

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

“IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE RIESGO ANTE EL AUMENTO PAULATINO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR COMO POSIBLE INSUMO PARA EL MANEJO DE LA ACUACULTURA Y EL TURISMO DE BAHÍA SAN QUINTÍN EN BAJA CALIFORNIA, MÉXICO”

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

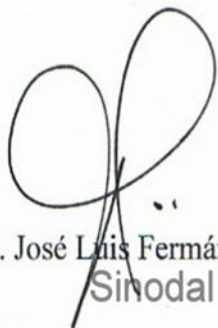
Presenta

EDITH SOLEDAD VALDÉS MARTÍNEZ

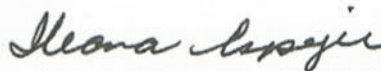
Aprobado por



Dr. Oscar Eduardo Delgado González
Director



Dr. José Luis Fermán Almada
Sinodal



Dra. Martha Ileana Espejel Carbajal
Sinodal

ENSENADA B.C. Septiembre de 2012

AGRADECIMIENTOS

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

Al Dr. Oscar Delgado, la Dra. Ileana Espejel y el Dr. José Luis Fermán, por las observaciones tan atinadas a este trabajo, su tiempo y sobre todo su paciencia.

A Oc. Eduardo Gil por el apoyo en el trabajo de campo y el procesamiento de la información.

A Lic. Laura Gabriela Rodríguez por el apoyo en el diseño de los perfiles.

DEDICATORIA

A mi familia, porque a pesar de estar lejos siempre están conmigo y sobre todo a mi madre, por ser mi ejemplo a seguir.

A Fernando por su amor, paciencia y su comprensión, muchas gracias.

A mis amigos de la maestría, mi segunda familia, a los cuales agradezco estar conmigo en las buenas y en las malas.

A Marina y Laura por su amistad incondicional, sus buenos consejos y por abrirme las puertas de su hogar. Que me hicieron sentir en casa.

Finalmente cierro con la frase que siempre me acompaña “Si lo sueñas, es que lo puedes alcanzar”.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. ANTECEDENTES.....	10
2.1 Aumento paulatino del nivel del mar	10
2.2 Área de estudio.....	14
2.3 Principales usos de los espacios en BSQ.....	15
2.4 Vulnerabilidad y Riesgo.....	16
2.5 Estudios sobre posibles impactos del nivel del mar en Bahía San Quintín, B.C.....	17
3. OBJETIVO.....	24
3.1 OBJETIVOS PARTICULARES.....	24
4. METODOLOGÍA	25
a) Cartografía digital	25
b) Trabajo de campo.....	26
c) Selección de las cotas de nivel esperadas.....	27
d) Integración del trabajo de campo y las áreas identificadas con potencial de afectación en un sistema de información geográfica.....	29
5. RESULTADOS.....	30
5.1 Las Lajas	33
5.2 Punta Azufre.....	35
5.2.1 SITIO I.....	36
5.2.2 SITIO II.....	37
5.2.3 SITIO III.....	38
5.3 Camino de acceso a BSQ	39
5.4 El Pedregal	41
5.5 Molino Viejo	44
5.6 Mapa de Riesgo: Porcentajes de afectación en las áreas seleccionadas	47
6. DISCUSIÓN	53
6.1 <i>Sobre la metodología.</i>	53
6.2 <i>Sobre los escenarios de aumento de nivel medio del mar (ANMM)</i>	54
6.3 <i>Sobre los programas de ordenamiento.</i>	57
6.4 <i>Sobre la comparación de otras estimaciones.</i>	59
6.5 <i>Sobre las aportaciones de este trabajo</i>	60
7. CONCLUSIONES	61
8. LITERATURA CITADA.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfica de las variaciones del nivel de mar global sin cambios estacionales.	11
Figura 2. Características morfológicas de la laguna costera.	14
Figura 3. Mapa de zonas con riesgo de inundación en Bahía San Quintín (Tomado de PCyMBSQ).	20
Figura 4. Mapa de Riesgo realizado por la Aseguradora Agrícola AgroAsemex.	21
Figura 5. Mapa de riesgo efectuado por la institución CENAPRED.	22
Figura 6. Poligonal envolvente del área de estudio representada por la línea segmentada.	25
Figura 7. Levantamientos topográficos en La Chorera (Izq) y Punta Azufre (Der).....	27
Figura 8. Escenario del aumento del nivel del mar para los próximos años (tomado de Informe IPCC 2001).....	28
Figura 9. Mapa que señala las áreas identificadas con riesgo de inundación ante un aumento del nivel del mar (círculos).	30
Figura 10. Imagen de La Chorera, que muestra el sitio donde se conecta el mar y la marisma. La flecha indica el sentido de la pendiente (Imagen Quick bird).	31
Figura 11. Imagen tomada en el año 1989, donde se muestra, la discontinuidad de la duna (Foto de Mauricio Muñoz).	31
Figura 12. La Chorera en la actualidad, 2011. (Foto del autor)	32
Figura 13. Curvas de nivel de La Chorera.....	32
Figura 14. Perfil transversal de La Chorera	33
Figura 15. Imagen del área de trabajo conocido como las Lajas. La flecha negra señala el sentido de la pendiente del terreno (Imagen Quick bird).	33
Figura 16. Imagen que muestra el sitio de trabajo en Las Lajas. (Foto del autor)	34
Figura 17. Curvas de nivel del sitio llamado Las Lajas.	34
Figura 18. Perfil transversal de Las Lajas, donde se muestra la elevación del la duna.	35
Figura 19. Ubicación de los tres sitios de trabajo localizados en la barra de arena Punta Azufre. (Imagen Quick bird).	35
Figura 20. Mapa de curvas de nivel correspondiente al Sitio I.	36
Figura 21. Perfil transversal del sitio I en Punta Azufre	37
Figura 22. Mapa con curvas de nivel correspondiente al sitio II en Punta Azufre.....	37
Figura 23. Perfil transversal del sitio II en Punta Azufre	38
Figura 24. Curvas de nivel correspondiente al Sitio III en Punta Azufre,.....	38
Figura 25. Perfil transversal del sitio III en Punta Azufre.....	39
Figura 26. Ubicación del área de trabajo denominado Camino de acceso.....	39
Figura 27. Imagen que muestra el nivel que alcanza la marea al pie del talud en el camino acceso de BSQ (Foto de la autora).	40
Figura 28. Curvas de nivel correspondiente al Camino de acceso, Bahía San Quintín (Elaboración propia)	40
Figura 29. Perfil transversal del camino de acceso donde se muestra la elevación del área de rodamiento. (Elaboración propia)	41
Figura 30. Ubicación del sitio de trabajo en El Pedregal (Imagen Quick bird).	41
Figura 31. Asentamientos humanos ubicados en sitios con elevación mínima en El Pedregal. (Foto de Soledad Valdés).....	42
Figura 32. Apreciación de la pendiente y la cercanía de las residencias al margen costero en El Pedregal. (Foto de Soledad Valdés)	42
Figura 33. Las curvas de nivel indican los sitios con menor elevación en el Pedregal. El perfil topográfico de El Pedregal se caracterizó por tener una longitud de 436 m con una pendiente del 2% (Elaboración propia).....	43
Figura 34. Perfil transversal del El Pedregal (Elaboración propia).....	43
Figura 35. Ubicación del sitio de trabajo, denominado Molino Viejo (Imagen Quick bird).	44
Figura 36. Dos fotografías de sitios en los márgenes de Molino Viejo que actualmente están afectados por mareas altas. (Foto de Soledad Valdés)	44

Figura 37. Lugar en Molino Viejo identificado como zona inundable (Foto de Oscar Delgado).....	45
Figura 38. Curvas de nivel correspondientes al sitio Molino Viejo.....	45
Figura 39. Perfil de terreno donde se muestra la elevación del punto más alto en Molino Viejo (Elaboración propia).....	46
Figura 40. Polígono propuesto para la Chorera, así como los escenarios de inundación (Imagen Quick bird).....	47
Figura 41. Polígono propuesto para Las Lajas y los escenarios de inundación (Imagen Quick bird).	48
Figura 42. Polígono propuesto para el Sitio I en Punta Azufre (Imagen Quick bird).	48
Figura 43. Polígono propuesto para el Sitio II en Punta Azufre (Imagen Quick bird).....	49
Figura 44. Polígono propuesto para el Sitio III en Punta Azufre (Imagen Quick bird).	49
Figura 45. Polígono propuesto para el Camino de Acceso y los escenarios de inundación (Imagen Quick bird).	50
Figura 46. Polígono propuesto para El Pedregal y los escenarios de inundación (Imagen Quick bird).....	50
Figura 47. Polígono propuesto para Molino Viejo y los escenarios de inundación (Imagen Quick bird).....	51

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Políticas aplicadas en BSQ (POESQ, 2007).....	18
Tabla II. Sitios con riesgo de inundación identificados en BSQ por los programas de desarrollos e instituciones gubernamentales.....	23
Tabla III. Escenarios del aumento del nivel del mar (IPCC, 2007).	28
Tabla IV. Superficies afectadas (%) por el aumento del nivel del mar en cada uno de los sitios de trabajo en BSQ.	52

1. INTRODUCCIÓN

En las zonas costeras confluyen los ambientes terrestre, acuático y atmosférico, lo cual genera una interface que está en constante movimiento, tanto por la influencia de fenómenos naturales como por los antropogénicos. Entre los fenómenos naturales que mantienen en balance dinámico a la franja costera se pueden mencionar el paso de tormentas, vientos, oleaje, marea, cambio de nivel del mar y escurrimientos pluviales, mientras que la presión antropogénica incluye todas las actividades humanas, como las pesquerías, la agricultura, la acuicultura, el turismo, la minería y las diversas actividades portuarias. El crecimiento observado en las ciudades costeras asegura una mayor presión antropogénica, condición que se habrá de sumar al aumento de presión natural como consecuencia del cambio climático (Lopes et al., 2011).

En las zonas costeras marinas se pueden encontrar diferentes ambientes, entre otros, se pueden mencionar a las bahías, caletas, lagunas costeras, estuarios y llanuras costeras, cada uno con su biodiversidad particular, correspondiente a las condiciones climáticas de latitud y del océano adyacente (Scura et al., 1992; 1999, 2000, 2005; Shwartz, 2005 citado en Yáñez-Arancibia, 2010). Estos ambientes se caracterizan por sus interacciones físico-biológicas y en principio cada ambiente posee diferentes grados de vulnerabilidad a los impactos potenciales por el aumento paulatino del nivel del mar asociado con el cambio climático (Cicin Sain y Knecht, 1998; Shwartz, 2005, Gregory et al., 2008 citado en Yáñez-Arancibia y Day, 2010), como son las inundaciones en la zona costera.

Las inundaciones son causantes de cuantiosos daños en diversas partes del mundo (Carrasco et al., 2012) entre las que se distinguen seis tipos de inundaciones: inundaciones costeras, inundaciones repentinas, inundaciones por ríos, inundaciones por problemas taponamiento de cauces y drenajes, tsunamis y mareas (Jonkman, 2005; Kirwan et al., 2010). De las cuales, las inundaciones costeras, asociadas con surgimientos de tormentas, tsunamis o tormentas con lluvias extremas, constituyen una importante amenaza hidrológica y geomorfológica, no sólo por los impactos que resultan de los daños que ocasionan a las diversas infraestructuras y propiedades, sino por los cientos (en ocasiones miles) de vidas humanas que se pueden asociar con este tipo de inundaciones. En contraste con este tipo de inundaciones que suelen tener impactos devastadores asociados a elevaciones extremas del nivel del mar, el cambio paulatino del nivel medio del mar asociado con el cambio climático puede ser estudiado y observado para modelar su aumento (Stanchev et al., 2009).

En términos generales, los impactos físicos ocasionados por la elevación paulatina del nivel medio del mar son la inundación de áreas costeras bajas, intrusión salina en estuarios y acuíferos, erosión de playas y barras de arena y pérdidas de hábitat (FitzGerald et al., 2008). Sin embargo, la respuesta de cada región costera a la elevación del nivel medio del mar depende de las características físicas de cada región costera y de la razón de cambio local relativa del nivel medio del mar. De modo tal que el cambio del nivel del mar debe

evaluarse de manera local y mejorar así las herramientas que permitan estar preparados ante cualquiera de los efectos mencionados (Nicholls y de la Vega-Leinert, 2008).

Uno de los problemas que se tienen que atender cuando se desea estimar de manera local la cantidad de área continental que será inundada por el primer metro que suba el nivel del mar, es la imprecisión de los datos disponibles y por tanto no indica a qué distancia se encuentra la cota terrestre sobre el nivel del mar, problema conocido como pobre resolución vertical e inconsistencia de los bancos de nivel (Titus y Richman, 2001).

En el litoral mexicano se tienen un poco más de 11,000 km de extensión, y si se regionaliza de acuerdo al artículo 36 de la Ley Federal del Mar, se pueden identificar 178 unidades, sin contabilizar las playas de arena recta (Espejel y Bermúdez, 2009), es decir, de estas unidades algunas son deltas, lagunas costeras y bahías semicerradas, que las vuelve susceptibles de ser utilizadas por los diferentes sectores productivos no obstante, su elevación entre la cota 0 y 1 m no se conoce con precisión. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) cuenta con el modelo de elevación nacional (DEM), sin embargo, tampoco hay datos precisos, por lo que si se desea trabajar en escalas menores a 1 m en la vertical, esta información debe complementarse con información generada con trabajo de campo.

Entre los espacios semicerrados a lo largo de esta zona costera mexicana cuyas condiciones fisiográficas han permitido el desarrollo de actividades productivas, se encuentra la laguna costera de Bahía San Quintín (BSQ), Baja California, espacio natural expuesto a la elevación del nivel del mar y al conjunto de las combinaciones energéticas arriba mencionadas; por tanto, compromete el desarrollo de dichas actividades. Este aumento de energía al sistema, principalmente durante la estación invernal, ha ocasionado la conexión esporádica de la marisma de BSQ con el mar, con olas que logran sobrepasar los sitios de menor altura en la barra de arena. Imágenes de satélite y fotografías aéreas permiten confirmar que bajo ciertas condiciones de marea viva, la capacidad volumétrica de BSQ es sobrepasada, lo que ocasiona escurrimientos de agua hacia el mar. Estas evidencias fueron corroboradas con visitas al campo y con pláticas sostenidas con pobladores nativos de dicha Bahía.

El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) ha concluido que el cambio climático y el calentamiento global son un hecho (IPCC, 2007). La temperatura global promedio ha aumentado 0.8 °C y Europa se ha calentado más que este promedio. En sus reportes, la IPCC sugiere que en los próximos 100 años la temperatura aumentará entre 1.4 °C y 5.8 °C, lo cual, traerá asociados incrementos en el nivel del mar, alteraciones en los patrones de precipitación y eventos de tormenta. Estos cambios vuelven particularmente vulnerables a las zonas costeras y la adaptación será una actitud que permitirá a las comunidades costeras permanecer realizando sus actividades y la planeación espacial puede ser una componente importante en este proceso. De hecho, el manejo integral de la zona costera será un prerrequisito fundamental para lograr un desarrollo sustentable (Hansen,

2010). Esto implica la participación de los diversos actores usuarios de la zona costera y de forma particular disponer de información sobre los niveles verticales de referencia de la zona costera que identifique los espacios con mayor probabilidad de verse afectados por los cambios esperados, es decir, identificar localmente aquellos espacios con mayor riesgo al aumento paulatino del nivel del mar.

El presente trabajo tiene por objetivo identificar los sitios con riesgo de inundación ante el aumento del nivel del mar y conocer los posibles efectos que tendrá este fenómeno en los asentamientos humanos, infraestructura acuícola, caminos de acceso y parcelas que se encuentran ubicados en los márgenes costeros de Bahía San Quintín. La información que se presenta para lograr tal propósito está organizada en cinco capítulos.

2. ANTECEDENTES

2.1 Aumento paulatino del nivel del mar

El nivel del mar es un barómetro natural que responde a diferentes fenómenos naturales que se presentan de manera continua y cuyas contribuciones netas han causado su aumento paulatino; registra desde los cambios de presión atmosférica asociados con escalas sinópticas del orden de horas y días hasta fenómenos con periodos del orden de meses y años. Por ejemplo, los océanos responden al calentamiento global con un aumento en la temperatura del agua y su correspondiente expansión volumétrica, elevando así el nivel del mar. Las perturbaciones acopladas mar-atmosfera, como El Niño-Oscilación del Sur, afectan el nivel del mar de un modo complejo. Los deshielos de los glaciares se derriten por el aumento de la temperatura del aire, elevando el nivel del mar por la masa de agua dulce que escurre a los océanos. Las modificaciones al ciclo hidrológico debido a la variabilidad del clima y los efectos antropogénicos conllevan un aumento o disminución de los escurrimientos, y por ende a cambios en el nivel del mar. Los cambios en el balance de masa de las cubiertas de hielo en los polos, también tienen un efecto directo en el nivel del mar. De hecho la Tierra sólida también afecta el nivel del mar por los procesos de ajuste glacial isostático que se están llevando a cabo desde el último evento de deshielo al final de la era de hielo en el Cuaternario (Cazenabe y Llovel, 2010).

