actividad sísmica considerable.

El Departamento de Geología de la Universidad de Sonora (2008) elaboró para el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN) y la Unidad Estatal de Protección Civil del Estado de Sonora el Atlas Estatal de Riesgos para el Estado de Sonora, en el cual se identificaron las zonas con peligro de deslizamiento, sin hacer alguna distinción particular del proceso de remoción en masa que se presentan en él.

Protección Civil (2004) elaboró el Atlas de Riesgo del Municipio de Hermosillo, con una escala 1:1,000 y 1:250,000, donde se mencionan los lugares que han presentado varios casos de deslizamiento de rocas, de manera específica en la ciudad de Hermosillo; Bahía de Kino forma parte de este municipio.

Dentro del análisis realizado en el Atlas de Riesgos antes mencionado, para el caso de Bahía de Kino, solo se hace referencia a que es un sitio cuya inclinación del terreno es estable ( $0^{\circ}$ - $3^{\circ}$ ) y la cohesión de sus materiales aluviales y areno-gravosos es constante. Debido a estas características, se considera un sitio de muy baja vulnerabilidad y poca probabilidad de ocurrencia del fenómeno.

Pero en la actualidad la zona de estudio ha presentado actividad, que se manifestado de forma notoria en los cerros la Cruz y La Pila durante los dos últimos evento meteorológicos del 2014 y 2015, generándose nuevos procesos gravitacionales.

#### **1.2.1.4 Erosión Costera.**

Se entiende por Erosión Costera la modificación (retroceso) de la línea de costa preexistente con la consiguiente pérdida de sedimentos. Aunque constituye un tema clásico en la tradición de la geomorfología costera (Pardo, 1991; Viciano, A. 1998) y en la literatura sobre riesgos naturales (Lechuga, 1995) y, aunque puede presentarse unido (en eventos de baja frecuencia y alta intensidad como temporales —storm surges— y tsunamis) a los riesgos de inundación, posee características diferenciadoras tanto desde la perspectiva de las metodologías para evaluar el riesgo, como desde las estrategias y experiencias de su gestión y mitigación

El desarrollo de la actividad turística y recreativa en el área de Bahía de Kino, es importante para la vulnerabilidad de la playa, ya que la velocidad de erosión en esta zona puede variar de manera considerable en el espacio y en el tiempo

La erosión de la zona de Costa en Bahía de Kino, ocasiona un impacto en las áreas habitacionales y recreativas, las cuales constituyen ambientes frágiles y dinámicos debido a la interacción entre componentes naturales y socioeconómicos; este fenómeno provoca la pérdida de playas, el avance de la línea costera, la pérdida de ecosistemas, la destrucción de playas y cambios en la batimetría y morfología costera.

#### **1.2.1.5 Inundación Fluvial y Pluvial.**

Los fenómenos Hidrometeorológicos, son eventos atmosféricos donde se realiza una transferencia de agua y energía entre la superficie terrestre y la atmósfera, que por su elevado potencial energético, frecuencia, intensidad y aleatoriedad representan una amenaza para el ser humano y el medio ambiente.

La inundación es un proceso mediante el cual el flujo o invasión natural de agua por el exceso de escurrimientos superficiales o por su acumulación en terrenos planos, ocasionada por la falta o insuficiencia del drenaje natural y/o artificial que implica posibles pérdidas de vidas y daños en infraestructura. (CENAPRED 2004).

La república Mexicana posee una gran extensión de litorales, los cuales se ven afectados año con año por ciclones tropicales, ya que nuestro país se localiza geográficamente en una zona con características favorables para la generación de este tipo de fenómenos hidrometeorológicos. Los lugares afectados son: las costas del pacífico, golfo de México, el Caribe y costas Sonorenses (Golfo de California).

En base a lo antes mencionado CENAPRED, realizo un mapa con el grado de peligro por incidencia de ciclones. En el cual se puede apreciar que Bahía de Kino se localiza en una zona propensa a ser afectada con un grado de peligro medio (figura 5).

De acuerdo con CENAPRED, la temporada de mayor incidencia de los fenómenos hidrometeorológicos en el Océano Pacífico, comienza en la primera quincena del mes de mayo y finaliza a principios de noviembre, siendo septiembre el mes que presentan más actividad. Para el caso del Estado de Sonora y para Bahía de Kino son los meses de julio, agosto y septiembre (figura 6).

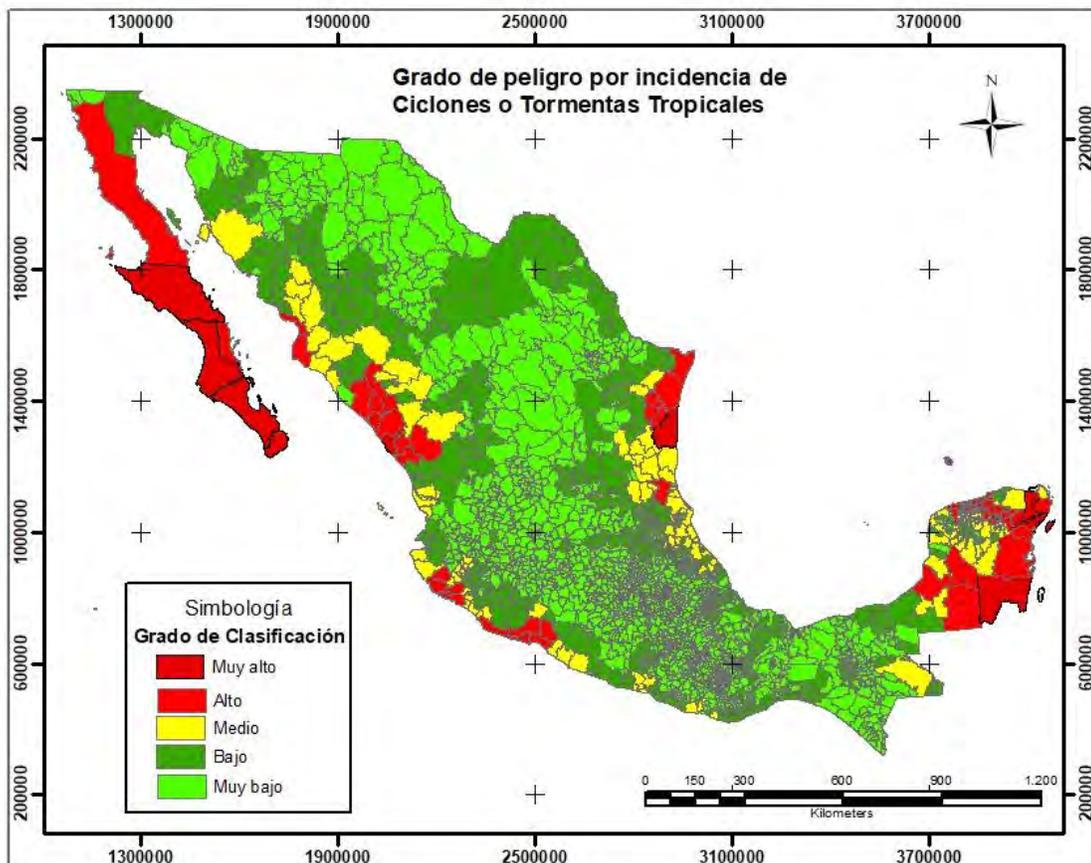


Figura 5.- Fuente CENAPRED, Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos y Desastres en México.

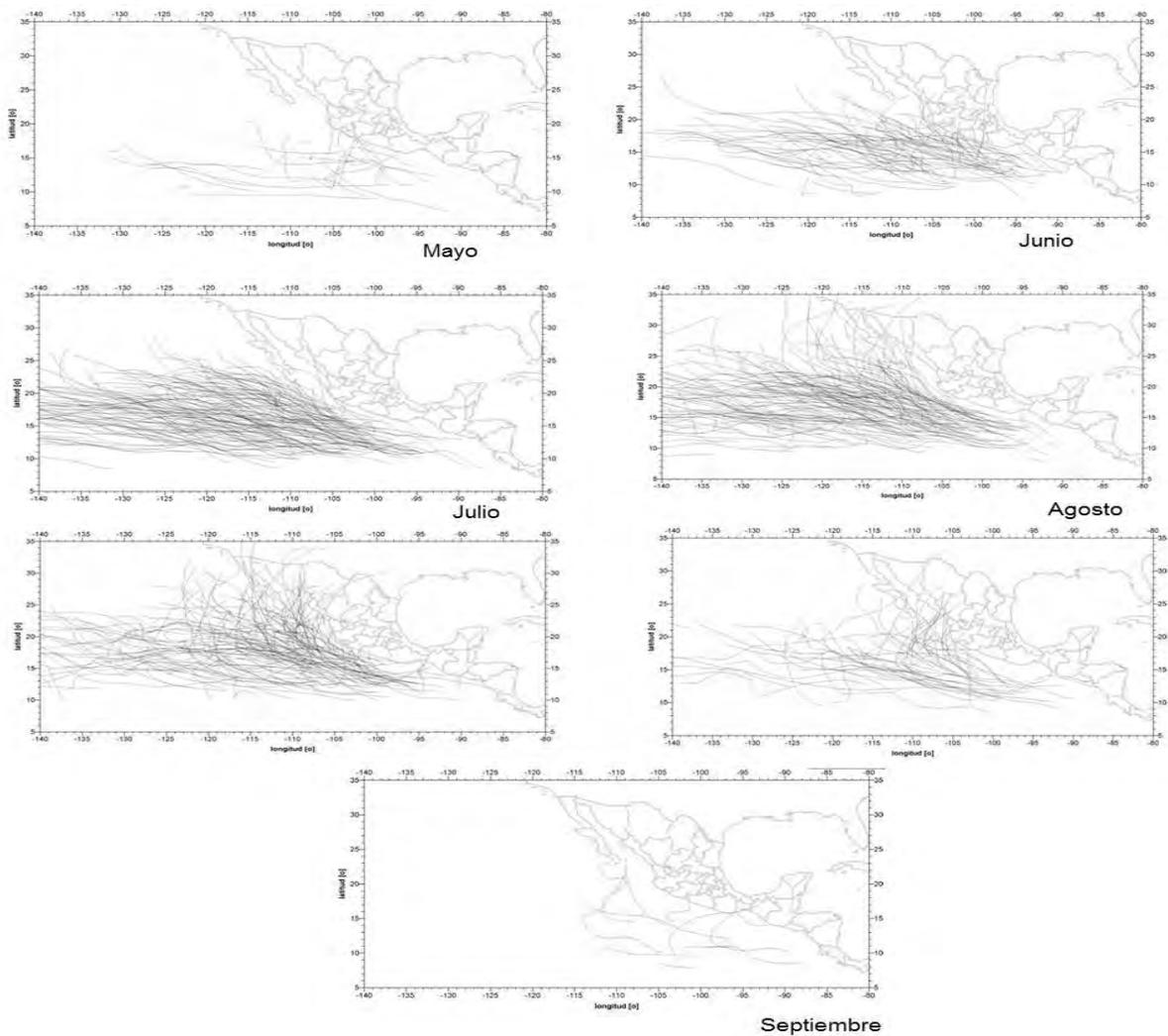


Figura 6.- Trayectoria de los Ciclones Tropicales que han pasado por el Océano Pacífico de 1951-2000.

En Bahía de Kino a lo largo del tiempo y en la actualidad se han registrado inundaciones que han causado estragos a la población, generadas por Huracanes y Tormentas tropicales, producto de la acumulación de agua debido a que es una zona que presenta una topografía plana; siendo propensa a este tipo de fenómeno.

De acuerdo con el periódico El Imparcial, CONAGUA, y Protección Civil, se han registrado precipitaciones de hasta 140 milímetro, excediendo la capacidad natural del terreno. A continuación se muestran los registros de inundaciones que se han presentado en Bahía de Kino a lo largo del tiempo:

- En 1989 Se presentó la Tormenta Tropical Raymond, la cual entro por la costa de Bahía de Kino, generando pérdidas considerables en infraestructura, impactando el 4 y 5 de octubre, con vientos máximos de 65 a 85 km/hr.

- En 1992 el huracán Lester, impacto parte de las costas sonorenses, entre ellas Kino, el 23 de agosto con ráfagas de viento de 85 a 120 km/hr. Con una precipitación de 140 mm. Causando inundaciones de tipo pluvial y costera, dañando la infraestructura de viviendas, hoteles y restaurantes.



Figura 7.- Incursión del mar a zonas habitacionales ubicadas cerca de la playa.  
Fuente: Protección Civil.

- 1993 La tormenta tropical Hilary, impacto parte de Baja California Sur, en Punta Pequeña, y en Bahía de Kino, impactando el 26 de agosto, con ráfagas de 55 a 100 km/hr. Causando daños la infraestructura y vías de comunicación.
- 2007 El huracán Henriette de categoría 1 impacto el día 4 de septiembre, con ráfagas de viento de 120 a 130 km/hr, causando estragos en el área, como graves inundaciones y la destrucción del muelle que se localiza en Kino Viejo, además de la incursión del mar en las zonas habitacionales que se ubican a la orilla de la playa, como algunos hoteles y restaurantes. (figura 8).



Figura 8.- Imágenes de los estragos generados por el huracán Henriette, donde se muestra la incursión del mar y la destrucción del muelle en Kino Viejo.

- 2009. Se tuvo la presencia del huracán Jimena, el cual entro por Muglé Baja California Sur, impactando el 2 de septiembre, con vientos máximos de 140 a 45 km/hr. Durante su paso se registraron inundaciones considerables y

daños a las vías de comunicación, dejando incomunicada a la población de Kino, debido a las intensas lluvias de lapsos cortos.

- 2014 el huracán "Odile" entro por Baja California Sur, el 15 de septiembre con fuertes ráfagas de viento de 100 y 120 km/hr.

Primer impacto: El ojo del huracán "Odile" tocó tierra el día 14 de septiembre a las 23:45 horas tiempo del centro de México, a 10 km al este de Cabo San Lucas, BCS., con vientos máximos sostenidos de 205 km/h, rachas de 250 km/h y desplazamiento hacia el nor-noroeste a 28 km/h, como un peligroso huracán de categoría III en la escala Saffir-Simpson.

Segundo impacto: El día 17 de septiembre aproximadamente a las 11:30 horas tiempo del centro de México, la tormenta tropical "Odile" tocó tierra por segunda ocasión en su trayectoria, esta vez en la costa noroeste de Sonora a 75 km al sureste de Puerto Peñasco con vientos máximos sostenidos de 65 km/h y rachas de 85 km/h.

A continuación se muestra en la figura 9 y 10 respectivamente la trayectoria, así como la precipitación acumulada del huracán "Odile" por el Océano Pacífico.

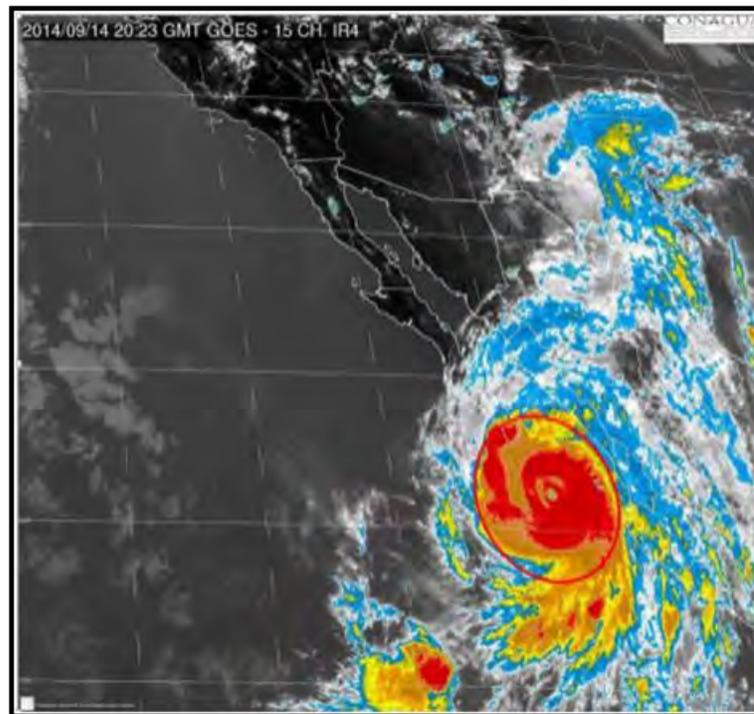


Figura 9.- Imagen de satélite infrarroja con el centro del huracán "Odile" acercándose a la costa de Baja California Sur. Fuente: CNA-CGSMN - GOES-15 IR 4 septiembre 14, 2014 / 15:23 horas.

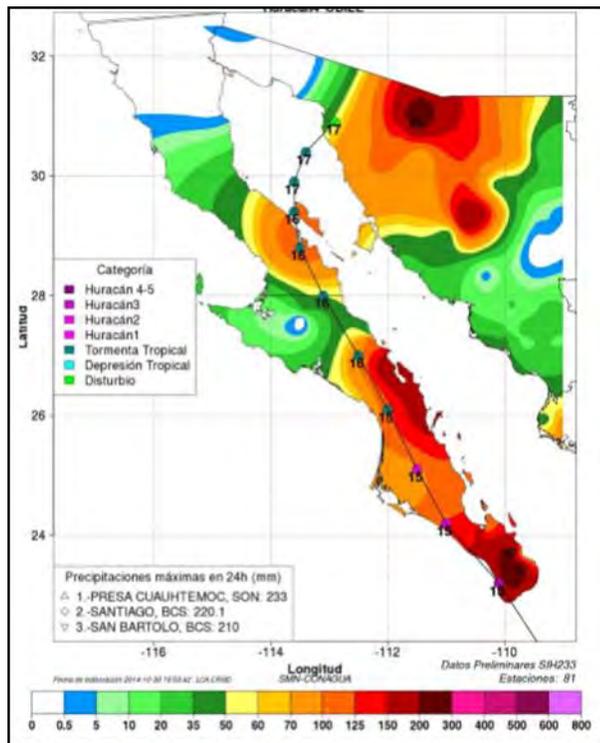


Figura 10.- Precipitación acumulada, asociada con el huracán “Odile”. Domingo 14 de septiembre al jueves 18 de septiembre. Fuente: CGSMN.

El huracán Odile, a su paso genero daños considerables a Baja California y costas Sonorenses; entre las zonas afectadas se encontró Bahía de Kino, donde se generó graves inundaciones sobretodo en Kino Viejo, debido al elevado oleaje y a las precipitaciones elevadas, las cuales eran de corta duración, pero de gran intensidad. Entre las afectaciones que se tuvieron, el muelle de Kino Viejo fue destruido, así como severas inundaciones en esta misma zona. (figura 11).



Figura 11- Elevado oleaje y zonas habitacionales de Kino Viejo inundadas. Fuente: Protección Civil, Hermosillo, Sonora (2014).

La infraestructura y las vías de comunicación terrestre, la carretera que conecta a Kino con la Ciudad de Hermosillo, fue cubierta por arena y agua. Sus efectos se sintieron el 17 de septiembre como se muestra en las figuras 11 y 12.



Figura 12.- Muestran los daños generados a las zonas habitacionales de Kino Nuevo, que se localizan sobre la playa y la carretera principal que conecta a Kino con Hermosillo y otros poblados. Fuente: Protección Civil, Hermosillo, Sonora (2014).



Figura 13- Zonas inundadas de Kino Viejo, y daños ocasionados en la infraestructura.

- 2015. Se tuvo la presencia del huracán Linda categoría 3, el cual durante su trayectoria hacia el Noroeste se degradó a categoría 2 afectando parte de la costa sonorenses; los días 19 y 20 de septiembre, generando inundaciones considerables en Bahía de Kino, el 70% de la población se vio afectada por este evento y fue evacuada por personal de protección civil. La gran cantidad de agua acumulada causó daños en la carretera y algunos tramos de la misma, lo que afectó la circulación vehicular.



Figura 14.- Áreas inundadas de Kino viejo, por los efectos del huracán Linda.  
Fuente: Protección Civil Hermosillo, Sonora.



Figura 15.- En estas imágenes se pueden apreciar los daños generados por las inundaciones al muelle, y zonas habitacionales de Kino Viejo, así como las vías de comunicación terrestre. Fuente: Protección Civil, Hermosillo, Sonora.

El 18 y 19 de Julio de ese mismo año se presentó una intensa precipitación que alcanzó cerca de los 50 milímetros en Bahía de Kino, provocando inundaciones que afectaron a más de 40 viviendas, algunas incluso con metro y medio de agua.

Juan Francisco Matty Ortega, director de Protección Civil Municipal, informó que las inundaciones en domicilios del centro de Kino Viejo y en algunas colonias irregulares no dejaron personas lesionadas y la totalidad de los habitantes abandonaron las viviendas.

El Ayuntamiento de Hermosillo informó que el agua afectó las pertenencias de las personas, ante lo cual comenzaron con visitas para inspeccionar la situación y comenzar el reparto de ayuda. Las inundaciones afectaron el Barrio de la Cruz, Buenavista y el Centro de Kino Viejo, donde el Ayuntamiento activó a personal del DIF, a Desarrollo Social y a Protección Civil. (<http://noticias.terra.com.mx/mexico/estados/inunda-lluvia-casas-en-bahia-de-kino,4725df0a5f5f88bdc7d70758e45cded300qxRCRD.html>)

### 1.3 OBJETIVOS

De acuerdo a lo mencionado con anterioridad Bahía de Kino, Sonora (Figura 2), es una zona costera que está expuesta a diferentes fenómenos físicos naturales y a una dinámica constate. Es por ello la importancia de realizar un estudio de evaluación de riesgos naturales; que servirá para complementar los estudios de ordenamiento costero, que está principalmente motivado por la expansión urbana, el incremento de zonas residenciales, la creación de segundas viviendas y la industria del turismo, económica y acuícola. Si el emplazamiento de estas estructuras es incorrecto, sufrirán grandes daños y los costos de reparación serán más grandes de lo que se ha invertido.

Presentar un mapa y reporte de riesgos naturales dentro del área de estudio, que puedan ser utilizados para la toma de decisiones y mitigación de riesgos por las autoridades y población en general. Así como también, facilitar y contribuir una línea base, para los programas de desarrollo urbano y atención a riesgos, desarrollado por los diferentes niveles de gobierno.

#### 1.3.1 Objetivos Generales:

Identificar y evaluar los diferentes fenómenos geodinámicos que representan un riesgo a la población, infraestructura y ecosistema de Bahía de Kino, Sonora. Mediante la compilación, integración y generación de conocimiento geológico-ambiental, meteorológico, geográfico y geomorfológico de la entidad.

#### 1.3.2 Objetivos Particulares:

- Identificar los tipos de peligro por fenómenos naturales (geológico e Hidrometeorológicos), con base a la clasificación de CENAPRED.
- Zonificar, cuantificar y clasificar toda el área de Bahía de Kino, en infraestructura, actividades económicas y ecosistemas naturales.
- Localizar los posibles lugares a ser afectados y el tipo de peligro que incide en esa área, mediante una zonificación, tanto para el ser humano, como para la infraestructura, actividades económicas y ecosistemas naturales.
- Conocer los periodos de retorno con que se han presentado los diferentes fenómenos naturales, es decir con qué frecuencia y la intensidad con que lo han hecho. Esto con el apoyo de imágenes de satélite, mapas e información estadística.
- Generar el mapa de riesgos de Bahía de Kino, donde se muestren los posibles lugares a ser afectados, tanto para el ser humano, como para su infraestructura, actividades económicas y ecosistemas naturales; estableciendo información para facilitar acciones en la atención de contingencias, prevención y mitigación.

## 1.4. Metodología

Para realizar una evaluación y análisis de Riesgos existe una amplia variedad de metodologías, pero es importante señalar que lo que se pretende con el presente trabajo es el de facilitar y contribuir una línea base, para los programas de desarrollo urbano y atención a riesgos, desarrollado por los diferentes niveles de gobierno.

Por lo que el alcance de este estudio solo pretende cubrir dos de los aspectos fundamentales que establece la CENAPRED (2004).

1. Conocer los peligros y amenazas para saber dónde, cuándo y cómo nos afectan
2. Identificar y establecer en el ámbito nacional, estatal, municipal y comunitario, las características y los niveles actuales de riesgo ante esos fenómenos.

Esto se lograra empleando parte de la metodología desarrollada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2006 y 2007); en lo que respecta a conceptos básicos para este trabajo de investigación se utilizaron cuatro y su representación gráfica, que son los siguientes:

**Peligro:** la probabilidad de que suceda un determinado fenómeno de cierta magnitud e intensidad en un sitio dado.

**Vulnerabilidad:** susceptibilidad de los sistemas expuestos a ser afectados, es decir el grado de pérdidas humanas, materiales y ecológicas en cuanto a la catástrofe.

**Exposición:** cantidad de personas, bienes y sistemas naturales que se encuentran en el sitio y que son factibles a ser dañadas. Por lo general se les asigna unidades monetarias.

**Riesgo:** se va definir como, toda condición, proceso o evento que debido a su localización geográfica y frecuencia puede causar heridas, enfermedades, pérdidas económicas y daños al medio ambiente.

Por tanto esta definición se expresa en la siguiente ecuación:

$$\text{Riesgo} = f(\text{Peligro, Vulnerabilidad, Exposición})$$
$$R = f(P, V, E)$$

Para poder llevar a cabo el estudio de riesgo de los diferentes fenómenos naturales señalados, se planteo un procedimiento general el cual puede resumirse en los siguientes pasos:

- Compilación bibliográfica
- Trabajo de campo, muestreo, cartografía
- Elaboración de mapas
- Identificación de fenómenos endógenos y exógenos que afectan al área de estudio
- Determinación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad
- Integración sistemática de la información sobre los fenómenos naturales, como: peligro, vulnerabilidad y riesgo.
- Evaluación de los diferentes niveles de riesgo asociados a los fenómenos naturales
- Determinación del peligro asociado a los fenómenos identificados

- Análisis e interpretación de los datos obtenidos
- Recomendaciones

A continuación, se dará una breve descripción de manera general de la metodología a emplear para el estudio de los fenómenos geológicos e hidrometeorológicos que se estudiarán para Bahía de Kino, en el siguiente diagrama de flujo (figura 16).

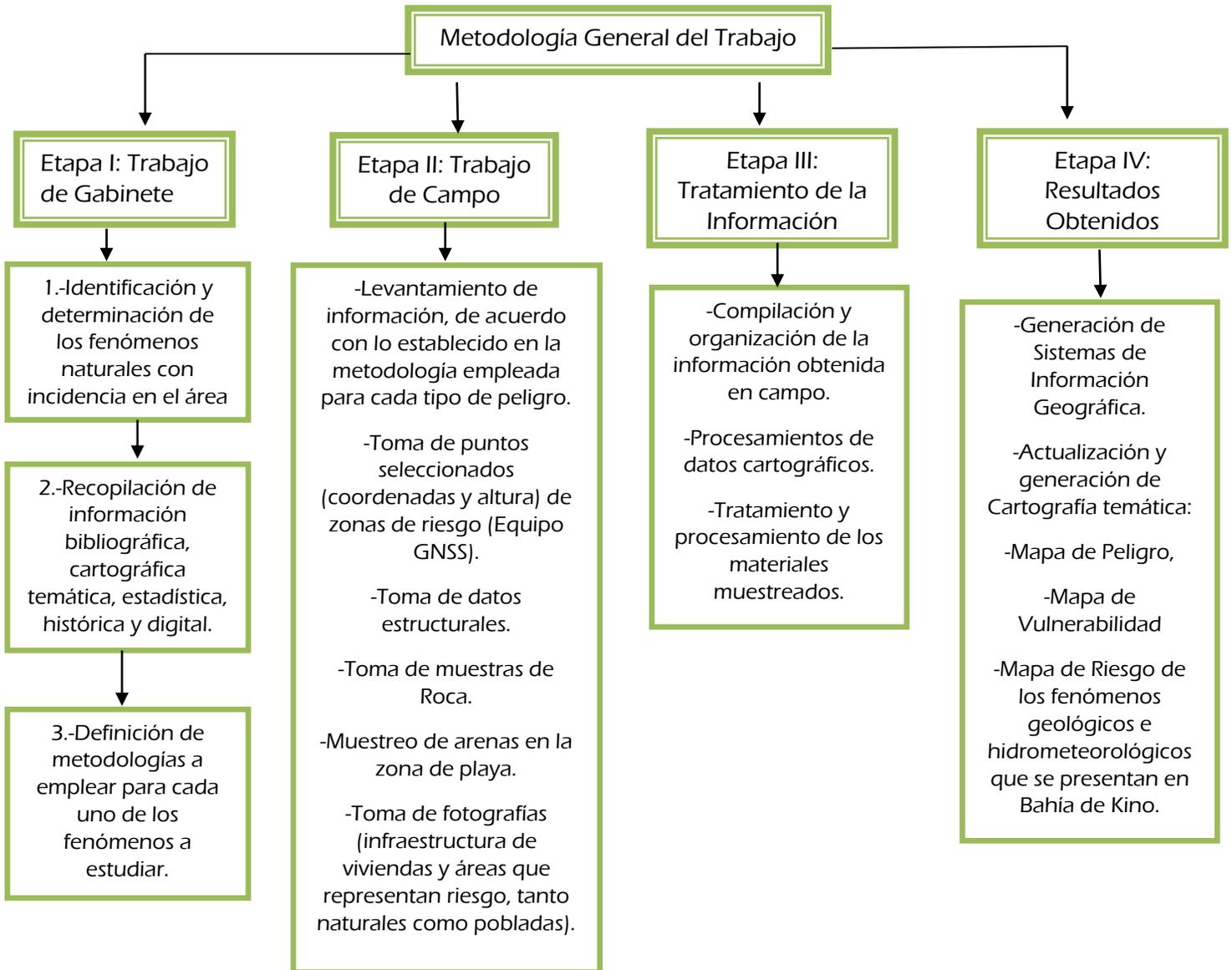


Figura 16.- Representación metodológica de las etapas de desarrollo de la investigación.

#### 1.4.1 Metodología para la Evaluación de la actividad Sísmica y Tsunamis.

La metodología empleada para definir el peligro sísmico comprende los siguientes factores (Larsson y Mattson, 1987).

- Cuando ocurren los sismos.
- Cuál es su tamaño.
- Donde ocurren.
- Cuál es su influencia.

Para esto se requiere llevar a cabo la compilación de una base de datos sísmicos, mediante un catálogo de sismos obtenidos a partir de las diferentes fuentes, incluyendo fecha de ocurrencia, coordenadas geográficas epicentrales, profundidad de foco y magnitud.

Posteriormente, se llevará a cabo la evaluación de los tiempos de recurrencia, la evaluación de la Aceleración Máxima del Suelo (PGA) y finalmente elaboración del mapa de riesgo sísmico para el área de Bahía de Kino.

Para realizar el mapa de riesgo es necesario convertir los datos de PGA a la escala de intensidad de Mercalli.

-Para realizar la evaluación de los tiempos de recurrencia se emplea la ecuación conocida como "Relación Gutenberg-Richter" o Relación G-R, que se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Log } N = a - bM$$

Donde N es el número acumulativo de sismos de magnitud M o mayor por unidad de tiempo.

a, b son parámetros que dependen de la sismicidad de la zona, es decir, el número total de sismos con magnitudes mayores que  $M=0$ ; el valor "b" la proporción de sismos grandes y chicos.

-Para llevar a cabo la evaluación de la Aceleración Máxima del Suelo (PGA): se requiere definir otro factor importante en la evaluación del peligro sísmico, la relación entre el PGA (Peak Ground Acceleration), distancia epicentral o hipocentral y magnitud. La función de atenuación reporta la aceleración máxima de terreno para un evento de magnitud M y una distancia hipocentral R.

Para este estudio se utilizará la ecuación de atenuación de Donovan (1979) para fallas transcurrentes:

$$\text{LnPGA}_{\text{max}} = 6.98 + 0.5 M - 1.25 \ln(R + 25)$$

Dónde PGA es la aceleración máxima del suelo, en gals; M es la magnitud y R es la distancia hipocentral.

-Finalmente, para obtener la conversión de la PGA a intensidad de Mercalli, se efectúa mediante la ecuación de Trifunac y Brady (1975), que se expresa de la siguiente manera:

$$MMI=1/0.3*(\log_{10}(PGA*980)-0.014)$$

Dónde:

MMI es la intensidad Modificada de Mercalli y PGA es la aceleración máxima del suelo, la cual se obtuvo anteriormente. Dando como resultado la intensidad para la zona de estudio.

Para el caso de Tsunamis se debe tener el mapa geológico estructural del área, el cual va permitir identificar el tipo de sistema de fallas y la clasificación de zonas sismotectónicas.

Además de tener un registro histórico de este tipo de fenómeno en el área o zonas aledañas.

#### **1.4.2. Metodología para la Evaluación de Procesos de Remoción en Masa.**

La metodología a emplear para definir el peligro por Procesos de Remoción en Masa es la siguiente:

-Cartografía temática (mapa geológico-estructural, Modelo Digital de Elevación, topográfico, geomorfológico, edafológico, uso de suelo y pendientes).

-Análisis de factores condicionantes y desencadenantes.

-Clasificación e Identificación de los tipos de movimientos para procesos de remoción en masa (CENAPRED 2004).

- Clasificación de los procesos a partir de la clasificación de Varnes (1978) y Hutchinson (1988).

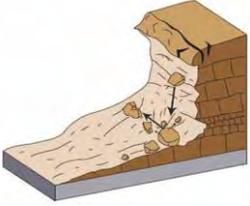
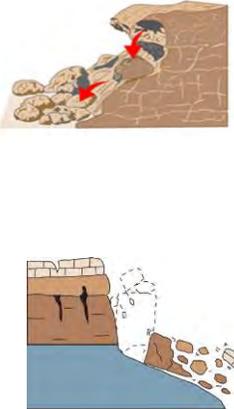
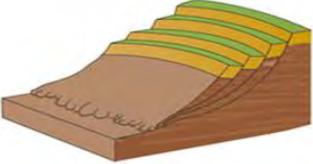
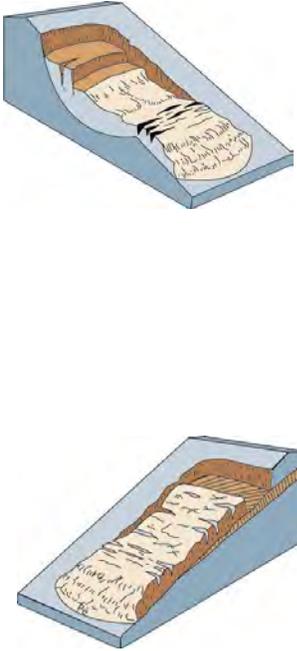
-Toma de datos estructurales en campo.

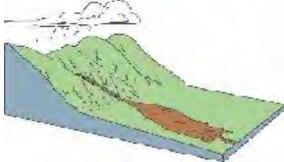
- Análisis de fallas y fracturas a partir del diagrama de Wulff y Schmidt modificado por Phillips, F. C. (1971).

-Datos de eventos de origen meteorológico como: precipitaciones, huracanes y tormentas tropicales e invernales, obtenido de (CONAGUA y SMN).

-Clasificación y tipo de laderas en función de CENAPRED (2004). (Tabla 2).

Tabla 2.- Clasificación de movimiento para procesos de remoción en masa.

Tipo de Movimiento	Representación Gráfica	Clasificación	Representación Gráfica
<p><b>Caídos o derrumbes.-</b> Movimientos abruptos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes muy fuertes y acantilados, por lo que el movimiento es prácticamente de caída libre.</p>		<p><b>Desprendimientos:</b> Caída de suelos producto de la erosión o de bloques rocosos, atendiendo a discontinuidades estructurales (grietas, planos de estratificación o fracturamiento) proclives a la inestabilidad.</p> <p><b>Vuelcos o volteos:</b> Caída de bloques rocosos con giro hacia adelante y hacia afuera, propiciado por la presencia de discontinuidades estructurales (grietas de tensión, formaciones columnares, o diaclasas) que tienden a la vertical.</p>	
<p><b>Deslizamiento.-</b> Movimientos de una masa de materiales térreos pendiente abajo, sobre una o varias superficies de falla delimitadas por la masa estable o remanente de una ladera.</p>		<p><b>Rotacionales:</b> Deslizamientos en los que su superficie principal de falla resulta cóncava hacia arriba (forma de cuchara o concha), definiendo un movimiento rotacional de la masa inestable de suelos y/o fragmentos de rocas con centro de giro por encima de su centro de gravedad. Este tipo de deslizamientos ocurren en suelos arcillosos y blandos, aunque también se presentan en formaciones de rocas muy intemperizadas.</p> <p><b>Traslacionales:</b> Deslizamientos en los que la masa de suelos y/o fragmentos de rocas se desplazan hacia afuera y hacia abajo, a lo largo de una superficie de falla más o menos plana. Usualmente determinan deslizamientos someros en suelos granulares, o bien están definidos por superficies de debilidad en formaciones rocosas, como planos de estratificación, juntas y zonas de</p>	

		<p>diferente meteorización de las rocas, con echado propicio al deslizamiento.</p>	
<p><b>Flujos.-</b> Movimientos de suelos y/o fragmentos de rocas pendiente abajo de una ladera, en donde sus partículas, granos o fragmentos tienen movimientos relativos dentro de la masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla.</p>		<p><b>Flujos de tierra o suelo:</b> Masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de grava, arena y limo.</p> <p><b>Flujos o avalancha de detritos:</b> Movimiento rápido de una mezcla en donde se combinan suelos sueltos, fragmentos de rocas, y vegetación con aire y agua atrapados, formando una masa viscosa o francamente fluida que fluye pendiente abajo.</p> <p><b>Creep o flujo muy lento:</b> A diferencia de los casos anteriores, es un movimiento constante pero muy lento de suelos y rocas pendiente abajo, en el que no se define con precisión la superficie de falla.</p> <p><b>Flujos de lodo:</b> Masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo muy rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de arena y limo, y partículas arcillosas.</p> <p><b>Lahar:</b> Flujo de suelos o detritos que se origina en las laderas de un volcán, generalmente disparado por lluvias intensas que erosionan depósitos volcánicos, deshielo repentino por actividad volcánica.</p>	  

### **1.4.3 Metodología para la Evaluación de Erosión Costera.**

Para evaluar la erosión de la línea de costa a partir del sistema Marino (olas), se empleó la metodología de Sunamura y Horikawa (1971), la cual consistió en evaluar de manera indirecta a través de parámetros texturales del sedimento (tamaño medio y grado de clasificación).

-Se realiza trabajo de campo donde se recolectan muestras de arena en la orillas de la playa, para este caso cada 500 metros.

-Cada muestra colectada se prepara para ser tamizada.

### **1.4.4. Metodología para la Evaluación de Inundación Pluvial y Fluvial**

Parámetros hidrometeorológicos:

Para desarrollar el estudio de peligro y riesgo por inundaciones, se emplearán las siguientes variables a determinar:

- Registros históricos de inundaciones.
- Modelo digital de elevación del terreno (MDE).
- Mapas temáticos (pendientes, geomorfológico, geológico, uso de suelo, vías de comunicación).
- Red de drenaje superficial.
- Delimitación de Cuencas hidrográficas.
- Identificación de Causas principales.
- Datos meteorológicos.
- Datos de la trayectoria de Huracanes que se han presentado en el estado de Sonora. (SMN y CONAGUA).
- Datos sociodemográficos (INEGI).
- Modelo empírico del cual se trabajará con el método racional donde se analizará los siguientes parámetros:

-Cálculo de pendiente de la cuenca.

-Análisis de la relación lluvia-escurrimiento (Chow 1994).

-Cálculo del tiempo de concentración (Kirpich, 1997).

-Cálculo de intensidad de lluvia por período de retorno.

-Cálculo de coeficiente de escorrentía.

-Ecuación de la fórmula racional.

### **1.4.5. Metodología para la Evaluación de Inundación por Marea**

Obtención de los rangos de mareas estacionales del 2017, a partir del calendario de mareas elaborado por CICESE.

**CAPITULO II**

**LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE  
LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL DE  
BAHÍA DE KINO.**

## 2.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

En el presente capítulo algunos de los temas aquí expuestos fueron desarrollados desde el principio, ya que no se contaba con información.

### Localización

Bahía de Kino, Sonora, está situada en el centro del litoral sonorense, a 107 kilómetros de la ciudad de Hermosillo, en la costa de Mar de Cortés o Golfo de California, la cual comienza desde Punta Chueca frente a Isla Tiburón en la parte norte, hasta Punta San Nicolás al sur; forma parte del municipio de Hermosillo.

Geográficamente se localiza entre los:

Latitud Norte	Longitud Oeste
29° 00 ' 53" Máxima.	112° 09 ' 37" Máxima.
28° 43 ' 07" Mínima.	111° 55 ' 10" Mínima.

El área de estudio comprende parte de la región marina y costera de Bahía de Kino, la cual se encuentra entre los 28° 52 ' 25" y 28° 43 ' 09" Latitud Norte y 118° 02 ' 24" y 117° 50 ' 07" Longitud Oeste (figura 1 y 17).

### 2.1.1.- Fisiografía.

Fisiográficamente el área de estudio se ubica en la Provincia de Sierras Sepultadas, y en la Subprovincia del Desierto de Sonora (José Lugo Hubp (1990)).

De acuerdo con José Lugo Hubp (1990). Indica que forma parte de la Provincia de Sonora o Llanura de Sonora, la cual clasifico en 4 unidades, formando parte de la segunda unidad llamada Planicie aluvial y de Piedemonte, con elevaciones menores; la cual se caracteriza por una planicie de sedimentos aluviales, de piedemonte y eólicos, además de presentar elevaciones residuales tipo montañas isla (inselbergs), ocupado superficies reducidas, con laderas pronunciadas.

Las principales características costeras de Bahía de Kino son la playa, estuarios, barra de arena, dunas de arena, abanicos aluviales y acantilados.

Con respecto a sus vías de comunicación, cuenta con una carretera principal de dos sentidos, que conecta a Bahía de Kino con La Ciudad de Hermosillo, y poblados como Punta Chueca al Norte, Noreste con Miguel Alemán y al Sur con las granjas acuícolas y Sierra San Nicolás (figura 17).

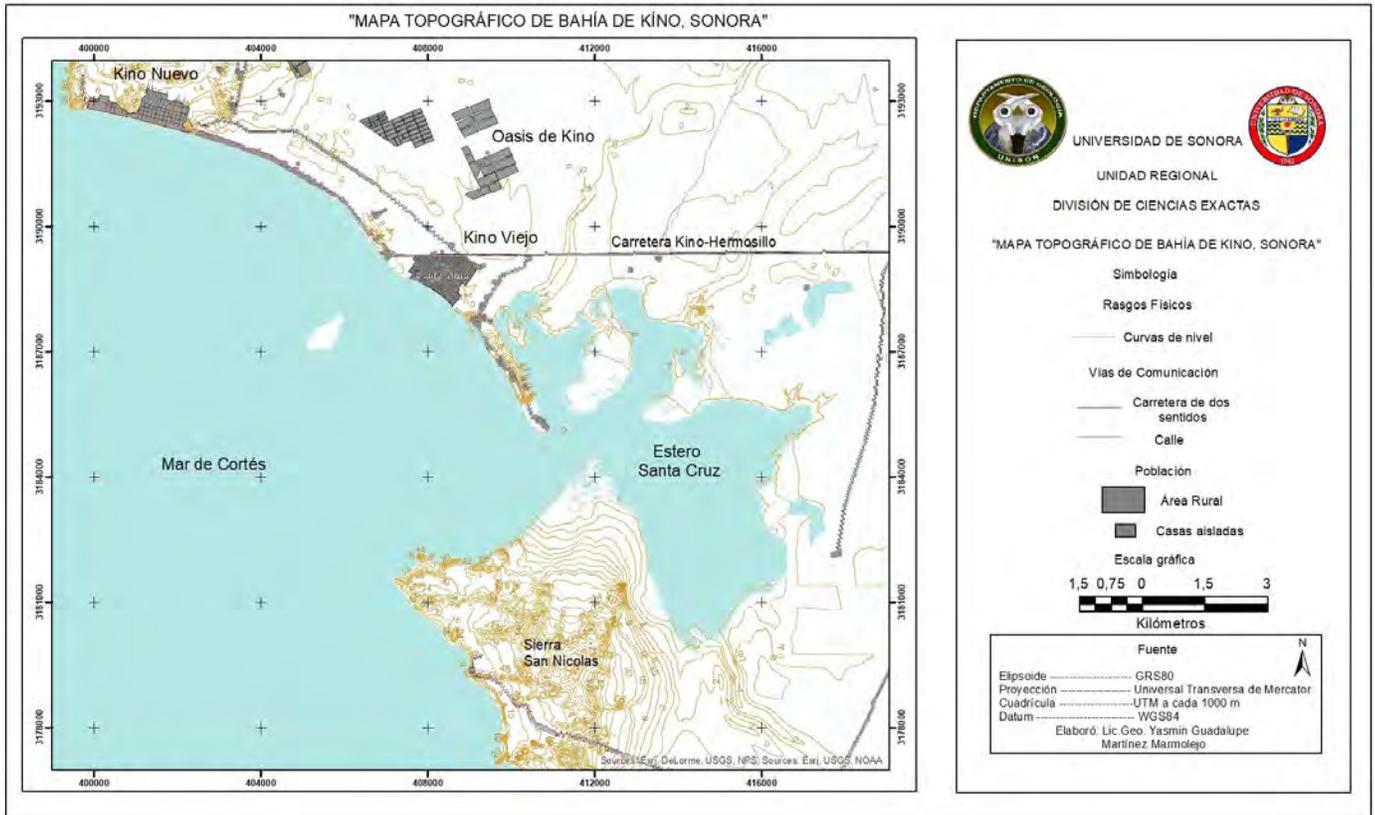


Figura 17.- Mapa topográfico de Bahía de Kino, Sonora.  
Modificado de (INEGI 2013).

### 2.1.2 Geología.

La costa de Sonora se caracteriza por presentar unidades de rocas volcánicas y sedimentarias del Mioceno, así como unidades de basamento del pre-Cenozoico. De acuerdo a (Ramos-Velázquez et al., 2008) dice que este basamento de la zona costera de Sonora, es del Cretácico Tardío, en el cual se encuentran sobrepuestas unidades de rocas sedimentarias y volcánicas del Neógeno, típicamente depositadas sobre una superficie de erosión y de forma ocasional muestra un horizonte de intemperie hasta 3 m de espesor.

**Granito Granodiorita (KsTpaGrGd).** Es un grupo de rocas intrusivas cuya composición varía entre granito, granodiorita y cuarzomonzonita. Esta unidad se localiza al noroeste del área, aflorando en el cerro la Cruz y algunos cerros que se encuentran a los alrededores, así como en la parte sur en la sierra San Nicolas. (SGM, 2000).

De acuerdo con Damon et. al., (1983), indican que este material forma parte del batolito laramide de Sonora (90-40 Ma.) Dicho Batolito consiste de un pórfido granodiorítico, de biotita con cristales de cuarzo y feldespatos de gran desarrollo. Que correspondería a las últimas fases (o anterior) a cupulas del evento intrusivo Laramídico, pero diferenciado petrográficamente, este intrusión al granito (Laramídico) y posiblemente sea el portador de mineralizaciones de cobre-oro-molibdeno de algunos

yacimientos en la zona costera de Sonora, muchos de ellos tal vez cubiertos por aluviones recientes. De acuerdo a Damon, et. al., (1983), su edad es de 90-40 Ma del Cretácico Superior-Terciario Paleoceno.

En el cerro la Cruz al noreste del área de estudio se tiene una datación de (Ramos-Velázquez et al. 2008), con U-Pb zircón, dando una edad de  $84.1 \pm 1.0$ , que tiene por nombre unidad Kino Tonalita, que en publicaciones anteriores se tiene con el nombre de Kino granodiorita.

### **Toba San Felipe. (Ttsf)**

La Toba de San Felipe es una riolita ignimbrítica hiperalcalina, de tipo comendita, que fue primeramente reconocida en Baja California en un área entre San Felipe, Puertecitos y la Sierra San Pedro Mártir (Stock et al., 1999). En esta zona ocurre densamente soldada con un vitrófiro negro a la base, con espesores potentes y facies de reomorfismo (Stock et al., 1999). Esta unidad es ampliamente reconocida tanto en Baja California como en Sonora Central; la cual es generada por un volcanismo de naturaleza hiperalcalina y depósitos ignimbríticos de composición riolítica asociados con basaltos transicionales y depósitos detríticos continentales (Vidal-Solano, 2005).

Este tipo de material se ubica al noroeste del área de estudio, en el cerro el Cactus (figura 18).

En el Estado de Sonora, este depósito ha sido identificado formando parte de una secuencia volcánica del Mioceno medio (12 Ma) (Branney y Kokelaar, 2002), en una región más amplia, que comprende la parte central de Sonora, donde la ignimbrita aflora intermitentemente dentro de miles de kilómetros cuadrados, desde Rayón al norte, el Río Yaqui al oriente, Bahía de Kino al occidente y la Sierra Libre al sur.

Los indicios volcánicos de este evento, son representados en Baja California, por la presencia de una ignimbrita denominada la Toba de San Felipe (Stock et al., 1999; Oskin et al., 2001) y, en Sonora, por la ocurrencia de domos (Vidal-Solano et al., 2007) e ignimbritas (Paz-Moreno et al., 2000, Vidal-Solano et al., 2005). Estos depósitos ignimbríticos que son asociados con el proto-Golfo de California (Vidal-Solano, 2005), por lo regular, su morfología se presenta en forma de mesas ligeramente basculadas en los afloramientos lejanos al Golfo de California y, fuertemente inclinadas y con potentes espesores en las localidades cercanas a este de acuerdo con (Bennett, 2009).

**La toba Riolítica-Riolitas (ToTR-R)**, es una secuencia volcánica de composición riolítica, tipo fluidal, se encuentra aflorando al noroeste del área, en el cerro el Cactus; esta unidad consta de flujos riolíticos, e ignimbritas y aglomerados de acuerdo con (Bojorquez y Rosas, 1988), estimando un espesor máximo de 100m para esta secuencia.

Esta secuencia se encuentra descansando discordantemente sobre la secuencia riolítica del Paleoceno (Prebatolítico) y sobre esta secuencia se encuentran depositada la secuencia clástica formada por capas de areniscas y conglomerados, de edad Oligoceno-Mioceno (29 y 21Ma, por el método K-Ar). Esta misma edad se obtuvo en la Sierra Madre Occidental en Durango, en unidades equivalente (Mc Dowell, 1977). Damon (1964) reporta una intensa actividad magmática durante el oligoceno, en el este de Sonora. Esta

unidad fue depositada en un ambiente volcánico riolítico post-batolítico posiblemente asociado al inicio de la Tectónica extensiva en esta porción del Estado.

#### **Andesita-dacita (TmA-Da), Toba Riolítica (TR-R) y Basalto (Tplm B).**

Es una secuencia Volcánica Terciaria, la cual consiste en una serie de rocas volcánicas de composición, riolítica-tobas riolíticas, traquítica, andesita-dacita y basáltica, presentándose estas con diversidad de textura y composición.

De acuerdo con el (SGM, 2000), indican que las rocas más abundantes son las riolitas y tobas riolíticas estas rocas presentan una coloración gris claro a blanco lechosos en algunos lugares tiene una coloración rojiza, debido a la oxidación de la misma. Por ejemplo, las rocas de composición traquítica se presentan compactas, masiva, con minerales como vidrio feldespatos, cuarzo y óxidos de hierro como muestra de mano, en los afloramientos presenta un fracturamiento con rumbo general de 45NW buzando al NE hasta 80.

Las Tobas riolíticas presentan petrográficamente una textura volcanoclástica con más del 75% de vidrio volcánico formando la matriz de la roca, fragmentos líticos dentro de la matriz vítrea.

La roca andesítica presenta un color gris claro en sección fresca, verde claro a intemperie, es compacta y tiene una matriz afanítica, se le observan feldespatos, cuarzo y óxidos de hierro (SGM, 2000).

La roca de composición basáltica es de color gris oscura vesicular, y con una matriz afanítica, se le observan feldespatos, ferromagnesianos, calcita y óxidos de hierro.

El material antes mencionado aflora al noroeste de la zona de estudio, en el cerro Prieto, en Cerro el Cactus, cerro la Pila y otros cerros que se encuentran en esa área (figura 18).

Esta secuencia volcánica conforma extensas y elevadas Sierras que en algunos lugares sobrepasan los 500m; la cual se encuentra cubriendo discordantemente las unidades Paleozoicas deformadas y erosionadas, aparece como remanentes de erosión y buzando con una pendiente suave hacia el oeste La cual fue originada a partir de un aparato volcánico probablemente alineado en el fallamiento normal producto del evento distensivo del terciario.

#### **Conglomerado y areniscas. (Tcg).**

Es una secuencia Volcánica Terciaria, la cual consiste en una serie de rocas volcánicas de composición, Riolitas, Tobas-riolíticas, traquitas, andesita-dacita y basáltica, presentándose estas con diversidad de textura y composición.

De acuerdo con el (SGM, 2000), indican que las rocas más abundantes son las riolitas y tobas riolíticas estas rocas presentan una coloración gris claro a blanco lechosos en algunos lugares tiene una coloración rojiza, debido a la oxidación de la misma. Por ejemplo, las rocas de composición traquítica se presentan compactas, masiva, con

minerales como vidrio feldespatos, cuarzo y óxidos de hierro como muestra de mano, en los afloramientos presenta un fracturamiento con rumbo general de 45NW buzando al NE hasta 80.

Las Tobas riolíticas presentan petrográficamente una textura volcanoclástica con más del 75% de vidrio volcánico formando la matriz de la roca, fragmentos líticos dentro de la matriz vítrea. (SGM, 2000).

La roca andesítica presenta un color gris claro en sección fresca, verde claro a intemperie, es compacta y tiene una matriz afanítica, se le observan feldespatos, cuarzo y óxidos de hierro (SGM, 2000).

La roca de composición basáltica es de color gris oscura, compacta y vesicular, con matriz afanítica, se le observan feldespatos, ferromagnesianos, calcita y óxidos de hierro.

El material antes mencionado aflora al noroeste de la zona de estudio, en el cerro Prieto, en Cerro el Cactus, cerro la Pila y otros cerros que se encuentran en esa área.

Esta secuencia volcánica conforma extensas y elevadas Sierras que en algunos lugares sobrepasan los 500m; la cual se encuentra cubriendo discordantemente las unidades Paleozoicas deformadas y erosionadas, aparece como remanentes de erosión y buzando con una pendiente suave hacia el oeste La cual fue originada a partir de un aparato volcánico probablemente alineado en el fallamiento normal producto del evento distensivo del terciario.

### **Conglomerado y areniscas. (Tcg).**

Es una secuencia constituida por una alternancia de conglomerados, horizontes arenosos y ocasionales lentes de Basaltos. Esta unidad fue estudiada inicialmente por Dumble (1900), posteriormente King (1939) la denominó como formación Baucarit. Esta formación, se encuentra ampliamente distribuida en los valles del estado de Sonora, especialmente en la provincia de Sierras y Valles paralelos (Manicucci, 1975).

Dentro de la zona de estudio aflora en la porción noroeste, en cerro el Cactus (figura 18). La cual consiste de horizontes de areniscas, conglomerados y hacia la parte superior, de rocas volcánicas interestratificadas de composición Basálticas. Los conglomerados son polimícticos mal clasificados, de color café claro a amarillento con tono gris oscuro, con fragmentos subredondeados a angulosos, los fragmentos son principalmente de rocas volcánicas y hacia la parte Superior aumenta la proporción de rocas graníticas a granodioríticas, con ocasionales clastos de rocas sedimentarias y metamórficas. Con una Edad Terciario, Neógeno, Mioceno

El espesor de esta formación es de aproximadamente 200 a 1 000m. De acuerdo con (Gastil and Krummenacher 1977), los cuales lo asocian con el magmatismo del arco volcánico generado por la subducción de la placa Farallón por debajo de la placa de Norte América. Esta Formación sobreyace en discordancia a las rocas volcánicas del Terciario Oligoceno así como a la secuencia volcánica-sedimentaria y a las rocas intrusivas del Cretácico-Paleoceno. Estas rocas se encuentran parcialmente cubiertas por flujos riolíticos de la formación lista blanca y por Basaltos del Terciario Tardío, así como por Terrazas semiconsolidadas de gravas continentales.



Como se mencionó anteriormente, las andesitas y riolitas presentes en la zona, indican la actividad de subducción del antiguo margen pasivo (subducción) que ocurrió entre 245 y 142 millones de años durante la era Mesozoica; tiempo en el que Bahía de Kino se encontraba exactamente en la orilla de una placa convergente con volcanes activos en sus alrededores y la continua actividad telúrica que los caracteriza.

A su vez, los granitos y granodioritas comunes en Bahía Kino, que datan de 65 a 90 millones de años, indican la larga duración de la actividad de subducción en la zona, misma que continuó durante la era Cenozoica con la depositación de andesitas y riolitas en el Oligoceno y el Mioceno en el área.

### **Eólico. Limo-Arena (Qho-eo) (Qholm-ar).**

Estos tipos de materiales se encuentran distribuidos en toda el área de estudio. Por ejemplo el material eólico predomina en la porción sur, y centro del área cerca de la costa y el estero Santa Cruz; el cual consiste de depósitos de arena constituidos por cuarzo, feldespatos, micas y fragmentos de roca, se encuentran cubriendo a los conglomerados del Pleistoceno. En algunas zonas se observa estratificación cruzada. Su expresión morfológica da origen a dunas y lomas de poca altura. (SGM)

Para el caso de los depósitos limo-arena, están distribuidos en toda la zona norte, noreste, noroeste, centro y este del área de estudio, siendo el material predominante. El cual es característico de valles costeros. Consiste en depósitos lacustres constituidos por arcillas, limos y evaporitas, los cuales se originaron por la invasión intermitente de aguas marinas mezcladas con aguas de ríos y arroyos. Su ambiente de depósito presenta condiciones favorables para la precipitación de Halita. (SGM).

Edad Cuaternario-Pleistoceno.

### **2.1.3 Marco Tectónico-Estructural**

El Golfo de California es una cuenca reciente geológicamente ya que inicio su formación alrededor de los últimos cuatro millones de años; la cual forma parte de la provincia extensional localizada en el límite entre la placa del Pacífico y la Placa Norteamericana (Urrutia-Fucugauchi, 1995). A lo largo del eje del Golfo de California se encuentra una serie de cuencas escalonada y de fallas transformantes (figura 19) que son las estructuras principales y responsables del movimiento de la península de Baja California hacia el noreste, haciéndola una zona de gran actividad tectónica.

La evolución geológica y estructural del Golfo de California comprende tres procesos generales que comparten las cuencas de la región norte y sur. Lo que respecta a la zona norte se tiene una etapa de extensión y subsidencia (proto-Golfo), del Mioceno medio al Mioceno tardío, en la segunda se tiene la incursión marina generalizada en el Mioceno tardío, y la tercera etapa el inicio de la deformación transtensiva y desarrollo de grandes fallas las cuales fragmentaron las cuencas durante el Plioceno. Otro proceso importante a escala regional es el desarrollo del delta del Río Colorado y sus secuencias progradantes en las cuencas situadas en la parte norte del Golfo de California. (Patiño, Valdés, González, Román y Hernández., 2013).

Por lo tanto, es un estrecho mar, rodeado por áridas tierras y montañas al este, oeste y norte, pero está abierto al sur hacia el Océano Pacífico (Douglas et al., 2007), es considerado como un mar semicerrado y una cuenca de evaporación (Espinosa-Carreón et al., 2007).

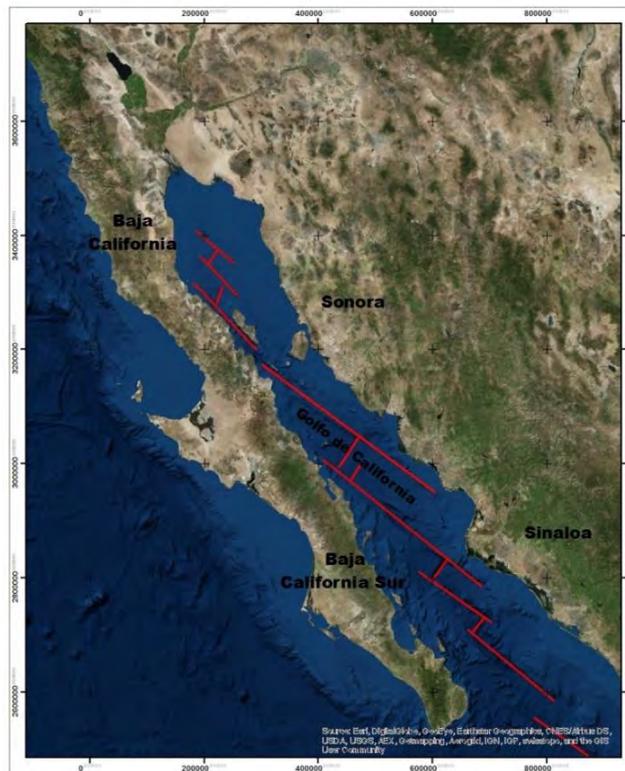


Figura 19.- Imagen Satelital que muestra el sistema de fallas transcurrentes del Golfo de California y sus límites geográficos. Fuente: google earth (2015).

El golfo de California (Figura 19) tiene una longitud aproximada de 1400 km y una anchura de 100-150 km, con un área cercana a los 210, 000 km<sup>2</sup> (Gómez Lizárraga 2011).

El Golfo de California es uno de los pocos ejemplos activos que han tenido una transición de rift continental hacia el océano. En un principio Baja California era parte del continente y ocupaba la parte suroeste del margen de Norteamérica cuando estaba activo el margen convergente formado por la placa Pacífico y la placa de Norteamérica (Stock and Hodges, 1989). Consecuentemente, es una provincia extensional que comprende la región oeste de la Sierra Madre Occidental hasta el escarpe principal del golfo en la península de Baja California. El escarpe antes mencionado separa el macizo peninsular de una delgada franja en la porción oriental de la Península la cual está ligada de forma estructural a la Provincia Extensional del Golfo. (Barajas, 2000).

Bahía de Kino, forma parte de la zona costera del estado de Sonora, la cual tiene una componente extensional del sistema transforme San André-Golfo California y controla la subsidencia de las cuencas. (Barajas, 2000). Con orientación NW, las cuales se conectan a un sistema de pequeñas dorsales.

Por ende, la morfología de las zonas aledañas al área de estudio y parte de la misma está relacionada con los eventos antes mencionados, los cuales reflejan una

tectónica de distensión y formaciones de fallas de rumbo que generaron lo que se conoce como la Provincia de Basin and Range.

De acuerdo con Scott E. K., et al, (2013), Bahía de Kino forma parte de un sistema de fallas normales y de deslizamiento dextral, las cuales constituyen parte de un tipo de extensión ortogonal u oblicua. El sistema de fallas que se tiene dentro del área, presentan una dirección predominante hacia el NE y NW, la cual es denominada como la Zona Costera de Fallas de Sonora, ya que está contenida dentro de un núcleo de 10-15 km de ancho que alberga varios sistemas de fallas transversales de tipo normal y dextral, las cuales presentaron deslizamiento considerable y pudieron haber acogido una proporción significativa dextral en los movimientos de las placas Pacífico-América del Norte.

Las fallas y fracturas que se identificaron en el área, en su mayoría se localizan en las elevaciones, como es el caso de la Sierra San Nicolás, Cerro Colorado, Cerro la Cruz, Cerro la Pila y Cerro el Cactus, sin descartar otros sistemas de fallas que se tienen en la zona de planicie, las cuales no pueden apreciarse debido a que se encuentran sepultadas por relleno aluvial.

De acuerdo con Scott E. K., Michael E. Oskin, Iriondo Alexander, (2013), indican que se tiene dos tipos de fallas en esta zona las cuales son:

- a) Fallas de tipo normal de moderado a bajo ángulo, con magnitudes mayores de deslizamiento, con orientación NE.
- b) Fallas normales con dirección N-ONO, de alto ángulo y con magnitudes pequeñas de deslizamiento, que han girado bloques en sentido de las manecillas del reloj alrededor de un eje vertical.

Dentro del área de estudio los sistemas de fallas han producido deslizamientos de cientos de metros y kilómetros. De acuerdo con lo antes mencionado Bahía de Kino está conformada por tres fallas de rumbo ramificadas con dirección NW, las cuales truncan todas las unidades pre-Cuaternarias en la parte norte, centro, noreste y sur del área de estudio.

#### **2.1.4 Edafología.**

Para el análisis de las características de suelo de Bahía Kino, se tomó como base la carta Edafológica del INEGI (2014) (Figura 20).

De acuerdo con la carta Edafológica INEGI (2014), el área de estudio está conformada por 24 unidades edafológicas; donde el tipo de suelo predominante es el Regosol eutrítico de textura gruesa Re/1, abarcando el 35% de la superficie, este tipo de suelo se encuentra en la zona de dunas, lagunas y canales de inundación; en la zona centro, NW, E, y SE; los cuales se caracterizan por ser suelos débilmente desarrollados en material no consolidado de grano fino, el desarrollo del perfil es mínimo, ya que es de reciente o lenta formación debido a la aridez (figura 20).

La segunda unidad dominante de suelo es el Regosol eutrítico + Zolonchak ortico Re + Zo/1 de textura gruesa, ocupando un 20%, caracterizado por tener una capa superficial de tonalidades claras y un subsuelo rico en arcilla o semejante a la capa superficial. En ocasiones presentan acumulación de cal o yeso en el subsuelo, y son salinos. Los cuales abarcan la zona de dunas y planicie areno-pantanosas, del N, NE y centro del área.

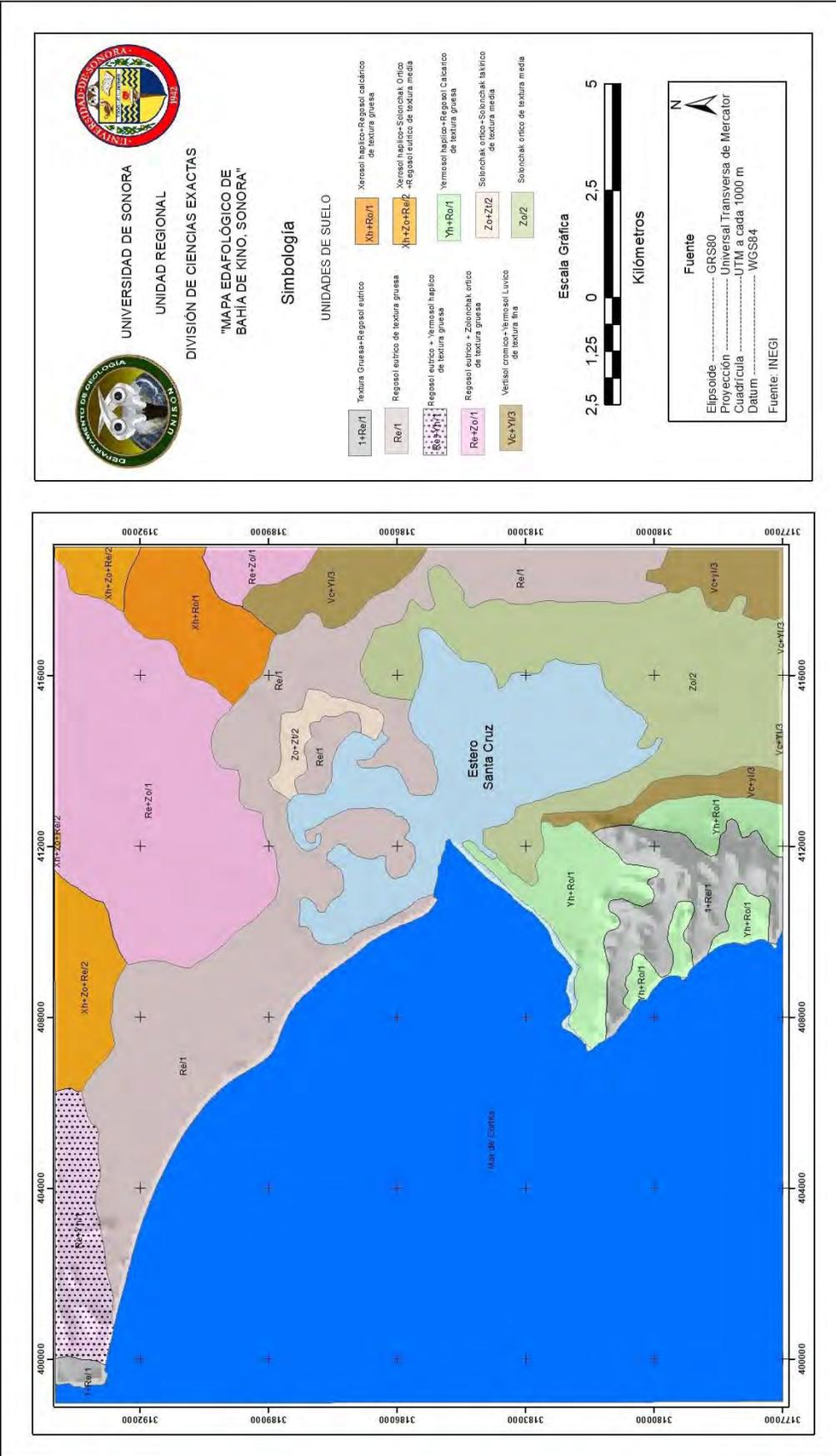


Figura 20.- Mapa Edafológico de Bahía de Kino (INEGI 2014).

Otro tipo de suelo predominante es el Solonchak ortico Zo/2 de textura media, ocupando un 15%, localizado al sureste del área, en canales de marea y planicie arenopantanosas, que se caracteriza por ser un suelo que tiene alta concentración de sales y material no consolidado.

Yermosol haplico + Regosol Calcarico Xh +Ro/1, de textura gruesa, ocupa un 10% del área, destacando por poseer un subsuelo rico en arcilla o semejante a la capa superficial, a veces salinos y son ricos en cal y nutrientes. El cual se encuentra en la cima y piedemonte de la sierra San Nicolás.

La unidad de Xerosol haplico + Regosol calcárico Xh+Zo+Re/1, abarca un 8% de la zona de estudio; por lo regular presenta una capa superficial de color claro por el bajo contenido de materia orgánica, debajo de esta capa puede haber un subsuelo rico en arcilla, o bien muy semejante a la capa superficial, en algunas ocasiones presenta a cierta profundidad aglomeraciones de cal y cristales de yeso o caliche con algún grado de dureza. Se localiza en sobre la planicie arenopantanosas, y en el cauce de algunos arroyos, el cual se encuentra ubicado en la parte NNE.

El Vertisol cromico + Yermosol Luvico Vc + Yl /3, de textura fina ocupan un 7%, que se caracteriza por ser un suelo con estructura masiva y su alto contenido de arcilla, que es expandible en húmedo, formando superficies de deslizamiento llamadas facetas y por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie. Se encuentran sobre la planicie de inundación por mare alta y cerca de los canales de marea, al E y SE del área.

Los restantes 3 tipos un 5%, entre los que se tiene: Regosol eutrico + Yermosol haplico de textura gruesa Re + Yh /1, ocupando un 2.5%, y se encuentra sobre una planicie arenosa, al NW, el Solonchak ortico + Solonchak takirico de textura media Zo + Zt/2, se presenta en suelos salinos donde se acumula el salitre, tales como lagunas costeras, abarcando el 1.5%, se encuentre al NE del estero Santa Cruz, y el Regosol eutrico de textura gruesa 1 + Re/1, con un 1%, y se encuentra en el cerro prieto.

Dentro del área se tiene también la presencia del estero Santa Cruz y algunos cuerpos de agua, así como zona urbana. (Ver figura 20).

#### **2.1.5.6 Uso de suelo y vegetación.**

De acuerdo con la carta de Uso de Suelo y Vegetación INEGI (2013) Bahía de Kino cuenta con siete tipos de vegetación, de los cuales se dividen en dos grupos que son: matorrales y vegetación hidrófila, además de tres tipos de uso de suelo (figura 21).

##### **Matorrales.**

La vegetación dominante en el área de estudio es Halófitas, la cual cubre la mayor parte de la zona de estudio. Misma que se caracteriza por crecer en suelos salinos; su distribución es tanto terrestre como el área de dunas y planicie, así como acuática ya que se encuentra en los alrededores del estero Santa Cruz.

La segunda unidad de vegetación con una extensión considerable, es la de tipo desértico Micrófilo, localizada en la porción noreste y sur del área, sobre el cerro el Cactus y en el pie de monte de la sierra San Nicolás; la cual está formada por arbustos de hoja o foliolo pequeño, así mismo en su composición se encuentran otras formas de vida como cactáceas.

La tercera unidad es Mezquital desértico, localizado al noreste de la zona de estudio, dicha vegetación está formada por arbustos, con hojas angostas, bipinnadas, compuestas, de 5 a 7,5 cm de largo y con puntas suaves, y ramas con espinas, distribuido en la planicie.

La cuarta unidad de vegetación es de tipo Sarco Crasicaule; es una comunidad vegetal con gran número de formas de vida o biotipos, entre los que destacan especies sarcocaulales (tallos gruesos carnosos) y crasicaules (tallos suculentos-jugosos). Se localiza sobre la sierra San Nicolás, la cual se encuentra al sur del área de estudio.

Por último, se tienen los matorrales Sarcocaulales; que es una vegetación caracterizada por la dominancia de arbustos de tallos carnosos, gruesos frecuentemente retorcidos y algunos con corteza papirácea. Se encuentra al noreste de la zona de estudio sobre cerros y elevaciones medias.

#### **Vegetación Hidrófila.**

La vegetación costera del Estero Santa Cruz, que se localiza en la porción central, sur y este de la zona de estudio, se encuentra rodeado por manglar y vegetación halófila-hidrófila, hasta los linderos de Kino Nuevo, donde la vegetación se transforma en matorral sarcocaulale con matorral subinermes, que colinda con matorral desértico micrófilo y subinermes que no llega a la costa.