Existen diferentes técnicas que permiten afirmar que el nivel del mar no siempre ha estado en el nivel que se presenta en la actualidad. Entre otras se pueden mencionar la Palinología, la Dendrocronología, la Paleontología isotópica y la Antropología, con las cuales se pueden determinar la temperatura en diferentes eras geológicas, épocas de precipitación, períodos de deposición de sedimentos marinos, la evaluación isotópica del hielo continental o sólo para proporcionar una fuente de datos (Bluemle et al., 1999). Con los resultados de estas técnicas se puede indicar que el nivel del mar ha permanecido estable durante los dos o tres mil años desde el final del último deshielo (Lambeck et al., 2004), cambios que se han podido registrar poco después del inicio de la era industrial. De hecho las mediciones que se tienen del nivel del mar desde final del siglo XIX, permiten observar aumentos importantes de éste durante el siglo XX (Douglas, 2001). Desde hace más de 15 años se dispone de mediciones rutinarias en escala mundial del nivel medio del mar empleando altímetros de alta precisión en satélites, y este tipo de mediciones muestran una clara evidencia de la subida del nivel medio del mar. Sin embargo, también se cuentan con reportes de cambios importantes en escalas regionales.

Aun cuando existan diferencias regionales importantes en el cambio del nivel del mar, los impactos que se esperan por su paulatina elevación son de consideración al atender los usos actuales y futuros de los espacios costeros: a) inundaciones e impactos asociados con los surgimientos de tormentas, b) pérdidas de humedales, c) erosión de la zona costera, d) intrusión salina en cuerpos de agua superficiales y acuíferos, e) elevación del nivel del mar (Nicholls, 2007 citado en Lopes et al., 2011). Asociado a estos efectos bien identificados,

éstos se pueden presentar en combinación con otros factores naturales o antropogénicos de una región particular; tales como disminución del aporte fluvial de sedimentos, hundimiento del piso por actividades tectónicas o por la constante extracción de agua o hidrocarburos del subsuelo. Se pueden presentar también aumento en la intensidad y frecuencia de las tormentas meteorológicas, lo cual provoca cambios en los vientos, oleaje y corrientes, modificando así el equilibrio de las costas.

Desde 1993, las mediciones del altímetro de radar de los satélites TOPEX y JASON, han permitido estimar el nivel medio de los océanos. Los datos adquiridos sirven para obtener la estimación de la tasa del nivel medio del mar utilizando las variaciones estacionales (Figura 1).

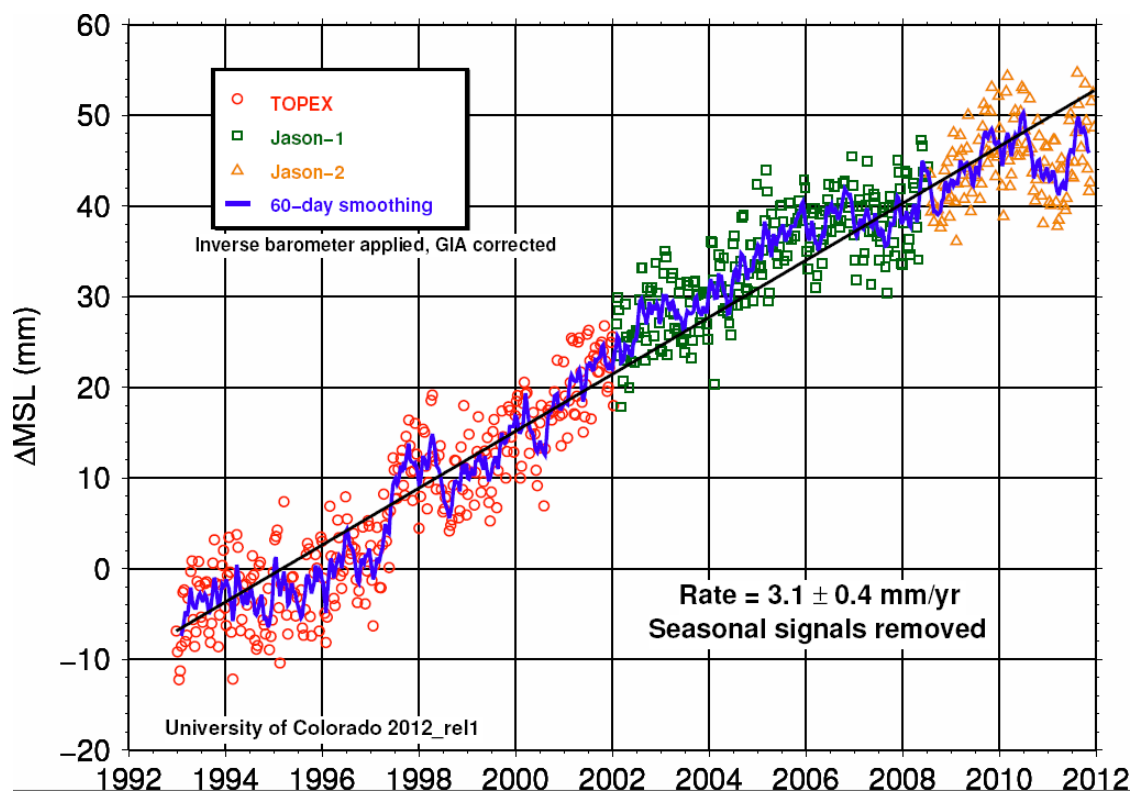


Figura 1. Gráfica de las variaciones del nivel de mar global sin cambios estacionales¹.

Revelle (1983) proyectó un aumento de 70 cm para el 2080 atribuyendo este aumento al incremento de CO₂ a la atmosfera, sin considerar el deshielo de los polos. En el reporte de la Environmental Protection Agency (EPA) estimó dos posibles escenarios de 26 a 39 cm para el año 2025 y de 91 a 136 cm para el 2075 (Ortiz, 1999). Barnett (1984) utilizó la base de datos disponible más representativos del nivel del mar a nivel mundial de los márgenes continentales y señaló la existencia de un ligero incremento a principios de 1900, encontró que la tendencia lineal de las series de tiempo analizadas fue de 23 cm/siglo. Los resultados finales sugieren la dificultad de unificar una tasa de cambio a nivel global, debido a que el

¹ <http://sealevel.colorado.edu/>

uso de los diferentes métodos de análisis, por si mismos, causaban el 50% de variación en la estimación de las tendencias del nivel del mar valuadas para el periodo de de 1930-1980 (Barnett, 1984).

En la Conferencia de Cambio Climático en Génova, celebrada en 1990, se determinó que un aumento en la temperatura promedio del clima de 2 a 5 °C, para finales del siglo XXI, traería como consecuencia que el nivel del mar se incrementara de 65 ± 35 cm (Ortiz, 1999).

Rahmstorf et al., (2007) al estimar la tendencia observada en el nivel del mar, temperatura atmosférica y oceánica, así como, la concentración del CO₂ correspondiente al periodo de 1990-2006, encontraron que la proyección hecha por el IPCC estaban dentro del rango de estas proyecciones, pero el aumento del nivel del mar se encontraba por encima de lo esperado (Rahmstorf et al., 2007). Esta aproximación se apoyó con observaciones satelitales, donde se demostraba que desde 1993, el nivel del mar había aumentado a 3 mm/año (Anthony et al., 2009)

El IPCC (2007) reportó que el promedio del nivel de los océanos aumentó durante el periodo 1961-1992 un promedio de 1.8 mm/año, y desde 1993 a 3.1 mm/año y proyecta que las costas, así como los climas mediterráneos, estarán expuestos a riesgos por el aumento del nivel del mar debido, principalmente, a inundaciones anuales en sitios con elevaciones bajas y dicho efecto será mayor, ante la creciente presión ejercida por la presencia humana.

Anthony et al. (2009) realizaron un estudio sobre los posibles efectos del incremento en el nivel del mar en las lagunas costeras del Atlántico y las Costas del Golfo de México. Para realizar este análisis utilizaron los registros de mareógrafos de 1870 a 2004 para reconstruir el comportamiento del nivel del mar. Con esto demostraron que el promedio del aumento del nivel del mar era de $1.7 \text{ m} \pm 0.3 \text{ mm/año}$; con una medida de aceleración significativa de ± 0.003 a 0.006 mm por año. Los autores concluyen que la magnitud y efectos relativos al incremento del nivel del mar, variarán dependiendo de la región y de sus características y se esperan cambios físicos y ecológicos que obligarán a la naturaleza y a la humanidad a adaptarse (Anthony et al., 2009).

Drews (2009) también concuerda que tales implicaciones en los procesos que dependen del área costera y sus recursos para consumo o como atracción turística, son profundos; desde aquellos debidos a la posible inundación de éstos sitios, en donde puede existir erosión que determine el retroceso y la modificación de la línea de la costa, a causa de la destrucción de tierras del litoral y la generación de nuevas entradas o vías de agua marina o una posible progradación de espacios (Ortiz, 1992 citado en Ortiz, 1999).

Es importante mencionar la necesidad de precedentes locales rigurosos y exitosos, que sirvan para promover el interés en las comunidades, gobiernos locales e instituciones gubernamentales a comprender y anticipar los impactos (Drews, 2009), ya que los efectos

del aumento del nivel del mar, rara vez se han tomado en cuenta en el diseño y la planificación de desarrollos urbanos. No obstante, se ha considerado de manera indirecta debido a sus efectos en el siglo actual. Este aumento en conjunto con otros fenómenos climatológicos, tal como tormentas, mareas altas de invierno y oleaje han impactado de manera significativa a infraestructura costera debido a inundaciones costeras (FHWA, 2011)

Por ejemplo, las costas de California sufren enormes impactos cuando la temporada de tormentas coincide con las mareas altas. Aquellas zonas costeras con elevación baja en California están en riesgo ante el incremento del nivel del mar, especialmente cuando se combinan con tormentas de invierno, como aquellas ocurridas durante El Niño de 1997-1998, las cuales causaron un aumento en la elevación del mar provocando daños de ciento de millones de dólares en la zona de la Bahía de San Francisco. Las carreteras se inundaron por el golpeteo de olas de 6 pies y el valioso espacio de la costa fue destruido (Cayan et al., 2008).

Una de las características que presentan la mayoría de las zonas costeras es que existen intensas interacciones físicas, biológicas y socioeconómicas; típico de esta región son la llanura costera, cuencas, humedales, manglares, lagunas costeras, estuarios y el océano adyacente (Scura et al., 1992; 1999, 2000, 2005; Shwartz, 2005 citado en Yáñez-Arancibia, 2010). Las lagunas costeras pueden incluir varios de esos ambientes, algunos de los cuales son más vulnerables a los impactos (Cicin Sain y Knecht, 1998; Shwartz, 2005, Gregory et al., 2008 citado en Yáñez-Arancibia y Day, 2010).

2.2 Área de estudio.

BSQ es una laguna costera de unos 42 km² de superficie localizada en la costa noroeste de la península de Baja California, México (Figura 2). La laguna tiene conexión permanente al océano Pacífico a través de una sola boca, de aproximadamente 700 m de ancho, y está separada de éste por dos estructuras sedimentarias, un tómbolo de 8 Km de largo que tiene orientación noroeste y una barra de arena de 5 Km con orientación este. El intercambio de agua con el Océano se debe principalmente al efecto de la marea que en la zona tiene rangos promedio de 2.0m y 1.0m en mareas vivas y muertas, respectivamente (Martori-Oxamendi, 1989).

La morfología terrestre que rodea a BSQ se distingue por los conos volcánicos que interrumpen una planicie costera. Los conos volcánicos, localizados en las partes centrales y nor-noroeste de la laguna, delimitan dos brazos y una parte del cuerpo principal de la laguna; el brazo oeste conocido como Bahía Falsa (Bfa) y el brazo este recibe el mismo nombre de la laguna, y para distinguirlo de ésta se usará el acrónimo (BSq). La planicie costera, además de delimitar la parte este de BSQ (Figura 1), es un espacio formado por areniscas de playa, gravas fluviales y depósitos de aluvión, cuyas características han permitido el desarrollo de actividades agrícolas. Mientras que la cabeza y costados de ambos brazos están bien delimitados, su límite sur no presenta una estructura superficial que permita identificarle. Para tal fin, en la delimitación sur de Bfa se puede utilizar la morfología costera superficial en combinación con el rumbo sub-aéreo del canal principal y trazar una línea con el mismo rumbo desde la barra arena del tómbolo hacia la región costera central, cuidando incorporar la mayor área posible. Para la delimitación sur de Bsq se siguió un criterio similar trazando una línea de la región costera central hacia la planicie costera que delimita este brazo por su costado este.

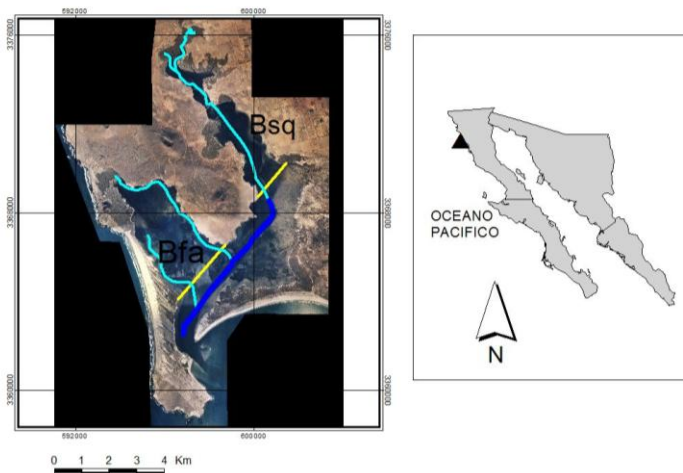


Figura 2. Características morfológicas de la laguna costera. Se presentan las dos bahías que constituyen a BSQ, en línea azul el canal principal, línea gruesa y los tres secundarios, en línea amarilla los límites de ambas bahías.

Con los límites sur definidos para ambos brazos, es posible identificar sus dimensiones y características morfológicas distintivas. Bsq tiene una forma alargada e irregular de 7 km con un ancho promedio de aproximadamente 1 km en los primeros 4 km y su posterior paulatino adelgazamiento hacia la cabeza. Bfa tiene forma menos irregular con dimensiones aproximadas de 5.5 km de largo por 2km de ancho. Mientras que a lo largo de Bsq discurre un canal secundario por su parte media, en Bfa se tienen dos canales secundarios que discurren por sus costados.

Además de estos dos brazos, BSQ posee otras características físicas distintivas, como lo son los canales de marea principal y secundarios, y las planicies de marea, cada cual con rasgos morfológicos particulares. El canal principal con orientación noreste y profundidades de hasta 15 m en sus partes más profundas y los tres canales secundarios con orientación noroeste. Dos de estos canales secundarios se encuentran en Bfa, uno en cada costado, y el tercero se encuentra en Bsq.

2.3 Principales usos de los espacios en BSQ

Los usos y actividades que se desarrollan en BSQ son diversas; el uso y actividad que más espacio utiliza, tanto en el interior de Bfa, como en sus márgenes costeros interiores, es la acuicultura. Por área ocupada, se tienen instalaciones residenciales y turísticas en los márgenes interiores de Bsq, como también algunas parcelas agrícolas en algunos espacios que circundan a este brazo de BSQ. La explotación de recursos pétreos es una actividad reconocida que se tiene en áreas que delimitan la parte exterior de Bfa. La extracción de canto rodado tiene más de dos décadas y, aunque no se tienen mediciones disponibles de los cambios observados a la cara de la playa por tal actividad, se esperarían cambios de pendiente similares a los reportados en las playas hacia el norte de este punto, en el Ejido Leandro Valle.

De estas actividades, la acuicultura es la que ha mantenido un crecimiento en concesiones autorizadas desde sus inicios en 1977, aunque los primeros usuarios que ocuparon los márgenes de Bsq datan de varias décadas antes, cuando los embarcaderos en Bsq se utilizaban para el movimiento de productos diversos, principalmente el agrícola. A continuación sólo describen algunos detalles de la actividad acuícola, aunque se reconoce que por la afectación potencial a la que están expuestas las otras actividades mencionadas también deberían incluirse en este apartado, sin embargo, no se dispone de material documental que permita darle un trato similar.