Dentro de la zona de estudio se tienen dos tipos de uso de suelo que son: el de granjas acuícolas (camarón) ubicadas al sur y sureste, así como áreas sin vegetación que se encuentran alrededor del estero Santa Cruz y de las granjas acuícolas.

Otro tipo de vegetación que se tiene es el de Dunas costeras, identificadas sobre toda la línea de costa y al sur de la Sierra San Nicolás (figura 21).

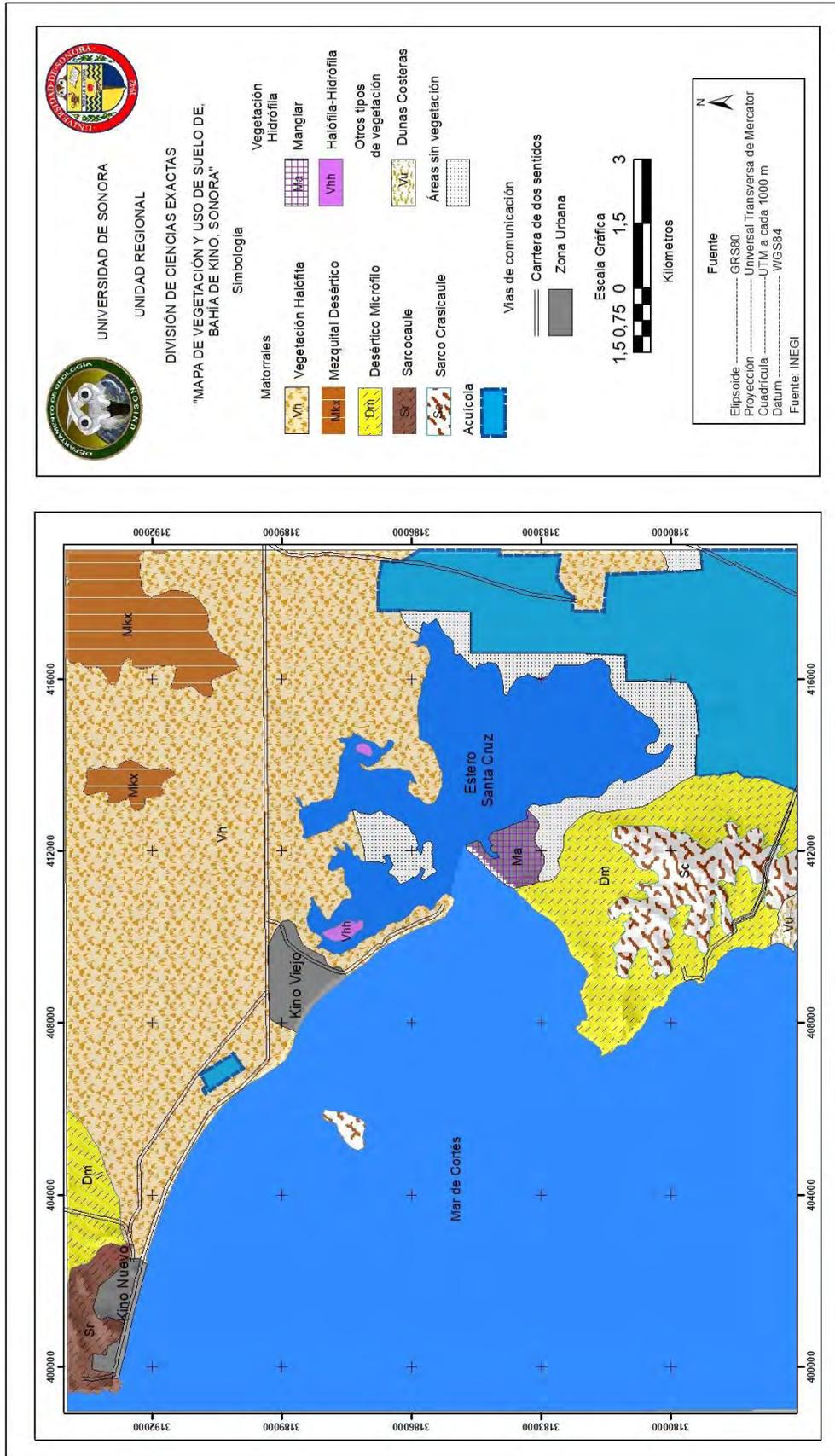


Figura 21.- Mapa de Vegetación y Uso de Suelo de Bahía de Kino. INEGI (2013).

### 2.1.6 Hidrografía.

Bahía de Kino, forma parte del municipio de Hermosillo, el cual se ubica dentro de la Región Hidrológica RH9 Sonora Sur, denominada la vertiente del Pacífico, que incluye las cuencas de los ríos Sonora, Mátape, Yaqui y Mayo (CONAGUA 2010).

El área de estudio se encuentra dentro de la cuenca del Río Sonora; la cual se encuentra situada en la porción centro-septentrional de Sonora, que tiene un área total de 28,885 km<sup>2</sup>. Hidrológicamente. (CONAGUA 2010).

De acuerdo con CONABIO 2001, el área de estudio está conformada por tres subcuencas regionales que son: El Carrizal, Río Bajo Sonora y San Miguel el Puerto de Posada (figura 22).

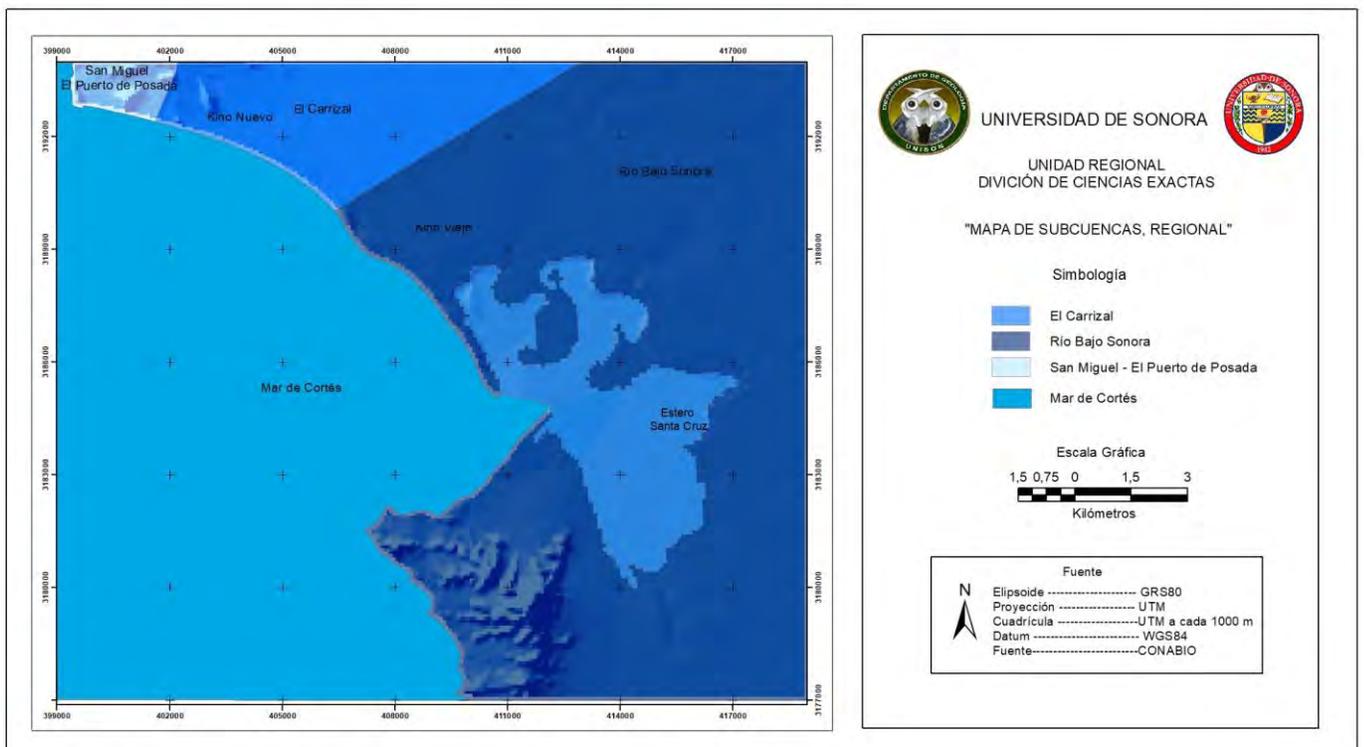


Figura 22.- Subcuencas Regionales que conforman Bahía de Kino.  
Fuente: CONABIO (2001).

### 2.1.7 Climatología.

El estado de Sonora, se caracteriza por presentar 4 tipos de clima, los cuales se encuentran distribuidos de la siguientes manera: secos desérticos, semisecos, subhúmedos y templados; de los cuales el 90% de la superficie estatal es dominada por los climas secos y semisecos, los secos se localizan a lo largo de la franja costera del Estado y región noroeste; los semisecos se localizan principalmente en la región central de la Entidad y los subhúmedos y templados en las partes altas de la Sierra occidental.

(<http://atedproductions.blogspot.mx/2010/06/sonora-y-sus-mapas.>)



Figura 23.- Distribución de los diferentes tipos de clima en el Estado de Sonora.  
(<http://atedproductions.blogspot.mx/2010/06/sonora-y-sus-mapas.html>)

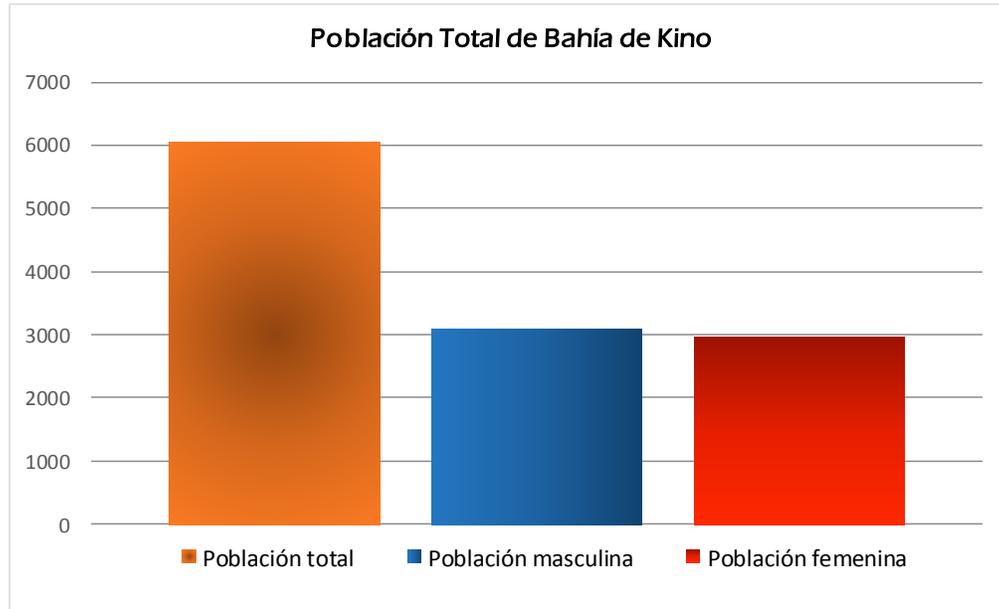
**CAPITULO III**

**LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE  
LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS  
Y DEMOGRÁFICOS DE BAHÍA DE KINO.**

### 3.0 Caracterización de los elementos Sociales, Económicos y Demográficos.

#### 3.1 Distribución y densidad de la Población.

Con base en los datos del Censo de Población y Vivienda 2014, la localidad de Bahía de Kino tiene una población total de 6,050 habitantes, de los cuales 3,073 son hombres y 2,977 son mujeres, que en porcentaje representa el 51% y 49% de composición demográfica por sexo, como se muestra en la gráfica 1.



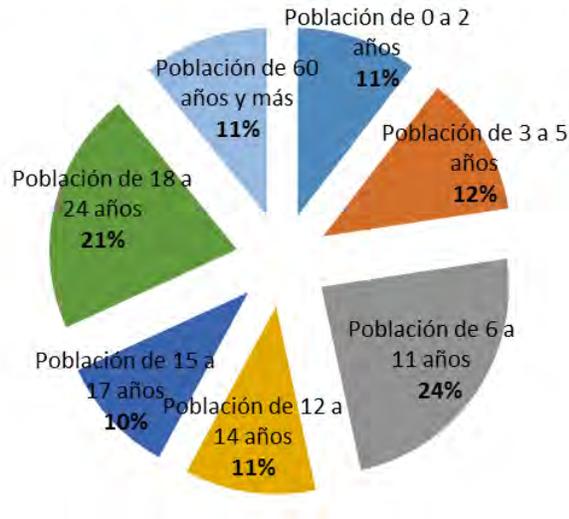
Gráfica 1.- Población Total de Bahía de Kino. Fuente (INEGI, Censo de Población y Vivienda 2014).

Esta población se encuentra distribuida en Kino Nuevo, Kino Viejo y Oasis de Kino, siendo Kino Viejo el que concentra la mayor parte de habitantes.

#### 3.2 Distribución de la población por Edad y Sexo.

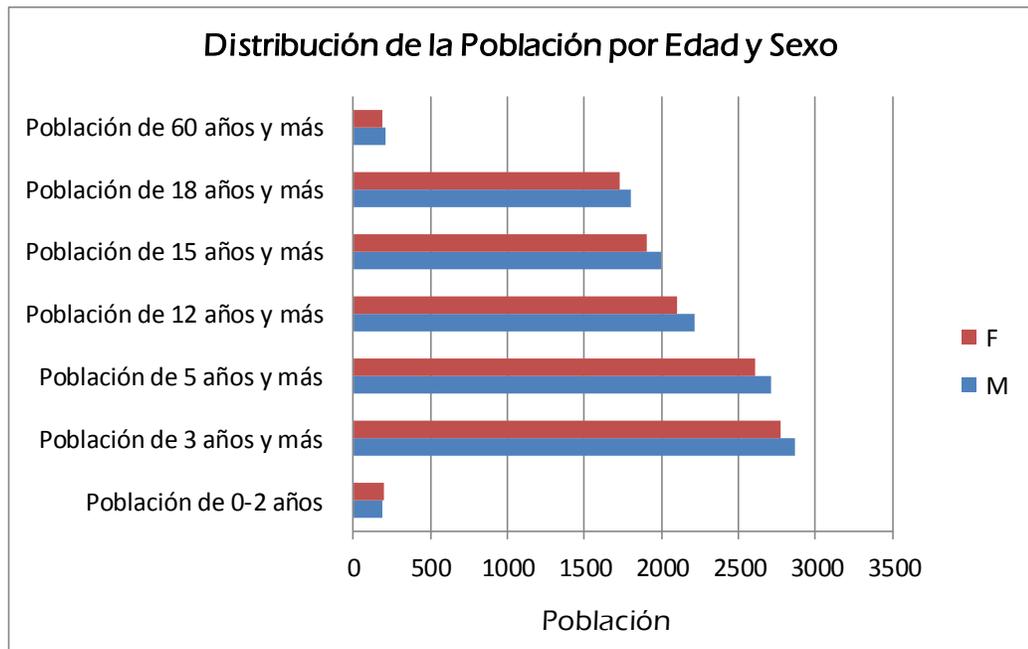
La distribución de la población por grupos de edad en Bahía de Kino es el siguiente: de 0 a 2 y 3 a 5 años representa un 11% y 12%, mientras que los grupos de 6 a 11 y de 18 a 24 años representan el 24% y 21%, indicando que la mayor parte de los habitantes que viven en Bahía de Kino son jóvenes, en contraparte la población adulta mayor de 60 y más representan solo el 11% como se muestra en la (gráfica 2).

### Distribución de la Población por Edad en Bahía de Kino



Gráfica 2.- Distribución de la Población por Edad en Bahía de Kino. Fuente (INEGI, Censo de Población y Vivienda 2014).

En la gráfica 3 de Distribución por Edad y Sexo, se aprecia que la población masculina es la que predomina en Bahía de Kino a partir de los 3 años hasta los 60 y más, pero en la actualidad se tiene que el mayor número de nacimientos son de sexo femenino, reflejándose en la población de 0-2 años.



Gráfica 3.- Distribución de la Población por Edad y Sexo en Bahía de Kino. Fuente (INEGI, Censo de Población y Vivienda 2014).

### 3.3 Educación.

La localidad de Bahía de Kino es una zona que se encuentra en vías de desarrollo y requiere de una infraestructura adecuada para poder cumplir los requerimientos de educación.

Las características educativas del área de estudio de acuerdo con (INEGI, 2014) indican que del total de la población el grado promedio de escolaridad es del 7.33 tanto para hombres como para mujeres. En cuanto al analfabetismo se tiene un 3% con respecto a la población total, es decir cerca de 206 habitantes. Los jóvenes de entre 12 y 24 años de edad que no asiste a la escuela representan el 4% siendo alrededor de 356.

La Tabla 3 muestra el total de servicios educativos (DENUE, 2016) que se tienen en Bahía de Kino, que para este caso se tiene un total de 10 planteles de servicio educativo, de los cuales 4 son para educación primaria, uno para educación especial y los restantes corresponden a los diferentes niveles educativos, además de contar solo hasta nivel medio superior.

**Tabla 3.- Infraestructura Educativa.**

Servicios educativos	Total
Escuelas de educación preescolar del sector público	1
Escuelas de educación preescolar del sector privado	1
Escuelas de educación primaria del sector público	4
Escuelas de educación secundaria técnica	1
Escuelas de educación media superior	1
Escuelas de educación para necesidades especiales	1
Otros servicios educativos	1

Fuente: INEGI, Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE 2016).

### 3.4 Vivienda.

La vivienda se asocia a las condiciones de vida de los hogares y de la población en general, proporcionando información relacionada con número de viviendas, distribución, condición de ocupación, tipo de vivienda, servicios con que cuentan y los materiales predominantes en pisos, paredes y techos de las viviendas; estos tipo de datos son importantes para el estudio de riesgos geológicos porque en base a esto se puede determinar el costo por perdida y daños ante cualquier evento.

### 3.4.1 Viviendas particulares según condición de ocupación de la vivienda.

Las viviendas por su condición de ocupación de acuerdo con (INEGI ,2014) se clasifican en ocupadas y desocupadas. De acuerdo con INEGI (DENUE, 2016), se tiene un total 3, 199 viviendas en Bahía de Kino de lo cual 1,548 no se encuentran habitadas representando un (36%) mientras que un 33% se encuentran habitadas y un 31% son de uso temporal debido a que solo se ocupan en periodos vacacionales o descanso, gran parte de estas viviendas no habitadas se localizan en Kino Nuevo (Tabla 4).

**Tabla 4.- Condición de Ocupación de las Viviendas en Bahía de Kino.**

Viviendas		Total
	Particulares	3 199
	Habitadas	1 583
	Particulares habitadas	1 461
	Particulares no habitadas	1 548
	Particulares de uso temporal	1338

Fuente: INEGI (DENUE, 2016).

### 3.4.2 Material de construcción de las viviendas

De acuerdo a la clasificación que maneja CENAPRED (2004), con respecto al tipo de material de construcción, las edificaciones de Bahía de Kino se clasificaron de la siguiente forma:

#### Tipo de Material en muros.

Del total de viviendas que se tienen en Bahía de Kino el 4% son de cartón o plástico, 9% son de láminas de cartón, 20% de madera y 50% son de mampostería con elementos de concreto (Tabla 5).

**Tabla 5.- Material en muros de vivienda.**

Tipo	Descripción
M1	Cartón o plástico
M3	Láminas de cartón
M6	Madera
M9	Mampostería con elementos de concreto

### Tipo de Material en Techos.

Los materiales predominantes en los techos descritos en La Tabla 6, que conforman las edificaciones son los siguientes:

**Tabla 6.- Material en techos de viviendas.**

Tipo	Descripción
T1	Cartón o plástico
T2	Lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
T4	Teja
T6	Losa de concreto ligada

Del total de viviendas que se tienen registradas un 0.5% cuentan con techos de cartón o plástico, el 1% son de teja, el 25% son lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada) y el 47% son de losa de concreto ligada.

Con respecto al tipo del material en pisos, 305 viviendas cuentan con piso de tierra es decir un 20%, mientras que el 80% de las viviendas tiene material diferente de tierra como: cemento, loseta, lámina asfáltica, cerámicos, y vinílicos.

Una vez que se obtuvo el tipo de material con el que están conformados tanto los techos como los muros y pisos, de acuerdo con CENAPRED (2014) se realizó la descripción de la combinación de ambos materiales obteniendo como resultado lo que se muestra en La Tabla 7.

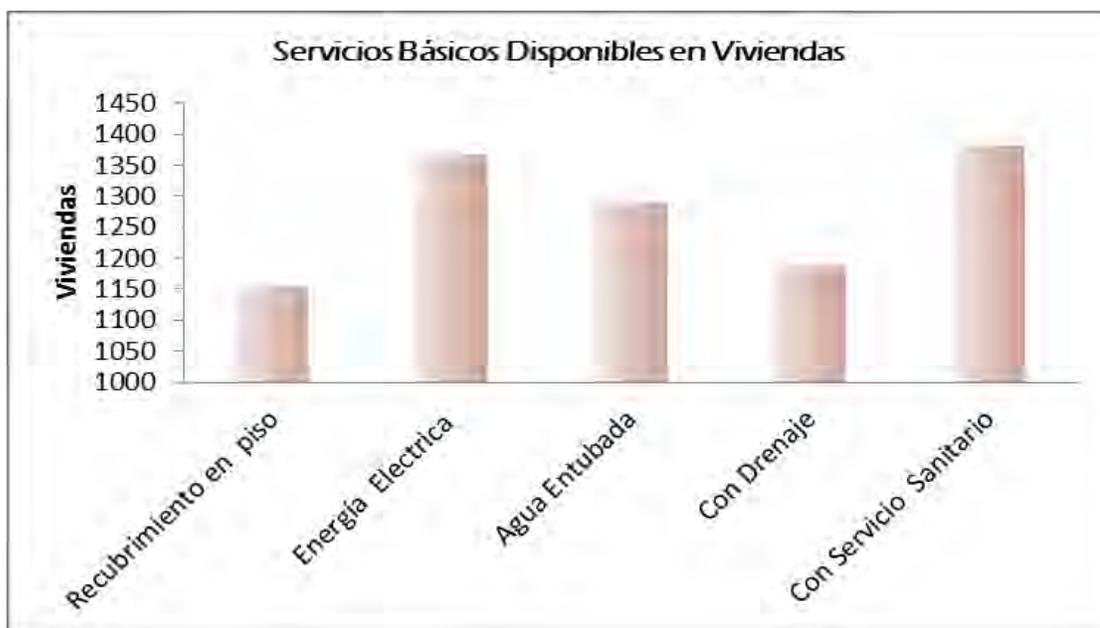
**Tabla 7.- Combinación entre tipo de material para techos y muros en Bahía de Kino.**

Combinación	Combinación entre tipo de material para techo y muros
1	Vivienda con muros de láminas de cartón y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
2	Vivienda con muros de madera y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
3	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
4	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de teja.
5	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa.

### 3.4.3 Servicios que dispone la Vivienda.

Del total de viviendas particulares habitadas, 1,154 cuentan con los tres servicios básicos que son: agua entubada, luz eléctrica y drenaje, mientras que 80 viviendas no disponen de luz eléctrica, 144 no tiene agua entubada y 230 no poseen drenaje, lo que indica que existe un 6% de viviendas que no cuentan con los servicios básicos.

En la gráfica 4 se muestra la cantidad de viviendas de Bahía de Kino que cuentan con los diferentes tipos de servicios así como la distribución de cada uno de ellos, mostrando que el servicio de drenaje y recubrimiento de pisos son los faltantes en más de la mitad de las viviendas.



Gráfica 4.- Servicios Básicos Disponibles en Viviendas de Bahía de Kino.

Sin embargo la mayor parte de viviendas particulares habitadas y de uso temporal cuentan con la disponibilidad de los servicios básicos como lo muestra La Tabla 8.

**Tabla 8.- Tipos de Servicio con los que disponen las Viviendas de Bahía de Kino.**

Viviendas		Total
	Con recubrimiento en piso	1 155
	Con energía eléctrica	1 367
	Con agua entubada	1 290
	Con drenaje	1 187
	Con servicio sanitario	1 383

Fuente: INEGI (DENUE, 2016).

## **CAPITULO IV RESULTADOS**

## 4.0 RESULTADOS.

### 4.1 Sismos.

Para el estudio de Peligro y Riesgo con respecto a la actividad sísmica se evaluaron una serie de parámetros donde se obtuvieron los siguientes resultados:

#### 4.1.1 Evaluación de Recurrencia

Para este trabajo se obtuvo la relación de tiempos de recurrencia a partir de los sismos registrados en el Golfo de California en el periodo de 1918 al 2015, que son 41 años, los cuales se encuentra dentro de las zonas sismogénicas definidas por (Ramírez 2005).

Del catálogo sísmico se ha obtenido los siguientes datos (Tabla 9).

**Tabla 9.- Clasificación de magnitudes de acuerdo a la zona I.**  
Fuente (Ramírez 2005).

Zona I	
Magnitud	N° de Sismos
3.5-4.0	28
4.0-4.5	96
4.5-5.0	39
5.0-5.5	11
5.5-6.0	10
6.0-6.5	5
6.5-7.0	4
7.0-7.5	2

Los valores de la constante a y b, se obtuvieron mediante una regresión lineal elaborada por (Ramírez, 2005) que son los siguientes.

$$a=4.5$$

$$b=0.7$$

Despejando la relación G-R:

$$N=10^{(a-bM)}$$

$$Pr= \text{Años observados} / N.$$

Se cuenta con 41 años de observaciones.

Una vez obtenidos los valores de los parámetros a y b, se realizó el cálculo para el tiempo de recurrencia, donde se obtuvo lo siguiente.

Los resultados obtenidos en La Tabla 10 indican la cantidad de sismos que se presentan cada cierto tiempo y con una magnitud específica; para este caso cerca del área de Bahía de Kíno, los sismos de mayor frecuencia, son los que tienen magnitudes de 4.0, 4.5 y 5.0 considerados como peligrosos aunque sean de baja magnitud. Por otro lado se muestra que se pueden presentar sismos de magnitud 7.0 con poca frecuencia.

**Tabla 10.-Tiempo de recurrencia, con respecto al grado de magnitud del área de estudio.**

Magnitud	n	N	Periodo de retorno (Pr)
4.00	84.00	50.12	0.49
4.50	33.00	22.39	1.24
5.00	14.00	10.00	2.93
5.50	8.00	4.47	5.13
6.00	3.00	2.00	13.67
6.50	0.00	0.89	0.00
7.00	0.00	0.40	0
7.50	0	0.18	0

El cálculo de tiempo de recurrencia con respecto al grado de magnitud (Tabla 10) y la clasificación de magnitudes (Tabla 9) permitieron realizar la clasificación de peligro sísmico en Bahía de Kíno, tomando en consideración la distancia con respecto al epicentro de los sismos que se han generado cerca de la zona en un radio que va de los 10 km a los 100 km (figura 24), a los cuales se les asigno una serie de colores en función del grado de peligro.

El área que se encuentra dentro de un radio de 10-30 km como se muestra en la figura 24, representada en color rojo indicando un alto grado de peligro, debido a su corta distancia con respecto a las zonas habitacionales, donde se tiene la presencia de sismos con magnitudes que van de los 3.0, 4.0, 5.0 y 6.0 grados en escala Richter, los cuales son considerados de magnitud baja y media, con un periodo de recurrencia continuo (figura 24), con una aceleración máxima media y alta en una distancia epicentrica de 10 a 40 km, donde la onda se desplazara rápidamente, y conforme se tenga mayor profundidad en el hipocentro y mayor distancia epicentral la onda llegara a impactar con menor fuerza.

El peligro medio está representado con una coloración naranja y amarilla, en un radio de 40-60 Km, donde se tiene la presencia de sismos con magnitudes que van de los 3.0, 4.0, 5.0 y 6.0 en escala de Richter, considerados de magnitud media y baja, con un periodo de recurrencia continuo, es decir al año se presentan alrededor de 80 sismos, con una aceleración máxima media, que de acuerdo a la escala de Mercalli tiene un agrado de intensidad leve y moderado. (figura 24).

La zona de peligro bajo está representada en una gama de colores verdes, localizada en un radio de 70-100 km, con sismos de magnitudes que van de los 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 (figura 24), con periodos de retorno frecuentes, la aceleración de la onda será menor debido a la distancia y profundidad donde se genere el sismo, por tanto en base a la escala de Mercalli el grado de intensidad será de leve a débil, donde apenas es

perceptible por algunas personas dentro de las edificaciones, especialmente en pisos altos. Muchos no lo perciben como un terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño.

#### 4.1.2 Evaluación de la Aceleración Máxima (PGA).

Aplicando la fórmula de Ramírez (2005) para la zona sismogénica I, se evaluaron magnitudes de 6.0, 6.5 y 7.5, aumentando la distancia epicentral de los sismos cada 10 km. Obteniendo los siguientes resultados (Tabla 11).

Tabla 11.- Resultados obtenidos del cálculo de aceleración máxima (PGA).

Profundidad de 18 kilómetros					
Distancia Epicéntrica en Km	Distancia Hipocentral (R)	MAG_4	MAG_5	MAG_6	MAG_7
10	1.8	0,6658645	1,09782496	1,81000737	2,98419765
20	3.6	0,28237707	0,46556109	0,76758047	1,26552625
30	5.4	0,1705944	0,28126262	0,46372366	0,76455106
40	7.2	0,11923867	0,19659134	0,32412432	0,53439066
50	9	0,09029328	0,14886845	0,24544258	0,40466641
60	10.8	0,07193323	0,11859785	0,19553479	0,32238237
70	12.6	0,05935061	0,09785262	0,16133169	0,265991
80	14.4	0,05024232	0,08283558	0,13657278	0,22517045
90	16.2	0,04337441	0,07151231	0,11790387	0,19439061
100	18	0,03802948	0,06270001	0,10337484	0,17043629

Los datos obtenidos con el cálculo de aceleración máxima (PGA), para un evento sísmico que se tenga cerca de Bahía de Kino, muestran la relación entre la magnitud y la distancia hipocentral, es decir, indican la aceleración con que viaja la onda con respecto a la distancia donde se genera el sismo, es decir, a menor distancia hipocentral y mayor magnitud la aceleración de la onda será más rápida, como se muestra en la Tabla 11 en el caso de 10 km, 20 km y 30 km de distancia epicéntrica y con 1.8 y 3.6 km de distancia hipocentral; mientras que a mayor distancia hipocentral la aceleración de la onda disminuirá la velocidad, ya que es mayor la distancia además de que disminuye su energía durante la trayectoria como lo muestran los datos de la Tabla 11, con respecto a una distancia epicéntrica de 80 km, 90 km y 100 km, y con una distancia hipocentral que va de los 14 km a los 18 km. (figura 24).

Es por ello que a menor distancia epicéntrica e hipocentral, y a mayor magnitud, la intensidad del sismo será de moderada a fuerte, mientras que a mayor distancia epicéntrica y menor magnitud, la intensidad será leve y débil.

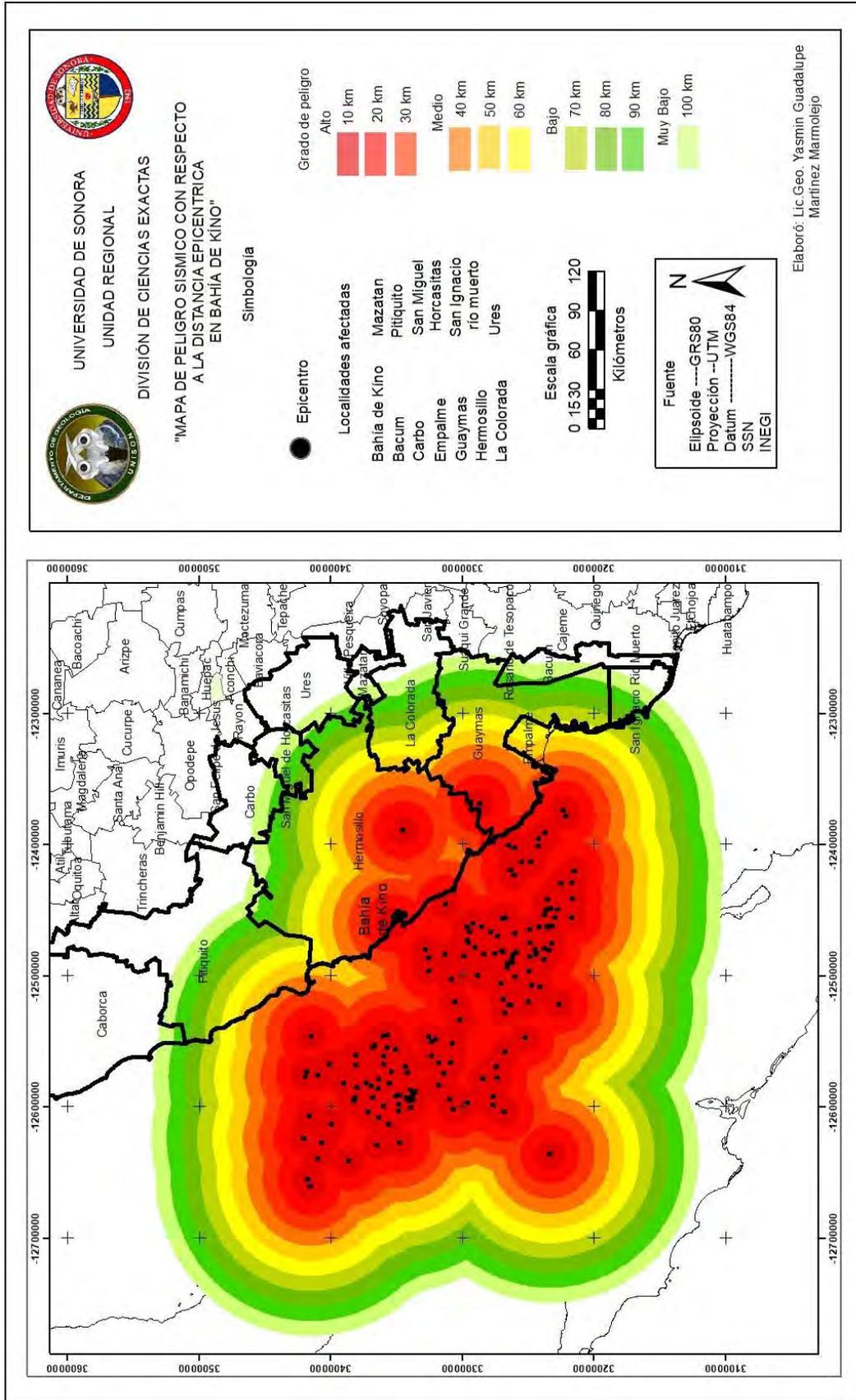


Figura 24- Mapa de Peligro Sísmico en Bahía de Kino

### 4.1.3 Conversión de PGA a intensidad de Mercalli.

Para elaborar el mapa de riesgo para el área de Bahía de Kino, es necesario convertir los datos de PGA a la escala de intensidad de Mercalli, lo cual se realiza mediante la ecuación de Trifunac y Brady (1975), que se expresa de la siguiente manera:

$$MMI=1/0.3*(\log_{10}(PGA*980)-0.014)$$

Donde:

MMI es la intensidad Modificada de Mercalli y PGA es la aceleración máxima del suelo, la cual se obtuvo anteriormente. Dando como resultado la intensidad para la zona de estudio, como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12.- Resultados obtenidos de la conversión de PGA a intensidad de Mercalli.

Distancia epicentral en Km	MAG_4	MAG_5	MAG_6	MAG_7
10	9,34	10,06	10,78	11,51
20	8,09	8,82	9,54	10,26
30	7,36	8,09	8,81	9,54
40	6,85	7,57	8,29	9,02
50	6,44	7,17	7,89	8,61
60	6,11	6,84	7,56	8,29
70	5,84	6,56	7,28	8,01
80	5,59	6,32	7,04	7,77
90	5,38	6,11	6,83	7,55
100	5,19	5,91	6,64	7,36

Los datos que se presentan en la tabla 12 indican la aceleración en Gal, lo que va a permitir evaluar la intensidad con que se van a presentar los sismos a través de los efectos y daños causados a la infraestructura del área.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 12 correspondientes a la escala de Mercalli modificada (1931), indican que para Bahía de Kino se tiene un grado de intensidad leve (III) y moderado (IV), es decir puede ser perceptible por la mayoría de personas dentro de sus edificaciones, perturbación en puertas y ventanas. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente y se tiene una sensación semejante al paso de un camión grande. Además de poder desencadenar otros tipos de peligro como: remoción en masa de los cerros que se tienen en la zona, tsunamis y licuefacción la cual se genera en las zonas donde el terreno está formado por depósitos de limo y arena poco consolidado. Este fenómeno ocurre cuando la presión del fluido contenido en los espacios intergranulares aumenta repentinamente como consecuencia de la presión inducida por el paso de ondas sísmicas, haciendo que el contacto entre los granos disminuya a tal grado que el cuerpo sedimentario llega a comportarse, por unos instantes, como un líquido denso.