El esquema de explotación que presenta en la actualidad Bahía Falsa se inició a partir de la emisión oficial de nueve concesiones para el cultivo del ostión en 1994. A partir de entonces cada concesionario se ha enfrentado a las circunstancias propias de una empresa. Para el año 2009, se tienen 22 concesiones autorizadas para desarrollar actividades acuícolas en BSQ, lo hacen bajo diferentes esquemas de organización; Sociedades de Producción Rural (S.P.R. de R.L.), Sociedades Anónimas de Capital Variable (S.A. de C.V.) y Sociedades de Responsabilidad Limitada (S.R.L.). En total, los 22 concesionarios

poseen aproximadamente 10,000 racks; de los cuales 8500 están dentro del brazo denominado Bahía Falsa, (Bfa), en donde la profundidad y la cantidad y calidad de alimento disponible son factores naturales que influyen en el crecimiento y biomasa de los ostiones, tan importantes quizás, como el personal responsable de mantener las artes de cultivo, la disponibilidad de infraestructura, de equipo y la solvencia económica de las empresas (Delgado-González, 2010). Quienes desarrollan la actividad acuícola cuidan y procuran mantener en buen estado los caminos de terracería y los espacios en donde desarrollan sus actividades acuícolas, sobre todo el estado sanitario del agua, el cual está certificado por la Secretaría de Salubridad y Asistencia, condición que les autoriza a exportar el producto cultivado a Estados Unidos.

2.4 Vulnerabilidad y Riesgo.

El cambio climático y la variabilidad de fenómenos naturales asociados a éste, son campos de investigación que promueven la interacción de especialistas provenientes de diferentes áreas de conocimiento. Tal interacción incorpora tecnicismos difíciles de relacionar entre los especialistas de las distintas áreas interactuando e inclusive un mismo término puede tener diferentes significados al utilizarse en otro contexto y por diferentes autores; tal es el caso para los términos de vulnerabilidad y riesgo, cuyas definiciones fueron abordadas por Adger (1999) y en este apartado sólo se retoma el antecedente por estar estrechamente vinculado con la temática relacionada al posible efecto por el aumento paulatino del nivel del mar.

De acuerdo a Brooks (2003), el término vulnerabilidad adquiere sentido al relacionar un sistema específico a un evento definido. Entendiéndose por evento definido a la manifestación física de la variabilidad o cambio climático en términos de valores específicos o desviaciones de sus valores medios tal como el nivel medio del mar, el cual puede combinarse con factores tales como duración, rapidez y extensión espacial.

Los conceptos de la vulnerabilidad en la literatura relacionada con el cambio climático se encuentran en dos categorías; i) en términos de la dimensión del daño potencial causado a un sistema por un evento particular (Jones y Boer, 2003), ii) como un estado que existe dentro del sistema antes de que se presente un evento particular (Allen, 2003). En este trabajo se utilizará esta última categoría, para lo cual se hizo estudios de campo para identificar si el sistema tiene evidencias de haber sido expuesto a eventos anteriores y éste no ha sido capaz de restablecer su condición inicial.

Entre las confusiones de la comunidad que trabaja con el cambio climático está el que la vulnerabilidad esté determinada sólo por las características internas del sistema o si también depende de la probabilidad del sistema de encontrarse con un evento particular. Situación que se resuelve si se clarifica cuando el término incorpora por separado la parte biofísica y la social.

La *vulnerabilidad biofísica*, por otro lado se relaciona con el concepto de riesgo construido en la literatura de eventos naturales (Brooks N. , 2003). Aunque el riesgo también presenta ambigüedad; algunos definen *evento de riesgo*, como el riesgo de que ocurra un evento o evento extremo y otros lo definen como un resultado de un riesgo particular. En este último integran tanto las características de un sistema y de posibilidad que ocurrencia de un evento que en su conjunto resulta en pérdida. En el presente trabajo se utilizará éste último concepto ante el inminente aumento del nivel del mar.

2.5 Estudios sobre posibles impactos del nivel del mar en Bahía San Quintín, B.C.

México, es considerado el cuarto país con mayor biodiversidad a nivel mundial². No obstante, dicha riqueza natural está expuesta a una alta vulnerabilidad ante impactos naturales como son eventos hidrometeorológicos extremos (García-Gutiérrez et al., 2010). Si bien existen instituciones gubernamentales con esfuerzos importantes orientados a obtener un primer diagnóstico de estas afectaciones, aún se desconocen las posibles implicaciones del aumento paulatino del nivel medio del mar en las zonas costeras.

Algunos Programas de Ordenamiento en el Estado de Baja California reconocen como una zona con alto grado de riesgo de inundación a BSQ, tanto por las características morfológicas del terreno como por su exposición al embate de olas y tormentas consecuentes del cambio de temperatura global, las cuales, han logrado modificar la línea de costa, con su repercusión económicas importantes (POETBC, 2007; POESQ, 2007).

Con el fin de minimizar y prevenir riesgos costeros el POETBC (2007) en sus lineamientos para desarrollo urbano propone que “*las zonas expuestas a riesgo por oleaje de tormenta, tsunamis, etc., cuenten con una zona de amortiguamiento, cuya distancia sea de 30m adicionales a los 20m de la franja costera de resguardo o hasta la cota de 4msnm*”. Este documento define a la zona de amortiguamiento al área comprendida entre la línea de costa con referencia del nivel medio del mar y la línea base para la construcción de infraestructura. A su vez menciona que las autoridades competentes determinaran las áreas en que se encuentren asentamientos humanos en condiciones de riesgo y establecerán programas para su reubicación y evitaran futuros establecimientos de asentamientos humanos; Por otro lado, en sus Lineamientos de Aprovechamiento con Consolidación se prohíbe la explotación de bancos de material pétreo dentro de la mancha urbana de centros de población y en predios colindantes o cercanos a los asentamientos humanos, por lo menos en 500 m.

En tanto que el POESQ (2007) define 106 unidades de gestión ambiental (UGA) para atender a las diferentes problemáticas, de las cuales, este documento sólo se enfoca únicamente a espacios particulares de 10 UGA (Tabla I).

² <http://cruzadabosquesagua.semarnat.gob.mx/iii.html>

Tabla I. Políticas aplicadas en BSQ (POESQ , 2007)

Tipo de política	Sitios de interés	Lineamientos
Conservación	<p>La Chorera, Las Lajas Punta Azufre Camino de Acceso Molino Viejo</p>	<p>Se restringen: Actividades recreativas en zonas de anidación, obstrucción de los cauces, dragados, construcción de marinas, descarga de aguas residuales, No se permite la edificación de equipamiento infraestructura</p> <p>Se debe o se permite: Conservar franjas de vegetación, la edificación de equipamiento e infraestructura, asentamientos humanos, en tanto que cuenten con sistema de drenaje sanitario o fosas sépticas, uso no consuntivo de sus recursos naturales, actividades científicas y educativas, actividades recreativas como: prácticas de campismo, ciclismo, rutas interpretativas, observación de fauna y paseos fotográficos bajo programas de manejo autorizado.</p>
Protección con uso activo	<p>El Pedregal</p>	<p>Se restringe: Actividades recreativas en zonas de anidación, el desarrollo de nuevos caminos, construcción de marinas, creación de nuevos núcleos de población, descarga de aguas residuales, extracción comercial de pétreos.</p> <p>Se debe o se permite: Conservar franjas de vegetación, creación de embarcaderos rústicos de madera para lanchas y pangas, asentamientos humanos en tanto que cuenten con sistema de drenaje sanitario o fosas sépticas, restaurar las áreas afectadas por las actividades de prospección o abandono de proyectos, actividades científicas y de educación, actividades científicas y educativas, actividades recreativas como: prácticas de campismo, ciclismo, rutas interpretativas, observación de fauna y paseos fotográficos bajo programas de manejo autorizado.</p>

Tabla I. Políticas aplicadas en BSQ (continuación...)		
Tipo de política	Sitios de interés	Lineamientos
Protección con uso activo	Punta Azufre	<p>Se restringe o prohíbe:</p> <p>Instalación o construcción de infraestructura permanente en la zona de playa.</p> <p>Se permite:</p> <p>Ampliaciones y nuevos asentamientos urbanos y turísticos con sistema de drenaje o fosa séptica, desmontar las áreas destinadas a construcciones y caminos de acceso, Cambio de uso de suelo de terrenos forestales a uso agrícola u otros usos, desarrollos turísticos, construcción de caminos y edificación de infraestructura sujeta a la autorización de impacto ambiental, actividades de aprovechamiento artesanal de recursos naturales bajo programas de manejo autorizados por la autoridad competente, actividades cinegéticas únicamente en UMAS.</p>
Aprovechamiento con restauración	Molino Viejo	<p>Se restringe o prohíbe:</p> <p>Autorizar nuevos asentamientos humanos o desarrollos turísticos.</p> <p>Se debe o se permite:</p> <p>Establecer una franja de 100 metros de amortiguamiento entre las áreas de desarrollo de infraestructura y las fronteras de estas unidades con otras que estén bajo la política de conservación; los caminos, andadores y estacionamientos deberán estar revestidos con materiales que permitan tanto la infiltración del agua; se debe mantener una franja mínima de 20 m de ancho de vegetación nativa sobre el perímetro de predios agrosilvopastoriles.</p>

El programa mencionado indica los riesgos que afectan a BSQ. Entre ellos se señala el riesgo por inundaciones asociado a las características climáticas y morfológicas del terreno. Por ello, en sus lineamientos plantean normas para disminuir y mitigar el efecto debido a tormenta, oleaje y erosión, así mismo, señala la necesidad de establecer zonas con restricción de construcción, proyectar desarrollos con adaptaciones a las condiciones

naturales, elevar las estructuras en áreas susceptibles a inundación y considerar en el diseño de la infraestructura la fuerza del viento y el oleaje.

Al respecto, el Programa de Conservación y Manejo de Bahía San Quintín (2010) (aun no oficial) dentro del subprograma para la mitigación propone como meta definir los factores de riesgo para la población hacia el interior de la Bahía San Quintín, así como elaborar un programa de análisis y su gestión. Esta propuesta de programa, considera en sus políticas el cambio climático, los disturbios y los procesos ecológicos, así como. Por ejemplo, en sus subprogramas de conservación explica la necesidad de tomar medidas para preservar las áreas amenazadas por perturbaciones ambientales y por tanto, propone identificar y monitorear los disturbios para elaborar, en un mediano plazo, un programa que analice y gestione el riesgo; otro subprograma presentado en este documento, es el de mitigación y adaptación al Cambio climático, donde se menciona la importancia de generar sobre posibles escenarios los pronósticos de las consecuencias y por eso, uno de sus objetivos específicos es iniciar estudios en red de los efectos de fenómenos relacionados con el cambio climático a largo plazo y contribuir con la implementación de proyectos viables de energía alternativa y muestra un mapa con los posibles sitios con riesgo de inundación del área de estudio ante la elevación de 1 m de nivel del mar (Figura 3) (García-Gutiérrez et al., 2010).

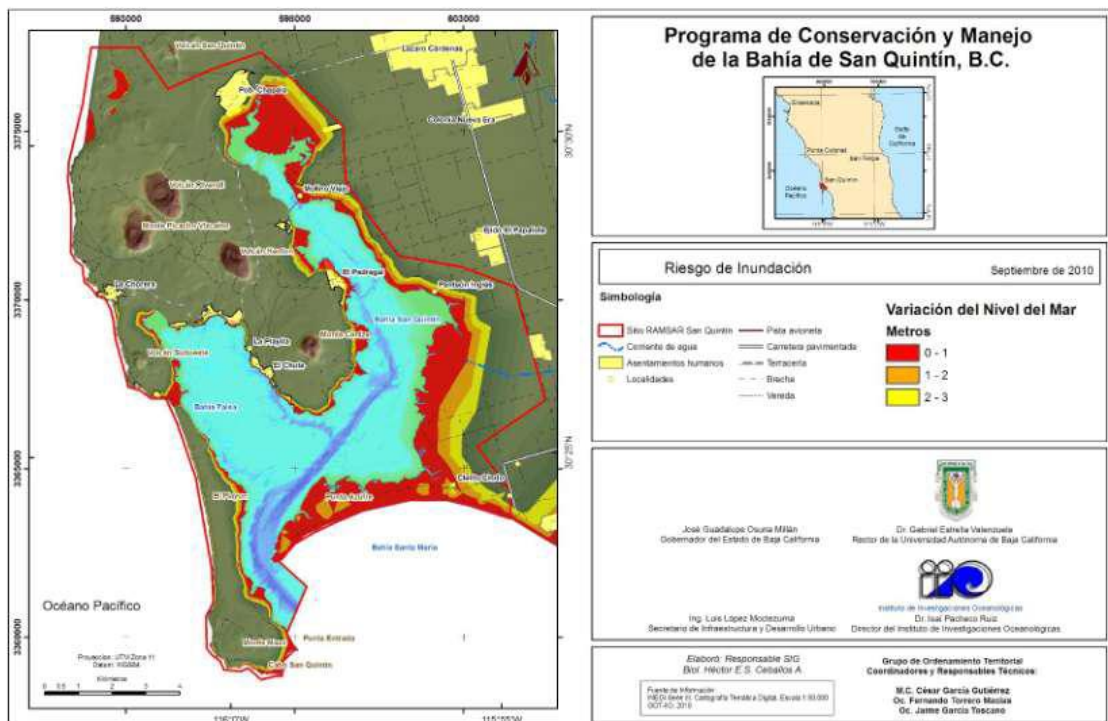


Figura 3. Mapa de zonas con riesgo de inundación en Bahía San Quintín (Tomado de PCyMBSQ).

Agroasemex, empresa dedicada a la aseguranza del sector agrícola, realizó un sistema de información geográfica que permite conocer la probabilidad de pérdida asociada a la presencia de amenazas climáticas donde se incluye las zonas con posibilidades de riesgo de inundación en México (Figura 4). Sin embargo, esta información contenida en su sistema, tal como lo sugiere esta organización, no debe ser constituida como fuente única y recomienda su uso para realizar análisis puntuales (Agroasemex, 2011).

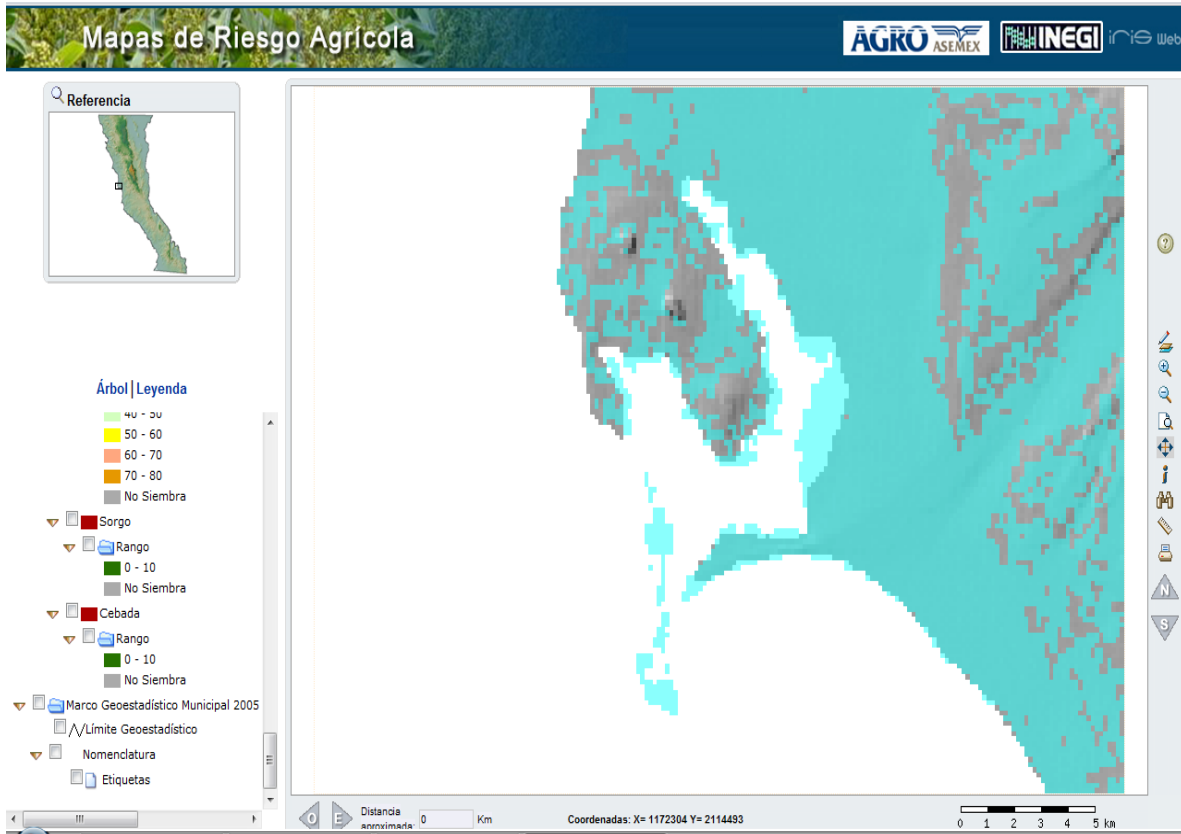


Figura 4. Mapa de Riesgo realizado por la Aseguradora Agrícola AgroAsemex.