Es importante no descartar la presencia de sismos de magnitud 7.0, ya que de acuerdo con los resultados de La Tabla 10 en un periodo de 13 años o mayor al mismo pueden presentarse con base a la estimación realizada de datos estadísticos, y causar daños considerables en toda la zona de Bahía de Kino y lugares aledaños, desencadenando otros tipos de peligro.

#### **4.1.4.-Mapa de Riesgo Sísmico.**

De acuerdo a los resultados obtenidos de los parámetros antes mencionados que son: evaluación de recurrencia, aceleración máxima e intensidad de Mercalli, se generó el mapa de riesgo sísmico (figura 25) para el área de Bahía de Kino, en el cual se muestra las zonas a ser afectadas en caso de presentarse este tipo de fenómeno, además de las zonas con mayor grado de vulnerabilidad.

En cuanto a la vulnerabilidad física ante la actividad sísmica, se identificó el área urbana de Kino viejo y algunas zonas habitacionales esparcidas con vulnerabilidad alta ante este tipo de fenómeno natural. La evaluación se realizó en base a las estructurales de las viviendas (tipo de material de construcción tabla 7).

En Kino viejo se identificó que la mayor parte de las construcciones el tipo de material es de baja calidad (cartón, madera, plásticos, lamina, entre otros.) las cuales fueron generadas por autoconstrucción, estas cuentan con una planta y carecen de criterios estructurales que garanticen estabilidad ante un evento de este tipo.

Una vez que se realizó el análisis de peligro y vulnerabilidad en Bahía de Kino, se identificaron las zonas de riesgo, mediante el cruce de las variables antes mencionadas. Centrándose el estudio en las áreas de Kino nuevo y Kino Viejo, ya que son los lugares donde se concentra la mayor parte de la población y el desarrollo de las actividades socio-económicas más importantes.

Para este caso la zona de estudio presenta 3 niveles de riesgo como se muestra en la figura 25, siendo éste alto, medio y bajo.

- **Riesgo Alto.** Los casos preocupantes son los habitantes de Kino Viejo ya que es donde se tiene la mayor concentración de población (80% de la población total) y fraccionamiento de Oasis de Kino ya que es donde se tienen edificaciones de baja calidad en material de construcción y carencia de criterio estructural que no garanticen la estabilidad y por consiguiente resultaría perjudicial en caso de presentarse un sismo.
- **Riesgo Medio.** En la zona centro de Kino viejo y algunas áreas al este de Kino nuevo en el fraccionamiento Oasis de Kino, ya que cuentan con viviendas baja calidad aunque no son precarias como las de la zona de alto riesgo.
- **Riesgo Bajo.** El área que es considerada de bajo riesgo es Kino Nuevo, ya que el material de construcción tiene la capacidad de resistir los efectos de este fenómeno, donde la mayor parte de la infraestructura son hoteles y departamentos.

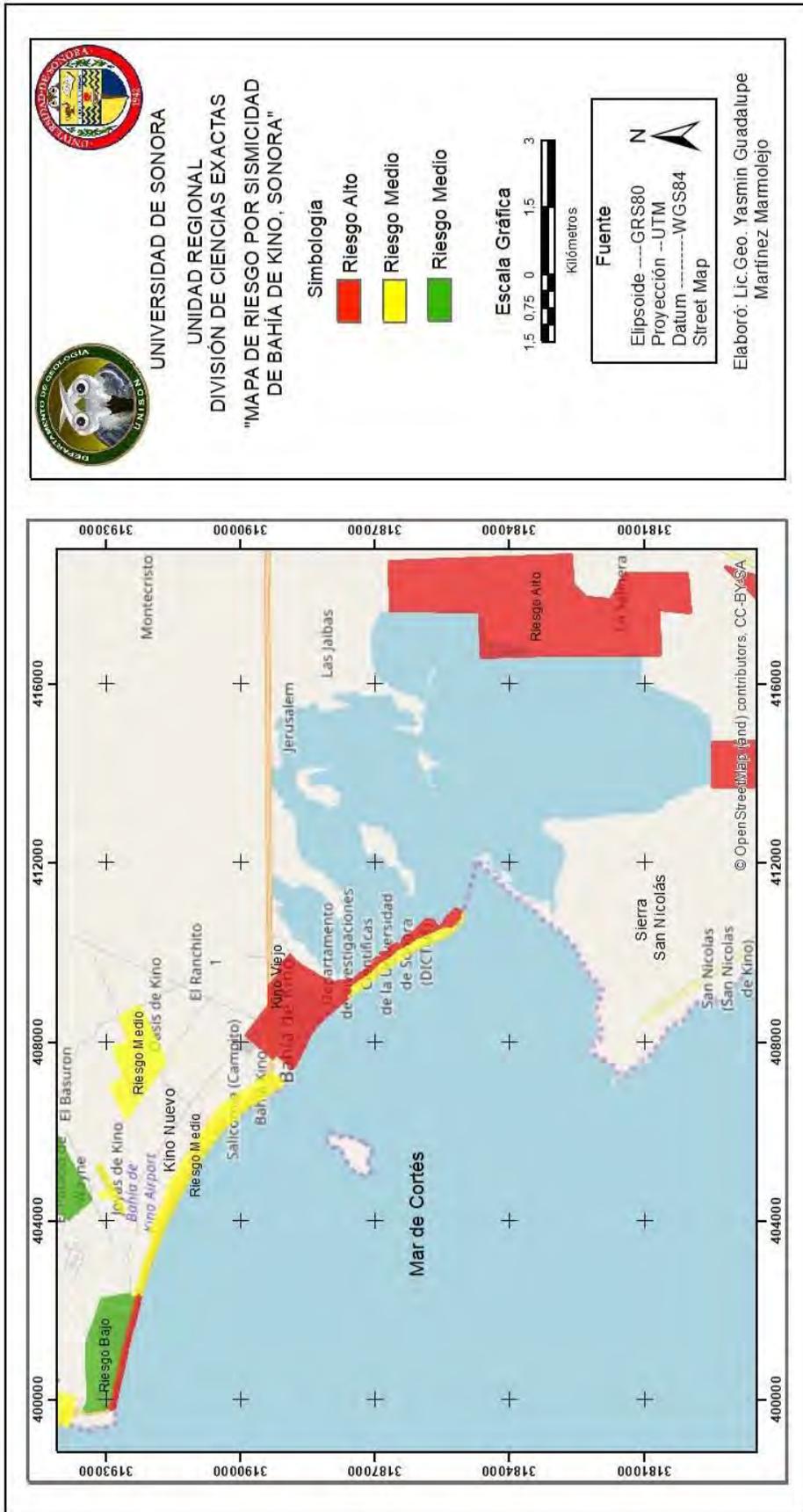


Figura 25.- Mapa de Riesgo Sísmico en Bahía de Kino

## 4.2 Tsunamis

De acuerdo con el fascículo de Tsunamis de CENAPRED (2001) y al catálogo de tsunamis ocurrido en México, indican que este tipo de fenómenos comienzan con una energía inicial extraordinaria atravesando distancias enormes, un ejemplo es el tsunami ocurrido en Chile en mayo de 1960 donde sus efectos llegaron a costas mexicanas incluida la costa de Guaymas en Sonora causando daños menores (Atlas de Empalme, Sonora, 2011). Lo que indica que se debe de considerar el arribo de Tsunamis de origen lejano, aunque no se han registrado daños considerables, pero han registrado olas de hasta 2.5 metros de altura. Hasta el momento no se tiene registro de este tipo de fenómeno en Bahía de Kino.

Para realizar el estudio de peligro y riesgo por Tsunami, se utilizó el mapa de distribución de focos sísmicos del Estado de Sonora con sus respectivas magnitudes (figura 3) y el mapa de peligro sísmico con respecto a la distancia Epicéntrica en Bahía de Kino (figura 24).

### 4.2.1.- Mapa de Peligro por Tsunamis.

Para realizar el mapa de clasificación de Peligro por Tsunamis en Bahía Kino, se establecieron tres rangos en base a la probabilidad que tiene este fenómeno de presentarse (figura 26), así como el máximo nivel esperado en caso de un tsunami de origen lejano, ya que tienen una mayor probabilidad de presentarse, aunque no se descarta que se pueda generar uno localmente. En el mapa de peligro (figura 26) se observa que más del 50% de Bahía de Kino se vería afectado por este fenómeno, la altura de las olas cubriría todo el estero Santa Cruz, Kino Viejo y parte de Kino Nuevo.

La clasificación de peligro por Tsunamis está basada en el origen y distancia donde se genera el fenómeno, para este caso se consideraron los tsunamis de origen regional, pero también de tipo local que pudieran presentarse, debido a que el área de estudio se encuentra dentro de una zona tectónicamente activa que es el Golfo de California. De acuerdo a su localización y magnitud sus efectos serían considerables e incluso algunas zonas que han sido catalogadas de peligro medio podrían pasar a ser de peligro alto, aunado al crecimiento de la población en la zona costera, por tanto no se descarta la probabilidad de que se presente este tipo de evento.

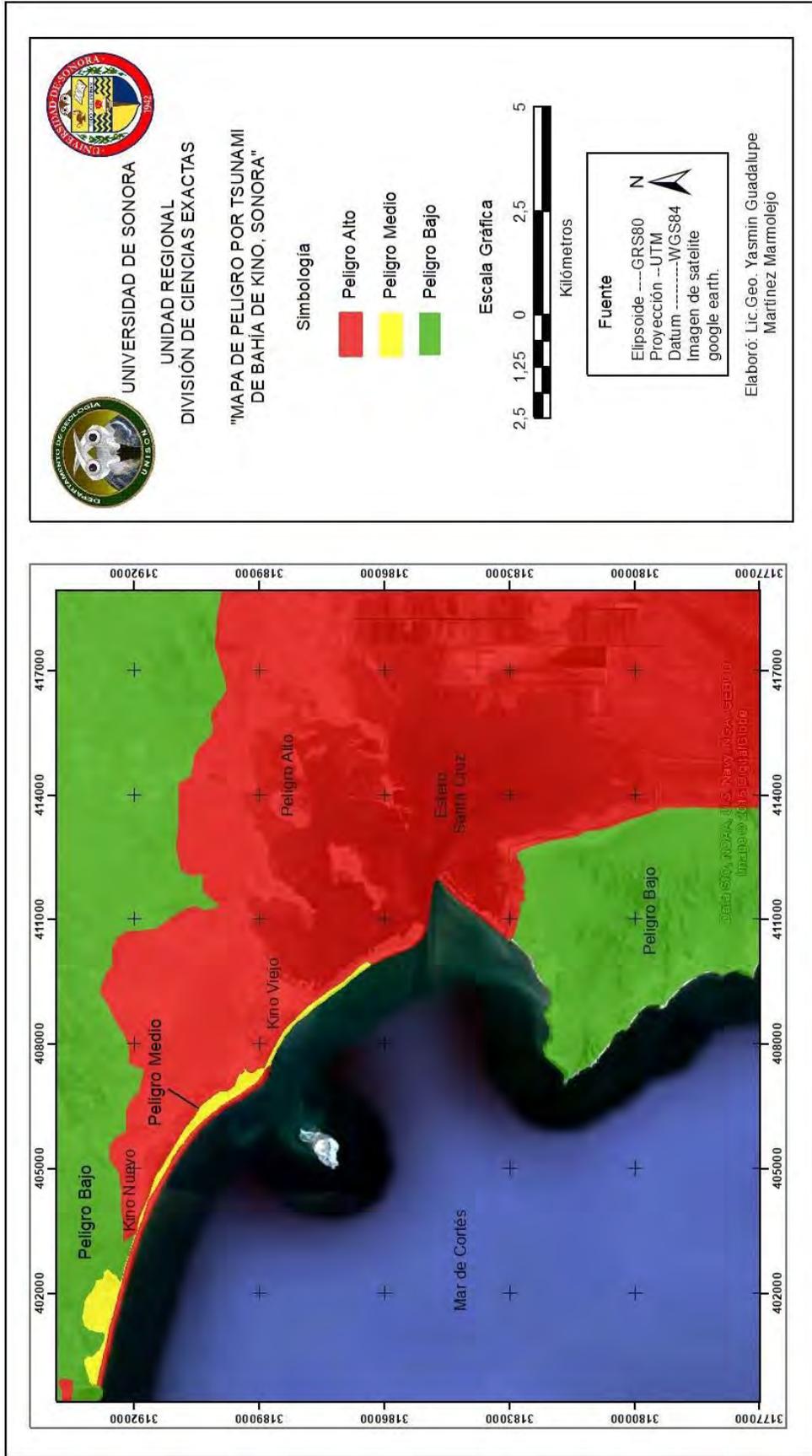


Figura 26.- Mapa de Peligro por Tsunamis en Bahía de Kino

#### 4.2.2.- Mapa de Riesgo por Tsunamis.

En La Tabla 13 se muestra la clasificación de los tres grados de riesgo con respecto a Tsunamis en Bahía de Kino, que son: alto, medio y bajo, dicha clasificación se generó a partir del análisis realizado con respecto a peligro y vulnerabilidad ante este tipo de fenómeno, considerando tanto población humana como bienes materiales y vegetación, dicha clasificación se representó espacialmente en el mapa de riesgo por Tsunami (figura 27).

**Tabla 13.- Población, vivienda e infraestructura por nivel de Riesgo por Tsunami.**

Población	Grado de Riesgo	Población afectada (aprox)	Viviendas afectadas (aprox.)	Infraestructura y áreas productivas estratégicas
Kino Viejo	Alto	1,930	2,100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salinera</li> <li>• Muelle de Kino Viejo</li> <li>• Granja camaronera</li> <li>• Carretera Hermosillo Bahía de Kino 26.</li> <li>• Palapas, restaurantes</li> <li>• Vegetación Halófitas</li> </ul>
Kino Nuevo (Oasis de Kino)	Medio	80	380	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avenida mar de Cortés</li> <li>• Zona hotelera</li> <li>• Departamentos</li> <li>• Viviendas.</li> </ul>
	Bajo	55	633	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avenida mar de Cortés</li> <li>• Conjunto de viviendas Kino Nuevo</li> <li>• Zona hotelera</li> <li>• Departamentos</li> <li>• Aeropuerto</li> </ul>

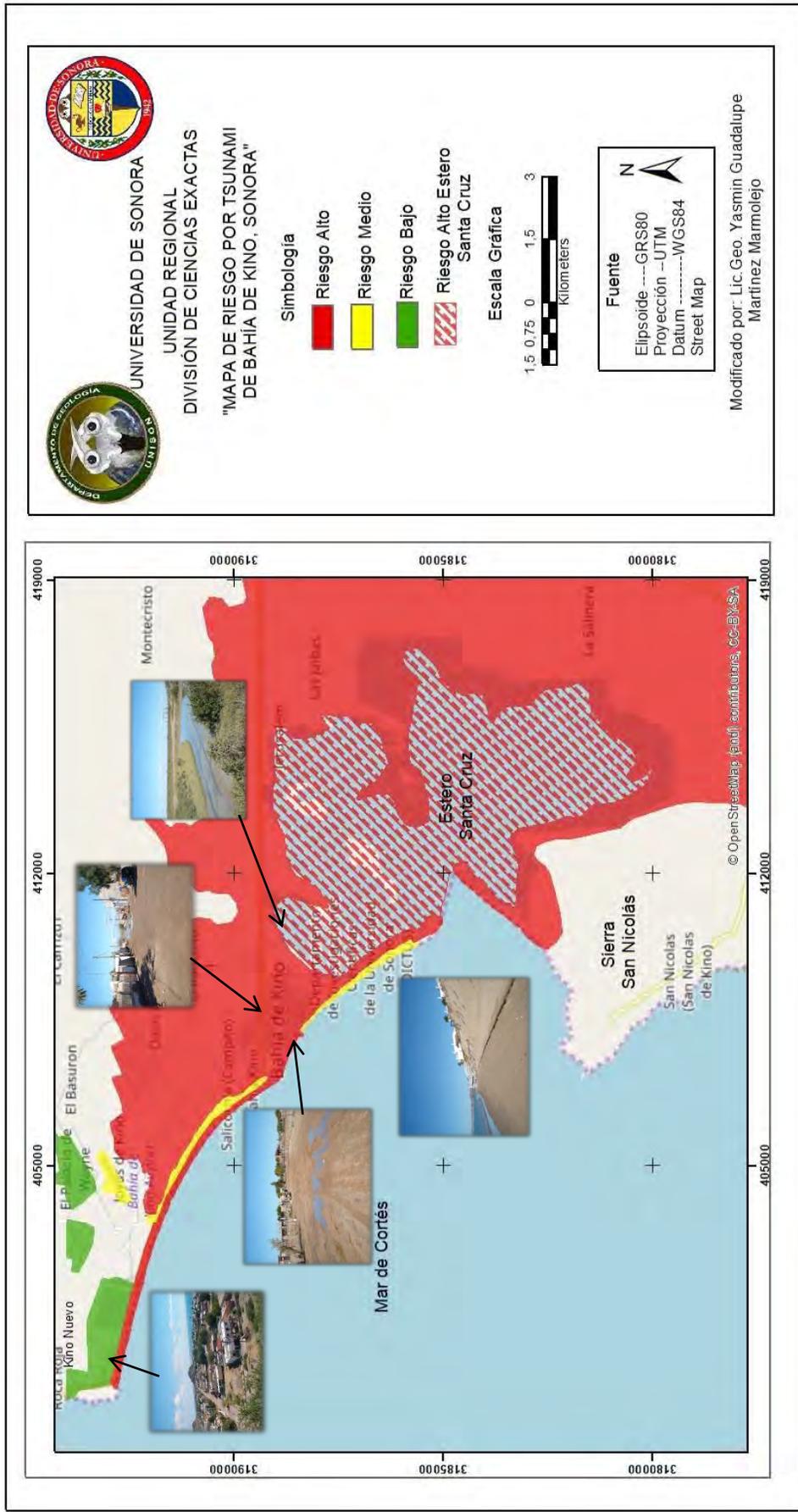


Figura 27.- Mapa de Riesgo por Tsunami en Bahía de Kino.

Zona de Riesgo Alto: Estero Santa Cruz, Kino viejo (condominios Paraíso, colonia el Paraíso, centro de investigación DICTUS), La salinera y campos de actividad acuícola San Nicolás ubicados al sur del área de estudio, así como parte de la zona norte, específicamente las edificaciones que se encuentran a la orilla de la playa, los lugares antes mencionados tiene una altura menor a los 2 m.s.n.m., ubicándolas como áreas de impacto en caso de la presencia de un tsunami de origen lejano; pero si llega a presentarse un tsunami local se podrían rebasar los 2 m, alcanzando los 4 m dependiendo de la distancia y magnitud.

Las áreas antes mencionadas presentarían mayor afectación tanto en infraestructura, población, actividades económicas y vegetación, es importante considerar que es la zona donde se concentra la mayor parte de la población y viviendas. (Tabla 13).

Con respecto a la vulnerabilidad física de las edificaciones se considera como alta, ya que las viviendas carecen de material e infraestructura adecuada, en general situación precaria.

Zona de Riesgo Medio: Kino Nuevo, se considera con este grado de peligro debido a que se tiene la presencia de una barra de arena con una altura de 5 y 6 metros, que es un elemento natural que sirve como barrera en caso de la llegada de un tsunami, pero conforme avanza hacia el norte la barra va disminuyendo su altura, sin embargo algunas zonas habitacionales que se ubican al norte están a un altura de 4 m, cerca de cerros.

En cuanto a la vulnerabilidad física se considera media y alta, ya que la mayor parte de las edificaciones son hoteles y departamentos, con un material de construcción relativamente resistente (figura 27).

Zona de Riesgo Bajo: Kino Nuevo y Oasis de Kino (figura 27), son áreas que presentan menos probabilidad a ser afectadas por un tsunami, ya que se encuentran protegidas por la barra de arena, que sirve como barrera natural, otro factor importante es la altura ya que se encuentran a una altura mayor a 3 m.s.n.m. Algunas zonas habitacionales de Kino Nuevo se encuentran en una franja que va de los 3 a los 7 m.s.n.m., las cuales se encuentran alrededor de los cerros La pila y la Cruz.

Los lugares antes mencionados en general presentan una vulnerabilidad física baja, ya que la mayor parte de la infraestructura son hoteles, departamentos y algunos conjuntos habitacionales, con una calidad de construcción buena.

Otro fenómeno que puede ser generado por la actividad sísmica es la Licuefacción, especialmente es la zona de estudio debido a que se tiene suelo granulosos, como arenas sedimentarias, donde el material no consolidado perderá su resistencia al esfuerzo cortante a causa de una vibración intensa y rápida, generando hundimiento y derrumbe de infraestructuras, el cual causaría grandes daños tanto en Kino Viejo como en Kino Nuevo,

### 4.3 Procesos de Remoción en masa o procesos de ladera.

Para llevar a cabo el estudio de Riesgo por Procesos de Remoción en Masa, fue necesario generar y emplear los siguientes mapas temático, debido a que solo se contaba con algunos en escala 1:50,000 o mayor, lo cual no es factible para este tipo de estudio, dado que la escala es menor.

- Mapa topográfico (figura 17)
- Mapa Geológico (figura 18)
- Modelo Digital de Elevación (figura 28)
- Mapa de Pendientes (figura 29)
- Mapa Geomorfológico (figura 30)
- Mapa estructural (figura 31)

#### 4.3.1 Modelo Digital de Elevación.

El modelo digital de elevación es una representación gráfica y visual, con el objetivo de percibir a un a escala determinada un objeto real, dicho modelo se generó con curvas de nivel a cada metro, el cual permitió conocer la altura que se tiene en el área y poder identificar las diferentes geformas que integran la zona de estudio, así como su orientación y distribución. (figura 28).

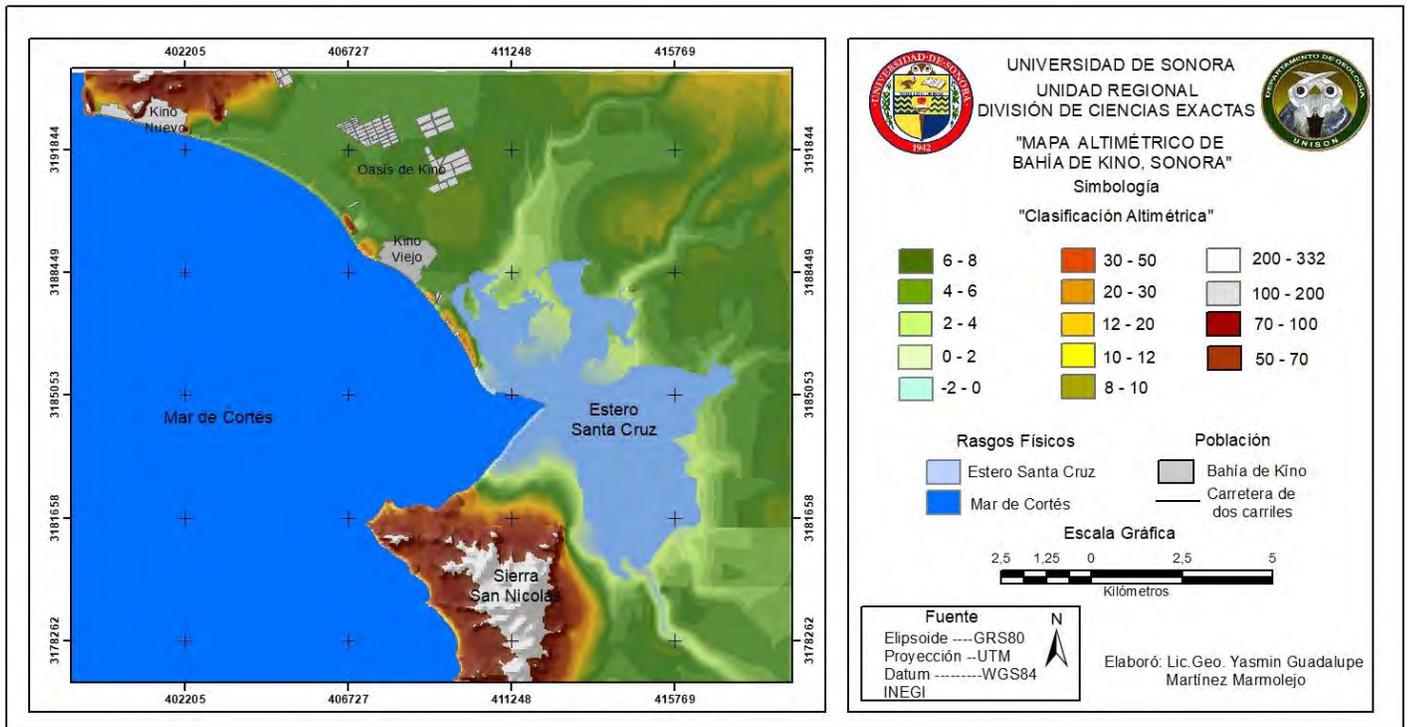


Figura 28.- Modelo Digital de Elevación en Bahía de Kino.

#### 4.3.2 Mapa de Pendientes.

El mapa de pendientes permitió identificar de manera sencilla áreas, que tienen la misma inclinación con respecto a una horizontal, de tal forma que se logra distinguir secciones escarpadas de laderas montañosas o con poca inclinación.

La coloración del mapa (figura 29) está en función de la clasificación del grado de pendiente. El color verde, presenta pendientes que van de 0°-3°, identificándose geoformas como planicie fluvial, planicie eólica y arena pantanosa (estero Santa Cruz), que son secciones caracterizadas por el aumento de actividad de depositación o disminución erosiva.

Las áreas de color verde claro, representan pendientes que van de los 3° a los 9°, muestran un morfología suave, algunas de ellas son resultado de materiales depositados, provenientes de las áreas de mayor elevación que han sido removidas por erosión areal, algunos otros depósitos de materiales son producto los agentes exógenos agua, viento y vegetación.

El color amarillo, es uno de los colores predominantes dentro del área de estudio, con una pendiente que va de los 9° a los 12°, donde la morfología más común es pie de monte inferior y valles en montañas medias, en las cuales se tiene actividad de depositación y erosión; entre los materiales que conforman estas zonas, se pueden encontrar partículas detríticas y fragmentos de roca que han reptado de las zonas elevadas, el tipo de material predominante es sedimentario, por tanto la hace más susceptible a la erosión y a la inestabilidad. (Ver figura 29).

El color rojo claro, representa pendientes mayores de 45°, localizadas en laderas cóncavas y convexas. Esta sección marca las zonas de mayor susceptibilidad a la erosión areal, donde se deja al descubierto la roca madre, causada por la meteorización que comienza a formar diaclasas, además de que dejan al descubierto zonas escarpadas, en las cuales existe un alto índice de erodabilidad de los materiales a causa de la erosión lineal de los cauces, la falta de vegetación es otro factor, pero sobretodo se pueden apreciar estructuras de origen tectónico como sistemas lineales. (Ver figura 29).

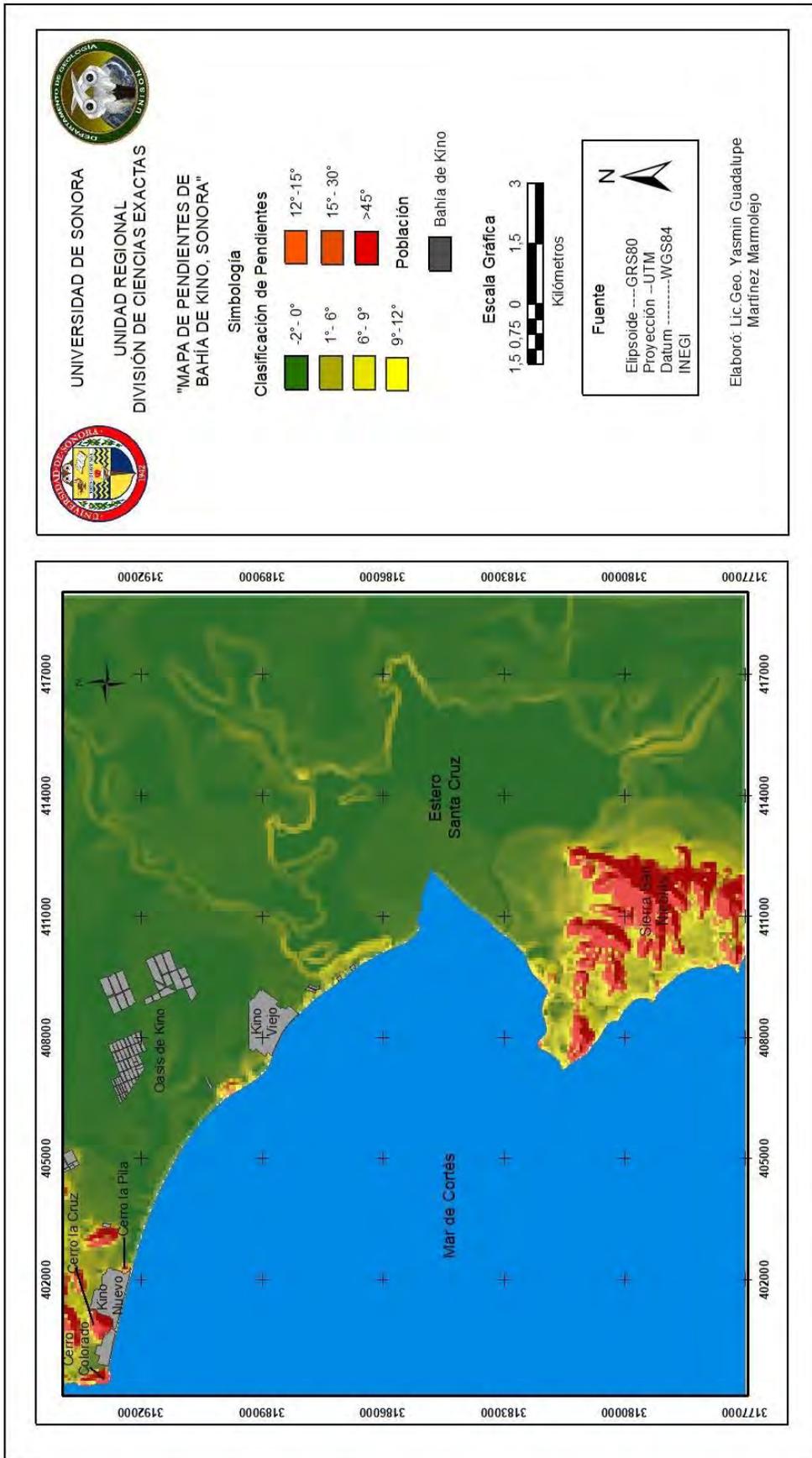


Figura 29.- Mapa de Pendientes de Bahía de Kino.

### 4.3.3 Mapa Geomorfológico.

#### Unidades Geomorfológicas.

Para el área de Bahía de Kino se obtuvieron 6 unidades geomorfológicas de las cuales se tienen 19 subunidades (figura 30), que son las siguientes:

#### *1.-Unidades Morfológicas de origen Volcánico-Estructural.*

1.1.- Sierra. Se localiza al sur de Kino Viejo, la cual está formada de (KsT pa Gr-Gd) granito-granodiorita.

1.2.- Lomerío:

Lomerío medio de granodiorita.

Lomerío medio de Andesita

Lomerío medio de toba y conglomerado

Lomerío bajo de andesita-basalto

Lomerío bajo de granodiorita

Los lomeríos medios y bajos se localizan distribuidos al noroeste del área de estudio, conformados por diferentes de tipos de material volcánico.

1.3.- Pie de monte. Esta unidad conforma el margen montañoso de la Sierra San Nicolás, ubicada al sur de Kino Viejo.

#### *2.- Unidades morfológicas Acumulativas.*

2.1.- Planicie de inundación: Esta subunidad predomina en toda el área de estudio, es una forma de terreno compuesta de material depositado no consolidado, derivado de sedimentos, los cuales son transportados por ríos. Además de ser una zona propensa a inundaciones periódicas.

2.2.- Planicie de inundación por canales de marea: Esta subunidad se localiza al sur del Kino Viejo formando parte del estero Santa Cruz, formada por sedimentos detríticos (arcillas, limos y arenas), resultado de la deposición de sedimentos estuarios, arcillas y detritus de animales marinos. La cual se desarrolló en los tramos de costa donde la energía del oleaje es relativamente baja y donde el rango mareal es de moderado a alto.

2.3.- Planicie de inundación estacional Urbana: Subunidad localizada en Kino Viejo, se caracteriza por no tener salida fluvial hacia el mar. Cuando se presentan precipitaciones considerables se genera una concentración considerable de agua la cual permanece allí por varias semanas o meses, abandonando este sistema únicamente por infiltración o evaporación.

2.4.- Planicie areno-pantanosas: Se localiza al sur de Kino Viejo en el estero Santa Cruz, es poco profunda generalmente permanece inundada la mayor parte de todo el año, tiene vegetación acuática densa y está sujeta a las variaciones estacionales.

#### *3.-Unidad Morfológica de Litoral.*

3.1.- Acantilado: Esta subunidad se localiza al noroeste de la zona de estudio en el cerro rojo, el cual está formado de Andesita-Basalto (Tvu), donde se tiene la presencia de paredes verticales y abruptas que se sitúan en la línea de costa por la erosión del mar sobre

la parte inferior de la estructura provocando la caída del material hasta dar origen a ese tipo de morfología.

3.2.- Playa de arena: Esta subunidad se encuentra a lo largo de Bahía de Kino de norte a sur, la cual está formada por depósitos de sedimentos no consolidados principalmente arena y en algunas zonas se tiene presencia de grava.

3.3.- Barra de Arena: Se localiza a lo largo de Kino Nuevo y Kino Viejo, su morfología es alargada y lineal compuesta de arena.

3.4.- Canales de Marea: Es un sistema interconectado de canales que se tiene en el estero Santa Cruz, los cuales se van llenando a medida que la marea va subiendo, hasta que rebasa el borde de los canales y se inunda la superficie adyacente.

#### ***4.-Unidad Morfológica Lacustre Endorréica***

4.1.- Área endorréica; playa; encharcamiento temporal: Este tipo de subunidad se tiene distribuida en el norte y centro del área de estudio, que se caracteriza por no tener salida fluvial hacia el océano. Cualquier precipitación genera una concentración considerable de agua permaneciendo por varias semanas o meses, abandonado este sistema únicamente por infiltración o evaporación, contribuyendo la concentración de sales.

#### ***5.-Unidad Morfológica de origen Eólico:***

5.1.- Duna tipo Nebka con vegetación (estabilizadas): Son aquellas originadas por el obstáculo que la vegetación u otra barrera oponen al viento. Tienen un contorno en flecha y a veces alargado en la dirección del viento. Las cuales se encuentran distribuidas en toda el área de estudio y a lo largo de la barra de arena que se encuentra en Kino Viejo.

5.2.- Dunas trasversales (móviles): Son aquellas que forman un conjunto de largas crestas orientadas perpendicularmente respecto de la dirección predominante del viento, y separadas por pasillos o depresiones interdunarias. Estas dunas pueden presentar un aspecto de crestas barjanoideas, en forma de alineaciones onduladas de perfil festoneado y perpendiculares a la dirección del viento dominante.

[http://www7.uc.cl/sw\\_educ/geografia/geomorfologia/html/5\\_2\\_3.html](http://www7.uc.cl/sw_educ/geografia/geomorfologia/html/5_2_3.html).

#### ***6.- Unidades Morfológicas Antrópicas.***

6.1.- Salina.- Esta subunidad se encuentra al sur de Kino Viejo, al este de la Sierra San Nicolás, es una salina costera que aprovecha el terreno llano a nivel del mar normalmente marismas, de forma que las parcelas se construyen mediante pequeños muros de tierra que separan unas de otras y de los canales por los que llega el agua de mar, dejando que las parcelas se inunden abriendo la compuerta durante una marea alta. Por tanto es una zona donde se deja evaporar agua salada, para dejar solo la sal, poder secarla y recogerla para su venta.

6.2.- Planicie Antrópica. Se localiza en Kino Nuevo y Kino Viejo, presenta amanzanamiento y cuentan con algunos servicios públicos.