Otro ejemplo, es el trabajo realizado por el Centro de Prevención de Desastres (CENAPRED) institución oficial para generar mapas de riesgo de la República Mexicana (Figura 5). El mapa de riesgo a gran escala indica los sitios con vulnerabilidad de inundación. En su metodología, recomienda el uso del registro histórico de eventos extraordinarios para la generación de este escenario (Figura 5).

Las zonas del mapa que aparecen en blanco indican la carencia de información de sucesos extraordinarios (CENAPRED, 2012).

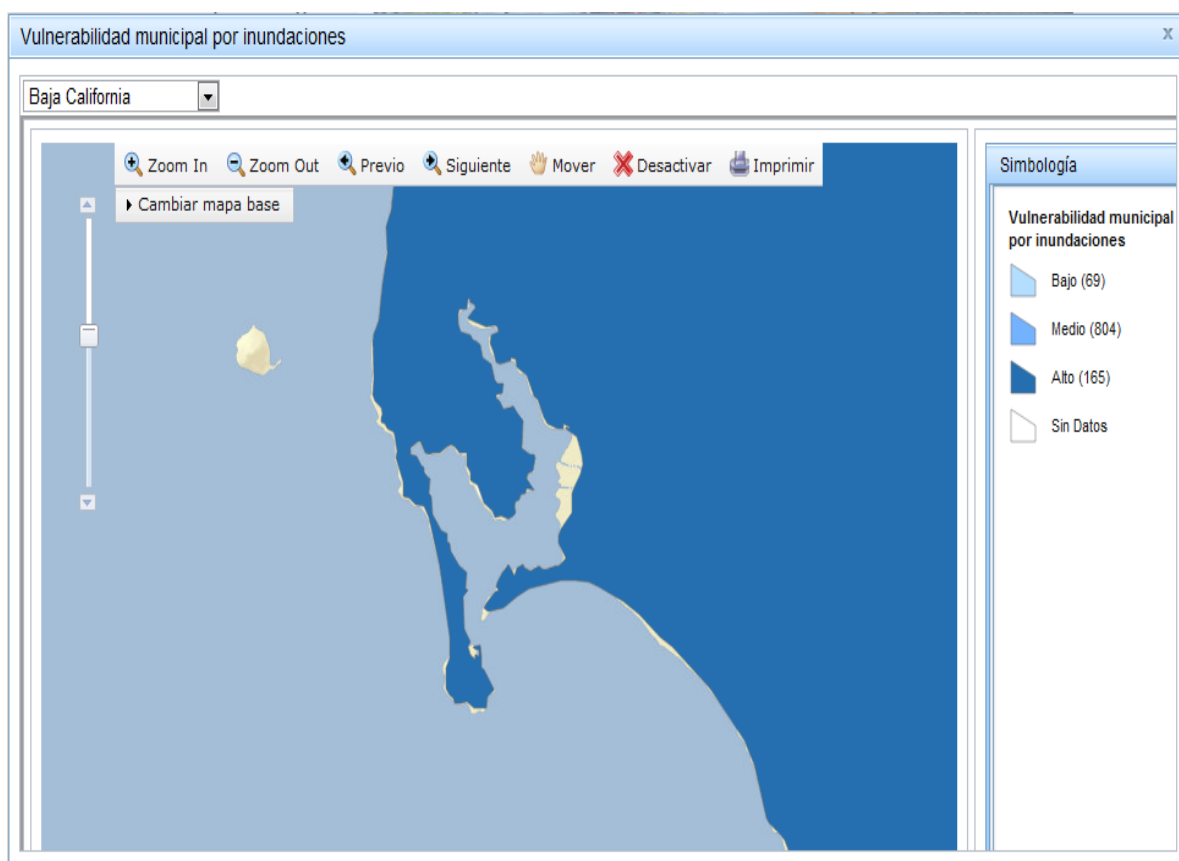


Figura 5. Mapa de riesgo efectuado por la institución CENAPRED.

En la tabla inferior se enlistan los sitios con riesgo de inundación en BSQ identificados por los programas de desarrollo e instituciones gubernamentales, en Baja California.

Tabla II. Sitios con riesgo de inundación identificados en BSQ por los programas de desarrollos e instituciones gubernamentales.

Nombre del Programa o Institución gubernamental	La Chorera	Las Lajas	Punta Azufre	Molino Viejo	El Pedregal	Camino de acceso	Zona de Infraestructura acuícola
PDyMBSQ	--	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AgroAsemex	--	✓	✓	✓	✓	--	✓
CENAPRED	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
✓ Indica los sitios que aparecen en el programa o institución gubernamental. -- Sitos los cuales no aparecen como áreas con riesgo de inundación							

La adaptación a los efectos por el aumento del nivel del mar y su capacidad de recuperación de los ecosistemas después de haber sido alterado por éste evento desestabilizador (resiliencia) en bahía de San Quintín, son procesos que deben ser medidos y cuantificarlos en el futuro a efecto de poder modelar y generar pronósticos sobre posibles escenarios tanto en las consecuencias ecológicas de estos fenómenos, como con las relacionadas con la protección civil (García-Gutiérrez et al., 2010; Chaparro Avila y Sanhueza, 2005; Narváez, Lavell y Pérez Ortega, 2009).

Entendiendo que la *adaptación* no sólo es la respuesta a efectos específicos sino que también es incluir políticas generales de: población, desarrollo económico, uso del suelo, etc. (Fernández y Martínez, 2004).

Por otro lado, se plantea la hipótesis de que los habitantes que viven y utilizan los recursos de la BSQ reconocen los sitios con potencial de inundación y perciben el riesgo del aumento del nivel del mar.

Debido a los antecedentes y las evidencias empíricas se consideró importante medir los perfiles de terreno de aquellos sitios con riesgo de inundación por el aumento del nivel del mar y generar escenarios particulares para conocer los posibles efectos que tendrá este fenómeno en los asentamientos humanos, infraestructura acuícola, caminos de acceso y espacios naturales que se encuentran ubicados en los márgenes costeros de Bahía San Quintín.

3. OBJETIVO

Identificar las zonas de riesgo ante el aumento paulatino del nivel medio del mar como posible insumo para el manejo actual y futuro de la acuicultura y el turismo de Bahía San Quintín.

3.1 OBJETIVOS PARTICULARES

1. Identificar los puntos más bajos que delimitan la laguna costera de Bahía San Quintín con el Océano Pacífico según las evidencias y percepciones de los habitantes y usuarios de la región.
2. Generar mapas que muestre las cotas de nivel en los márgenes costeros de BSQ susceptibles a inundarse por el aumento paulatino del nivel del mar.
3. Identificar espacialmente los sitios naturales y zonas con diferentes usos establecidos en los márgenes costeros de BSQ.
4. Obtener el escenario del aumento de 0.10, 0.30 y 0.50 m del nivel medio del mar.
5. Elaborar un mapa de riesgo de los sitios identificados con riesgo de inundación en el margen costero de BSQ ante el aumento de 0.10, 0.30 y 0.50 m del nivel medio del mar.

4. METODOLOGÍA

El desarrollo del presente trabajo realizado en el área de estudio de BSQ, empleó la superficie comprendida en las imágenes satelitales QuickBird año 2010 y la poligonal envolvente empleada en la propuesta de Programa de Conservación y Manejo de Bahía San Quintín (García-Gutiérrez et al., 2010). Los aspectos torales se organizaron en cuatro apartados para facilitar el seguimiento: a) cartografía digital para la localización de espacios naturales y de aquellos utilizados en el margen costero de BSQ, susceptibles de ser afectados por el aumento paulatino de elevación del nivel del mar empleando imágenes de satélite; b) trabajo de campo para conocer las cotas de nivel en los espacios identificados con potencial para ser afectados y para conocer las características físicas y del tipo de uso; c) selección de las cotas de nivel esperadas; d) integración del trabajo de campo con las áreas reconocidas con potencial de afectación en un sistema de información geográfica. A continuación se enuncian de manera detallada los procedimientos para cada uno de estos aspectos.

a) Cartografía digital

En la delimitación del área de estudio, se empleó la superficie de imágenes satelitales contenida en la poligonal del Programa de Conservación y Manejo de Bahía San Quintín (2010). En este documento se menciona que, para la delimitación de la zona, se consideró el área comprendida entre la laguna Figueroa ubicada a 15 km hacia el norte, el complejo Volcánico y la poligonal del sitio RAMSAR emitida en 2008 (Figura 6).

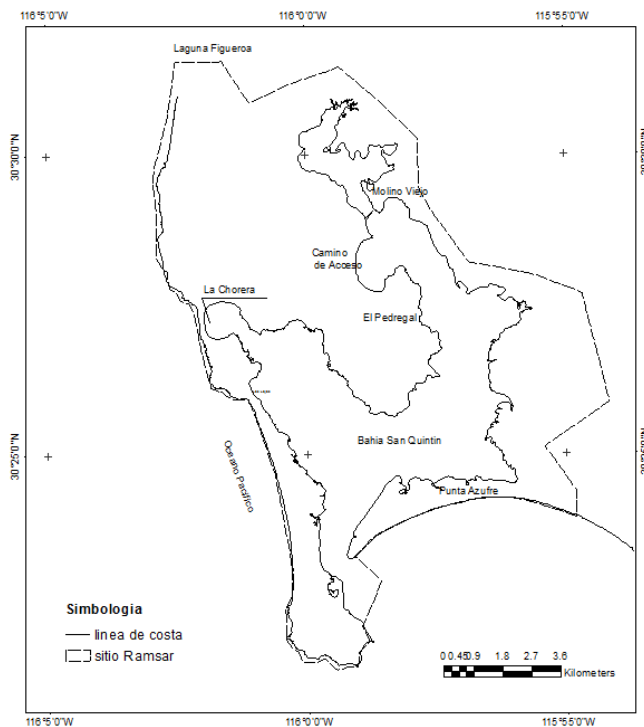


Figura 6. Poligonal del área de estudio representada por la línea segmentada.

Para la cartografía particular de las barras arenosas y zonas inundables de la BSQ, se emplearon imágenes QuickBird cuya resolución de 2.5 m, lo que permitió identificar espacialmente los sitios naturales y las zonas con diferentes usos establecidos en los márgenes costeros. Éste material se encuentra georeferido a un sistema de coordenadas (Lat/Long y al Datum WGS84). Las imágenes permiten observar características distintivas de rebases; en Punta Mazo, la presencia de abanicos de displayamiento indican el rebase del océano a BSQ, mientras que en Punta Azufre se observan canales de escurrimiento por desborde de BSQ al océano. Estas evidencias permitieron sostener pláticas informales sobre estos puntos con los usuarios de BSQ.

b) Trabajo de campo.

b.1) Selección de las áreas de trabajo.

Se realizaron cuatro recorridos en la zona de estudio durante los meses de marzo a junio de 2011, para la selección de las áreas de trabajo. En la primera salida al campo, se conoció el área de estudio y se ubicaron las áreas susceptibles a inundarse, tomando en cuenta cinco características principales: (1) haber tenido una conexión mar - marisma durante marea alta en invierno, (2) estar dentro de los primeros 50 metros del margen de la bahía, (3) encontrarse en una baja elevación o altura, (4) tener evidencias de erosión o daño en espacios costeros y (5) tener material no consolidado o playa arenosa con poca o nula vegetación estabilizadora.

Durante los otros tres recorridos, además de realizar los levantamientos topográficos, se platicó con cinco usuarios habituales de BSQ, dado que trabajan con los cultivos de ostión e inclusive por haber trabajado en la pesca y recolección de productos marinos antes de que tal actividad acuícola existiera en BSQ. De las conversaciones informales se lograron identificar aquellos espacios que muestran desbordes en las barras de arena que delimitan a BSQ con el océano Pacífico. Estas personas reconocen que existen rebases durante condiciones de marea alta de la condición de marea viva y también cuando se combina oleaje durante condiciones de tormenta y marea alta. Asimismo se platicó con las personas que viven en la zona habitacional del brazo de BSQ y de la zona turística, quienes señalaron los límites superiores durante marea alta de la condición de marea viva que recuerdan haber observado. Otro punto que resultó de interés para este estudio, por el efecto potencial que se tiene por la elevación paulatina del nivel del mar es el camino de acceso a BSQ, ya que durante las visitas a campo se pudo constatar la marca de nivel que dejaron las mareas altas de las mareas vivas, observándose el daño potencial ante el paulatino incremento del nivel del mar.

b.2) Trabajos topográficos.

Los levantamientos topográficos se efectuaron con la estación total Topcon Mod GTS 220, para facilitar la medición y la obtención de las coordenadas X, Y, Z (Figura 7).



Figura 7. Levantamientos topográficos en La Chorera (Izq) y Punta Azufre (Der).

La metodología para obtener los datos en campo consistió en establecer puntos de control o de referencia en sitios fijos e inamovibles, utilizando un clavo o una estaca perfectamente identificados; las coordenadas se asignaron con un GPS. Una vez realizado lo anterior, con la estación total se procedió a obtener la información midiendo puntos que indicaran los detalles de la superficie terrestre y su configuración. Este procedimiento se efectuó en cada uno de los sitios de trabajo.

La cantidad de puntos medidos en campo dependió de los rasgos fisiográficos de cada una de las zonas identificadas, así como, del número de elementos importantes para el estudio que allí se encontraran. Todos los datos obtenidos se registraron mediante puntos referidos a un sistema de coordenadas UTM Zona 11 N y al Datum WGS 84.

Con los datos de campo se elaboró en cada una de las áreas de trabajo: los perfiles de terreno, los mapas de las curvas de nivel, las pendientes del terreno y los valores de cota mínima. La información se usó para construir los escenarios de aumento del nivel del mar con las cotas indicadas en el siguiente apartado.

c) Selección de las cotas de nivel esperadas

Para este trabajo se seleccionaron tres elevaciones como posibles escenarios por un aumento del nivel del mar el de 0.10 m, 0.30 m y 0.50 m, que corresponden a valores obtenidos como consecuencia del deshielo terrestre (IPCC 2001); de acuerdo a este gráfico, se espera que ocurran en los años 2018, 2048 y 2068, respectivamente (Figura 8).

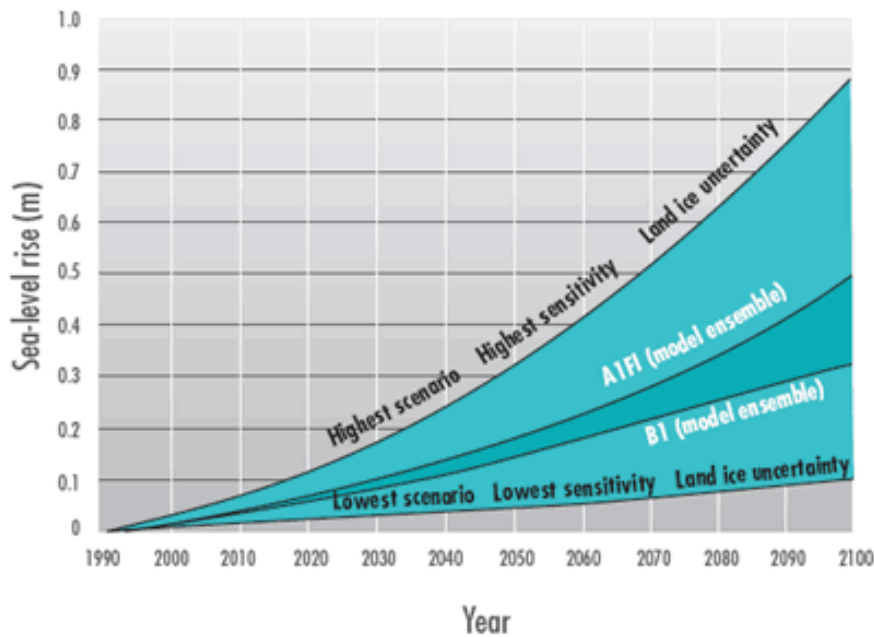


Figura 8. Escenario del aumento del nivel del mar para los próximos años (tomado de Informe IPCC 2001)

La siguiente tabla resume los escenarios del aumento del nivel del mar descritos en el informe Especial del IPCC (Tabla III).

Tabla III. Escenarios del aumento del nivel del mar (IPCC, 2007).

Caso	Cambio de temperatura (°C en 2090-2099 respecto de 1980-1999) ^{a, d)}		Aumento del nivel del mar (m en 2090-2099 respecto de 1980-1999)
	Estimación óptima	Intervalo probable	Intervalo obtenido a partir de modelos, excluidos los cambios dinámicos rápidos futuros del flujo de hielo
Concentraciones constantes en los niveles del año 2000 ^b	0,6	0,3 – 0,9	No disponible
Escenario B1	1,8	1,1 – 2,9	0,18 – 0,38
Escenario A1T	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,45
Escenario B2	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,43
Escenario A1B	2,8	1,7 – 4,4	0,21 – 0,48
Escenario A2	3,4	2,0 – 5,4	0,23 – 0,51
Escenario A1FI	4,0	2,4 – 6,4	0,26 – 0,59

“Los escenarios anteriores están agrupados en 4 familias A1, A2, B1 y B2. El escenario A1 presupone un crecimiento económico muy rápido, un máximo de la población mundial, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Se divide en tres grupos que reflejan tres direcciones alternativas de cambio tecnológico: intensiva en combustibles fósiles (A1F1), energías de origen no fósil (A1T), y equilibrio entre las distintas fuentes (A1B). B1 describe un mundo convergente con el A1, pero con una evolución más rápida de las estructuras económicas hacia una economía de servicios y de información. B2 describe un planeta con una población y un crecimiento económico intermedios más orientados a las soluciones locales para alcanzar la sostenibilidad económica, social y medioambiental. A2 describe un mundo muy heterogéneo con crecimiento de población fuerte, desarrollo económico lento, y cambio tecnológico lento” (IPCC, 2007).

d) Integración del trabajo de campo y las áreas identificadas con potencial de afectación en un sistema de información geográfica

d.1 Corrección de la elevación

Se realizó la corrección de la elevación a nivel medio del mar, utilizando la tabla de mareas donde se midió la diferencia entre la línea del nivel medio de mar y la correspondiente a la hora de la medición en el campo y se efectuó la equivalencia de la distancia a la escala de acuerdo con la tabla de marea de San Quintín generada por el Centro de Investigación Científico y de Educación Superior de Ensenada (Contreras Motolinia 1999).

d.2 Sistema de Información Geográfica (S.I.G.)

La sobreposición de las capas de información (caminos, casas habitación, infraestructura acuícola, parcelas, línea de costa, lotificación, curvas de nivel de los sitios de trabajo, cobertura vegetal) generadas en el programa ArcMap V 9.3 y los escenarios de aumento del nivel del mar a 0.10, 0.30 y 0.50 m, permitieron identificar espacialmente los elementos establecidos en los márgenes costeros de BSQ que tendrán un determinado riesgo de inundación.

d.3 Cuantificación de la superficie afectada por el aumento del nivel del mar.

Se construyeron superficies para cada uno de los sitios delimitadas empleando tres criterios:

- 1) Que estas poligonales incorporaran los datos obtenidos en campo.
- 2) Que estuvieran delimitadas por la cota cero.
- 3) Que las superficies sólo están conformadas por cobertura vegetal y territorio seco.

Al seguir estos criterios se obtuvieron áreas con distintas formas y tamaños dadas por las características del terreno; que en conjunto con las curvas correspondientes al ascenso del nivel del mar, sirvieron para valuar las áreas relativas con riesgo de inundación. Los porcentajes de afectación se estimaron cuantificando el área que se delimita entre la cota cero y cada una de las cotas formadas por los niveles de elevación propuestos; 0.10 m, 0.30 m y 0.50 m.

5. RESULTADOS

Del trabajo de campo y las pláticas sostenidas con los usuarios habituales de BSQ, se corroboraron ocho zonas en los márgenes costeros de esta laguna (tres de ellas se localizan en Punta Azufre) son susceptibles a ser afectadas por el aumento del nivel del mar (Figura 9).

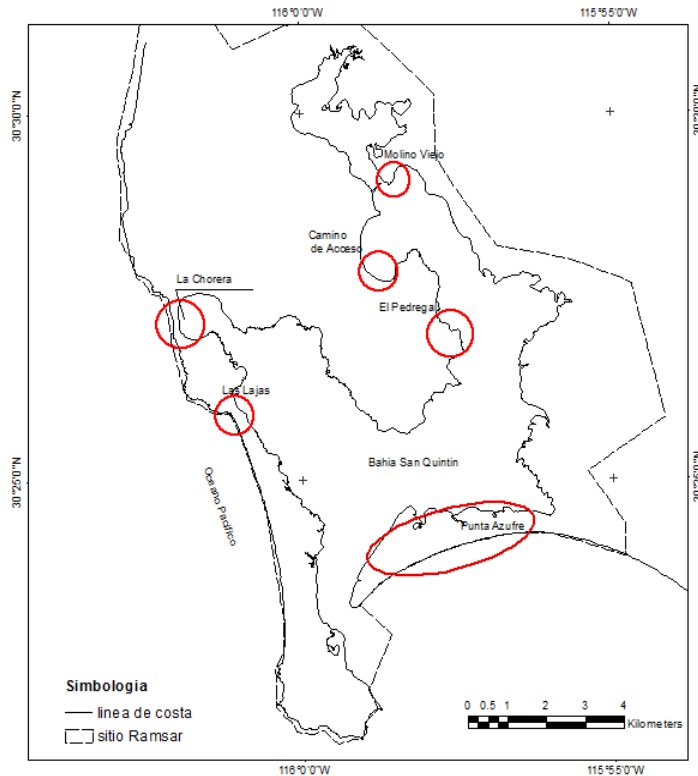


Figura 9. Mapa que señala las áreas identificadas con riesgo de inundación ante un aumento del nivel del mar (círculos).

La Chorera

La Chorera se ubica en las coordenadas geográficas $116^{\circ}02' W$ y $30^{\circ}27' N$ (Figura10). Es una pequeña comunidad cuyos integrantes se dedican a la pesca, el cultivo de ostión, la recolección de productos marinos y la explotación de piedra bola. Una de las zonas de extracción de canto rodado colinda con los límites sur de esta comunidad y con la parte más interna de la cabeza de Bfa. Esta zona da cara al océano Pacífico y tiene una extensión lineal de aproximadamente 700 m.



Figura 10. Imagen de La Chorera, que muestra el sitio donde se conecta el mar y la marisma. La flecha indica el sentido de la pendiente (Imagen Quick bird).

Los habitantes con quienes se tuvo oportunidad de conversar, refieren que a fines de los años setenta y principio de los ochenta, un evento climatológico extraordinario provocó que el sistema de dunas, ubicada en La Chorera, se rompiera, permitiendo la conexión entre el mar y la marisma (Figura 11). A partir de ese temporal, la duna no se ha reconstruido y anualmente ocurre una conexión temporal (horas) entre el océano Pacífico y la laguna de BSQ, particularmente en condiciones de marea alta en invierno demostrando la condición de vulnerabilidad del sistema ante el aumento del nivel del mar (Figura12).



Figura 11. Imagen tomada en el año 1989, donde se muestra, la discontinuidad de la duna (Foto de Mauricio Muñoz).



Figura 12. La Chorera en la actualidad, 2011. (Foto del autor)

En el mapa de las curvas de nivel de La Chorera, se aprecia que la planicie con menor elevación pertenece al sitio donde hay conexión entre el mar y la marisma (Figura 13).

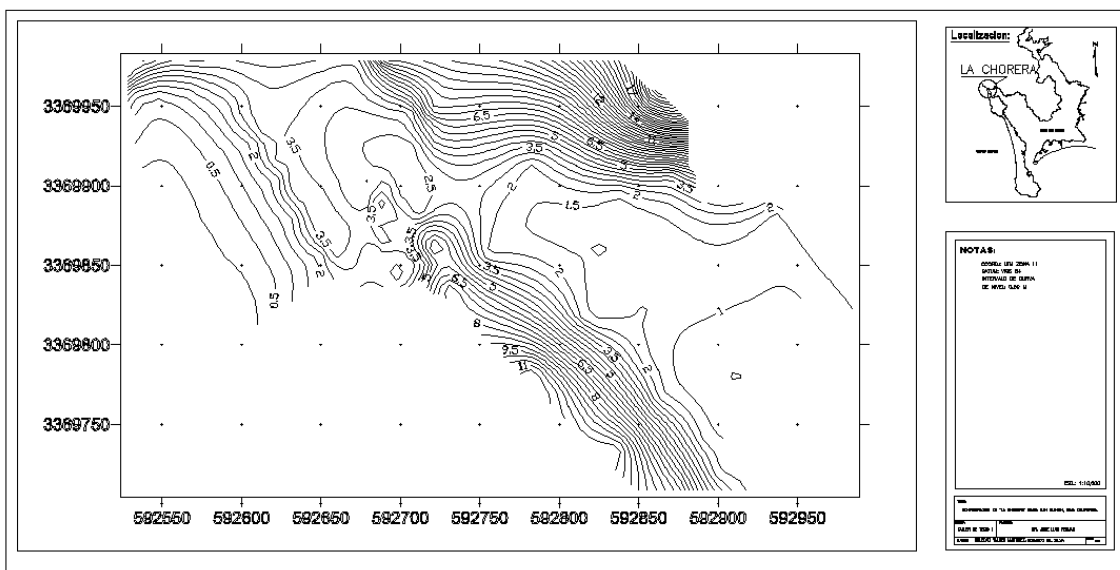


Figura 13. Curvas de nivel de La Chorera. El perfil topográfico cuya longitud fue de 430 m, describe una pendiente suave y prolongada menor al 1%. (Elaboración propia)

Con el perfil se pudo conocer el valor de la elevación de la duna frente a la costa y la cota de la laguna, cuyo elevación máxima, para este caso, fue de 2.81 m (Figura 14). A este perfil se le sobrepuso el valor de la pleamar de 2.10 m representada con línea continua, en el mes de diciembre de 2011 para BSQ, así como, el nivel del escenario de 0.50 m de aumento de nivel del mar representada por la línea segmentada. En este esquema también se muestra una pleamar actual, la cual está por rebasar la altura de la duna y por consiguiente, ante un incremento del nivel del mar será rebasada (Figura 14).

Perfil La Chorera, B SQ.

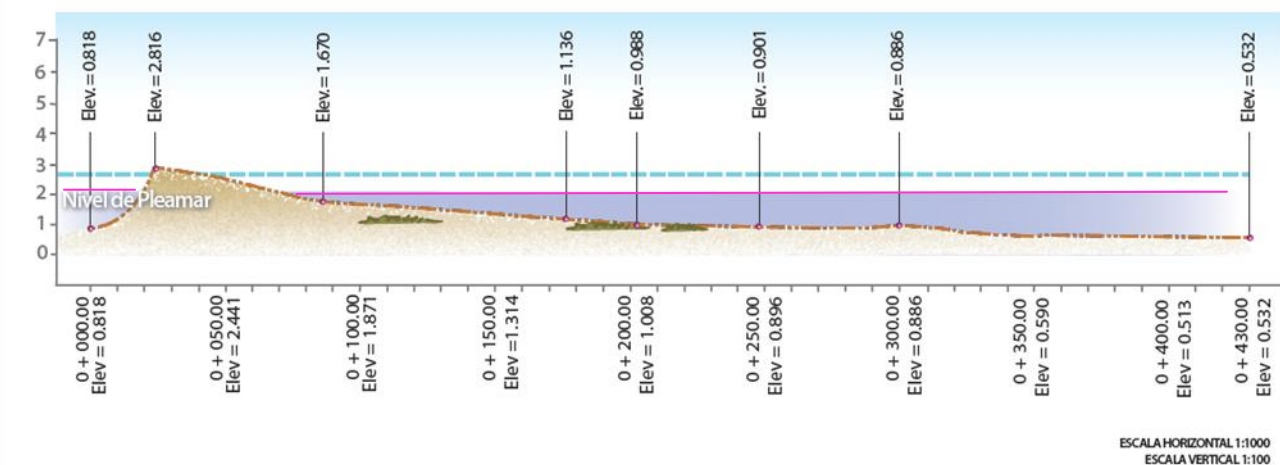


Figura 14. Perfil transversal de La Chorera, donde se muestra la elevación de la duna. La línea azul representa un nivel del mar con elevación propuesta de 0.50 m y la magenta representa una pleamar de 2.10 m. (Elaboración propia)

5.1 Las Lajas

Las Lajas se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 116 ° 01' W y 30°25' N (Figura 15).



Figura 15. Imagen del área de trabajo conocido como las Lajas. La flecha negra señala el sentido de la pendiente del terreno (Imagen Quick bird).

Esta localidad posee una planicie suave y similar a las condiciones indicadas para La Chorera, es decir, presenta una conexión del mar con la marisma en condiciones de marea alta de la marea viva (Figura 16).



Figura 16. Imagen que muestra el sitio de trabajo en Las Lajas. (Foto del autor)

En el mapa de las curvas de nivel de Las Lajas, se muestra una planicie con pendiente menor al 1%, dunas con elevación menor a los 3 m, acantilado con elevaciones mayores a los tres metros (Figura 17).

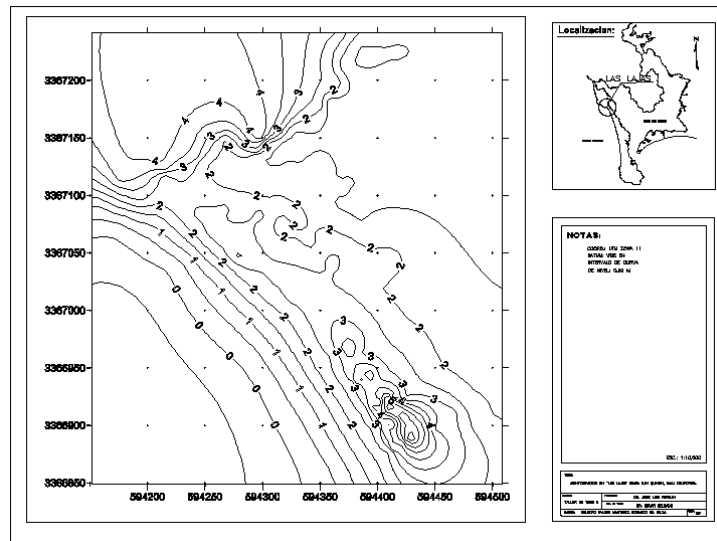


Figura 17. Curvas de nivel del sitio llamado Las Lajas. Su perfil topográfico tuvo una longitud de 270 m. (Elaboración propia)

Con el perfil de Las Lajas se pudo conocer la elevación de la duna frente a la costa y la cota de la laguna. Para este sitio la elevación máxima fue de 2.50 m. A este perfil se le sobrepuso el valor de la pleamar de 2.10 m representada con línea continua, en el mes de diciembre de 2011 para BSQ, así como, el nivel del escenario de 0.50 m de aumento de nivel del mar representada por la línea segmentada. Este esquema muestra que la pleamar actualmente no rebasa la altura de la duna frente al mar, sin embargo, con un incremento del nivel del mar con 0.50 m si será rebasada (Figura 18).

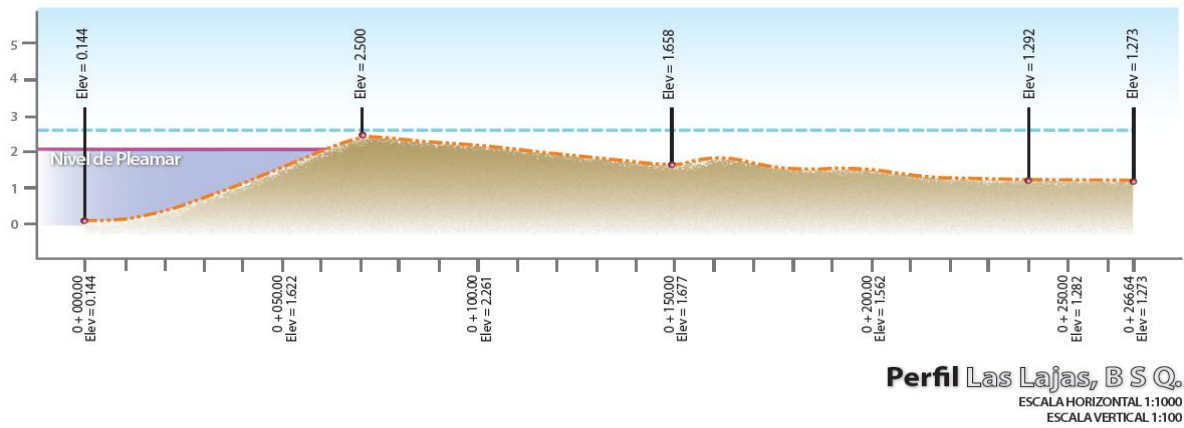


Figura 18. Perfil transversal de Las Lajas, donde se muestra la elevación del la duna. La línea azul representa un nivel del mar con una elevación propuesta de 0.50 m y la magenta representa una pleamar de 2.10 m. (Elaboración propia)

5.2 Punta Azufre

Punta Azufre cuenta con un sistema de dunas de arena de poca altura que sirve de protección al lado protegido de BSQ. La vegetación de marismas, pastos, se encuentra a lo largo de las costas en las zonas sujetas a inundación marina. En esta zona se identificaron tres sitios con posible riesgo de inundación, los cuales, se visitaron durante los recorridos de prospección a partir de la observación física del terreno, recomendaciones de expertos y por la experiencia de los residentes de la zona de estudio (Figura 19).