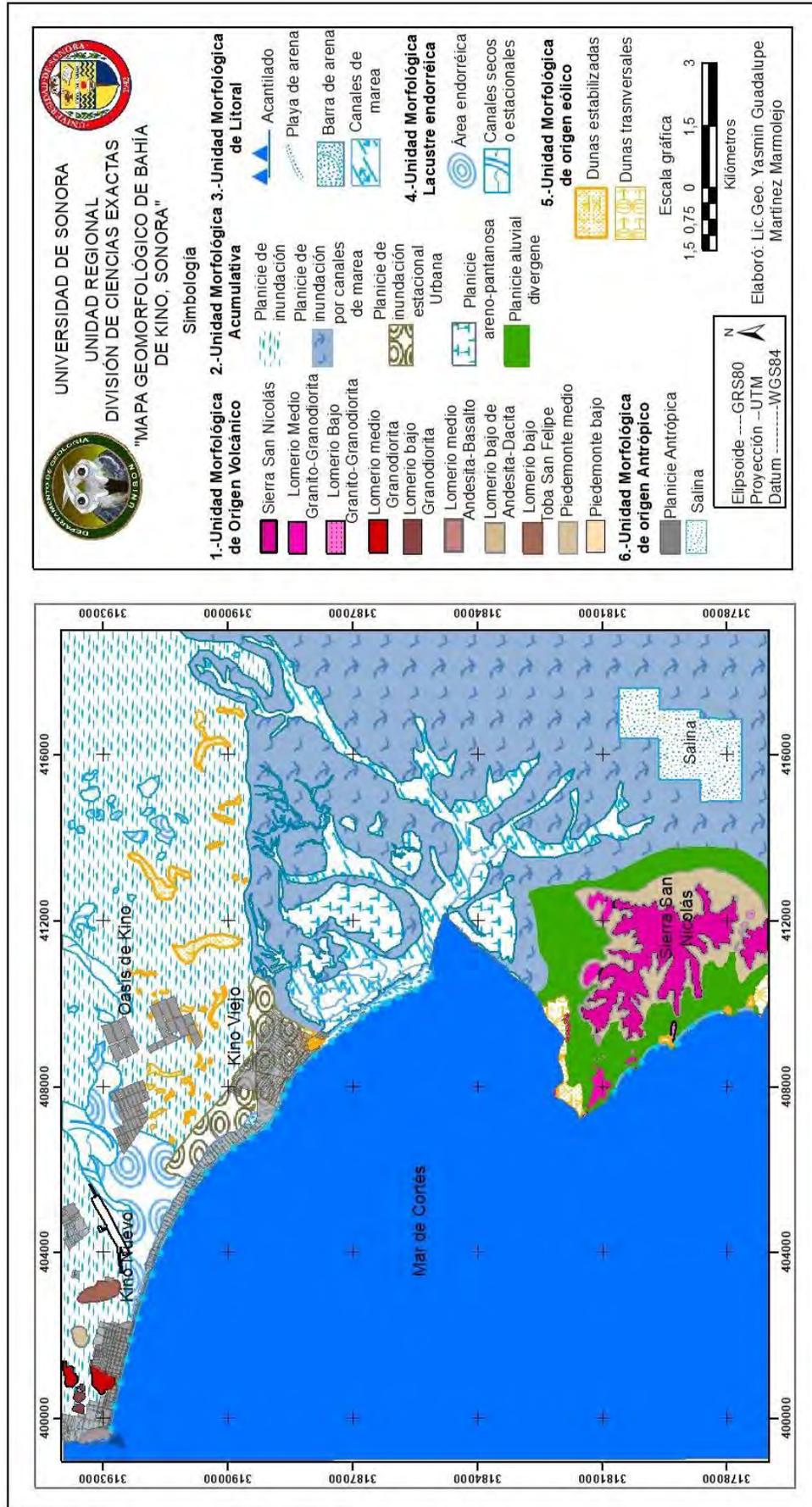


Figura 30.- Mapa Geomorfológico de Bahía de Kino.

#### 4.3.4 Caracterización Estructural de Bahía de Kino.

Para realizar el estudio de procesos de remoción en masa, se consideraron los datos estructurales obtenidos en campo y gabinete, los cuales permitieron complementar el mapa estructural del área, como se muestra en la figura 28, donde a su vez sirvieron para la generación del diagrama de rosas, para representar las direcciones preferenciales de las fallas (figura 31).

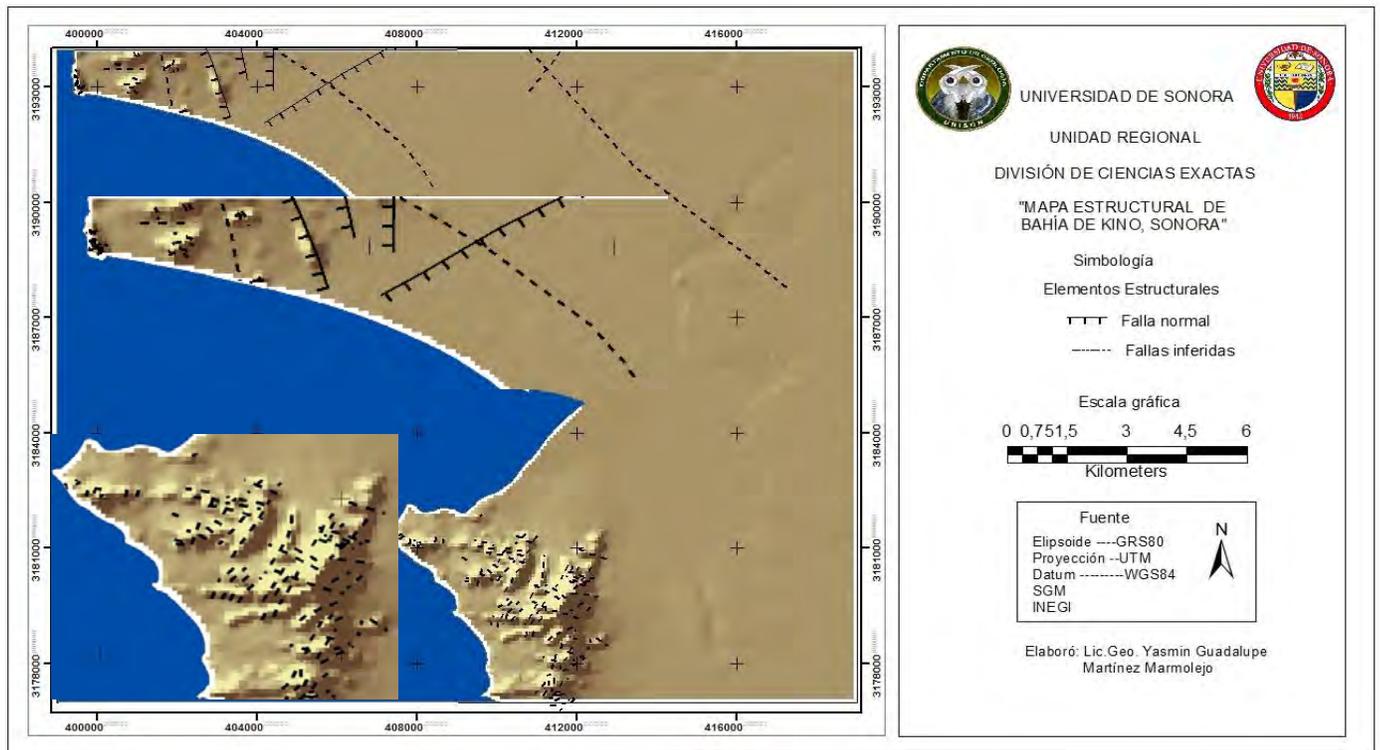


Figura 31.- Mapa Estructural de Bahía de Kino

Este tipo de mapa muestra los principales rasgos geológicos-estructurales que se manifiestan en Bahía de Kino, los cuales están directamente relacionados a procesos ocurridos con la apertura de golfo de California que se caracteriza por:

- La presencia de fallas normales con dirección N-S, NE-SW y NW-SE.
- Fallas transformantes con dirección NW-SE.
- Zonas de extensión.

Los datos estructurales obtenidos en campo de Bahía de Kino fueron representados en el diagrama de rosas, el cual muestra que dentro del área se tienen dos grupos de familias de fallas (figura 32), el primer grupo está conformado por fallas con dirección N-NE y el segundo grupo NW-W, de las cuales la mayor parte se concentra en un rango principal del 5% y 10%, con rumbos que van de los 10° hasta los 30° en dirección N-NE y NW-W.

Este tipo de mapa muestra los principales rasgos geológicos-estructurales que se manifiestan en Bahía de Kino, los cuales están directamente relacionados a procesos ocurridos con la apertura de golfo de California que se caracteriza por:

- La presencia de fallas normales con dirección N-S, NE-SW y NW-SE.
- Fallas transformantes con dirección NW-SE.
- Zonas de extensión.

Los datos estructurales obtenidos en campo de Bahía de Kino fueron representados en el diagrama de rosas, el cual muestra que dentro del área se tienen dos grupos de familias de Fallas (figura 29), el primer grupo está conformado por fallas con dirección N-NE y el segundo grupo NW-W, de las cuales la mayor parte se concentra en un rango principal del 5% y 10%, con rumbos que van de los 10° hasta los 30° en dirección N-NE y NW-W.

Manifestando que el primer grupo de familia de lineamientos es el dominante, con dirección N-NE, siendo esta la tendencia de dirección principal del sistema de fallas que se encuentran en el área.

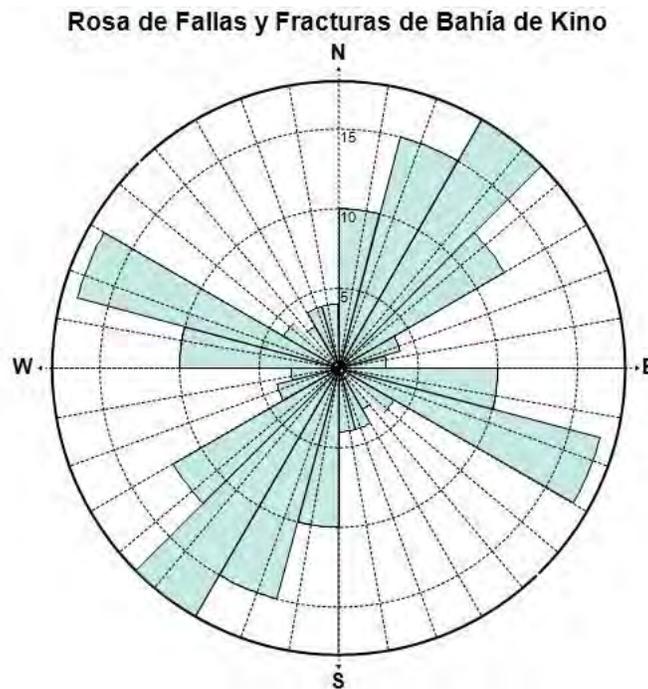


Figura 32.- Rosa de Fallas y Fracturas de Bahía de Kino.

### 4.3. 5 Representación de datos estructurales de los sistemas de fallas y fracturas en la Red de Wulff de los Cerros: La Pila, Colorado y La Cruz.

#### 4.3. 5.1 Red de Wulff del sistema de fallas y fracturas del Cerro la Pila.

El cerro La Pila de acuerdo con (Córdova F. de A., 1988), geomorfológicamente es un lomerío bajo (figura 30), producto de la tectónica cuaternaria, su morfología es semiredondeada, con una altura de 40 m.s.n.m.

Geológicamente está formado por material volcánico de tipo Andesita-Dacita (figura 18), que es una roca ígnea ácida de grano fino, moderadamente dura. Cuenta con una vegetación escasa de tipo arbustiva y con un suelo Regosol eútrico Re/1 de textura gruesa débilmente desarrollado.

El grado de pendiente que presentan las laderas de este lomerío van de los 10° a los 45°, donde la mayor pendiente se tiene en las laderas N, S y E (figura 29), las cuales presentan procesos de denudación y acumulación por el porcentaje de inclinación, donde las rocas de mayor peso y tamaño se deslizan con mayor facilidad, hasta llegar a pendientes donde exista una menor fricción, además de que el suelo puede reptar con mayor facilidad, por su poca profundidad y la falta de vegetación.

Con los datos estructurales obtenidos en campo respecto al fracturamiento de las rocas que pudieran favorecer la existencia de procesos de remoción en el cerro la Pila, se realizó un análisis estadístico, los cuales fueron representados en un Diagrama de Wulff y Schmidt (figura 33).

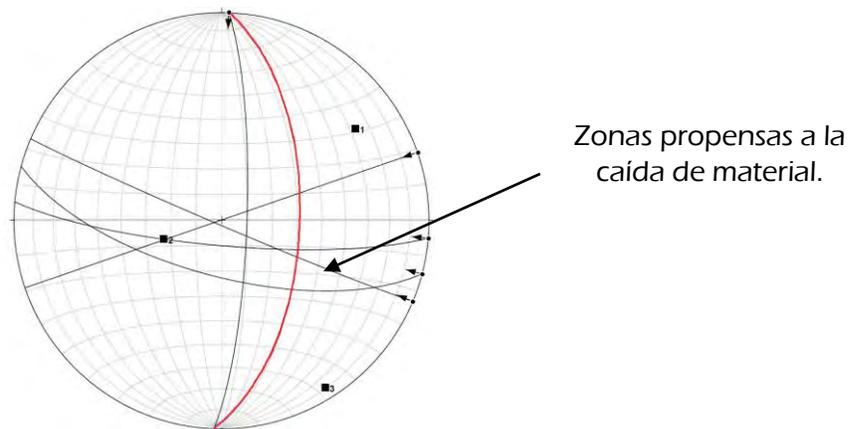


Figura 33.- Red de Wulff, del sistema de fallas y fracturas en el Cerro la Pila.

En la Red de Wulff (figura 33) se representa la distribución preferencial de las familias de lineamientos que se tienen en el cerro la Pila; para este caso la dirección dominante es NEE-SW, E-W y SE-NW. Mostrando que el plano de deslizamiento es NE, SE y SW, debido a que se tiene el mayor número de intersecciones de lineamientos, por consiguiente hace que sea favorable la caída, de bloques en esa dirección.

#### 4.3. 5. 2 Red de Wulff del sistema de fallas y fracturas Cerro la Cruz.

El cerro la Cruz es un afloramiento formado por roca intrusiva de tipo ácida que es una granodiorita de grano grueso (figura 18), moderadamente dura. Geomorfológicamente es un lomerío alto, de origen endógeno con una altura de 108 metros (figura 30).

Cuenta con vegetación de tipo arbustiva de tallos gruesos y un tipo de suelo Regosol eutrítico Re/1 (figura 20) de textura gruesa débilmente desarrollado. Presenta pendientes que van de los 20° a más de 45°, las laderas de mayor pendiente se ubican en la zona S, SE y SW, lo que facilita el deslizamiento de material, haciendo que las rocas de mayor peso y tamaño se deslicen con mayor facilidad, hasta llegar a pendientes donde exista menor fricción.

Con respecto al grado de fracturamiento en el cerro la Cruz, se graficó en el diagrama de Wulff los datos obtenidos en campo, que permitieron identificar las zonas de mayor esfuerzo, propicias a la caída de material. (figura 34).

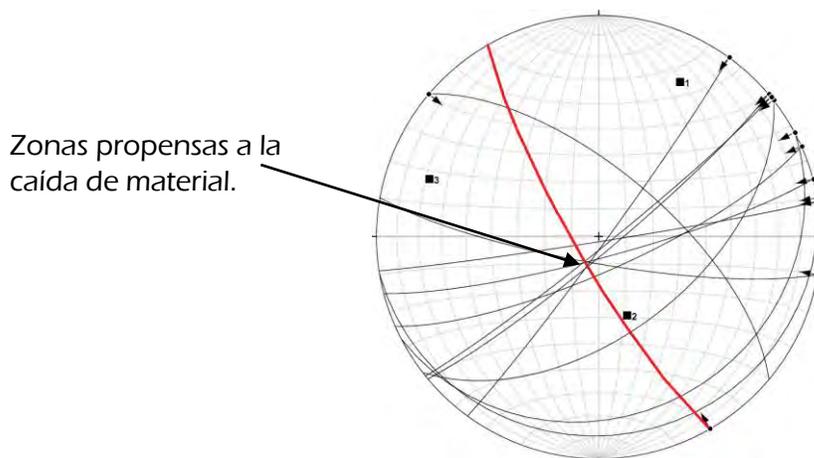


Figura 34.- Red de Wulff del sistema de fallas y fracturas del Cerro la Cruz.

La familia de lineamientos dominante tiene una dirección NE-SW y NNE-SWW, las cuales cortan a otras fracturas que tienen una dirección NW-SE. Por tanto el plano de deslizamiento tiene una dirección S, SW y SE, puesto que es la zona con mayor cizallamiento que concentra el máximo esfuerzo, siendo un lugar factible para favorecer la caída de material rocoso. (figura 34).

#### 4.3.5 3 Red de Wulff del sistema de fallas y fracturas Cerro Colorado.

El cerro Colorado se caracteriza por presentar una morfología alargada hacia el noroeste, geomorfológicamente es clasificado como un lomerío medio (figura 30), cuenta con una altura de 96 m.s.n.m. Está formado de material ígneo de tipo ácido y básico que son Toba Riolítica (TR-R) y Basalto (Tplm B), de grano fino (figura 18).

Su edafología está conformada por un tipo de suelo Regosol eútrico Re/1 de textura gruesa débilmente desarrollado, con vegetación arbustiva de tallos gruesos y de baja altura. Presenta pendientes que van de los 20° a más de 45°, las pendientes mayormente pronunciadas se localizan en la ladera sur, sureste y este (figura 20).

Con respecto a lo estructural, se tiene la presencia de un sistema de fallas tipo normal, con dirección NE y SE, con un plano de deslizamiento promedio SW y SE. La mayor concentración de esfuerzo se tiene en la zona SE y SW siendo los lugares que presentan mayor cizallamiento y por consiguiente propicios a caída de material. (figura. 35).

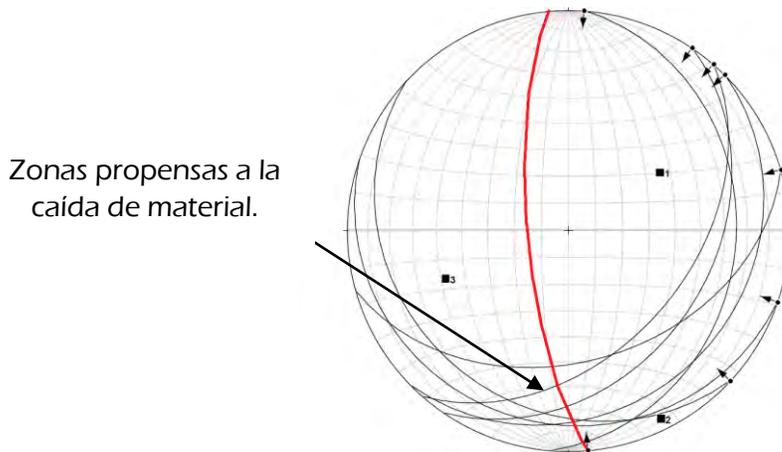


Figura 35.- Red de Wulff del sistema de fallas y fracturas del Cerro Colorado.

#### 4.3.6 Procesos de Remoción en Masa en los Cerros: La Pila, La Cruz y Colorado.

Para realizar la clasificación de grado de peligro con respecto al tipo de ladera de cada una de las unidades estudiadas, se empleó una clasificación basada en las características morfológicas de las laderas, así como el grado de meteorización que presentan, como se muestra en La Tabla 14.

**Tabla 14.- Grado de Peligro de acuerdo al tipo de laderas.**

Grado de Peligro	Tipo de laderas
Alto	Laderas que exhiben zonas de falla. Meteorización de moderada a alta. Posee discontinuidades desfavorables, donde han ocurrido deslizamientos. Ladera deforestada.
Moderado	Laderas con algunas zonas de fallas. Formaciones rocosas con alteración y agrietamientos moderados. Sin antecedentes de deslizamientos en el sitio o región.
Bajo	Laderas en formaciones rocosas con alteración de baja a moderada. Planos de discontinuidades pocos favorables al deslizamiento. Capa de suelos compactos de poco espesor.

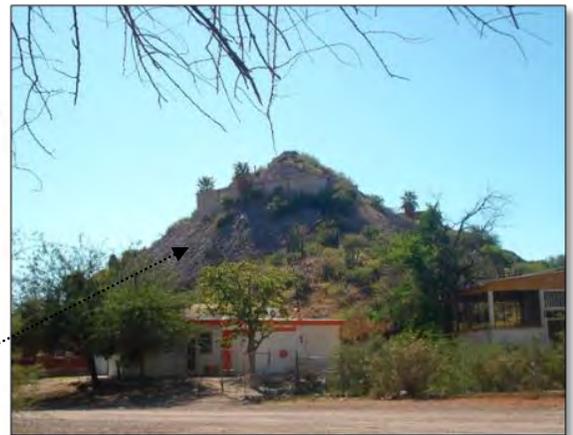
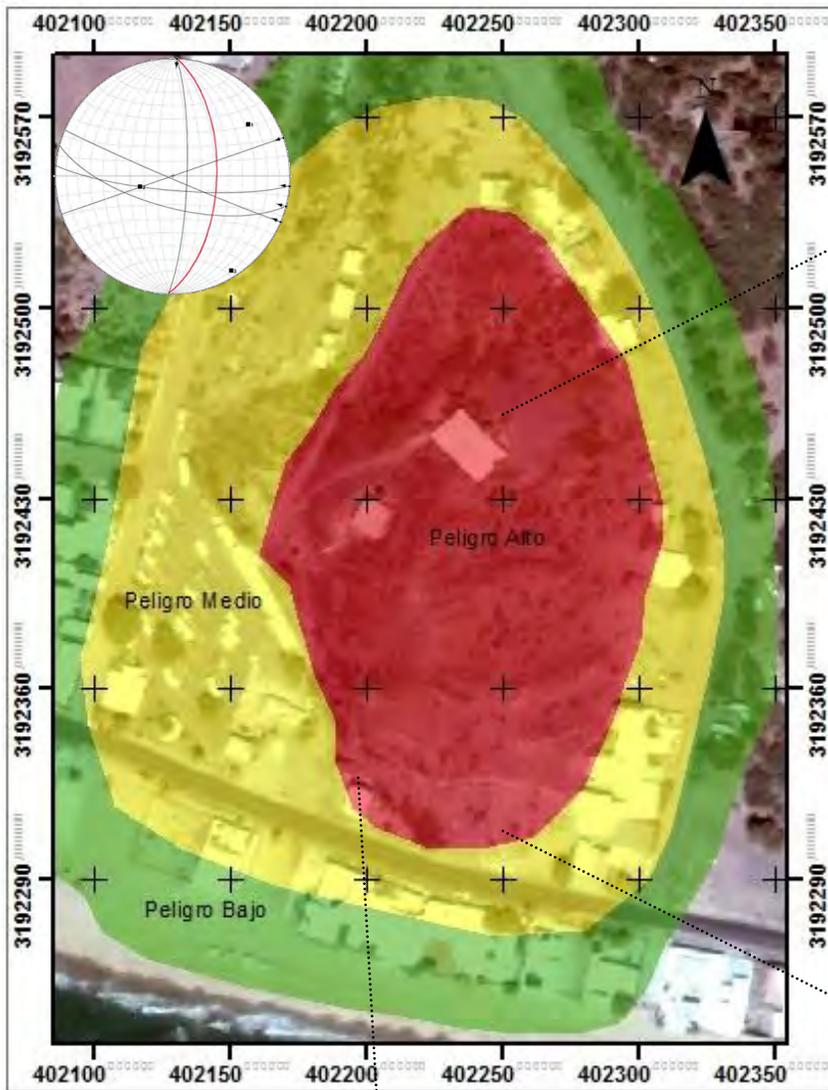
En Kino Nuevo se tienen 3 sitios que presentan Riesgo de Remoción en Masa, los cuales son: el Cerro Colorado, la Cruz y la Pila, donde se tienen los siguientes tipos de movimientos:

Con los datos obtenidos en campo y el análisis estructural, se tiene que en el Cerro La Pila se presentan los siguientes tipos de Proceso de Remoción:

- a) Caída y Rodamiento.- El mecanismo de movimiento es de desprendimiento y el material involucrado es roca, el cual se generó sobre una superficie en la que se produjo un desplazamiento de rotura, debido al intemperismo el cual está sujeto al fracturamiento, que sigue una constante en cuanto a dirección preferencial que es NE-SW y E-W, lo que pudiera generar un desplome. Este tipo de proceso se presenta en la ladera norte, sur y suroeste. (figura 36).
- b) Deslizamiento traslacional.- Se presenta en la ladera norte, y sur, debido a la falta de vegetación y la escasa capa de suelo, además del fracturamiento e intemperismo que presenta la roca, donde el material se mueve hacia abajo y hacia fuera, con un velocidad lenta a moderada. Donde el mecanismo de movimiento es de deslizamiento simple y el tipo de material involucrado es roca individual y múltiple (figura 36).

### 4.3.6.1 Procesos de Remoción en Masa Cerro la Pila.

Figura 36.- Tipos de Procesos de remoción en masa que se presentan en el cerro la Pila.



-Proceso de Caída  
-Deslizamiento traslacional



Proceso de deslizamiento traslacional.



Procesos de Caída

Los tipos de procesos de remoción en masa que se presentan en el Cerro la Cruz, son los siguientes:

a) Caída y Rodamiento.- El mecanismo de movimiento es de desprendimiento, donde el material involucrado es roca, el cual se generó por producto de erosión en los bloques rocosos, atendiendo discontinuidades estructurales como (fallamiento y fracturamiento). Este tipo de proceso se presenta en la ladera sur, sureste y suroeste; su velocidad es lenta. (figura 37).

b) Deslizamiento traslacional.- Este tipo de proceso se presenta en la ladera suroeste y sur, donde algunos de los factores como la falta de vegetación y la delgada capa de suelo, así como la elevada precipitación, que junto con el fracturamiento e intemperismo, hacen que el material se mueva con mayor facilidad hacia abajo y hacia fuera, con una velocidad lenta a moderada. Donde el mecanismo de movimiento es de deslizamiento simple y el tipo de material involucrado es roca individual y múltiple (figura 37).

c) Vuelcos.- En el cerro la Cruz se tiene la caída de bloques rocosos con giro hacia adelante, donde el tipo de material involucrado es roca. Este tipo de proceso se propició por la presencia de discontinuidades estructurales como grietas de tensión y algunas formaciones columnares, que tienden a la vertical. Su velocidad es muy lenta y lenta, esto sujeto a la presencia de elevadas precipitaciones puede variar. (Ver figura 37).

El cerro Colorado presenta un solo tipo de proceso de remoción en masa, que es por caída y rodamiento; donde el mecanismo de movimiento es de desprendimiento, y el tipo de material involucrado es roca, causado por el intemperismo y la erosión costera que genera el oleaje, ejemplo de ello es la ladera oeste la cual está en contacto directo con el oleaje del mar de Cortés, y el transporte de sales, formando en las rocas una morfología de tipo tafony, que son huecos en las mismas, además de los sistemas de estructurales de lineamientos, que en conjunto van a generar movimientos abruptos de fragmentos de roca en las pendiente fuertes y acantilado. Que es un movimiento prácticamente de caída libre, rodando y rebotando. (Ver imagen 38).

### 4.3.6.2 Procesos de Remoción en Cerro la Cruz.

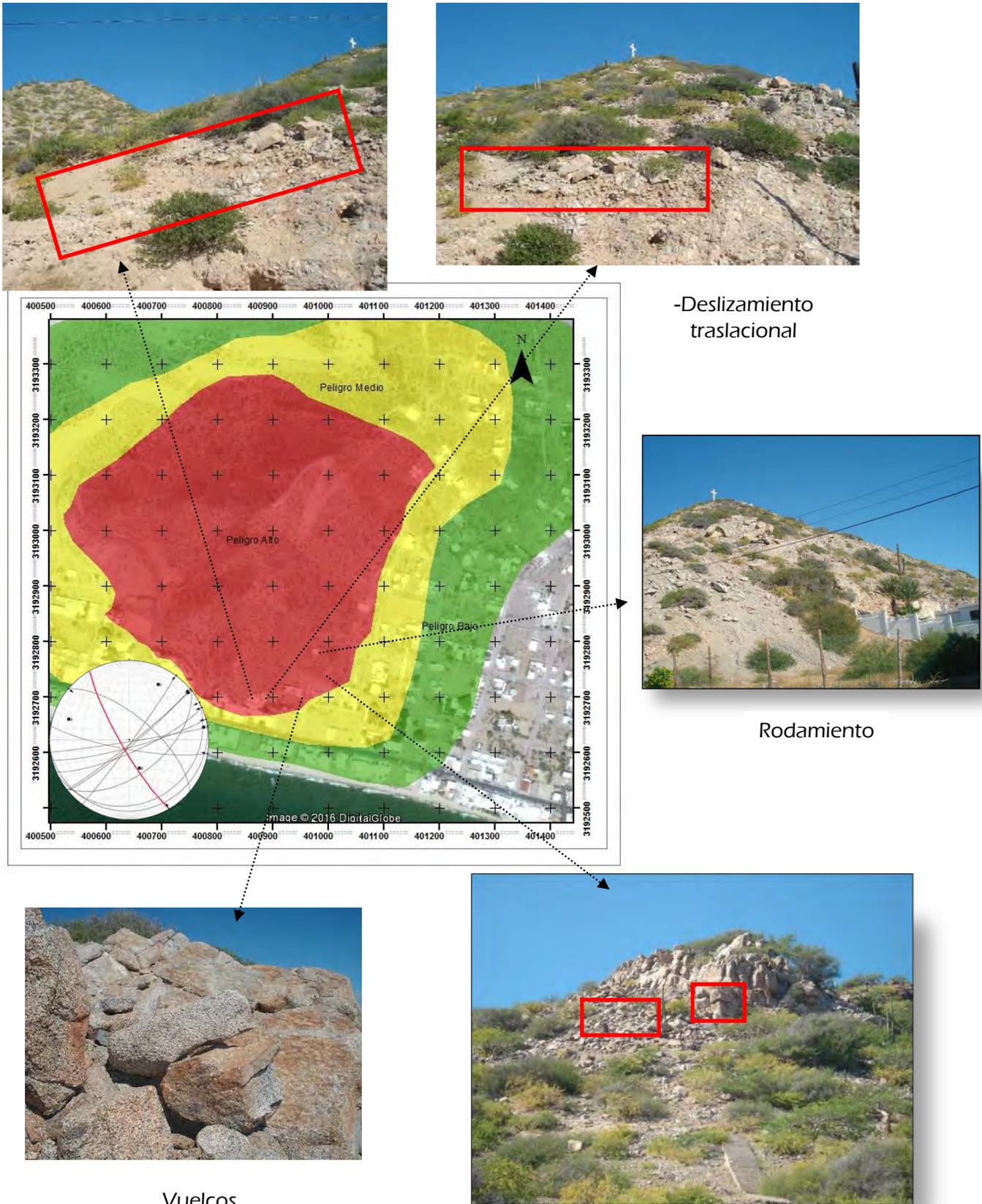
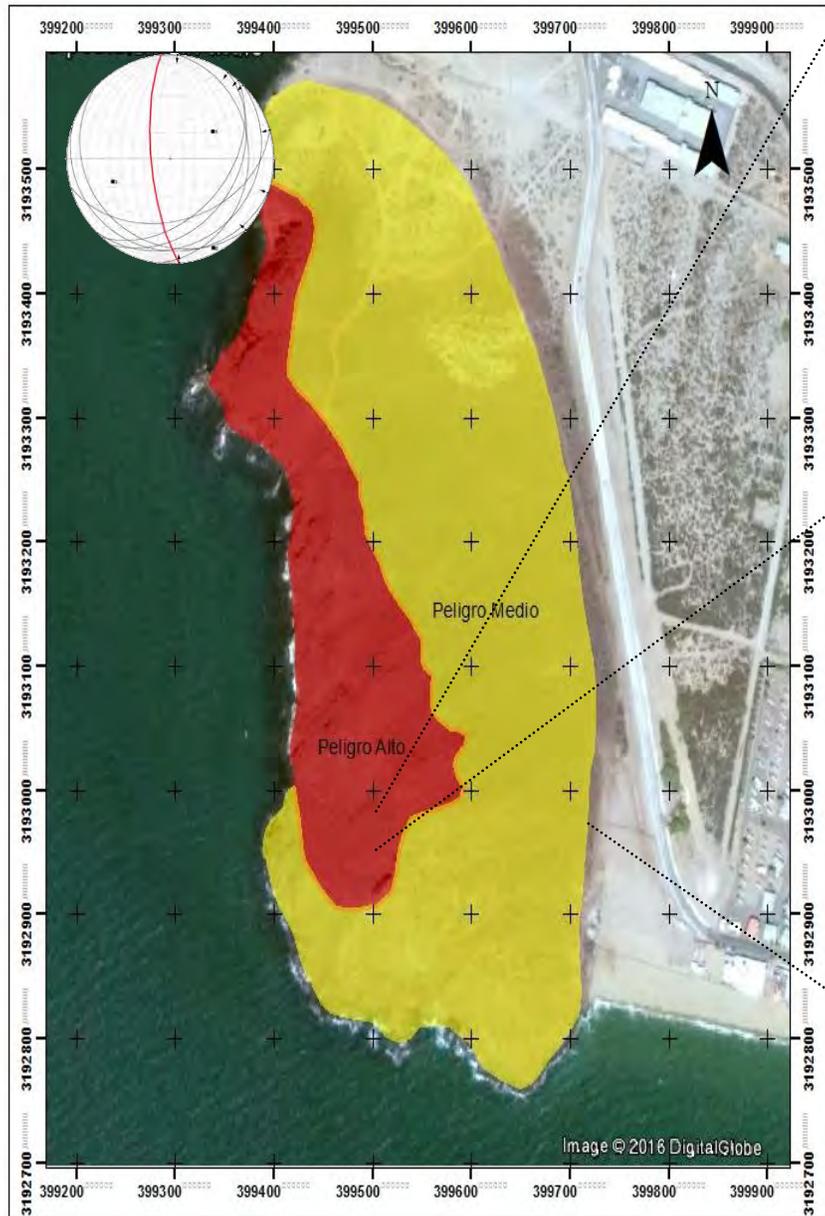


Figura 37.- Procesos de remoción en masa que se generan en el cerro la Cruz.

### 4.3.6.3 Proceso de Remoción en Cerro Colorado



Proceso de Remoción por caída y rodamiento.



Zona de depósito por caída

Figura 38.- Procesos de remoción en Masa que se presentan en el Cerro Colorado.

Dentro de los factores desencadenantes a generar los procesos de remoción en las áreas antes mencionadas, se tiene que los eventos de precipitación han sido un factor detonante en la inestabilidad de laderas dentro del área de estudio, ya que gran parte de los procesos de remoción en masa que se han generado han sido después de la lluvia o durante la misma, debido a la saturación del terreno, el aumento del peso volumétrico del suelo y de manera más trascendente en la reducción de la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos (por efecto de la presión de poro), por tanto esto demuestra que el agua reduce la fricción entre las superficie de la roca y el suelo, provocando el desplome de la roca adyacente; la mayor parte de deslizamientos que se han presentado en Kino Nuevo, fueron generados por lluvias de corta duración pero de intensidad alta.

Por otro lado es importante considerar la parte sísmica debido a la cercanía con el mar de cortés, ya que es una zona tectónicamente activa, que hasta el momento no se han reportado procesos de remoción relacionados a este tipo de fenómeno.

En el recorrido de campo se verificó que el material desprendido, pendiente abajo por los escurrimientos de la lluvia, en su mayoría es de dimensiones medianas y pequeñas; lo que representa un grado de peligro medio y bajo, sin descartar que se encontraron bloques de dimensiones considerables que se han deslizado.

Con respecto a las viviendas la mayor parte de ellas no se encuentran construidas sobre las laderas, por lo que su estabilidad no es susceptible a deslizarse; más bien el riesgo está relacionado con el impacto del material que genere un deslizamiento, causando daños en techos y muros. (Tabla 15).

**Tabla 15.- Grado de Peligro y Vulnerabilidad por Procesos de Remoción en Masa para la población y bienes físicos.**

Vulnerabilidad en Bienes Físicos	Zonas Habitacionales	Grado de Vulnerabilidad en personas	
		Medio	Bajo
Alto			
	 <p style="text-align: center;">Cerro la Pila</p>	B	B

			
			
			
Medio		M	M
	Cerro La Cruz		

Bajo		B	B
	Cerro La Cruz		

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 INEGI respecto a población y vivienda, se tiene que Bahía de Kino cuenta con 6050 habitantes, de los cuales solo alrededor del 0.3% se verían afectados, debido a que las zonas habitacionales que se encuentran edificadas alrededor de los cerros son de uso temporal. Por ende se tiene que el grado de vulnerabilidad para personas y bienes físicos es medio y bajo, ya que las construcciones que se encuentran asentadas en las zonas de peligro por deslizamiento, caída y rodamiento, son viviendas que cuentan con materiales de construcción de calidad media. (Tabla 15).

Una vez obtenidos y analizados todos los factores, la evaluación de riesgo se realizó mediante el cruce de información de factores condicionantes (vegetación, geología, geomorfología, uso de suelo) y desencadenantes (precipitaciones, sismicidad y actividad antrópica); donde se involucraron los elementos en riesgo y la estimación de la vulnerabilidad, todo ello de manera cualitativa, basado en los criterios de estimación de amenaza y riesgo que establece CENAPRED, obteniendo 3 niveles de riesgo: Alto, Medio y Bajo.

Las zonas identificadas con riesgo Alto por procesos de caída, deslizamiento traslacional y rodamiento, se encuentran en la parte baja y alrededor de los cerros la Pila y la Cruz (ver figuras 36 y 37), en Kino Nuevo. Las áreas de riesgo medio en el cerro la Pila se localizan sobre la avenida mar de Cortés al S, SW y SE,, además de las viviendas que se tienen entre la avenida Punta Chueca y calle Puerto Peñasco, que se localizan al este y oeste del mismo. En el cerro la Cruz las zonas habitacionales que representan un riesgo medio son las que se encuentran sobre la avenida Mar de Cortés y las que se ubican entre las calles Cancún, Puerto Vallarta y Celestún, localizadas S, SE y SW del cerro (figura 37).