La siguiente imagen señala cada uno: el sitio I con coordenadas $115^{\circ} 56' W$, $30^{\circ}24' N$; el sitio II se encuentra ubicado a 700 m hacia el oeste del primer sitio de trabajo, sus coordenadas son $115^{\circ}57'W$, $30^{\circ}24' N$; finalmente el sitio III cuyas coordenadas son $115^{\circ}58' W$, $30^{\circ}23' N$ se encuentra ubicado a 1.5 km al este de la boca de BSQ.

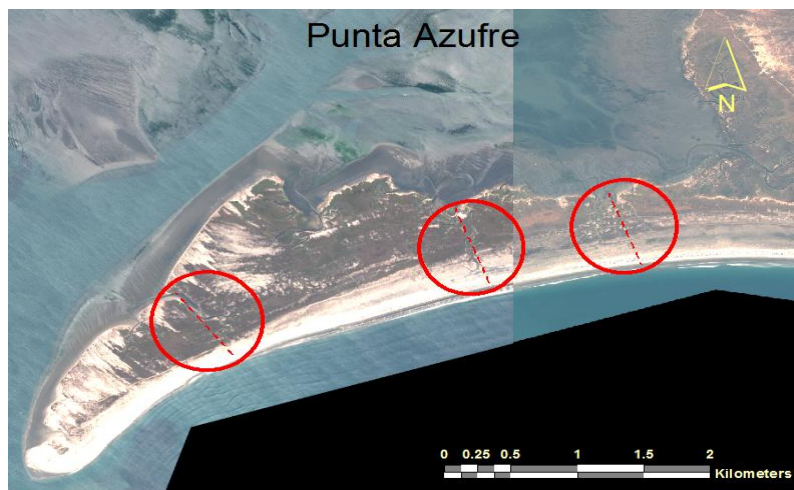


Figura 19. Ubicación de los tres sitios de trabajo localizados en la barra de arena Punta Azufre. Las flechas indican el sentido de la pendiente del terreno (Imagen Quick bird).

Los sitios I, II y III poseen planicies con pendiente muy suave, con evidencia fotográfica de cauces provocados por escurrimientos de BSQ al océano Pacífico, por lo tanto, se espera que Punta Azufre pueda tener riesgo de inundación ante un aumento del nivel del mar. La pendiente que caracteriza a esta barra es suave y prolongada.

5.2.1 SITIO I

Las curvas de nivel en el Sitio I de Punta Azufre, indican la existencia de una planicie con pendiente muy suave y prolongada (menor del 3%), cambios morfológicos menores a 3m cercanos a la línea de costa (Figura 20).

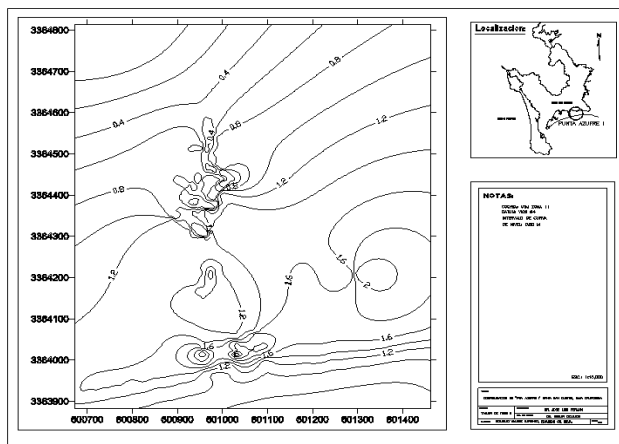


Figura 20. Mapa de curvas de nivel correspondiente al Sitio I. El perfil realizado en este sitio tuvo una longitud de 670 m. (Elaboración propia)

El perfil muestra las elevaciones de los puntos medidos; algunos de ellos tuvieron valores por debajo de la cota cero y no mayores a los dos metros de altura, por ejemplo, la cota con mayor elevación fue de 1.88 m y la menor de -0.15 m (Figura 21), por consiguiente, se espera que este lugar presente riesgo de inundación ante un aumento del nivel del mar ante los escenarios de 0.10 m, 0.30 m y 0.50 m.

Al sobreponer la elevación de la pleamar de 2.10 m en el perfil (línea continua) correspondiente a la tabla de marea del mes de diciembre de 2011 para Bahía San Quintín se puede apreciar que el nivel actual está por rebasar la altura de la duna. Y al ubicar el escenario de 0.50 m de elevación del nivel del mar (línea segmentada) se puede mostrar que la altura de la duna es rebasada por este nivel (Figura 21).

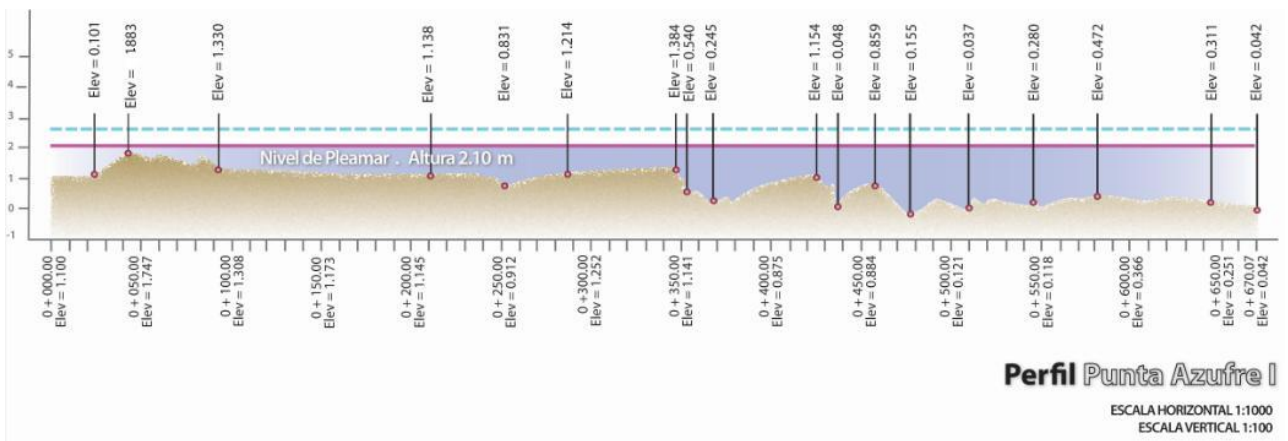


Figura 21. Perfil transversal del sitio I en Punta Azufre, donde se muestran las elevaciones del perfil. (Elaboración propia)

5.2.2 SITIO II

Las curvas de nivel representan la planicie con pendiente menor al 1%, así como el canal de marea localizado dentro de la zona de trabajo (Figura 22).

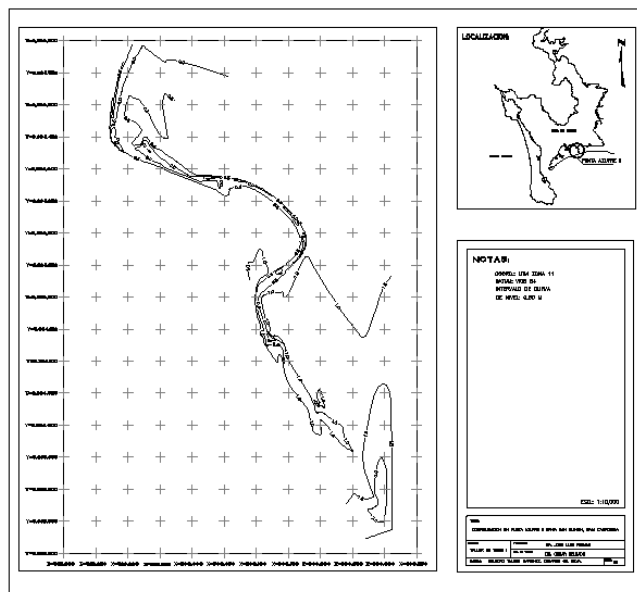


Figura 22. Mapa con curvas de nivel correspondiente al sitio II en Punta Azufre (Elaboración propia).

El sitio II posee dunas costeras con elevación menor a los 2 m. El perfil aquí realizado tuvo una longitud de 700 m. Con él se pudo obtener el valor de la elevación de la duna frente a la costa y la cota de la laguna. Se puede mostrar que la elevación máxima fue de 1.748 m y la cota más baja de -0.54 m, por lo tanto, también se espera que el Sitio II ubicado en Punta Azufre presente riesgo de inundación ante la subida del nivel del mar (Figura 23). A este perfil se le sobrepuso el valor de la pleamar de 2.10 m (línea continua) correspondiente al mes de Diciembre de 2011 para BSQ, así como, el nivel del escenario de 0.50 m de

aumento de nivel del mar (línea segmentada). Este esquema muestra que la pleamar ya rebasa la altura de la duna, por consiguiente, es un lugar muy susceptible a que su altura sea rebasada si ocurre un incremento del nivel del mar.

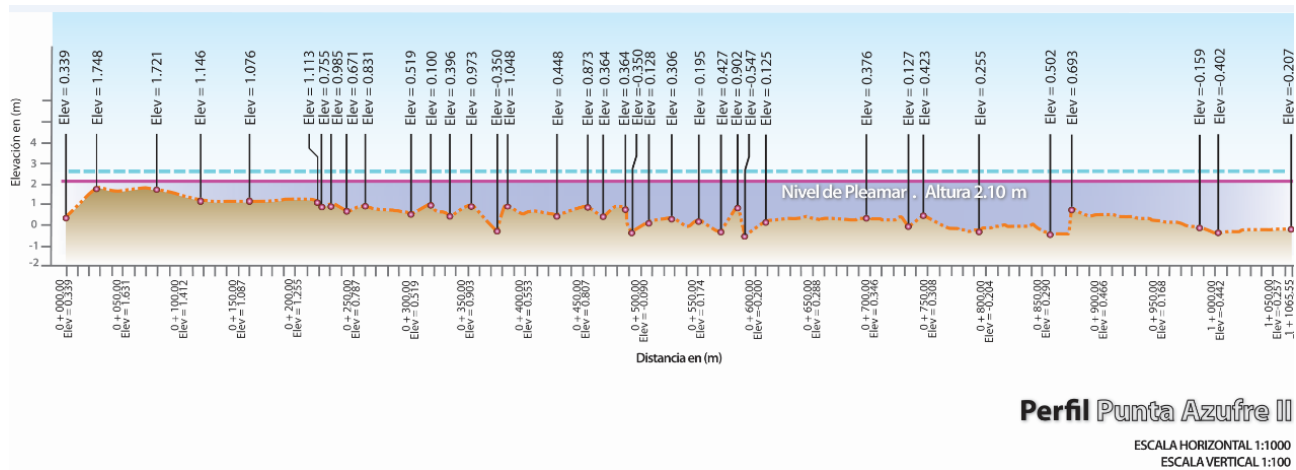


Figura 23. Perfil transversal del sitio II en Punta Azufre donde se muestra la elevación máxima de la duna y los puntos con cota menor a la curva cero. (Elaboración propia)

5.2.3 SITIO III

La configuración del sitio III es similar a los sitios I y II, debido a que su planicie posee una pendiente menor al 1% y dunas cuya elevación es menor a los 2 m de acuerdo con las curvas de nivel del Sitio III (Figura 24)

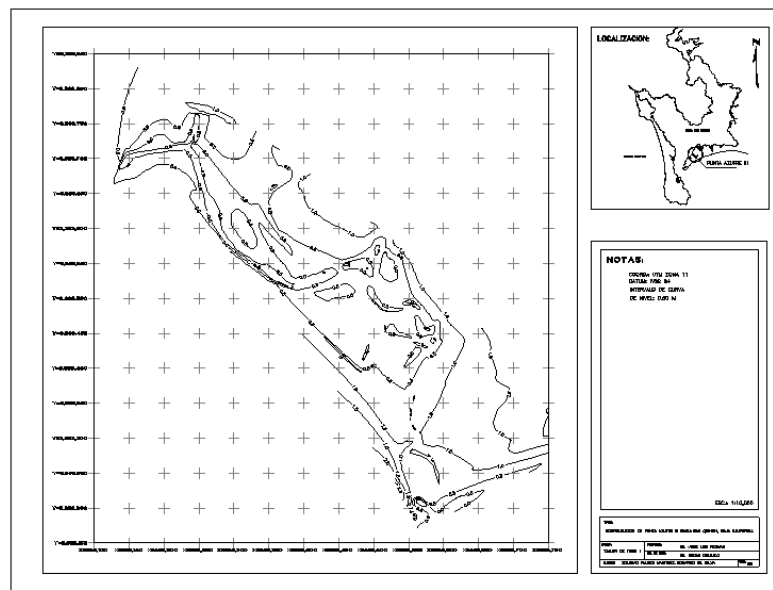


Figura 24. Curvas de nivel correspondiente al Sitio III en Punta Azufre, Bahía San Quintín; la longitud del perfil fue de 750 m. (Elaboración propia)

Con el perfil del terreno, se pudo obtener el valor de la elevación de la duna frente a la costa y la cota de la laguna. Y muestra que la elevación máxima fue de 1.16 m y la cota mínima de -0.56 m, por lo tanto, también se espera que el Sitio III ubicado en Punta Azufre presente riesgo de inundación ante la subida del nivel del mar (Figura 25).

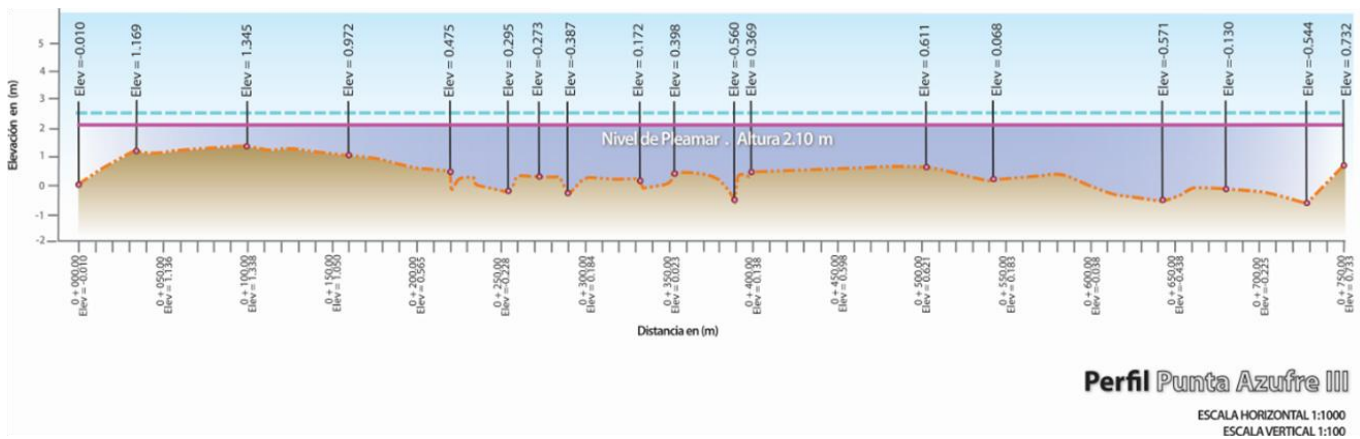


Figura 25. Perfil transversal del sitio III en Punta Azufre donde puede observar la elevación medida en la duna y el punto con altura más baja. (Elaboración propia)

A este perfil se le sobrepuso el valor de la pleamar de 2.10 m (línea continua) correspondiente al mes de diciembre de 2011 para BSQ, así como, el nivel del escenario de 0.50 m de aumento de nivel del mar (línea segmentada). Este esquema muestra que la pleamar actualmente rebasa la altura de la duna y que por consiguiente sería rebasada ante un incremento del nivel del mar (Figura 25).

5.3 Camino de acceso a BSQ

El Camino de acceso, cuyas coordenadas son 115°59' W y 30°29' N, es la principal vía de comunicación utilizada por los pobladores de La Chorera, empleados de las empresas acuícolas de BSQ, comunidad académica y turistas (Figura 26).

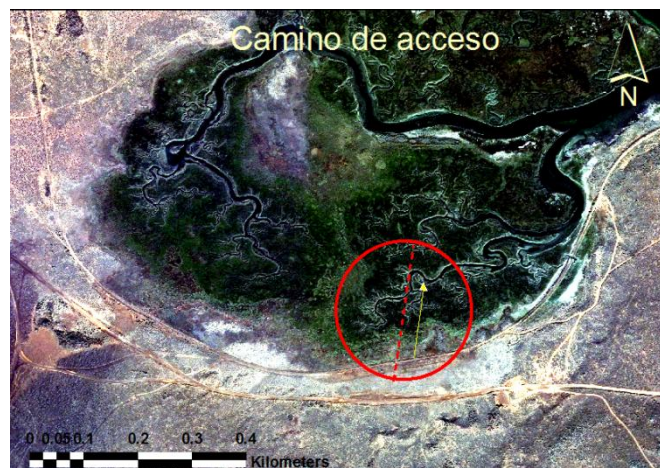


Figura 26. Ubicación del área de trabajo denominado Camino de acceso. La flecha indica el sentido de la pendiente del terreno (Imagen Quick bird).

Con el perfil del camino de acceso se pudo obtener la elevación del área de rodamiento del camino para identificar hasta donde podría afectar el nivel de marea alta (línea magenta) (Figura 29).

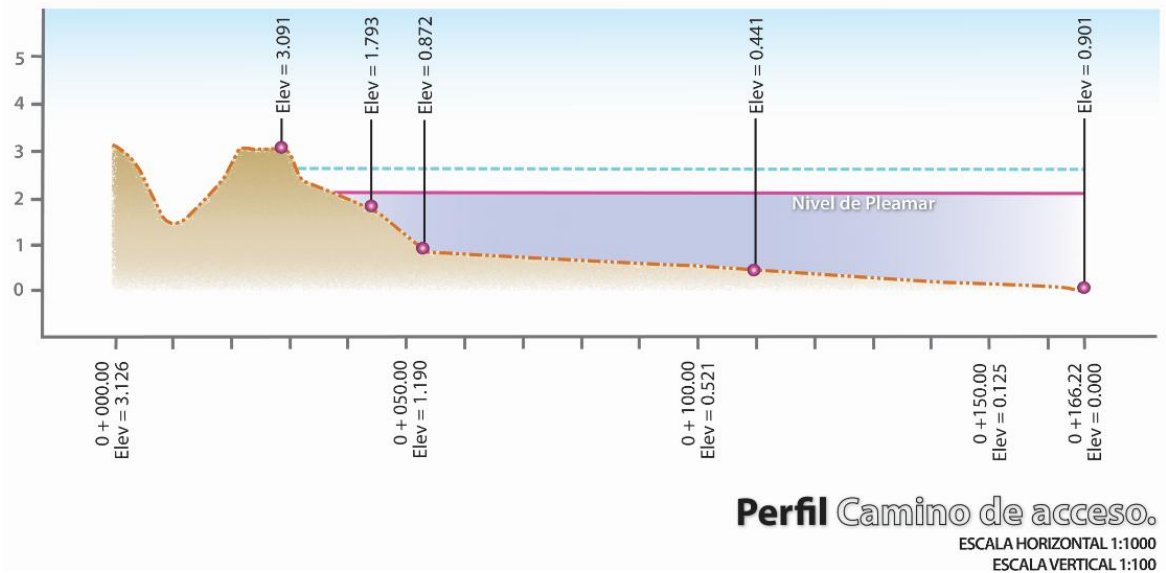


Figura 29. Perfil transversal del camino de acceso donde se muestra la elevación del área de rodamiento. (Elaboración propia)

A este perfil se le sobrepuso el valor de la pleamar de 2.10 m (línea continua) correspondiente al mes de diciembre de 2011 para BSQ, así como, el nivel del escenario de 0.50 m de aumento de nivel del mar (línea segmentada) (Figura 29).

5.4 El Pedregal

El Pedregal se encuentra ubicado en el lado oeste de BSQ, en las coordenadas geográficas 115°57' W y 30°27' N (Figura 30).



Figura 30. Ubicación del sitio de trabajo en El Pedregal (Imagen Quick bird).

Es una zona turística residencial, donde se han construido aproximadamente 50 casas habitación para el turismo que proviene de los Estados Unidos (POESQ, 2007). De las cuales, se identificaron los inmuebles que podrían ser afectados por un aumento del nivel del mar, esto debido a que se encuentran en la parte con elevación mínima (Figura 31).



Figura 31. Asentamientos humanos ubicados en sitios con elevación mínima en El Pedregal. (Foto de Soledad Valdés)

Durante marea alta, el nivel del agua es muy próximo al lindero de las propiedades, por lo tanto, se espera tenga algún efecto el incremento del nivel del mar (Figura 32).



Figura 32. Apreciación de la pendiente y la cercanía de las residencias al margen costero en El Pedregal. (Foto de Soledad Valdés)

Las curvas de nivel permiten mostrar que el área de estudio El Pedregal es una planicie con ligeros cambios de pendiente. Hacia la parte norte la morfología cambia a acantilados de 5m de altura y con material poco consolidado. Este resultado sugiere que la zona más

susceptible a inundarse es la parte sur próxima al muelle, mientras la parte norte es una zona que no será afectada por algún tipo de inundación sin embargo podría estar sometida a procesos erosivos importantes (Figura 33).

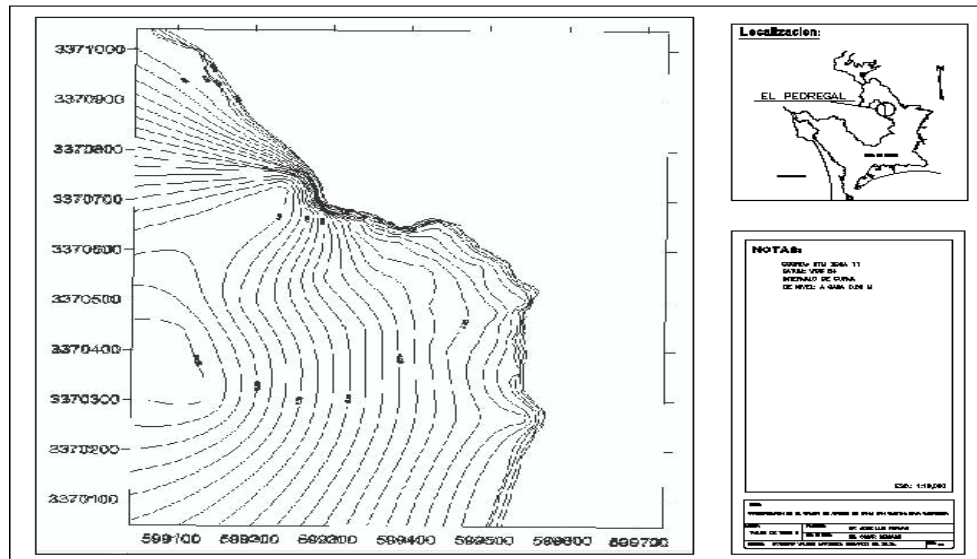


Figura 33. Las curvas de nivel indican los sitios con menor elevación en el Pedregal. El perfil topográfico de El Pedregal se caracterizó por tener una longitud de 436 m con una pendiente del 2% (Elaboración propia)

Para este sitio se obtuvo el valor del cambio de elevación más próximo al margen costero de BSQ, que fue 2.53 m. Los asentamientos humanos se desarrollan dentro de los primeros 50 m de distancia y sobre relieves bajos (Figura 34).

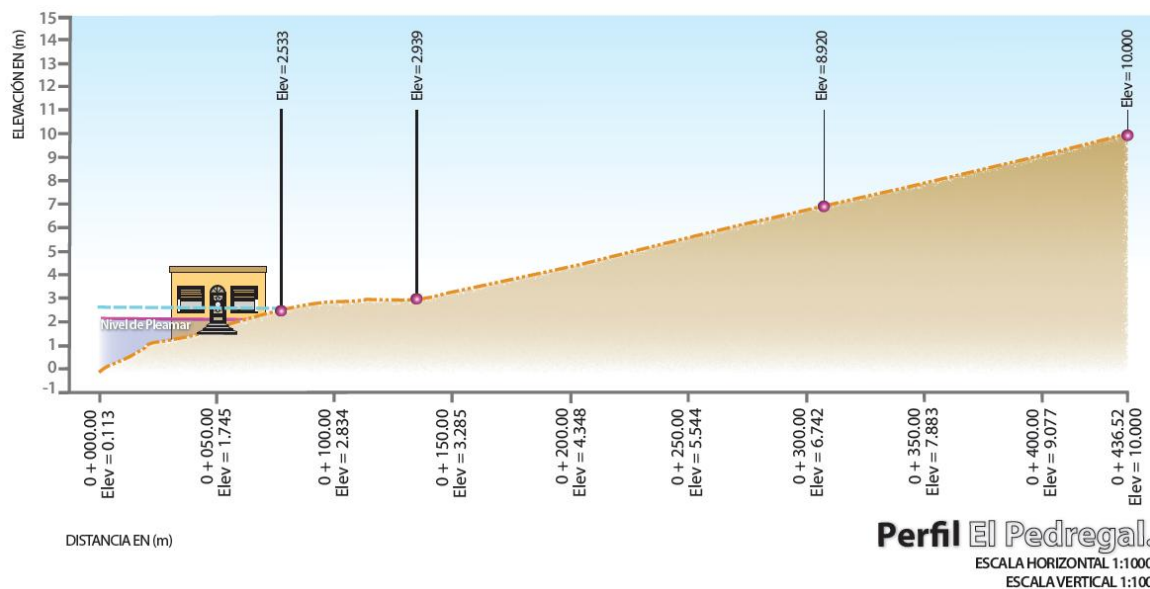


Figura 34. Perfil transversal del El Pedregal (Elaboración propia).

A este perfil se le sobrepuso el valor de la pleamar de 2.10 m (línea continua) correspondiente al mes de Diciembre de 2011 para BSQ, así como, el nivel del escenario de 0.50 m de aumento de nivel del mar (línea segmentada) (Figura 34).

5.5 Molino Viejo

Molino Viejo está localizado a $115^{\circ}58'$ W y $30^{\circ}29'$ y su principal actividad es el turismo (Figura 35).



Figura 35. Ubicación del sitio de trabajo, denominado Molino Viejo (Imagen Quick bird).

El área propuesta para su estudio cuenta con elevaciones bajas y distancias menores a los 30m del margen costero (Figura 36).



Figura 36. Dos fotografías de sitios en los márgenes de Molino Viejo que actualmente están afectados por mareas altas. (Foto de Soledad Valdés)

Por ejemplo, en las cercanías del la marisma hay un estacionamiento que pertenece a los propietarios de hotel de Molino Viejo que, debido a su ubicación y baja elevación, pudiera ser afectado por el aumento del nivel del mar (Figura 37).



Figura 37. Lugar en Molino Viejo identificado como zona inundable (Foto de Oscar Delgado).

El trabajo de topografía arrojó como resultado que la configuración del sitio conocido como Molino Viejo tiene en promedio una altura menor a los 2 m. Siendo el estacionamiento la zona más propicia a inundarse por ser una planicie y no contar con ninguna protección ante alguna inundación provocada por marea alta (Figura 38).

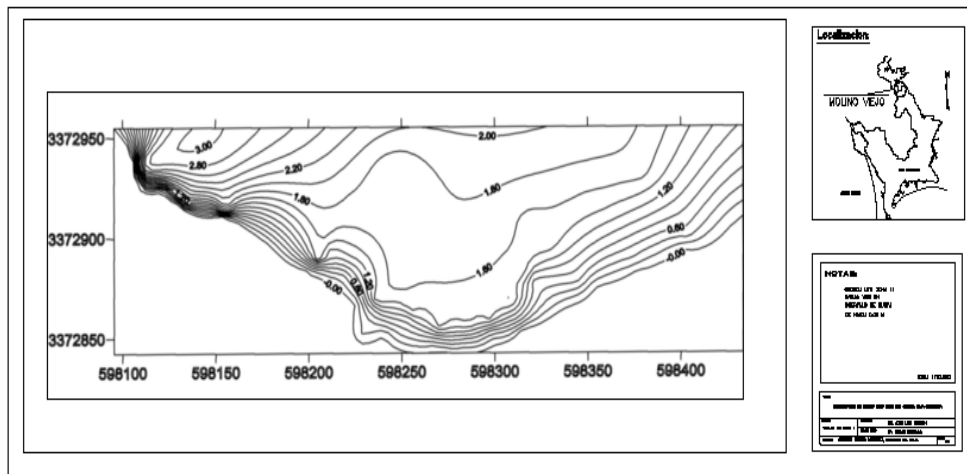


Figura 38. Curvas de nivel correspondientes al sitio Molino Viejo. Su perfil topográfico tuvo una longitud fue de 80 m y una pendiente menor al 1% (Elaboración propia).

Con el perfil de Molino Viejo se obtuvo el valor del cambio de elevación más próximo al margen costero de BSQ, el cual, que fue 1.44 m. Los asentamientos humanos se desarrollan entre los 30 primeros metros del margen de la bahía y sobre relieves mínimos (Figura 39).

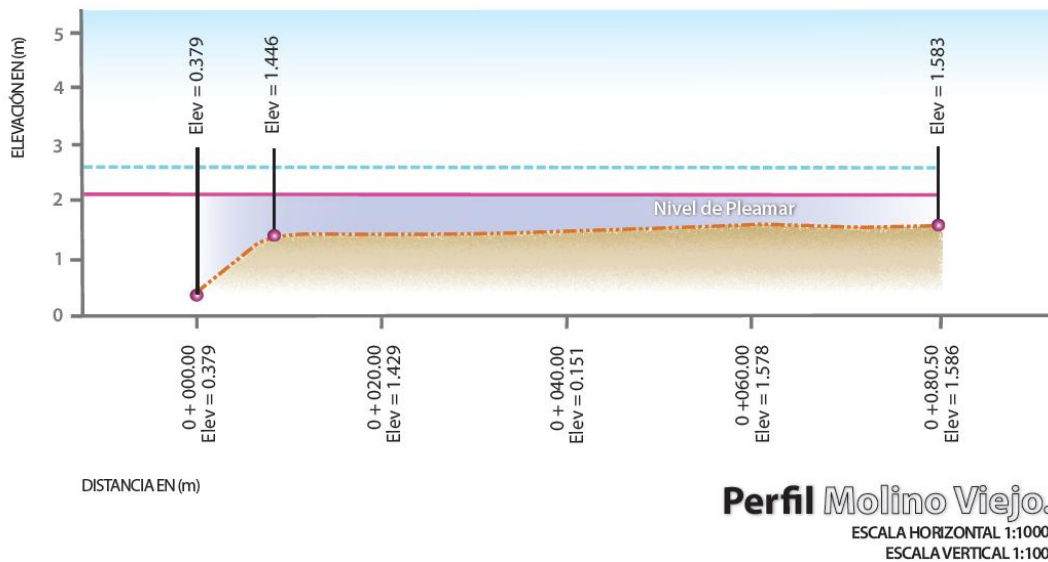


Figura 39. Perfil de terreno donde se muestra la elevación del punto más alto en Molino Viejo (Elaboración propia).

Al perfil de terreno de Molino Viejo se le sobrepuso el valor de la pleamar de 2.10 m (línea continua) correspondiente al mes de Diciembre de 2011 para BSQ, así como, el nivel del escenario de 0.50 m de aumento de nivel del mar (línea segmentada) (Figura 39).

5.6 Mapa de Riesgo: Porcentajes de afectación en las áreas seleccionadas

A continuación se muestran en color amarillo las áreas propuestas para cuantificar el porcentaje de superficie que será afectada por el ANMM; los contornos correspondientes a los tres niveles de elevación propuestos: amarillo (0.10 m), magenta (0.30 m) y azul (0.50m). Es posible apreciar los espacios de intercepción de cada nivel con las áreas con cobertura vegetal y el territorio continental que actualmente no presenta afectación alguna, al que se denomina territorio seco.

5.6.1 La Chorera

El área propuesta en La Chorera tuvo una superficie de 34.10 Ha, de la cual, el 20.59% corresponde a cobertura vegetal y el resto a territorio seco (Figura 40).