Por último se tienen los sectores que representan un riesgo bajo, que son las viviendas que se encuentran edificadas sobre la barra de arena y las que se encuentran en un radio de 500 metros de los cerros la Pila, La Cruz y Colorado..

El resultado obtenido varía debido al tamaño del área, ya que la población afectada es relativamente baja, donde se obtuvieron solamente dos niveles de riesgo que son medio y bajo. Para el caso del cerro Colorado no se tiene riesgo, debido a que no hay presencia de población cercana o alrededor del mismo, por tanto como resultado se obtuvieron las siguientes categorías. (Tabla 16).

**Tabla 16.- Categorías del Riesgo total por Procesos de Remoción en Masa en Bahía de Kino.**

Categoría		Descripción
M	Medio	Lesiones moderadas frecuentes con alguna probabilidad de víctimas fatales. Se requiere evitar que el nivel de riesgo aumente, pero las medidas de intervención son en todo caso viables técnica y económicamente.
B	Bajo	Probabilidad de víctimas fatales prácticamente nula. Es un riesgo aceptable y requiere tan solo de medidas de prevención.

Es importante considerar la planeación de las futuras edificaciones que se realicen en Bahía de Kino, de manera específica cerca de: Cerro la Pila, Cerro La Cruz y Cerro Colorado, ya que si llega a crecer la población y se construyen más zonas habitacionales en los lugares que están delimitados como área de alto peligro, las zonas que son consideradas actualmente de riesgo medio pasarían a ser de alto riesgo.

#### 4.4 Erosión Costera

Morfológicamente Bahía de Kino, es una costa de emersión, que se ha levantado por diferentes motivos y suele corresponder a costas bajas donde dominan los procesos sedimentarios con predominio de playas de arena.

Bahía de Kino es una Costa de acumulación o depositación, la cual está dominada por un régimen de sedimentos, provenientes de una costa o plataforma marina adyacente, y algunos en menos proporción del sistema fluvial, los cuales son distribuidos por los procesos marinos. (figura 39).



Figura 39.- Vista aérea de Bahía de Kino. Tomada por Fabián Iriarte. Panorámico.

La morfología de Bahía de Kino se caracteriza por presentar una barra arenosa, playa, dunas, humedales y estuarios. (figura 40).



Figura 40.- Morfología costera de Bahía de Kino.

A lo largo de la playa de Bahía de Kino se identificaron zonas que presentan erosión, la cuales son visibles en Kino Viejo, que consiste en un retroceso de la línea de costa en algunas secciones, donde el generador principal de estas transformaciones es la energía del mar mediante las olas, mareas y corrientes litorales.

Para el desarrollo y estudio de Riesgo por erosión costera se empleó el método de Sunamura y Horikawa (1971), donde se analizaron dos parámetros que son: tamaño medio y grado de clasificación de la arena.

#### **4.4.1 Tamaño y Clasificación de grano de las Arenas.**

En esta investigación la clasificación y tamaño de grano de las arenas servirá para la comprensión de los mecanismos que operan durante el transporte y la depositación, así como la distancia del transporte del sedimento.

Para este caso se analizó la dirección del transporte, tamaño medio, desviación estándar y sesgo, así como la clasificación de sedimentos, que se obtuvieron del análisis granulométrico como se muestran en Las Tablas 17 y 18.

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 17.- Tamaño de la arena.**

No. Muestra	Media	Clasificación
1	0,634800965	arena gruesa
2	0,586671193	arena gruesa
3	0,799475534	arena gruesa
4	0,88092735	arena gruesa
5	1,417723577	arena media
6	1,250982925	arena media
7	0,959815547	arena gruesa
8	1,07761194	arena media
9	0,996074879	arena gruesa
10	1,279040853	arena media
11	1,4168558	arena media
12	1,588988461	arena media
13	1,74584624	arena media
14	1,56853955	arena media
15	2,618455733	arena fina
16	1,373026554	arena media
17	-0,686627874	arena muy gruesa
18	1,977992737	arena media
19	1,773489933	arena media
20	1,838978829	arena media
21	1,983580944	arena media
22	1,952974219	arena media
22	1,789105447	arena media
23	1,430001157	arena media
24	1,120081182	arena media

Para el caso del tamaño de arena, se presenta un máximo de tamaño medio de 2.61  $\phi$  para el punto de muestreo 15 y un mínimo de 0.5  $\phi$  para el punto de muestro 2. Indicando que de las 24 muestras obtenidas a lo largo de la zona de playa de Bahía de Kino, el tamaño dominante es de tipo medio, seguido del grueso y el de menor dominancia es el muy grueso

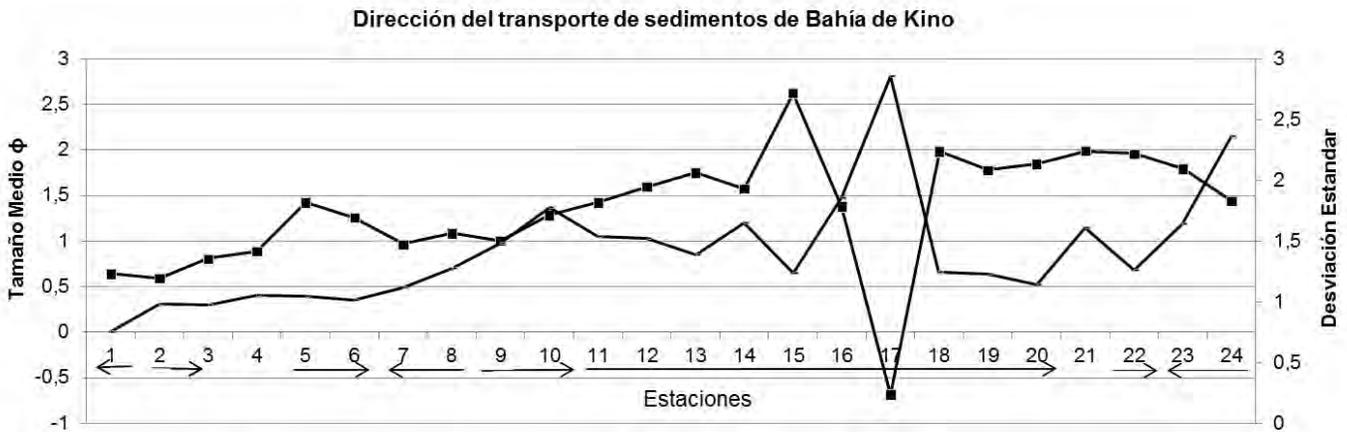
Tabla 18.- Desviación estándar.

No. Muestra	Desviación	Clasificación
1	0,754151158	moderadamente clasificado
2	0,979696347	moderadamente clasificado
3	0,97417299	moderadamente clasificado
4	1,051951107	mal clasificado
5	1,043160613	mal clasificado
6	1,011680068	mal clasificado
7	1,121649454	mal clasificado
8	1,274880738	mal clasificado
9	1,485243742	mal clasificado
10	1,774014324	mal clasificado
11	1,538854832	mal clasificado
12	1,526168642	mal clasificado
13	1,387218884	mal clasificado
14	1,653004052	mal clasificado
15	1,234787716	mal clasificado
16	1,859006947	mal clasificado
17	2,85629042	muy mal clasificado
18	1,243223472	mal clasificado
19	1,230832233	mal clasificado
20	1,139144334	mal clasificado
21	1,609057643	mal clasificado
22	1,258649292	mal clasificado
22	1,639666124	mal clasificado
23	2,367556831	muy mal clasificado
24	2,005827863	muy mal clasificado

Con respecto a la clasificación de la arena, los valores fueron obtenidos mediante la desviación estándar, teniendo un máximo de 2.8 en el punto de muestreo 18, y un mínimo de 0.7 en el punto 1. Indicando que la mayor parte de las arenas que se tienen en la zona de playa se encuentran mal clasificadas, solo al norte de la playa en los tres primeros puntos se tiene una clasificación moderada (ver figura 41 y tabla 18).

#### 4.4.2 Dirección del transporte de Sedimentos

De acuerdo con los parámetros (tamaño medio y grado de clasificación) utilizados por Sunamura y Horikawa (1971) se obtuvo gráficamente la interpretación del transporte. En la gráfica 5 se comparan los valores de la distancia (puntos de muestreo) contra tamaño medio y grado de clasificación (desviación estándar), determinándose así la posible dirección de transporte de sedimentos indicado con la dirección de las flechas.



Gráfica 5.- Representación gráfica del Tamaño medio y desviación estándar contra la distancia, donde las flechas muestran la probable dirección del transporte de sedimentos en Bahía de Kino, de acuerdo con la metodología de Sunamura y Horikawa (1971).

La gráfica 5 se muestra la dirección del transporte de sedimentos a partir del punto de muestreo 1 al 24, donde la distancia entre cada punto es de 500 m; observando que a partir del punto 11 al 20 presentan una dirección dominante de transporte hacia el SE, mientras que en los puntos de muestreo restantes se mantiene un equilibrio. (figura 41).

Por tanto la sección que va del punto 11 al 20 se está presentando el mayor índice de erosión, ya que se aprecia la tendencia de dirección del transporte de sedimentos hacia un punto específico (figura 41). En periodos de temporales u oleajes con cierta intensidad hacen que la orilla retroceda y la anchura de la playa seca sea menor, y en consecuencia parte de la infraestructura presente daños como: cuarteaduras y colapso. (figura 42 y 43).

De acuerdo a los resultados obtenidos de los 24 puntos de muestreo, indican que el tipo de erosión que se presenta en el área de estudio es de tipo parcial ya que solo afecta a una zona de la playa, aunque también puede indicar el inicio de una erosión generalizada.

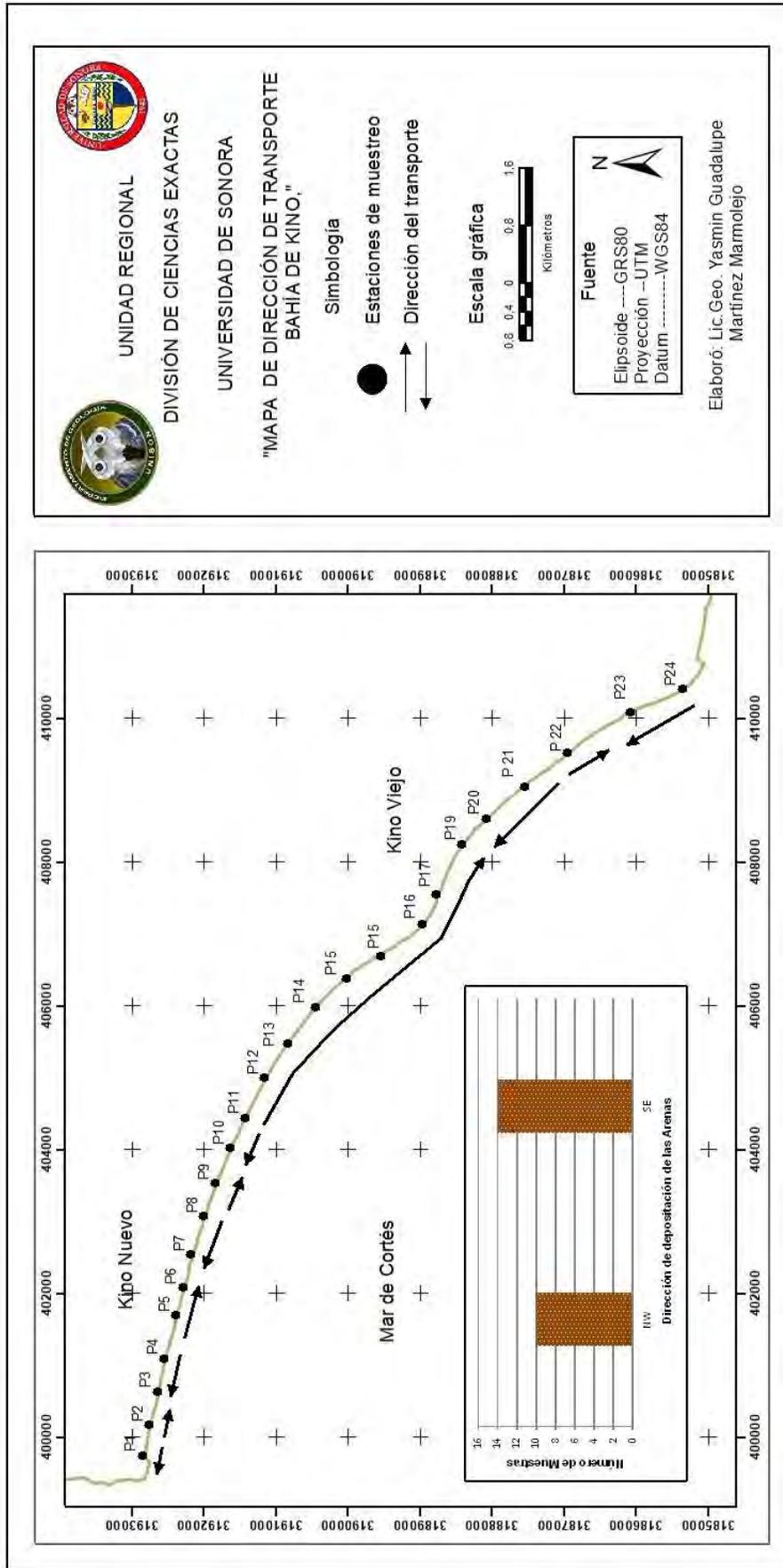


Figura 41.- Mapa de Dirección de transporte de sedimentos, de Bahía de Kino.

Las zonas consideradas de Riesgo alto por erosión costera en su mayoría se localizan en Kino Viejo, viéndose afectadas áreas de tipo habitacional, recreación, descanso (hoteles y departamentos), el muelle y comercio (al por menor y al por mayor), donde el tipo de infraestructura en su mayoría carece de criterios estructurales apropiados. (figura 42 y 43).



Figura 42.- Kino Viejo, zona de riesgo alto por erosión costera.

Otra zona catalogada de riesgo alto por erosión costera es Kino Nuevo, de manera puntual en las edificaciones que se localizan a lo largo de la orilla de la playa (figura 43 y 45).



Figura 43.- Edificaciones dañadas a lo largo de la playa en Kino Nuevo.

Las zonas de Riesgo medio se encuentran al norte de Kino Nuevo y las de Riesgo bajo al sur de Kino Viejo, cerca del estero Santa Cruz, donde la presencia de población es escasa, y por el momento no se tiene evidencia de procesos erosivos (figura 44 y 45).



Figura 44.- Kino Nuevo y Kino viejo zona de riesgo medio y bajo por erosión costera.

#### 4.4.4 Mapa de Riesgo por Erosión Costera de Bahía de Kino.

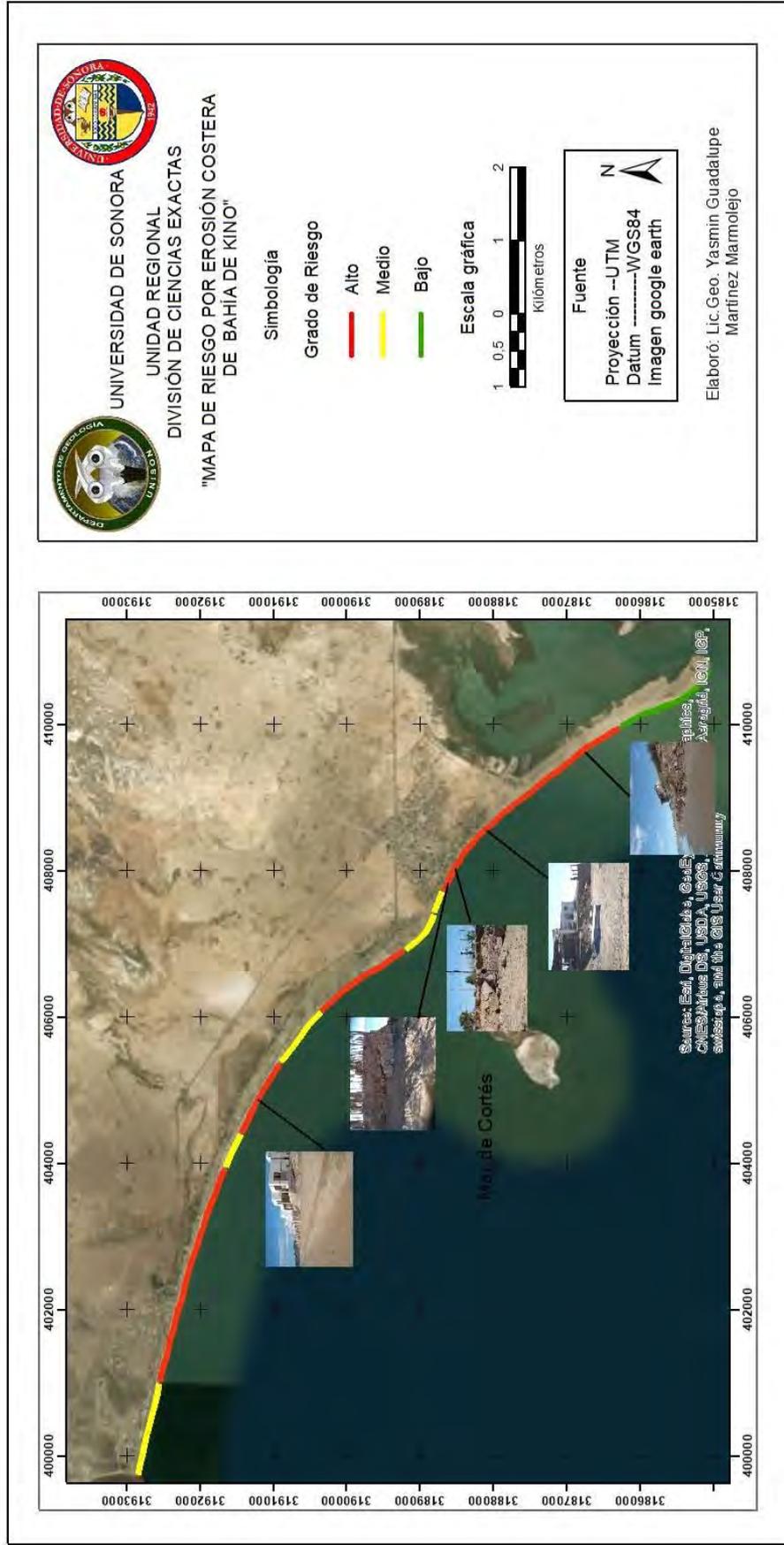


Figura 45.- Mapa de Riesgo por Erosión Costera de Bahía de Kino.

## 4.5 Inundación Fluvial, Pluvial y de Marea.

Para el estudio de inundaciones el método empleado para el estudio de las características cualitativas y cuantitativas de las 11 cuencas, fue el método racional, donde se analizaron las siguientes variables:

- Datos meteorológicos.
- Pendiente de la Cuenca.
- Tiempo de Concentración.
- Coeficiente de Escorrentía.
- Calculo de intensidad de lluvia y tiempo de concentración.
- Cálculo del Coeficiente de escorrentía.
- Cálculo de intensidad de lluvia y tiempo de concentración.
- Cálculo del Gasto Máximo.

### 4.5.1 Datos meteorológicos

Para el estudio de las inundaciones es necesario conocer los datos meteorológicos de los registros históricos que se tienen en la estación meteorológica de Bahía de Kino, con respecto a precipitación y temperatura. En este caso se analizó un período de 28 años para examinar la distribución temporal de los mismos y el comportamiento que presentan en un lapso de tiempo. (Tablas 18 y 19).

Tabla 18.- Datos meteorológicos de la estación Bahía de Kino.

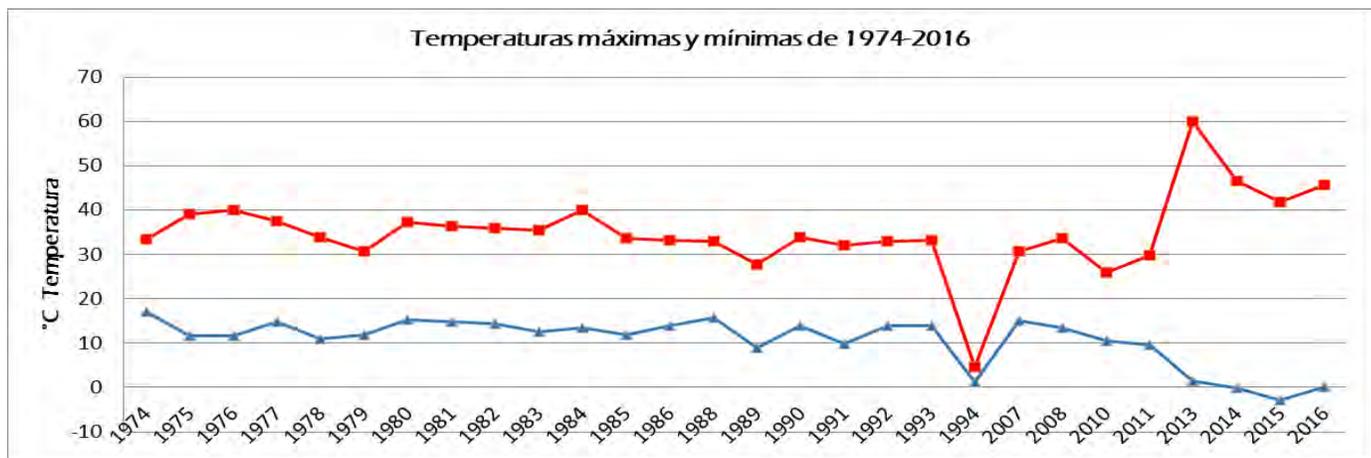
Año	PP	T	TM	Tm
1974	89,8	25,257456	33,446429	17,068484
1975	55,9	25,418334	39,071429	11,765239
1976	106,9	25,784172	39,913793	11,654551
1977	104,7	26,18021	37,535714	14,824706
1978	54	22,402895	33,785714	11,020075
1979	43	21,34664	30,733333	11,959946
1980	69,5	26,281452	37,258065	15,304839
1981	91	25,589138	36,37931	14,798965
1982	153,5	25,131804	35,964286	14,299322
1983	214,2	24,067899	35,5	12,635797
1984	263,9	26,718769	40,071429	13,36611
1985	53	22,811134	33,741935	11,880333
1986	9	23,501613	33,133333	13,869892
1988	92	24,362279	33	15,724558
1989	34	18,366916	27,709677	9,0241551
1990	159	23,848208	33,766667	13,929749
1991	112	20,910797	32,033333	9,7882616

1992	279	23,404409	32,870968	13,937849
1993	148	23,494652	33,16129	13,828015
1994	0	2,8709677	4,5483871	1,1935484
2007	144,1	22,912179	30,806452	15,017907
2008	29,6	23,519732	33,580645	13,458818
2010	0	18,231855	25,951613	10,512097
2011	11,4	19,634701	29,725806	9,5435961
2013	19,8	21,247389	60	1,47
2014	153,7	23,311365	46,49	-0,12
2015	401,6	23,767962	41,89	-2,78
2016	1	20,42144	45,65	0,06

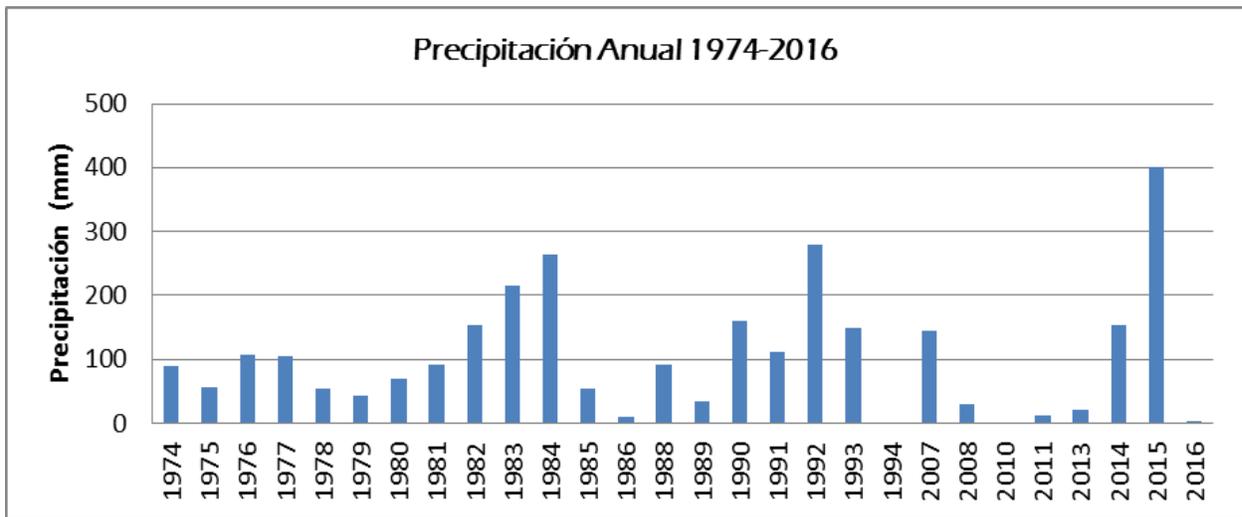
Tabla 19.- Interpretación de valores climáticos medios anuales.

<b>T</b>	Temperatura media anual
<b>TM</b>	Temperatura máxima media anual
<b>Tm</b>	Temperatura mínima media anual
<b>PP</b>	Precipitación total anual de lluvia y/o nieve derretida (mm)

Una vez obtenidos los datos meteorológicos, se realizó la representación de los mismos mediante gráfica de barras y puntos que muestran la distribución y comportamiento de las precipitaciones y temperatura, en un periodo de 28 años.



Gráfica 6- Temperatura anual máxima y mínima de Bahía de Kino.



Gráfica 7- Precipitación anual de Bahía de Kino.

En la gráfica 7 se muestra que gran parte de las precipitaciones elevadas se presentan en los meses de julio, agosto y septiembre, pero en ocasiones no se generan con la misma intensidad o son escasas, donde se tienen periodos de recurrencia de 5 a 7 años con precipitaciones mayores de 250 mm, así como lapsos de 5 a 4 años con escasa precipitación por debajo de los 50 mm.

#### 4.5.2 Cuenca Hidrográfica.

Existen dos tipos de cuenca de acuerdo al tipo de salida de los escurrimientos:

1. Exorreicas: El punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar. (CENAPRED 2004).
2. Endorreica: La cuenca no tiene salida, ya que al fluir el agua por un sistema de corrientes no tiene salida fluvial (cuenca cerrada), por lo general es un lago. Un caso de este tipo de cuenca es el valle de México. (CENAPRED 2004).

De acuerdo con su tamaño las cuencas pueden ser:

- Pequeñas  $\leq 50 \text{ km}^2$
- Medianas entre  $50 \text{ km}^2$  y  $100 \text{ km}^2$
- Grandes  $> 100 \text{ km}^2$

Para el caso de Bahía de Kino, se trazaron una serie de microcuencas, para el análisis de inundaciones, ya que el área es pequeña, y requiere mayor detalle.

De acuerdo con su tamaño, se tienen cuencas pequeñas y medianas dentro del área, las cuales son de tipo exorreica; teniendo un total de 11 microcuencas en la zona de estudio (figura 47).

### 4.5.3 Área de la Cuenca

El área de la cuenca se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas. (Figura 46) (CENAPRED 2004).

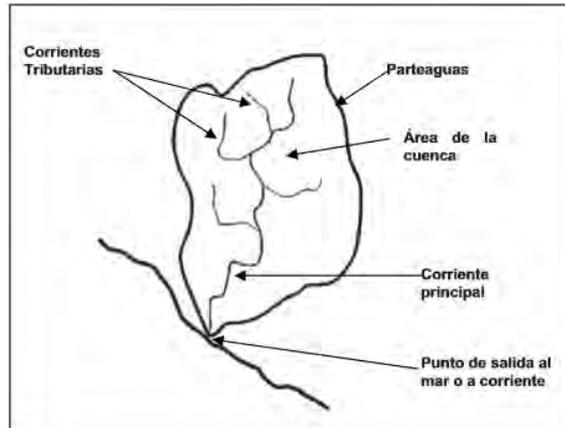


Figura 46.- Principales características de una cuenca hidrológica.  
Fuente: CENAPRED 2004.

Para la zona de estudio se tienen 12 microcuencas, con las siguientes áreas:

- Microcuenca 1.- 6.04 km
- Microcuenca 2.- 0.62 km
- Microcuenca 3.- 0.81 km
- Microcuenca 4.- 1.72 km
- Microcuenca 5.- 2552.15 km
- Microcuenca 6.- 131.65 km
- Microcuenca 7.- 1013.48 km
- Microcuenca 8.- 1412.44 km
- Microcuenca 9.- 357.89 km
- Microcuenca 10.-19.39 km
- Microcuenca 11.- 19.62 km

Las 11 cuencas que integran el área de estudio tienen un área que va de los 0.62 km a los 1013 km<sup>2</sup>, con causas de longitudes considerables en las cuencas de mayor tamaño.

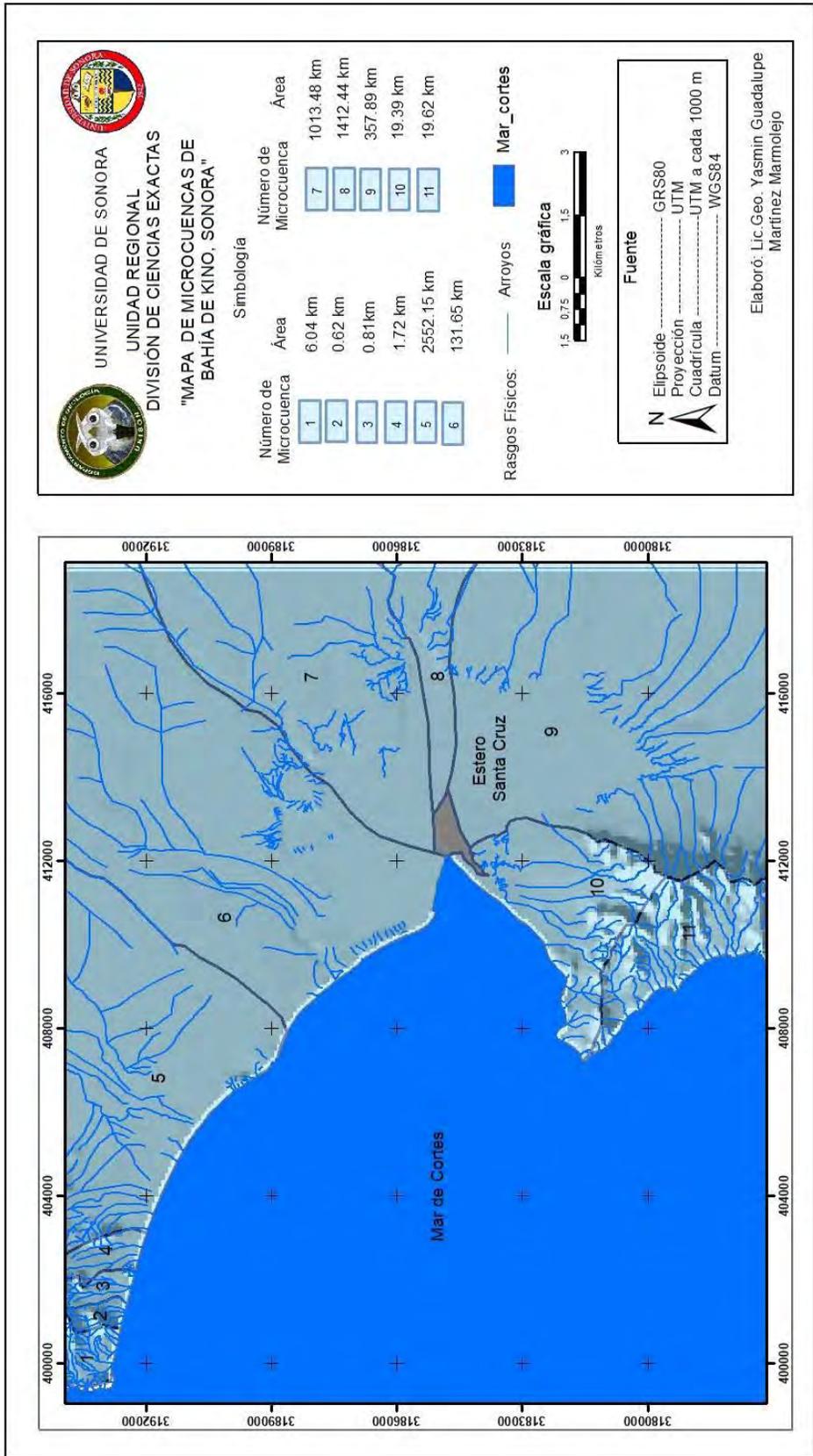


Figura 47- Mapa de Microcuencas de Bahía de Kino.

#### 4.5.4 Cálculo de Pendiente de la Cuenca.

El cálculo de la pendiente media de toda la superficie de la Cuenca es necesario para poder realizar el cálculo de índice de peligro por avenidas súbitas.

A continuación se muestra la fórmula para el cálculo de pendiente mediante el método racional.

$$S = \frac{\text{Cota Máx} - \text{Cota Min}}{L}$$

Para el caso de Bahía de Kino se va realizar el cálculo para cada una de las 11 microcuencas.

**Tabla 20.- Cálculo de pendiente de las microcuencas de Bahía de Kino.**

Nombre de la Cuenca	Área en Km <sup>2</sup>	Longitud del Cauce Ppal (m)	Cota Máxima	Cota Mínima	Pendiente Media
1	6.04	2,736	118	1	0.0428%
2	0.62	1,665	118	1	0.0703%
3	0.81	2,624	181	0	0.0690%
4	1.72	2,767	83	1	0.0296%
5	2552.15	162009	680	0	0.0042%
6	131.65	35465	350	0	0.0099%
7	1013.48	142345	567	0	0.0040%
8	1412.44	127352	659	0	0.0052%
9	357.89	67984	101	0	0.0015%
10	19.39	4,210	332	1	0.0786%
11	19.62	3,028	332	1	0.1093%

Los datos presentados en La Tabla 20 fueron obtenidos con la ayuda del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL, INEGI).

Con respecto a la pendiente, de manera general es poco pronunciada debido a que es una planicie de inundación de baja altitud que va de los 0 m.s.n.m. hasta los 300 m.s.n.m. en las zonas elevadas como las sierras. (Tabla 20).

#### 4.5.5 Cálculo de Tiempo de Concentración.

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda una gota de agua en salir de la cuenca, desde el punto más alejado hasta el punto de salida. (Aparicio, 2007). Por lo tanto, el tiempo de concentración depende de la longitud máxima que debe recorrer el agua y de la velocidad que adquiere en el trayecto, la cual está en función de la pendiente del terreno y del cauce, como de la rugosidad de la superficie del cauce.

El tiempo de concentración  $T_c$  de una cuenca, es expresado en horas, el cual se puede obtener mediante la siguiente expresión (Kirpich, 1997).

$$t_c = 3,97 \cdot \left[ \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \right]$$

Dónde:

$t_c$  = Tiempo de concentración.

$L$  = Longitud de cauce (km)

$S$  = Pendiente media (m/m)

Tabla 21.- Cálculo del tiempo de concentración de las cuencas de Bahía de Kino.

Nombre de la Cuenca	Longitud del Cauce Ppal (m)	Pendiente Media	Tiempo de concentración
1	2,736	0.0428%	29.00
2	1,665	0.0703%	16.34
3	2,624	6.89%	23.36
4	2,767	0.0296%	33.68
5	162009	0.0042%	1641.69
6	35465	0.0099%	366.72
7	1423.45	0.0040%	1516.52
8	127352	0.0052%	1258.34
9	67984	0.0015%	1254.74
10	4,210	0.0786%	31.96
11	3,028	0.1093%	21.84

La Tabla 21 muestra los resultados obtenidos de cada cuenca que integran el área de estudio, donde se muestra que el tiempo de concentración es variado, debido a que cada cuenca presenta diferente morfología, tamaño, altura y pendiente lo que hace que el tiempo de concentración sea distinto en cada una de ellas, por ejemplo en cuencas de pendientes pronunciadas y causes de menor longitud el tiempo de concentración es menor como es el caso de las cuencas 1, 2, 3, 4, 10 y 11, mientras que las cuencas con

pendiente poco pronunciada y con una longitud de cause principal considerable el tiempo de concentración es mayor, como es el caso de las cuencas 5, 6, 7, 8 y 9.

#### 4.5.6 Cálculo del Coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escurrimiento es la variable menos precisa del método racional. Su uso en la fórmula implica una relación fija entre el escurrimiento y la precipitación de la cuenca, lo cual no se cumple en realidad.

Para este caso el valor del coeficiente de escorrentía se estableció de acuerdo a las características hidrológicas, edafológicas, geomorfológicas, geológicas, uso de suelo y vegetación. En virtud a ello, los coeficientes de escorrentía variarán según dichas características, por lo que basado en el método racional usado para cuencas menores a 10 km<sup>2</sup>, (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012), se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 22.- Calculo del Coeficiente de escurrimiento para las Cuencas de Bahía de Kino.

Nombre de la Microcuenca	Tipo de suelo	Uso de Suelo	Pendiente media	Coeficiente de escurrimiento
1	Semipermeable	Vegetación Sarcocaulé y zonas habitacionales	0.0428%	0.50
2	Semipermeable	Vegetación Sarcocaulé y zonas habitacionales	0.0703%	0.50
3	Semipermeable	Vegetación Sarcocaulé y desértico micrófilo	6.89%	0.50
4	Semipermeable	Vegetación Sarcocaulé y desértico micrófilo	0.0296%	0.50
5	Impermeable	vegetación halófito Mezquital desértico Actividad Acuicola	0.0042%	0.55
6	Impermeable	vegetación halófito Mezquital desértico Área sin vegetación Manglar	0.0099%	0.55
7	Semipermeable	vegetación halófito Sin vegetación Actividad Acuicola	0.0040%	0.35
8	Semipermeable	vegetación halófito Sin vegetación	0.0052%	0.35

		Actividad Acuicola		
9	Semipermeable	Área sin vegetación Actividad Acuicola	0.0015%	0.35
10	Semipermeable	Desértico Micrófilo Sin vegetación Manglar Sarco Crásicaule	0.0786%	0.50
11	Semipermeable	Dunas Costeras Sarco Crásicaule Desertico micrófilo	0.1093%	0.50

El coeficiente de escurrimiento es la variable menos precisa del método racional, es por ello que para obtener el coeficiente se analizaron 3 factores que son: tipo de suelo, uso de suelo y la pendiente media, los cuales indican que por cada 100 litros por metro cuadrado precipitado en cada una de las cuencas, entre 35 y 50 litros por metro cuadrado se convierten en flujo superficial, lo cual puede variar de acuerdo a la magnitud de la lluvia, además de considerar el tamaño y geomorfología de la cuenca por lo que su determinación es aproximada (Tabla 22).

Ejemplo de ello es el caso de las cuencas 5 y 6 que poseen un área considerable pero un tipo de suelo impermeable lo que hace que el coeficiente de escurrimiento sea mayor, es decir que por cada 100 litros por metros cuadrado, 55 litros se convierten en flujo superficial, mientras que las cuencas 7, 8 y 9 tiene un coeficiente menor a pesar de ser de gran tamaño, pero la diferencia radica en que el tipo de suelo que es semipermeable, lo que hace que el coeficiente de escurrimiento sea menor teniendo 35 litros por metro cuadrado de flujo superficial (Tabla 22). Mientras que en la cuencas 1, 2, 3, 4, 10 y 11 que son de menor tamaño el coeficiente de escurrimiento es mayor a pesar de poseer suelos semipermeables, debido a que son de menor tamaño y en su mayoría poseen pendientes pronunciadas lo que beneficia que el escurrimiento sea mayor y en menor tiempo.

#### 4.5.7 Calculo de intensidad de lluvia y tiempo de concentración.

El cálculo de la intensidad de lluvia, se realizó con los registros históricos de la estación meteorológica de Bahía de Kino, empleando la siguiente ecuación:

$$I = \frac{23.63 T_r^{0.3047}}{T_c^{0.536}}$$

Con la cual se obtuvo el tiempo de concentración, que se basa en un lapso de tiempo (horas, minutos y años) y la intensidad (mm/hr) con que se va presentar la precipitación, donde se podrá identificar el incremento o disminución a través del tiempo.

**Tabla 23.- Intensidad y Tiempo de Concentración.**

Cuenca	Periodo de Retorno de Lluvias					Tiempo de la lluvia (min)
	Tr 5	Tr 10	Tr 50	Tr 100	Tr 500	
Cuenca 1	63,47	78,40	128,02	158,13	258,22	29.00
Cuenca 2	86,33	106,63	174,12	215,06	351,19	16.34
Cuenca 3	71,28	88,04	143,76	177,57	289,96	23.36
Cuenca 4	58,58	72,36	118,16	145,95	238,32	33.68
Cuenca 5	7,30	9,01	14,71	18,17	29,68	1641.69
Cuenca 6	16,29	20,12	32,86	40,59	66,28	366.72
Cuenca 7	7,61	9,40	15,35	18,97	30,97	1516.25
Cuenca 8	8,41	10,39	16,97	20,96	34,23	1258.34
Cuenca 9	8,43	10,41	16,99	20,99	34,28	1254.74
Cuenca 10	60,25	74,42	121,53	150,10	245,12	31.96
Cuenca 11	73,89	91,27	149,04	184,09	300,61	21.84

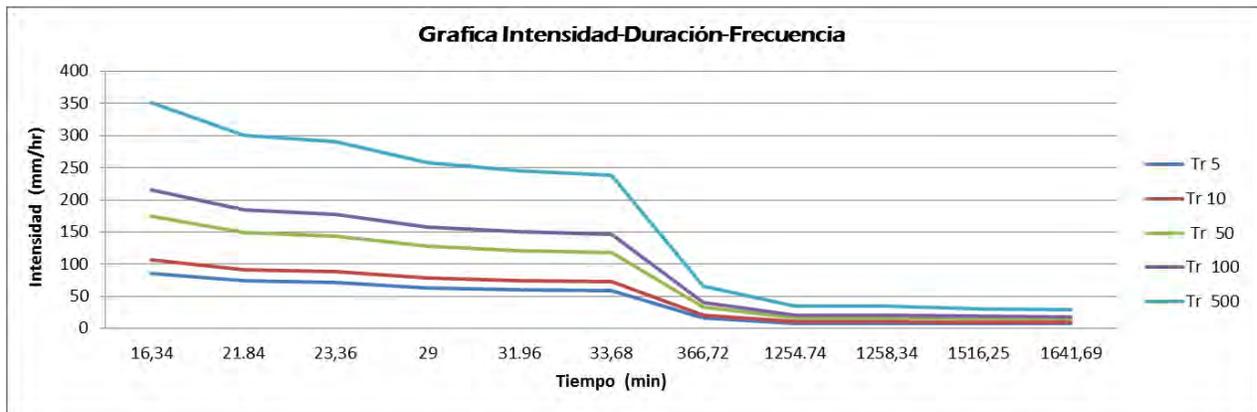
El cálculo de intensidad de lluvia y tiempo de concentración, se realizó en base a los registros históricos de la estación meteorológica de Bahía de Kino, donde se obtuvo el lapso de tiempo en (horas, minutos y años) y la intensidad (mm/hr) con la que se presentara la precipitación en diferentes años.

En La Tabla 23 se muestra el periodo de retorno que va de los 5 hasta los 500 años, presentando el posible escenario en cada uno de los años, es decir conocer la intensidad con la que se presentara una precipitación con respecto al tiempo de concentración en cada una de las cuencas.

Para el caso de la zona de estudio se tiene que a medida que incrementan los años la intensidad de la lluvia es mayor, por ejemplo, en 5 años para la cuenca 1 en un período menor a 23 minutos se va a tener una intensidad de 63.47 mm/hr, en 50 años 128.02 mm/hr, en 100 años 158,13 mm/hr y en 500 años rebasara los 200 mm/hr, lo que indica que conforme pasa el tiempo la intensidad en la precipitación incrementa en un mismo lapso de tiempo.

En algunas cuencas como es el caso de la 1, 2, 3 y 4 se tiene una mayor concentración en menor tiempo, debido a su tamaño y a la cercanía de elevaciones que aportan un escurrimiento considerable, mientras que en las cuencas 5, 6, 7, 8 y 9, que son de mayor tamaño con presencia de elevaciones a una distancia considerable y la intervención de otros factores como: vegetación, uso de suelo, permeabilidad y topográfica del terreno, el tiempo de concentración es mayor a 24 horas con una intensidad que va de los 7.30 mm/hr a los 16 mm/hr en 5 años, 10 mm/hr a los 20 mm/hr en 10 años, 16 mm/h a los 30 mm/hr en 50 años y 35 mm/hr a los 68 mm/hr en 500 años (Tabla 23).

En la gráfica 8 se muestra la relación que existe entre duración, intensidad y frecuencia de un evento máximo de lluvia, asociado a la frecuencia o periodo de retorno, donde para cada periodo se tiene una curva diferente la cual muestra que a medida que incrementa el tiempo la intensidad de la lluvia va disminuyendo en cada uno de los años, mientras que a menor tiempo mayor es la intensidad de la precipitación alcanzando más de los 300 mm/hr en un periodo de retorno de 5 a 500 años.



Gráfica 8.- Intendencia Duración y Frecuencia de Bahía de Kino, Sonora.

Los resultados obtenidos en la gráfica de duración, intensidad y frecuencia fueron representados de forma cartográfica en el mapa de nivel de inundación (figura 48), donde se muestran los posibles escenarios de los 6 periodos de retorno evaluados para esta investigación, lo cual permite generar el diseño de evacuadores de crecidas, la construcción de puentes y de redes de drenaje, entre otros. A partir de los resultados obtenidos se pueden establecer los criterios de predicción y de riesgo.

#### 4.5.8 Calculo del Gasto Máximo.

La última variable aplicada para la evaluación de riesgo por inundación es el gasto máximo, que consiste en determinar el caudal instantáneo máximo de descarga de la cuenca, el cual está asociado a determinados periodos de retorno, que pasa este caso son 5 periodos, el cual se obtuvo por medio de 3 variables que son: coeficiente de escorrentía, área de la cuenca y tiempo de concentración.

De acuerdo con el método racional para el cálculo del gasto máximo se empleó la siguiente formula:

$$Q_{MAX} = \frac{C \cdot I_c \cdot A}{3.6} \left[ \frac{m^3}{s} \right]$$

Dónde:

C =Coeficiente de escorrentía.

A =Área de la cuenca en km<sup>2</sup>.

Ic =Intensidad media máxima para duración de la tormenta igual a Tc, en mm/hora.

La importancia de aplicar esta fórmula radica en la relación del gasto máximo (Q) con el área de la cuenca, es decir determinar el caudal instantáneo máximo de descarga de la cuenca, como se muestra en La Tabla 24.

**Tabla 24.- Gasto Máximo de las Cuencas que integran el área de estudio.**

Periodo de Retorno	Q Max Cuenca 1	Q Max Cuenca 2	Q Max Cuenca 3	Q Max Cuenca 4	Q Max Cuenca 5	Q Max Cuenca 6	Q Max Cuenca 7	Q Max Cuenca 8	Q Max Cuenca 9	Q Max Cuenca 10	Q Max Cuenca 11
Tr 5	53,24	7,43	8,019	13,99	2846,35	327,64	749,83	1154,86	293,32	162,25	201,35
Tr 10	65,76	9,18	9,9	17,28	3513,1	404,67	926,2	1426,76	362,21	200,41	248,71
Tr 50	107,39	14,99	16,17	28,22	5735,6	660,91	1512,47	2330,32	591,16	327,28	406,13
Tr 100	132,65	18,51	19,97	34,86	7084,69	816,39	1869,16	2878,23	730,34	404,22	501,64
Tr 500	216,61	30,24	32,62	56,93	11572,58	1333,1	3051,56	4700,48	1192,76	660,12	819,16

La Tabla 24, muestra el gasto máximo que presentan las cuencas con respecto a su tamaño, morfología, tipo de suelo, pendiente, uso de suelo y geología.

En el caso de cuencas de menor área que para esta caso son 1, 2, 3 y 4 en un lapso menor de 30 minutos con una intensidad de lluvia entre 50 a 85 mm/hr se obtendrá un gasto máximo de 8 a 53 m<sup>3</sup>/s, en un periodo de 5 años y conforme pasan el tiempo la intensidad de la precipitación va incrementando hasta alcanzar un caudal instantáneo de 216 m<sup>3</sup>/s en 500 años, indicando que más de 90% de la población que se encuentra en estas cuencas en su totalidad estarían cubiertas por agua (Figura 48).

Para el caso de las cuencas de mayor extensión que son 5, 6, 7, 8 y 9 en un periodo de retorno de 50 años con un lapso menor a 30 minutos y una intensidad de lluvia de 150 a 200 mm/hr se tendrá un caudal máximo que va de los 400 a los 5700 m<sup>3</sup>/s, mientras que en 5 años alcanzaría 1,100m<sup>3</sup>/s, lo que indica que la planicie de Bahía de Kino en su totalidad quedaría inundada, lo que quiere decir que las zonas habitacionales y vías de comunicación quedarán bajo el agua. (figura 48).

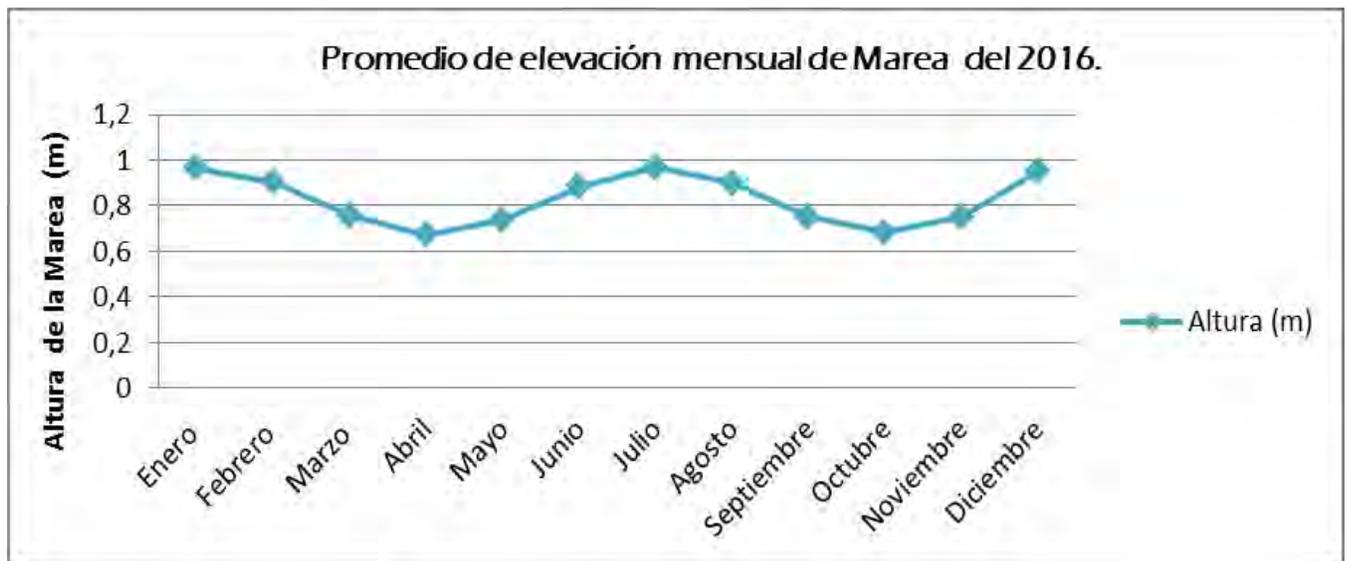
#### 4.5.9 Inundación por Marea

Las inundaciones por marea se presentan cuando el nivel del mar aumenta por varias horas, es decir que durante cierto lapso de tiempo alcanza su nivel máximo, generando inundación en algunas áreas, teniendo como factor condicionante la altura.

Las 4 etapas del proceso de las mareas son:

- El nivel del mar se eleva paulatinamente durante varias horas.
- El nivel del agua alcanza su nivel más alto.
- El nivel del agua desciende poco a poco durante varias horas.
- El agua deja de descender y alcanza su nivel más bajo.

Para el caso de Bahía de Kino, se analizó el comportamiento que presentó la marea mensualmente en el 2016, representado en la gráfica 9.



Gráfica 9.- Promedio de elevación mensual de marea del 2016.

El promedio mensual de marea en el 2016, indica que en los meses de junio, julio, agosto, diciembre y enero se tiene el nivel más elevado de marea, alcanzando un metro de altura, mientras que en abril y octubre, se tiene el nivel más bajo que es de 0.6 metros.

Los resultados obtenidos por medio del método Racional de cada uno de los parámetros establecidos para el cálculo de inundación aplicado a la zona de Bahía de Kino, permitió obtener como resultado 3 mapas que son: mapa de nivel de inundación (figura 48) Peligro (Figura 49) y Riesgo (figura 50), además de una Tabla de clasificación de grado Peligro, la cual estaba basada en la recopilación de todos los datos obtenidos de cada una de las variables empleadas. (Tabla 25).

#### **4.5.10.- Mapa de Nivel de Inundación de Bahía de Kino**

El mapa de nivel de inundación de Bahía de Kino (figura 48), muestra un escenario basado en tres niveles de inundación, el cual se obtuvo por medio de los diferentes parámetros que establece el método racional, que son: pendiente media, área de la cuenca, tiempo de concentración, coeficiente de escurrimiento, intensidad de lluvia por periodo de retorno y gasto máximo.

El primer nivel de inundación muestra el tamaño, distribución y dimensión que alcanzaría el nivel del agua en un periodo de retorno de 500 años, con una intensidad de lluvia superior a los 300 mm/hr en un tiempo de 30 minutos como se muestra en la gráfica 8, con caudales instantáneos superiores a los 2000m<sup>3</sup>/s; donde el nivel del agua alcanzara los 4 metros, este nivel muestra el escenario más catastrófico que se puede presentar en Bahía de Kino (figura 48).

El segundo nivel de inundación representa un periodo de retorno que va de 50 a 100 años, con una intensidad de lluvia de 150 a 200 mm/hr en un periodo de tiempo de 30 minutos, se tendrán caudales instantáneos máximo que van de los 300 a los 1000m<sup>3</sup>/s, donde el nivel del agua alcanzara los 2.5 metros. (figura 48).

El tercer nivel de inundación abarca un periodo de retorno de 5 a 10 años, con una intensidad de precipitación de 50 a 100 mm/hr en menos de 30 minutos, generando caudales máximos de 500m<sup>3</sup>/s, donde el nivel del agua alcanzara los 1.5 metros, este último nivel es el escenario próximo a presentarse. (figura 48).

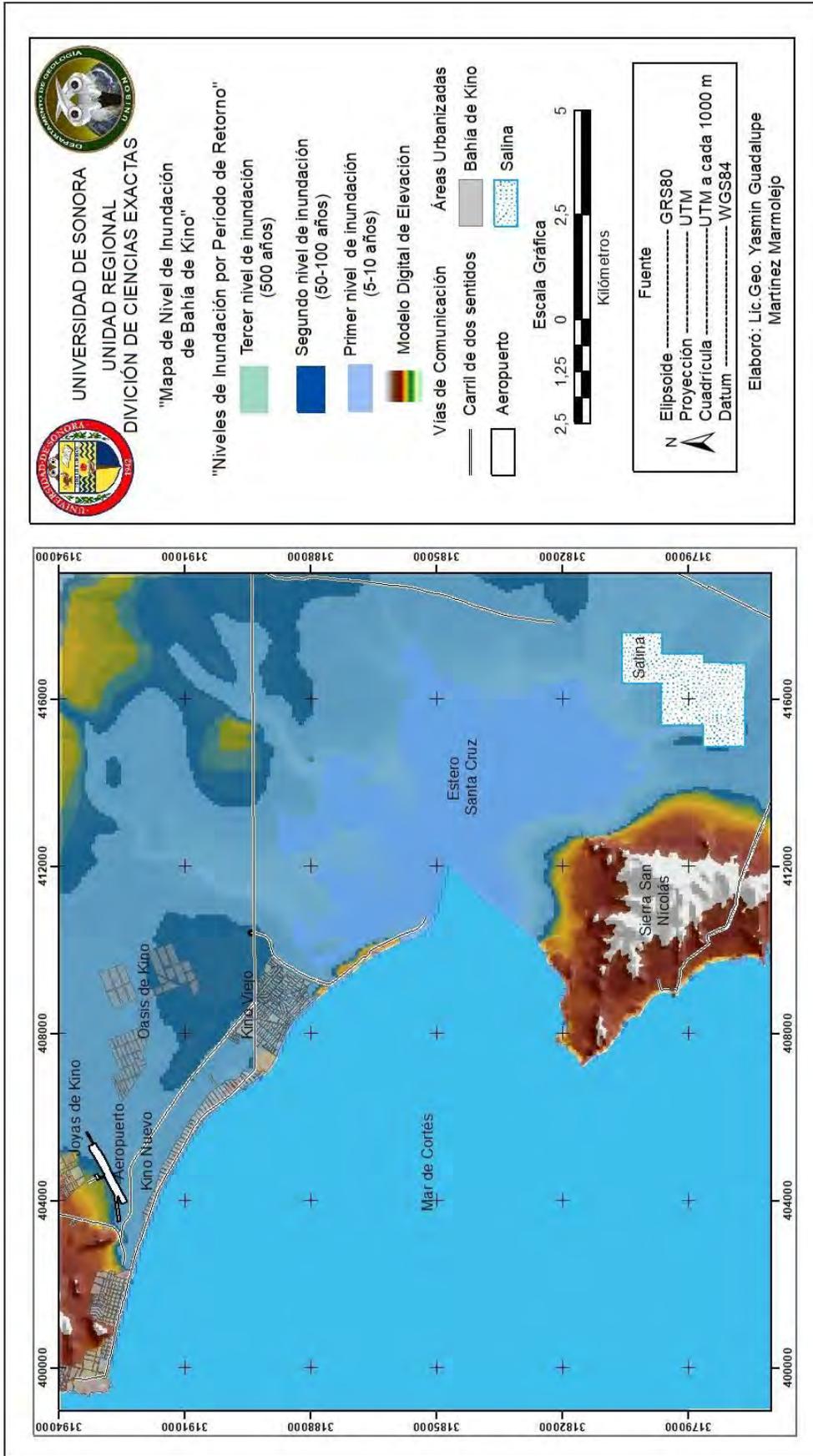


Figura 48- Mapa de Nivel de Inundación de Bahía de Kino.

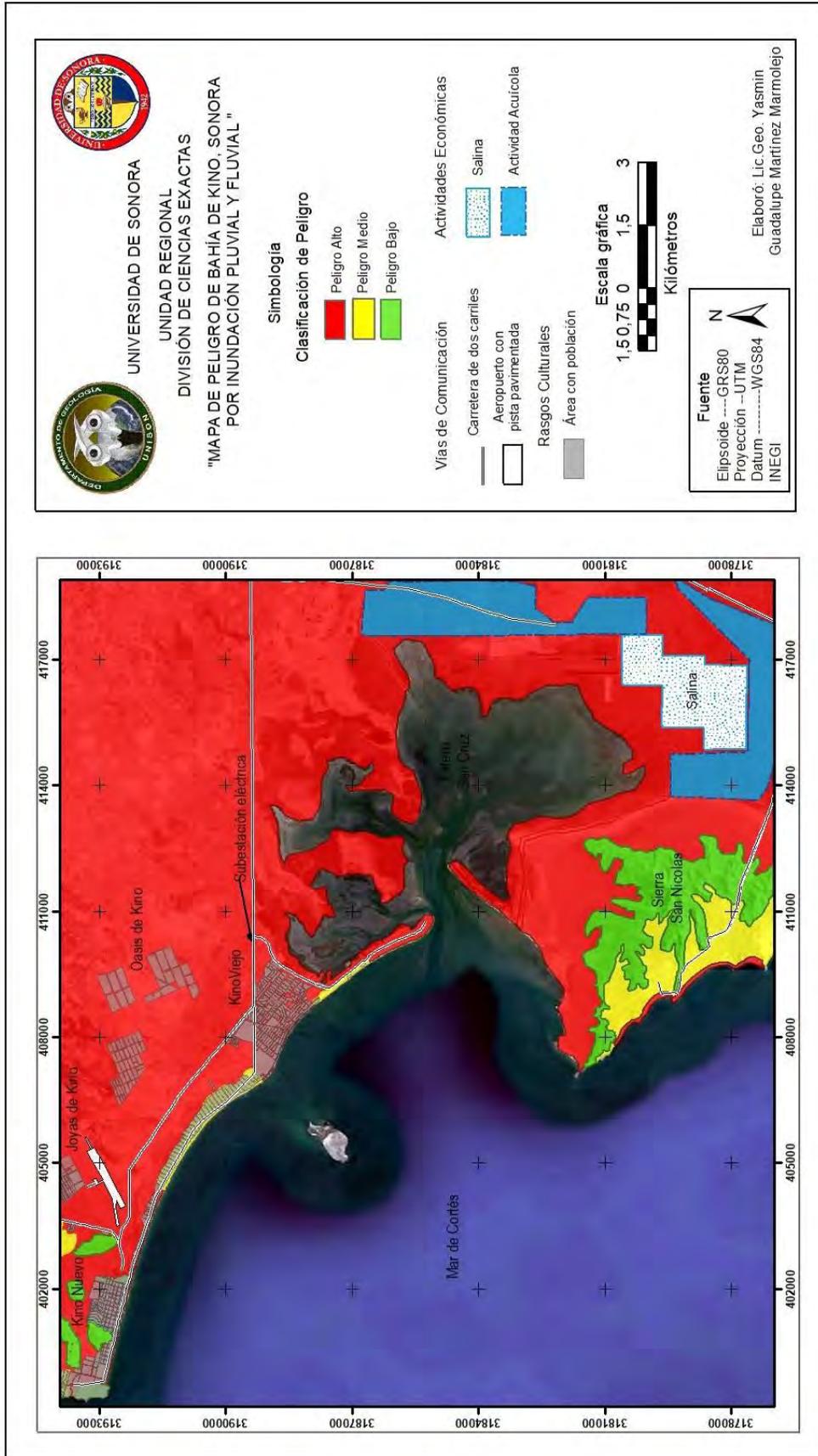


Figura 49.- Mapa de Peligro por inundación Fluvial y Pluvial de Bahía de Kino.

Tabla 25.- Clasificación de Peligro de Bahía de Kino con respecto a cada una de las cuencas que conforman la zona de estudio.

Cuenca	Área de la Cuenca en Km	Pendiente Media	Tiempo de Concentración	Coefficiente de escurrimiento	Periodo de Retorno (Tr años)	Grado de Peligro
1	6.04	3.83%	23.80	0.45	Tr 5= 70,56 Tr10= 87,16 Tr50= 142,32 Tr100=175,79	Alto
2	0.62	5.10%	12.50	0.45	Tr 5= 99,65 Tr10= 123,08 Tr50= 201,00 Tr100=248,26	Alto
3	0.81	6.89%	18.99	0.50	Tr 5=79,64 Tr10=98,37 Tr50=160,63 Tr100=198,41	Alto
4	1.72	2.96%	26.29	0.45	Tr 5=66,90 Tr10=82,63 Tr50= 134,93 Tr100=166,66	Alto
5	2552.15	0.419%	1644.97	0.45	Tr 5=7,28 Tr10=9,00 Tr50=14,70 Tr100=29,65	Medio
6	131.65	0.098%	882.98	0.45	Tr 5= 10,17 Tr10=15,57 Tr50=20,52 Tr100=25,35	Alto
7	1013.48	0.398%	1516.51	0.35	Tr 5=7,61 Tr10=9,40 Tr50=15,35 Tr100=18,96	Medio
8	1412.44	0.517%	1258.26	0.35	Tr 5=8,41 Tr10=10,39 Tr50=16,97 Tr100=20,96	Medio
9	357.89	0.148%	1243.44	0.35	Tr 5=8,41 Tr10=10,45 Tr50= 17,08 Tr100=21,09	Medio
10	19.39	0.078%	319.670	0.15	Tr 5=0,43 Tr10=0,53 Tr50=0,87 Tr100=1,07	Alto
11	19.62	0.109%	218.470	0.15	Tr 5=0,53 Tr10=0,65 Tr50=1,06 Tr100=1,32	Alto

Para Bahía de Kino se tiene una clasificación de 3 niveles de peligro por inundación que son alto medio y bajo.

- Peligro Alto. Predomina en toda la zona de estudio abarcando el 90%, afectando a toda la población de Kino Nuevo con sus respectivos fraccionamientos, Kino Viejo, la salinera y la granja camaronera.
- Peligro Medio. Zonas habitaciones que se encuentran edificadas sobre la barra de arena entre Kino Nuevo y Kino Viejo.
- Peligro Bajo.- Áreas que se encuentran alrededor o sobre elevaciones tales como: Cerro La Cruz, Cerro la Pila, Cerro Colorado y Sierra San Nicolás.

#### 4.5.12 Mapa de Vulnerabilidad por tipo de vivienda

Una vez obtenido el grado de peligro, se procedió a realizar el análisis de vulnerabilidad, para poder identificar, delimitar y clasificar áreas vulnerables ante una inundación. Para este caso el índice de vulnerabilidad se analizó en función de la infraestructura, lo cual permitió conocer el impacto directo en la capacidad de respuesta ante los efectos producidos por las inundaciones, donde se analizaron los tipos de vivienda con base en las características del material de construcción (Ver tablas 5 y 6).

De acuerdo con los criterios de evaluación de la vulnerabilidad física establecidos por la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (2004) las viviendas podrán clasificarse en cinco niveles de acuerdo con el material y tipo de construcción, para poder inferir su capacidad de respuesta ante una inundación. Para este caso se obtuvo el índice de vulnerabilidad según el tipo de vivienda, obteniendo como resultado tres niveles de clasificación con respecto al tipo de construcción como se muestra en La Tabla 26.

**Tabla 26. Índice de Vulnerabilidad según el tipo de vivienda en Bahía de Kino.**

Tipo	Índice de Vulnerabilidad	Color
I	Alto	Rojo
IV	Medio-bajo	Amarillo
V	Bajo	Verde

Las áreas de vulnerabilidad tipo I se encuentran en Kino Viejo y al noreste de Kino Nuevo, las de tipo IV se localizan sobre la barra de arena entre Kino Nuevo y Kino Viejo, y las de tipo V se localizan al norte de Kino Nuevo alrededor de los cerros la Pila, La Cruz y Colorado que se encuentran dentro del tipo V. (Figura 50).

Las obras públicas son otro tipo de infraestructura que se consideró dentro del análisis de vulnerabilidad, es por ello que en La Tabla 27, se muestran los tipos de obras públicas y cantidad con las que se cuenta en Bahía de Kino.

**Tabla 27.- Tipo de Infraestructura de Obras Publicas de Bahía de Kino.**

	Manzanas con	En todas las vialidades	En alguna vialidad	En ninguna vialidad	No especificado
	Recubrimiento de la calle	17	267	183	22
	Banqueta	69	221	177	22
	Guarnición	84	265	118	22
	Árboles o palmeras	42	306	119	22
	Rampa para silla de ruedas	0	11	456	22
	Alumbrado público	179	222	66	22
	Letrero con nombre de la calle	183	165	119	22
	Teléfono público	0	15	452	22
	Restricción del paso a peatones	458	9	no aplica	no aplica
	Restricción del paso a automóviles	444	22	no aplica	no aplica
	Puesto semifijo	0	5	462	22
	Puesto ambulante	0	2	465	22

Fuente: INEGI, DENUE 2014.

Más de la mitad de las vialidades que se tienen en Bahía de Kino, no cuentan con recubrimiento de la calle de manera puntual en Kino Viejo (figura 50), así como banquetas, rampas para sillas de ruedas y alumbrado público. Mientras que en Kino Nuevo más de la mitad de las zonas habitacionales en su mayoría cuentan con todos los servicios públicos.



Figura 50.- Mapa de Vulnerabilidad por tipo de vivienda.

#### 4.5.13 Mapa de Riesgo por Inundación Pluvial, Fluvial y Marea.

Una vez obtenido el resultado de cada variable analizada se generó un solo producto que fue el mapa de riesgo por inundación, el cual muestra la ubicación, distribución, características y grado de riesgo que se tiene en Bahía de Kino.

Las zonas de riesgo alto se localizan en la población de Kino Viejo, debido a que se tiene la mayor parte de la población y concentra un número considerable de viviendas tipo I, como se muestra en la figura 51 y tabla 28, las cuales cuenta con una infraestructura inadecuada y carecen de criterios de construcción, tanto en la calidad del tipo de material como en el diseño, por tanto no tienen la capacidad de resistir un fenómeno de este tipo y de gran magnitud. Otras áreas que se encuentran dentro de esta clasificación son la salinera y las granjas camaroneras que se localizan al este de la sierra San Nicolás y el fraccionamiento Oasis de Kino que se encuentra al noreste de Kino Nuevo. Con respecto a la vegetación los manglares y matorrales se verían cubiertos por el agua.

Las áreas de riesgo medio se encuentran en Kino Nuevo y Joyas de Kino, su población es baja y la mayor parte de las casas no se encuentran habitadas solo se ocupan para descanso y en periodo vacacional; de acuerdo con la clasificación de índice de vulnerabilidad por tipo de vivienda es considerada como media. (figura 51 y tabla 28).

El área de riesgo bajo se localiza en Kino Nuevo, lugar que se caracteriza por su baja población, y edificaciones de mejor calidad, la mayor parte son de concreto tanto en muros como en techos y son ocupadas solo en periodos vacaciones y descanso. (figura 51 y tabla 28).

**Tabla 28.- Grado de Riesgo de acuerdo con la clasificación de CENAPRED, con respecto al tipo de vivienda según el material usado en techo y muros, para el área de Bahía de Kino.**

Número de combinación	Tipo de vivienda	Combinación entre tipo de material para techo y muros (CENAPRED)	Áreas habitacionales	Imágenes
1	I	Vivienda con muros de cartón y techos de cartón o plástico	Kino Viejo	

4	I	Vivienda con muros de láminas de cartón y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).	Kino Viejo	
10	I	Vivienda con muros de madera y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).	Kino Viejo	
20	IV	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).	Kino Viejo	
22	IV	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de teja.	Kino Nuevo Oasis de Kino	

24	V	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto ligada.	Kino Nuevo	
----	---	---	------------	--

El diseño en la traza urbana de Bahía de Kino no es adecuado, puesto que en caso de una inundación las vías de acceso principal se verían bloqueadas para realizar una evacuación inmediata (figura 51) agregando que no todas cuentan con recubrimiento lo que generara que las calles se hagan lodosas y que los autos no puedan circular, haciéndola un área alto riesgo.

Por tanto para Bahía de Kino el peligro por inundación Pluvial y Fluvial que se tiene es alto, debido a que la población se encuentra instalada en una planicie de inundación y forma parte de una zona costera, lo que hace que sea un sitio natural susceptible a ser inundado y si a esto agregamos el incremento de nivel de marea, que para la zona de estudio alcanza un metro de acuerdo con el promedio mensual del 2016 en los meses de junio, julio y agosto que es donde tenemos la mayores precipitaciones del año, tendremos como resultado un escenario catastrófico con pérdidas tanto humanas como materiales y daños considerables al ecosistema natural como manglares y matorrales como se muestra en el mapa de nivel de inundación (figura 48).

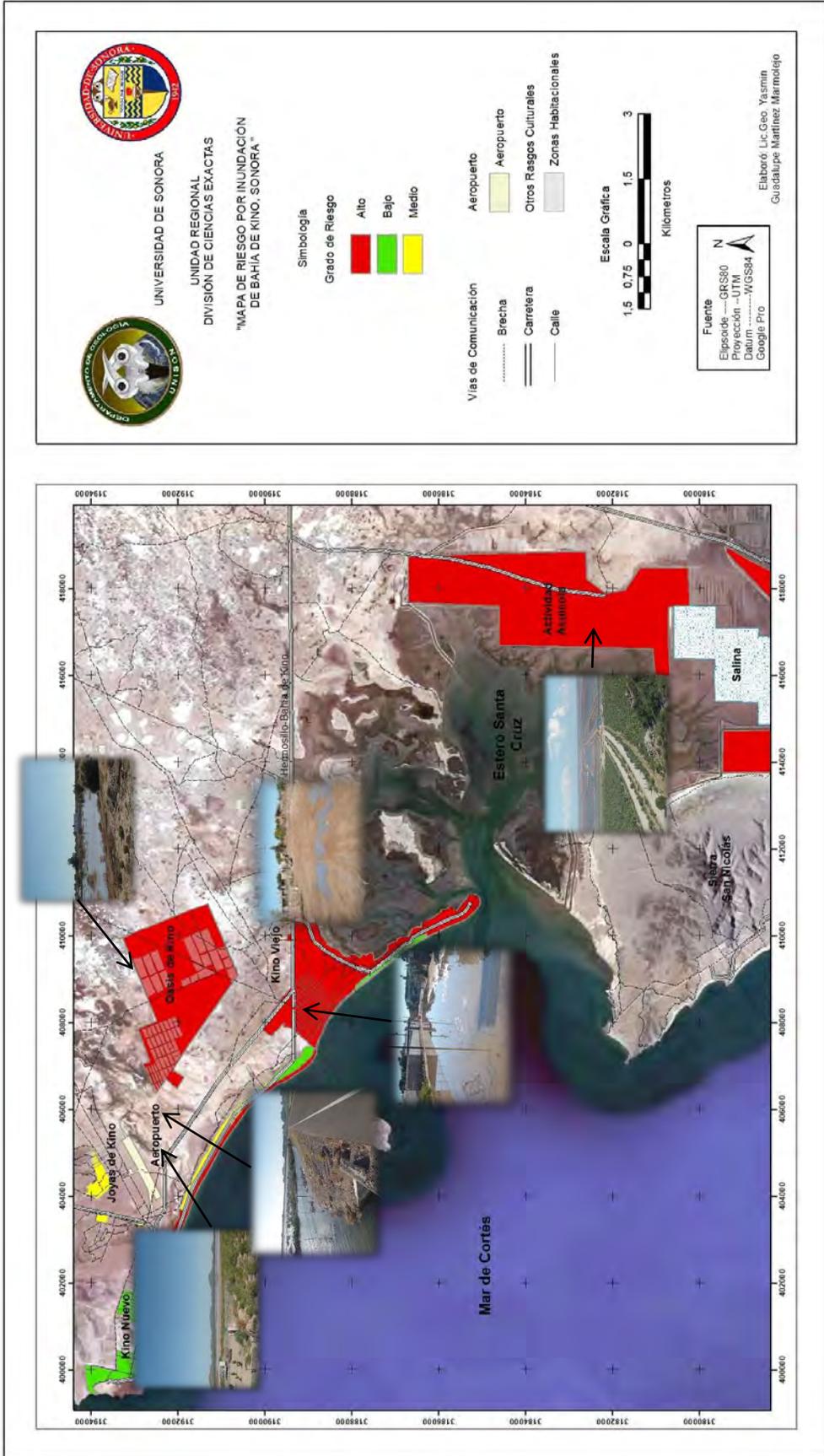


Figura 51- Mapa de Riesgo por Inundación de Bahía de Kino.

## **CAPITULO V. - DISCUCIONES**

## 5.0. DISCUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos de los diferentes Riesgos Geológicos que se presentan en Bahía de Kino, se identificaron y puntualizaron las zonas a ser afectadas por cada uno de ellos mediante la representación cartográfica, la cual muestra una clasificación de acuerdo al grado de Peligro y Riesgo con respecto a la población infraestructura y ecosistema de Bahía de Kino.

Para el caso de Peligro Sísmicos, se analizaron 5 variables asociadas al estudio sísmico, las cuales permitieron generar el mapa de peligro y riesgo, donde se muestra la distribución, y profundidad de focos sísmicos con respecto al área de estudio, con un radio mínimo de 10 km y un máximo de 100 km, (figura 24) y a la vez se obtuvo el periodo de recurrencia y magnitud, lo cual permitió conocer el grado de intensidad con el que se pueden presentar los sismos en Bahía de Kino, que para este caso es de intensidad moderada de acuerdo con los datos obtenidos, sin descartar uno fuerte, comprobando que pueden generarse sismos mayores a 6.0 grados en un radio menor de 100 km, y como consecuencia desencadenar otro tipo de fenómenos como: Tsunamis, licuefacción y procesos de remoción en masa.

En el caso de la presencia de Tsunamis en Bahía de Kino, se tiene la probabilidad de que se presente este tipo de fenómeno, ya que de acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de sismicidad indican una actividad constante, aunado al análisis estructural ya que se tiene la presencia de fallas de rumbo con componente normal lo que puede desencadenar este tipo de fenómeno o incluso un deslizamiento considerable que generaría un oleaje elevado.

Los Procesos de remoción en masa son otro tipo de riesgo geológicos que se presenta en Bahía de Kino, de manera específica en 3 puntos: Cerró la Pila, la Cruz y Colorado, donde se identificaron distintos movimientos de ladera, entre los que predominan los procesos de caída, deslizamiento traslacional y rodamiento, los cuales en su mayoría han sido generados por eventos de tipo meteorológico, sin descartar la actividad sísmica, que hasta el momento no habían sido documentados, ya que no se contaba con algún registro de la presencia de este tipo de fenómeno, solo los pobladores del área tenían conocimiento de los sucesos que se presentaron en el pasado.

La erosión costera es otro riesgo que se está presentando de manera considerable, específicamente al sur de Bahía de Kino a lo largo de la zona de playa, donde los estragos más notorios se presentan en temporadas de lluvias, causando severos daños a las zonas habitaciones que se encuentran edificadas sobre la barra de arena, prueba de ello son los datos obtenidos de transporte de sedimentos, representados en las gráficas de puntos y en el mapa de dirección de transporte de sedimentos, donde se aprecia el comportamiento y los efectos que han causado en la zona.

Las inundaciones son uno de los fenómenos más comunes a presentarse en las zonas costeras, Bahía de Kino no es la excepción ya que es una planicie de inundación; pero al estar ubicada geográficamente en una zona desértica la presencia de las precipitaciones anuales varia cada año, en ocasiones se pueden presentar precipitaciones elevadas años seguidos o pueden ser muy escasas, lo que genera severas inundaciones en cuestiones de minutos como lo indican los datos obtenidos de tiempo de concentración y coeficiente de escurrimiento, y si a esto agregamos la presencia de marea alta, y falta de drenaje, como resultado se obtienen severas inundaciones las cuales causaran daños considerables tanto a la población como a la infraestructura habitacional. Cabe mencionar que en la actualidad ya se ha estado presentando este tipo de fenómeno durante tres años consecutivos en el 2014, 2015 y 2016, además de verse afectadas las vías de comunicación como la carretera principal la cual se cubre completamente por agua e impide el paso de los automóviles y peatones.

Por tanto se generaron mapas de peligro y riesgo de cada uno de los diferentes fenómenos que inciden en Bahía de Kino y que afectan a la población, los cuales muestran los posibles lugares a ser afectados por algunos de los fenómenos antes mencionados, mediante una delimitación áreal, que señalan las áreas específicas a ser dañadas, así como la clasificación de grado de peligro y riesgo, además de conocer los periodos de recurrencia e intensidad con que se pueden presentar en el futuro.

La cartografía generada sirve para realizar un ordenamiento territorial adecuado y planes de evacuación ante la presencia de los diferentes tipos de riesgos geológicos, además de que puede ser consultada por cualquier usuario, ya que parte de la finalidad es generar conciencia en la población sobre el grado de exposición en el que se encuentran ante la presencia de este tipo de eventualidades y con ello generar planes o estrategias para mitigar o reducir daños significativos tanto en vidas humanas como en bienes materiales.

**CAPITULO VI.-**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

## 6.0 Conclusiones

En el área de Bahía de Kino se identificaron y se evaluaron los diferentes tipos de Peligros geológicos que se presentan y generan un riesgo a la población, infraestructura y ecosistema de la zona. Para lo cual se realizó una valoración de tipo cualitativa, que permitió realizar la evaluación de impacto de los diferentes tipos de Riesgos Geológicos que se presentan.

Para la valoración cualitativa aplicada a los Riesgos Geológicos en Bahía de Kino, se emplearon una serie de parámetros propuestos por (Garmendia, Salvador, Crespo y Garmendia 2010, p.228), los cuales se muestran en La Tabla 29.

**Tabla 29.- Parámetros para Valoración Cualitativa de Riesgos Geológicos.**

Valoración Cualitativa	
<p>Extensión (Área de influencia)</p> <p>Puntual Parcial Extenso Total</p>	<p>Intensidad (Grado de Destrucción)</p> <p>Baja Media Alta Muy Alta</p>
<p>Persistencia (Permanencia del efecto)</p> <p>Fugaz Temporal Permanente</p>	<p>Recuperabilidad (Medio Humano e infraestructura)</p> <p>Recuperabilidad de manera inmediata Recuperabilidad a mediano plazo Recuperable a largo plazo Irrecuperable</p>
<p>Periodicidad</p> <p>Discontinuo Periódico Continuo</p>	<p>Efecto</p> <p>Corto Plazo Medio Plazo Largo Plazo</p>

Con base a los parámetros de valoración cualitativa se determinó y se asignó el grado de importancia que tiene cada riesgo con respecto a efecto, periodicidad, frecuencia, intensidad, entre otros como se muestra en La Tabla 30 y en la figura 52.

**Tabla 30.-Jerarquización de los Peligro Geológicos para Bahía de Kino en base a la valoración de parámetros Cualitativos para el análisis de Riesgo.**

Clasificación de los Peligros	Parámetros de Valoración Cualitativa					
	Extensión	Intensidad	Persistencia	Periodicidad	Efecto	Recuperabilidad
<b>Peligros Geológicos e Hidrometeorológicos</b>						
Inundación Fluvial y Pluvial	Total	Muy Alta	Temporal	Periódica	Corto y Mediano plazo	Recuperable a largo plazo
Inundación por Marea	Puntual	Media	Temporal	Periódica	Corto y mediano plazo	Recuperable a corto plazo
Erosión Costera	Puntual	Alta	Permanente	Continuo	Mediano y Largo Plazo	Recuperable a largo plazo
Sismos	Total	Media-Alta	Fugaz	Discontinuo	Corto Plazo	Recuperabilidad a mediano plazo
Tsunami	Parcial	Media-Alta	Fugaz	Discontinuo	Corto Plazo	Recuperable a largo plazo
Licuefacción	Puntual	Alta	Fugaz	Discontinuo	Corto Plazo	Recuperabilidad a mediano plazo
Procesos de Remoción en Masa	Puntual	Media	Temporal	Discontinuo	Corto Plazo	Recuperabilidad a mediano plazo

De acuerdo a los parámetros establecidos, se tiene que el riesgo de mayor importancia son las inundaciones fluviales, pluviales y de marea como se muestra en la figura 52 , debido a que se presentan de manera periódica con alta intensidad afectando el 90% de Bahía de Kino, teniendo daños y pérdidas considerables tanto en infraestructura (zonas habitacionales, vías de comunicación y obras públicas), como humanas, económicas y al ecosistema natural, con una recuperabilidad a mediano y largo plazo dependiendo el grado de afectación que se tenga como se muestra en el mapa de riesgo (figura 51) y nivel de inundación (figura 48), así como los resultado obtenidos de los diferentes parámetros establecidos por el método racional aplicado al estudio de inundaciones .

El siguiente riesgo de acuerdo con las variables de valoración cualitativa es la erosión costera debido a que se tiene una erosión constante en la línea de costa y de manera considerable, como se muestra en el mapa de dirección de transporte de sedimentos (figura 41) presentándose de forma permanente, con un tiempo de recuperabilidad a largo plazo.

Los sismos ocupan el tercer lugar en grado de importancia, debido a que se pueden presentar en cualquier momento y con cierta magnitud, como lo muestra el mapa de peligro sísmico (figura 54) los cuales a su vez pueden generar otros fenómenos como tsunamis, licuefacción y procesos de ladera, teniendo un efecto a corto plazo con una recuperabilidad a mediano plazo, donde las zonas habitacionales de Kino Viejo son las que presentaran los mayores daños en su infraestructura, debido a la calidad y falta de criterio en las construcciones, mientras que para el caso de tsunamis se tendría una severa inundación en todo Bahía de Kino (figura 59).

Por último se tienen los procesos de Remoción en Masa los cuales son generados por sismicidad o precipitaciones excesivas, los cuales se presentan de manera temporal o fugaz dependiendo el factor desencadenante, donde las zonas afectadas son las edificaciones que se encuentran alrededor de los Cerros, que por el momento son pocas las construcciones, pero si se llega a incrementar la demanda de zonas habitacionales este tipo de riesgo podría elevarse.

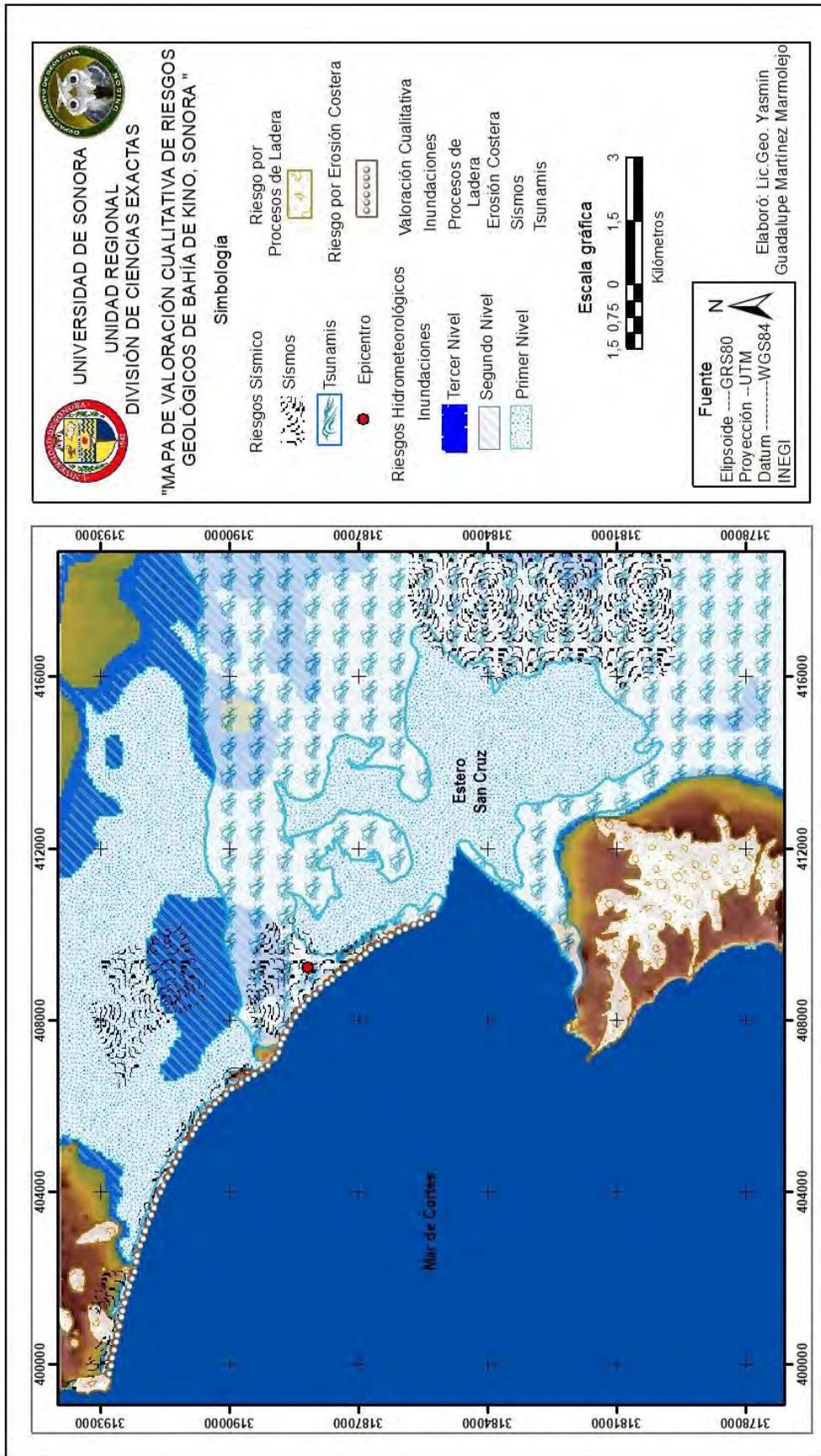


Figura.-52 Mapa de Valoración Cualitativa de Riesgos Geológicos de Bahía de Kino, Sonora.

### 6.1.- Recomendaciones.

Se realizó una tabla donde se muestran los tipos de riesgos geológicos que afectan a Bahía de Kino, por origen, área afectada y su correspondiente medida de prevención.

**Tabla 31.- Medidas Preventivas para los Riesgos Geológicos que se presentan en Bahía de Kino.**

Tipo de Riesgo	Origen	Área afectadas	Medidas de prevención
Sismos	Geológico	Toda el área de estudio	<p>Realizar infraestructura adecuada para las zonas habitacionales que se tienen tanto en la zona de playa (sobre la barra de arena) y las que se encuentran sobre la planicie, basado en un estudio de mecánica de suelos.</p> <p>Informar a la población sobre la presencia de este fenómeno y la dimensión que tendría en base a la intensidad y los lugares donde se puede generar este tipo de fenómeno representado mediante material cartográfico (mapa de distribución de focos sísmicos y las zonas a ser afectadas).</p>
Tsunamis	Geológico	Kino Nuevo, fraccionamiento oasis de Kino y Kino Viejo, estero Santa Cruz y graja camaronera y salinera.	<p>Se recomienda reglamentar las construcciones que se ubican en altitudes menores de 3 m.s.n.m.</p> <p>Contar con un sistema de alerta temprana eficiente.</p> <p>Generar un plan de prevención y evacuación que ayudarán en caso de presentarse este tipo de evento.</p> <p>Ubicar las zonas elevadas del área y las vías de acceso que se conectan hacia estos lugares.</p>
Licuefacción	Geológico	Kino Nuevo (detrás de la barra de arena) y Kino Viejo (zonas	Las obras construidas, y las que se encuentren en planes de construcción deberán contar con estudios previos y detallados que caractericen el

		habitacionales).	tipo de suelo. (Mecánica de suelos].
Procesos de Remoción en Masa	Geológico	Kino Nuevo, zonas habitacionales que se encuentran alrededor de los Cerros: La Pila, La Cruz y Colorado, y para el caso de Kino Viejo, en la Sierra San Nicolás.	<p>Evitar construir en las zonas que ya han sido señaladas con riesgo alto.</p> <p>No realizar excavaciones en las laderas en forma de terrazas sin autorización.</p> <p>Colocar señales de riesgo por caída de material en las zonas donde se presenta este tipo de proceso.</p> <p>Dar a conocer a la población cuales son los agentes que detonan este tipo de procesos,</p> <p>No cortar o destruir la poca vegetación que se tiene.</p> <p>Respetar las normas y reglamentos que regulan la planificación y construcción de estructuras en este tipo de zonas.</p>
Erosión Costera	Geológico	A lo largo de la zona de playa de Kino Viejo.	<p>Restaurar el ecosistema en la playa (dunas con vegetación), manglares en el estero Santa Cruz.</p> <p>Realizar una planificación adecuada para la construcción de infraestructuras como (casas habitacionales o zonas hoteleras).</p> <p>Reubicación o desplazamiento de algunas construcciones.</p> <p>Realizar estudios anuales en las diferentes estaciones del año, para conocer el comportamiento del transporte de sedimento y con ello identificar el periodo donde se presenta la mayor erosión.</p>

<p>Inundación Fluvial, Pluvial y por marea</p>	<p>Hidrometeorológico</p>	<p>En toda la zona de estudio.</p>	<p>Limpieza de canales, vialidades y arroyos cercanos.</p> <p>Planificación y distribución de zonas habitacionales de manera estratégica.</p> <p>Las edificaciones que se generen tanto de tipo habitacional como de recreación deberán apegarse a normatividades y cumplir con los requisitos necesarios (criterios estructurales).</p> <p>Generar canales de desagüe, para evitar inundaciones considerables. (Kino Viejo y Kino Nuevo).</p> <p>Restaurar el ecosistema de vegetación en el estero Santa Cruz.</p> <p>Evacuación preventiva y evacuación forzada (durante el desarrollo de la inundación).</p> <p>Tener un mapa con todas las vías de comunicación de tipo terrestre para agilizar una evacuación.</p> <p>Se debería instalar un mareógrafo en Bahía de Kino, para tener el monitoreo mensual del nivel de marea.</p>
--	---------------------------	------------------------------------	---

## **Bibliografía.**

Alcántara, A. I. 2000, Landslides: ¿Deslizamientos o movimientos de terreno? Definiciones, clasificaciones y terminología. Investigaciones Geográficas, abril, número 041, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F; México, 7-25 pp.

Aparicio F. J., Editorial Limusa S.A. de C.V, (1996). "Fundamentos de Hidrología de Superficie".

Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guaymas, 2011. Gobierno Federal. SEDESOL.

Atlas de Riesgos del Municipio de Hermosillo, 2014. Instituto de Municipal de Planeación Urbana de Hermosillo.

Barajas Martín Arturo. (2000). Volcanismo y extensión en la Provincia Extensional del Golfo de California. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen 53. Número 1. Pág.72-83.

Benavente Javier., Del Río Laura., y Gracia F.(2009). Riesgos Litorales. Dpto. Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. Av. República Saharaui s/n. Puerto Real, Cádiz, España. Pág. 277-283.

Bennet, S.,(2009). Transtensional Rifting in the Late Proto-Gulf of California Near Bahía Kino, Sonora, México. Tesis de Maestría, University of North Carolina at Chapel Hill, 122pp.

Bojórquez-Ochoa, J.A., y Rosas-Haro, J.A., 1988, Geología de la Hoja de Aconchi H12D13, Municipio de Aconchi, Sonora, México: Hermosillo, Sonora, Universidad de Sonora, tesis de licenciatura, 92 p. (inérita).

Branney, M.J., Kokelaar, P., 2002, Pyroclastic density currents and the sedimentation of ignimbrites: Geological Society, London, Memoirs, 27.

CENAPRED, 2006. Guía Básica para la Elaboración de Altas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos.

CENAPRED, 2001. Inestabilidad de la Laderas, Serie de fascículos.

Centro Nacional de Prevenciones de Desastres. CENAPRED, 2004

Comisión Nacional del Agua. (2010) Estadística del Agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Col. Jardines de la Montaña C.P. 14210, Tlalpan, México, D.F.

Comisión Nacional del Agua. (2011). Manual para el Control de Inundaciones. Edit. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Insurgentes Sur No. 2416 Col. Copilco El Bajo. Pág. 1-324.

Comisión Nacional del Agua. (2012). "Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región Hidrológico-Administrativa II Noroeste". Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. ISBN: Insurgentes Sur No. 2416 Col. Copilco El Bajo C.P. 04340, Coyoacán, México, D.F.

Cruden, D. M. y Varnes D.J. 1996. "Landslide types and processes". In A. K. Turner y R.L. Schuster (Editores): Landslides. Investigation and mitigation. Transportation Research Board Special Report 247. National Academy Press. Washington D.C. pp. 36-75.

Damon, P. E., Mauger, R. L., y Birkman, M.,(1964). K-Ar dating of Laramide plutonic and volcanic rocks within the Basin and Range Province of southeastern Arizona and Sonora: Nueva Delhi, Cong. Geol. Internal., 22, Proc., pte. 3, sec. 3, p.45-55.

Damon, P.E., (1983), El Batolito Laramide (90-40 M.A.) de Sonora, Asoc. Ing. Min. Met. Y Geol. De México. Mem XV Conv.

Douglas, R. G., González-Yajimovich, O. E., Ledesma, J., & Staines-Urias, F. (2007). Climate forcing, primary production and the distribution of Holocene biogenic sediments in the Gulf of California. *Quaternary Science Reviews* , 26, 115–129.

DUMBLE, E.T., (1900), Notes on the geology of Sonora, México Amer. Inst. Min. Eng. Trans. 29.

Espinosa-Carreón L & E Valdez-Holguín. 2007. Variabilidad interanual de la clorofila en Golfo de California. *Ecología Aplicada* 6(1-2): 83-92.

El Fondo de Desastres Naturales de México-Una Reseña, FONDEN. (2012). Banco Mundial. Global. Facility for Disaster Reduction and Recovery. Secretaria de Gobernación (SEGOB) y Secretaria de Hacienda y Crédito Publico (SHCP).

FOPREDEN-Unidad Estatal de Protección Civil del Estado de Sonora, págs. 3760.

Garmendia, Alfonso,; Salvador, Adela.; Crespo C.; Garmendia L. (2010). "Evaluación de Impacto Ambiental". Madrid: PEARSON Educación, S.A. P. 416.

Gastil,R.G.,Krummenacher,D.,(1977).Reconnaissance geology of coastal of Sonora between Puerto Lobos and Bahía Kino: *Geol.Soc. Am. Bull.*, v. 88,p.189-198.

Gerardo Suárez Reynoso, Virginia García Acosta.- Los sismos en la historia de México.- Ed. por la UNAM y el Fondo de Cultura Económica

Gómez Lizárraga Laura Elena. Variabilidad Climática en el sur del Golfo de California, durante el Holoceno Tardío: patrones y posibles causas. Tesis de Maestría (Mención honorífica). Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 112 pp más anexos. 4 de agosto de 2011.

Guevara, Enrique, Quaas Weppen y Fernández V. Georgina. (2004). Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. 1ª edición. Secretaria de Gobernación. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Av. Delfín Madrigal Número 665. Pág. 9-247.

Gutiérrez E. Mateo. (2008). Geomorfología. Pearson Educación, S.A., Madrid, España. Pág. 920

Highland, L.M., y Bobrowsky, Peter, 2008, Manual de derrumbes. Guía para entender todo sobre los derrumbes: Reston, Virginia, Circular 1325 del Sistema Geológico de los EUA, 129 p

King, R.E., (1939). Geologic Reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental of México, *Geological Society of America Bulletin* v. 50 p. 1624-1722

Kingma N. C.,1990. Natural Hazards Geomorphological Aspects of Floodhazard. Preliminary edition. International Institute for Aerospace Survey and Earth Science. ITC. Enschede, The Netherlands. 100p.

- Larsson and Mattson(1987). Seismic hazard analysis in Nicaragua. Tesis de maestría examen soberte, No 3:88, KunglTekniskoHögskolan, Estocolmo.
- Ley de Protección Civil para el Estado de Sonora (2009). Primera y Segunda Comisión de Gobernación y Puntos Constitucionales. Pág.6-29.
- López Pineda Leobardo. (2010).Riesgos Sísmico en ciudades del noroeste de México. Nuestra Tierra. "Número 13". Pág. 4-10.
- Lugo Hubp José. (1995). "La Geomorfología en México". En Ciencia ERGO, SUM, Vol. 2 Número. Uno Febrero. UAEM.
- Lugo Hubp José. (1990)."El relieve de la República Mexicana". Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Revista, vol. 9, núm. 1. P. 82-111.
- Lugo Hubp José. (1988). "Elementos de Geomorfología Aplicada" (Métodos Cartográficos). Instituto de Geografía. UNAM.
- Lugo Hubp José. (1989). "Diccionario Geomorfológico". Instituto de Geografía. UNAM. Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Ministro de Transportes y Comunicaciones. Perú. Av. Túpac No. 150. Rimac.
- Mc Doowell, F. W. and Keizer. R. P..(1977). Timing of Mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City and Mazatlán. México: Geol. Soc. Amer. Bull., v,88.p.1469-1478.
- Martínez H. Alba. (2014). "Evaluación de peligro de Remoción en Masa: Caso Colina Piedra Bola". Universidad de Sonora.
- MENICUCCI, S., 1975, Reconnaissance géologique et minière de la région entre Hermosillo et le Rio Yaqui (Sonora Central).Thèse, Univ. Grenoble, France, 211 p.
- México. (2013). Provincia Petrolera del Golfo de California. PEMEX. Exploración y Producción. Subdirección de Exploración.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2012). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Perú. Laboratorio DEE. Av. Túpac No. 150. Rimac.
- Moreno, R.C., Hudson, W. A., Bourillón, M. L y Torre, C.J. (2005). Diagnóstico Ambiental y Socioeconómico de la Región Marina-Costera de Bahía de Kino/Isla Tiburón, Sonora México: Documento de trabajo y discusión para promover un desarrollo sustentable. Diagnóstico Socioambiental de Bahía de Kino. Páginas 94.
- Ojeda Zújar José. 2000. Métodos para el cálculo de la Erosión Costera. Revisión, tendencias y propuestas. Boletín de la A.G.R.N.° 30 -200, págs. 103-118. Departamento de Geografía Física y AGR . Universidad de Sevilla.
- Patiño. Jaime, Valdés Lourdes, Gonzáles David, Román Rogelio y Hernández Ulises., (2013).Provincia Petrolera del Golfo de California. PEMEX Exploración y Producción. Versión 2.0. pp. 18.
- Paz-Moreno, F.A., Demant, A., Ornelas-Solís, R., 2000. Las ignimbritas hiperalcalinas neogenas de la región de Hermosillo, Sonora, Mexico: Mineralogía y geoquímica, in Cuarta Reunion Sobre La Geología Del Noroeste de Mexico y Areas Adyacentes, edited by T. Calmus and E. Pérez-Segura, vol. 2, pp. 90-91, National Autonomous University of Mexico and the University of Sonora, Hermosillo, Sonora, Mexico, 2000.

Phillips, F. C. 1971. "The use of stereographic projection in Structural Geology". Edward Arnol. London. 90 pp.

Ramírez. D. Laura. L. 2005. Peligro Sísmico en la Región sur del Estado de Sonora. Universidad de Sonora. División de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Geología. Tesis de Licenciatura. No. Pág. 46.

Ramos-Velázquez, E., Calmus, T., Valencia, V., Iriondo, A., Valencia-Moreno, M., Bellon, H., (2008), U-Pb and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology of the coastal Sonora batholith: New insights on Laramide continental arc magmatism: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 25(2), 314-333.

Rosengaus. M. Michel., Jiménez Martín., Vázquez María Teresa. (2002). Atlas Climatológico de Ciclones tropicales en México. CENAPRED. México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Ojeda. Z. José. (2001). Métodos para el Cálculo de la Erosión Costera, Revisión, Tendencias y Propuestas. Departamento de Geografía Física y AGR. Universidad de Sevilla. Boletín de la A.G.E.N. N° 30. Pág. 103-118.

Oskin, M, Stock, J., Martin-Barajas, A., (2001). Rapid localization of Pacific-North America plate motion in the Gulf of California. *GEOLOGY*. 29(5):459-462.

Selby, M. J. (1993). Hillslope material and process, Oxford University Press, pp. 5-82.

SEMARNAT. (2008). Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Costa de Sonora. Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora. Pág. 6-199.

SEMARNAT. (2011). Compendio de Identificación de Asentamientos Humanos en Causas Federales. Organismo de Cuencas Noroeste, Estado de Sonora.

Servicio Geológico Colombiano. (2015). Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgos, Escala detallada. MINMINAS.

Servicio Sismológico Nacional. 2011. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Instituto de Geofísica.

Scott E. K. Bennett., Michael E. Oskin ., Iriondo Alexander. (2013). Transtensional rifting in the proto-Gulf of California near Bahía Kino, Sonora, México. Current address: U.S. Geological Survey, Geologic Hazards Science Center, 1711 Illinois Street, Golden, Colorado 80401, USA. p. 1752-1782.

Stock, J.M., Lewis, C.J., and Nagy, E.A., 1999. The Tuff of San Felipe: an extensive middle Miocene. pyroclastic flow deposit in Baja California, Mexico, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 93 , 53-74.

SINGH, S.K y Ordaz, M. 1990. "Sísmicidad y Movimientos fuertes en México: una visión actual. Centro nacional de Prevención de Desastres, México. 58p.

Servicio Meteorológico Nacional.

Stock, J. M., & Hodges, K. V. (1989). Pre-Pliocene extension around the Gulf of California and the transfer of Baja California to the Pacific plate. *Tectonics*, 8(1), 99-115.

- Strahler A. (1982). "Geografía Física. España" Omega.
- Strahler A., Strahler A. (1996). *"Physical Geography"*. Estados Unidos de América. Ed. Wiley.
- Suárez Reynoso, G. y García Acosta, V. Los sismos en la historia de México.- México. UNAM-CIESAS-Fondo de Cultura Económica. 1996. 286pp
- Sunamura, T., and K. Horikawa. (1971). "Predominant direction of littoral transport along Kujuyukuri Beach, Japan." *Coastal Engineering in Japan* 14: 107-117.
- Tarbut, E.J.; Lutgens F.K y Tasa D. (2005) Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física. Madrid, Pearson Educación, Prentice Hall.
- Terzaghi, K. (1950). "Mechanisms of landslides", Geol. Soc. Am., Berkeley
- Tricart J. 1969. "La epidermis de la tierra". Nueva Colección Labor No. 91. Ed. Labor 179 p.
- Thornbury. (1966). "Principios de la Geomorfología". Ed. Kapeluz.
- Tuzo Wilson J. "Deriva Continental y Tectónica de Placas". 2ª Edición. H. BLUME. Ediciones.
- Urrutia J. (1995). Preliminary tight- fit Neogene paleoreconstruction of Baja California Peninsula, México. *Geofísica Internacional*. Vol 34, Núm. 2. Pp. 187-199.
- Valera Ricardo. (2014). Manual de Geología. Universidad Nacional de Tucumán. Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO). San Miguel Tucumán. Pág. 9-157.
- Vidal-Solano, J.R., Paz-Moreno F.A., Demant, A., López-Martínez, M., 2007. Ignimbritas hiperalcalinas del Mioceno medio en Sonora Central; Revaluación de la estratigrafía y significado del volcanismo Terciario. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 24, pp.47-67.
- Vidal-Solano, J.R., 2005. Le volcanisme hyperalcalin d'âge Miocene Moyen du Nord-Ouest du Mexique (Sonora): Minéralogie, Géochimie, cadre géodynamique ; Tesis de Doctorado, Universidad Paul Cézanne, 256pp.
- Vidal-Solano, J.R., Paz-Moreno, F.A., Iriondo, A., Demant, A., Cochemé, J.J., 2005. Middle Miocene peralkaline ignimbrites in the Hermosillo region (Sonora, Mexico): Geodynamic implications. *C. R. Geoscience* 2005, Volume 337, Issue 16, Pages 1393-1582.

## Bibliografía de internet

Civilgeeks. Ingeniería y Construcción. (2015). Análisis del Riesgo, Peligros Geológicos y Prevención de Desastres. CreativeCommons 2.5.

<https://civilgeeks.com/2015/06/02/analisis-del-riesgo-peligros-geologicos-y-prevencion-de-desastres/>

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. 11-05-2001, del metadato 28-04-2008 Av. Liga Periférico – Insurgentes Sur No. 4903. Col. Parques del Pedregal. Del. Tlalpan. 14010. México, DF.

[http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/subcu1mgw.xml?\\_httpcache=yes&\\_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html.xsl&\\_indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/subcu1mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no)

Utah Geological Survey - State of Utah.

<http://www.ugs.state.ut.us/sites.htm>

Earthquake Hazards Program. Page Last Modified: April 06, 2016 22:22:40 UTC U.S. Department of the Interior | U.S. Geological Survey.

<http://earthquake.usgs.gov/>

GeoQuantics. (2017). Estudios de Riesgos Geológicos.

<http://geoquantics.com/servicios/estudios-riesgos-geologicos/>

Secretaría de Desarrollo Social (2011). Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio - Consulta de Atlas de Peligros y Riesgos - Atlas de Riesgos 2011 - 26029\_Guaymas. Última actualización: Lunes 30 de julio de 2012 a las 15:55:17.

[http://www.habitat.gob.mx/es/SEDESOL/26029\\_GUAYMAS](http://www.habitat.gob.mx/es/SEDESOL/26029_GUAYMAS)

Servicio Geológico Mexicano. (2016). Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI) | Sistema Infomex | Portal de Obligaciones de Transparencia.

<http://www.sgm.gob.mx/index.php?lang=en>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). Aguascalientes.

<http://www.inegi.org.mx>

Servicio Sismológico Nacional. (2011). Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM), todos los derechos reservados. Instituto de Geofísica, UNAM.

<http://www.ssn.unam.mx/SSN/Doc/Caridad/Placas/placas.html>

Matorral Xerofilo. (2013). Todos los derechos reservados.

<http://matorral-xerofilo.webnode.mx/flora/>

Consejo Nacional del Agua. (2010). Servicio Meteorológico Nacional. Av. Observatorio 192, Col. Observatorio, Del. Miguel Hidalgo. C.P. 11860, México D.F. Tel. (55) 2636-4600

[http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=265&Itemid=101](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=265&Itemid=101).

Evacúan a 300 personas por Odile en Sonora. (09 de septiembre 2014). Excelsior.

<http://www.excelsior.com.mx/nacional/2014/09/16/982055>

Cynthia Limón. (2015). Lluvia provoca inundaciones y afecta carretera en Bahía de Kino.

<http://www.telemax.com.mx/lluvia-provoca-inundaciones-y-afecta-carretera-en-bahia-de-kino>

Huracán "Linda" pierde fuerza y se degrada a categoría 2. (09 de septiembre 2015). SDP noticias.com

<http://www.sdpnoticias.com/estados/2015/09/09/huracan-linda-pierde-fuerza-y-se-degrada-a->

SEDESOL. (2011). Atlas de Riesgos Naturales para el Municipio de Mazatlán, Sinaloa. Instituto Nacional para la Gestión de Riesgos. Monte Funiar No. 49, Colonia Jardines de la Montaña, Delegación Tlalpan, México, Distrito Federal.

[http://www.normateca.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/2612/Atlas\\_Estados/25012\\_MAZATLAN/0\\_ATLAS\\_RIESGOS\\_MAZATLAN.pdf](http://www.normateca.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/2612/Atlas_Estados/25012_MAZATLAN/0_ATLAS_RIESGOS_MAZATLAN.pdf)

SEDESOL. (2004). Atlas de Peligros Naturales de la Ciudad de Acapulco de Juárez, Guerrero, México. Identificación y Zonificación fue elaborado en convenio de colaboración entre la SEDESOL y el COREMI.

<http://acapulco.gob.mx/proteccioncivil/documentos/atlas%20de%20peligro%20naturales%20de%20Acapulco%202003.pdf>

Tutorial Ingeniería Civil. (2010-2013).

<http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-el-coeficiente-de-escorrentia/>