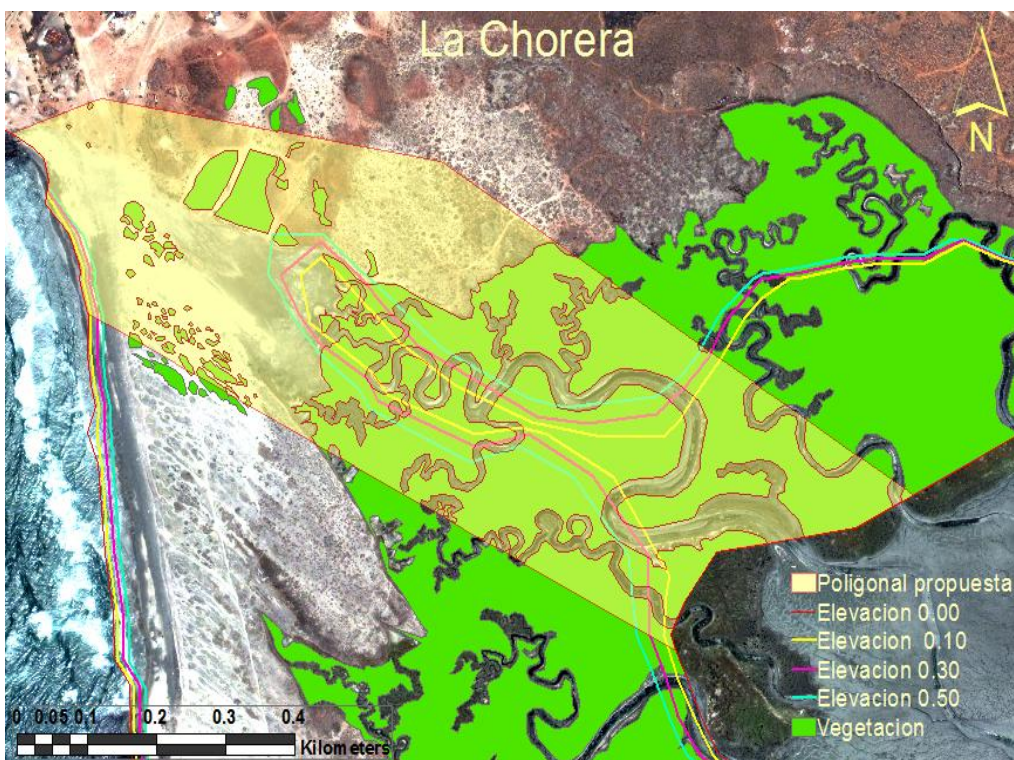


Figura 40. Polígono propuesto para la Chorera, así como los escenarios de inundación (Imagen Quick bird)

5.6.2 Las Lajas

Las Lajas tuvo un área auxiliar de 12.23 Ha, la proporción de cobertura vegetal en este sitio es del 45.02% (Figura 41).



Figura 41. Polígono propuesto para Las Lajas y los escenarios de inundación (Imagen Quick bird).

5.6.3 Punta Azufre

5.6.3.1 Sitio I.

La poligonal fue de 30.16 Ha, donde el porcentaje de cobertura vegetal representó el 33.72% (Figura 42).

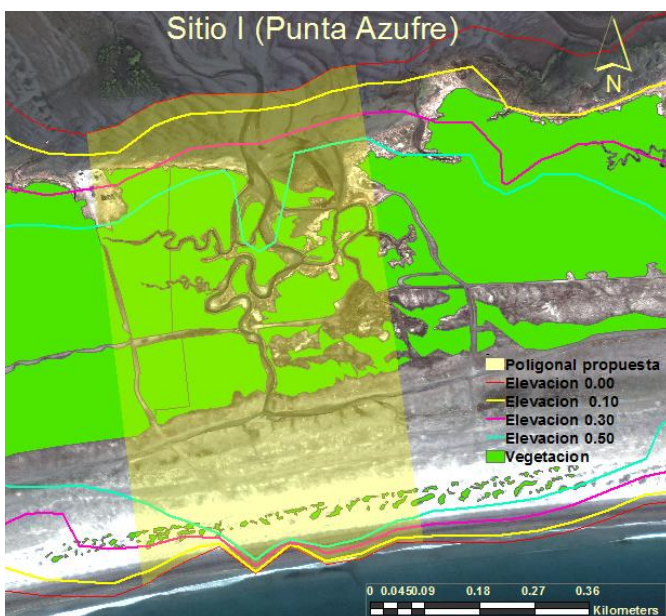


Figura 42. Polígono propuesto para el Sitio I en Punta Azufre (Imagen Quick bird).

5.6.3.2 Sitio II.

El área auxiliar del Sitio II tuvo 32.23 Ha; siendo el 41.83% cobertura vegetal (Figura 43).

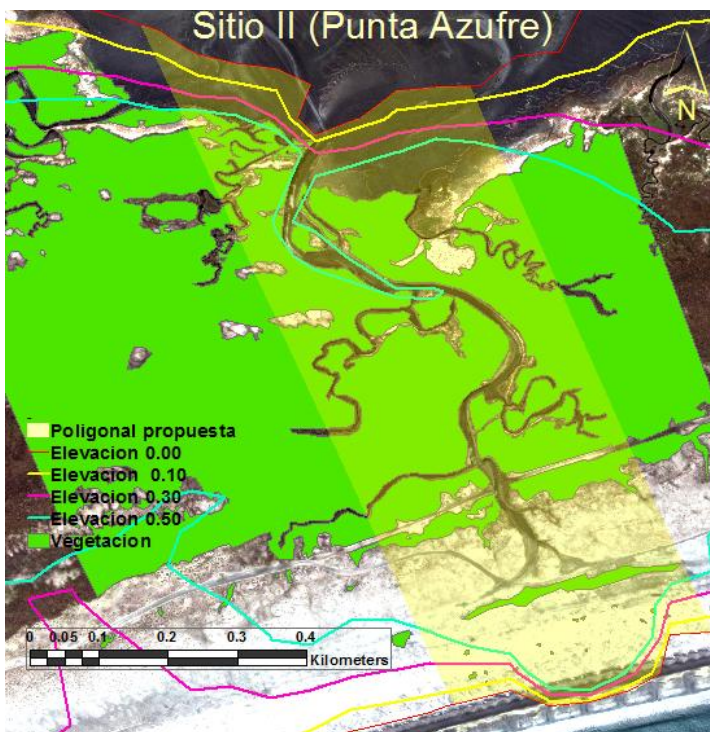


Figura 43. Polígono propuesto para el Sitio II en Punta Azufre (Imagen Quick bird).

5.6.3.3 Sitio III.

Para el Sitio III, la poligonal tuvo 28.92 Ha, 52.52% corresponde a cobertura vegetal (Figura 44).

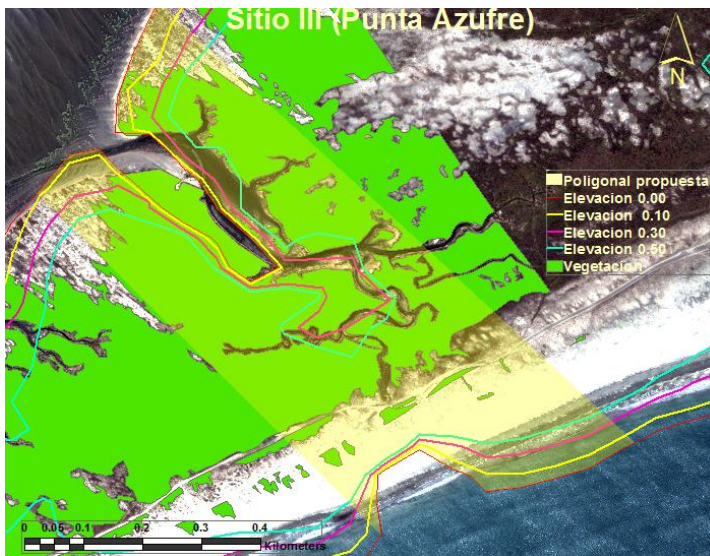


Figura 44. Polígono propuesto para el Sitio III en Punta Azufre (Imagen Quick bird).

5.6.4 Camino de acceso

La superficie que se empleó en el Camino de acceso tuvo un área de 8.41 Ha, de la cual, el 32.93% corresponde a cobertura vegetal y el resto a territorio seco (Figura 45).

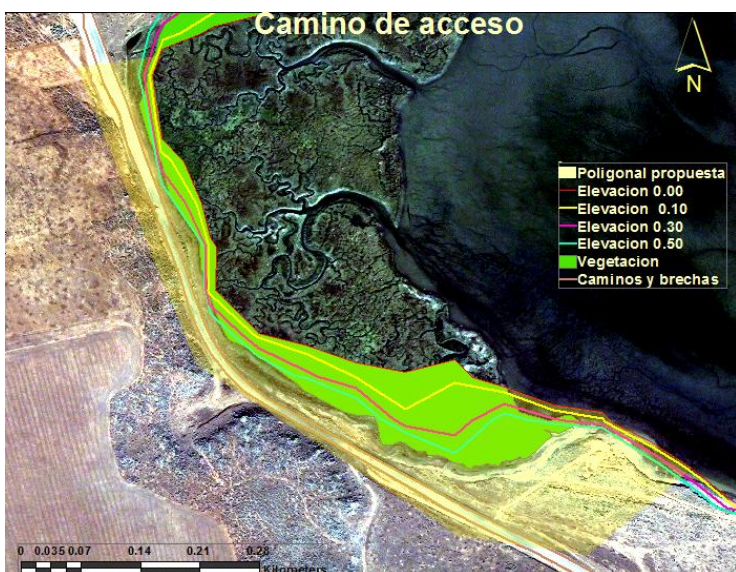


Figura 45. Polígono propuesto para el Camino de Acceso y los escenarios de inundación (Imagen Quick bird).

5.6.5 El Pedregal

El área utilizada en El Pedregal contó con una superficie de 4.19 Ha, aquí el 100% es territorio continental o seco (Figura 46). Los habitantes ubicados entre en la parte sur y el embarcadero se encuentran en la zona de altura más baja de El Pedregal.



Figura 46. Polígono propuesto para El Pedregal y los escenarios de inundación (Imagen Quick bird).

5.6.6 Molino Viejo

Molino Viejo tiene una poligonal con 1.13 Ha, donde el porcentaje de cobertura vegetal corresponde al 22.59 % de su superficie (Figura 47).



Figura 47. Polígono propuesto para Molino Viejo y los escenarios de inundación (Imagen Quick bird).

En la Tabla IV se presenta el resumen de las áreas de las poligonales auxiliares; así como la superficie afectada para cada uno de los escenarios propuestos en los ocho espacios analizados.

Tabla IV. Superficies afectadas (%) por el aumento del nivel del mar en cada uno de los sitios de trabajo en BSQ.

SITIOS DE TRABAJO	CARACTERÍSTICAS							Superficie de poligonal propuesta (Ha).	ESPACIOS COSTEROS	% DE SUPERFICIE AFECTADA POR ESCENARIOS DE ANMM			
	CUANTITATIVAS					CUALITATIVAS				0.10 m	0.30 m	0.50 m	
	Ubicación en los primeros 50 m del margen costero	Ancho de canal de conexión mar-marisma (m)	Elevación (m) en perfil		Pendiente (%)	Tipo de Material	Evidencia de Daño o conexión mar-marisma						
Max.			Min.										
La Chorera	x	50	2.816	0.532	< 1	Playa Arenosa	x	34.1	T.S	0.2	0.5	0.8	
									C.V	21.9	28.1	34.7	
Las Lajas	x	35	2.50	1.273	< 1	Playa Arenosa	x	12.2	T.S	2.1	4.5	6.5	
									C.V	4.9	12.9	18.1	
Punta Azufre	Sitio I	x	--	1.883	-0.15	3	Playa Arenosa	x	30.2	T.S	1.1	3.2	5.6
										C.V	4.2	10.9	19.6
	Sitio II	x	--	1.748	-0.54	< 1	Playa Arenosa	x	32.2	T.S	1.2	3.4	5.4
										C.V	3.7	7.1	12.7
	Sitio III	x	--	1.169	-0.56	< 1	Playa Arenosa	x	28.9	T.S	2.4	6.1	8.6
										C.V	3.4	14	23.8
Camino de acceso	x	--	3.091	0	< 1	Material no consolidado	x	8.4	C.V	9	22	28.8	
									T.S	0	0	0	
El Pedregal	x	--	10	-0.113	2	Material no consolidado	x	4.2	T.S	3	10	15	
Molino Viejo	x	--	1.586	0.379	< 1	Material no consolidado	x	1.13	Asentamientos humanos	0	0	0	
									C.V	0	0.2	2.1	
									T.S	5	12.8	17.9	

T.S- Terreno Seco
C.V- Cobertura vegetal

6. DISCUSIÓN

6.1 Sobre la metodología.

Los modelos de elevación oficiales generados por INEGI, proporcionan información útil, sin embargo, su resolución no es suficiente para cumplir con los objetivos de este trabajo, por lo que fue necesario generar una base de datos con coordenadas UTM y con un valor de la elevación aún más precisa que permitiera la generación de los tres escenarios de aumento del nivel del mar (ANMM) de 0.10m, 0.30m y 0.50 m.

Un problema recurrente al trabajar con cotas de nivel es la ausencia de un banco de nivel oficial disponible. Por lo que se procedió a ubicar estratégicamente puntos de control en cada uno de los sitios de trabajo, obtener sus coordenadas X, Y y referir su cota al nivel medio del mar con la ayuda de una estación total. El uso de equipo electrónico, facilitó el trabajo de campo, mejorando la precisión y disminuyendo el tiempo para el procesamiento de la información en gabinete.

Para la corrección de la elevación de los puntos de control, fue necesario colocar un prisma sobre el nivel del espejo de agua, calcular sus cotas utilizando la tabla de marea y medir la diferencia entre la línea del nivel medio del mar y la correspondiente a la hora de medición en el campo. Este procedimiento puede incorporar errores por el movimiento del prisma por el arrastre del viento sobre éste o por el movimiento del espejo de agua debido a las olas, de ahí que se haya repetido la medición en más de tres ocasiones para verificar la medición y reducir este error.

Los criterios para la selección de los espacios con riesgo de inundación en el área de estudio, empleando evidencia fotográfica, visitas de campo y consulta con los usuarios de estos espacios, fueron constatados con el trabajo topográfico de campo y la de gabinete, acciones que permitieron cuantificar sus pendientes. Los resultados obtenidos indican que La Chorera (Figura 14), Las Lajas (Figura 18) y Punta Azufre (Figuras 21, 23 y 25) son sitios vulnerables, susceptibles a verse afectados por la inundación causada por la elevación paulatina del nivel del mar, debido a que sus pendientes son menores al 1%. Si a esta pendiente se le suma el hecho de que estos espacios poseen escasa vegetación estabilizadora, entonces se incrementa la posibilidad de que los sistemas de dunas presenten el efecto de procesos erosivos por la coincidencia de marea alta y oleaje.

La elaboración del mapa de riesgo se limita a los espacios en donde se realizaron las mediciones topográficas debido a que los mapas de riesgo actuales no los contemplan o sólo consideran algunos de ellos (Tabla II). Además del trabajo de campo, el uso de imágenes satelitales complementó la información para la identificación de sitios naturales y zonas con diferentes usos establecidos en BSQ. Las características de las imágenes de satélite permitieron que la escala de trabajo fuera mayor que la mostrada en anteriores

mapas de riesgo de inundación para el área de estudio (Figuras 3, 4 y 5). Desafortunadamente no se realizaron mediciones topográficas en los espacios destinados al desarrollo de actividades acuícolas, espacios construidos por los usuarios tomando como referencia sus marcas de los máximos de marea que recuerdan haber observado, procedimiento que no incorpora el paulatino incremento del nivel del mar.

6.2 Sobre los escenarios de aumento de nivel medio del mar (ANMM)

La percepción de la gente para identificar los sitios de posible inundación, coincidió con los resultados de este trabajo que, debido a que los lugares donde se efectuaron las mediciones son los más propensos a sufrir una afectación por el aumento del nivel del mar y cuyo efecto se magnificara cuando coincida con la pleamar en épocas de invierno o con eventos extremos.

6.2.1 Escenario con 0.10m ANMM

Afectación sobre la cobertura vegetal

Los resultados del primer escenario demuestran que las zonas con mayor pérdida de cobertura vegetal debido a la inundación por el ANMM serán: La Chorera (21.9%) (Figura 40), seguida de el camino de acceso (9%) (Figura 45), Punta Azufre (11.3% de área afectada por inundación) (Figuras 42, 43 y 44) y Las Lajas (4.9%) (Figura 41); mientras que El Pedregal (Figura 46) y Molino Viejo (Figura 47) serán sitios ante ésta subida de nivel del mar tendrán el menor porcentaje de su área inundada (Tabla IV). Sin embargo se espera que este escenario pueda magnificar la vulnerabilidad a la inundación si coincide con otros eventos tales como tormentas, marea alta o eventos extraordinarios (Seingier et al., 2010).

Afectación del frente de costa

Por otro lado, tres de los ocho lugares elegidos cuentan con frente costero, por lo cual, se espera que ante el cambio de la línea de costa éstos espacios puedan desplazarse hacia tierra dentro, siempre y cuando, no tengan ningún bloqueo físico que pudiese detener dicha progradación (Escofet et al., 2010; Drews, 2009; López Medellín et al., 2011). Estos sitios son: Punta Azufre con un 4.7% de área inundada; Las Lajas (2.1%) y La Chorera con menos del 1%.

Afectación sobre territorio seco

En este trabajo se denomina territorio seco al espacio hacia tierra dentro que en la actualidad parecen seguras ante inundaciones eventuales. El primer escenario sugiere que el Pedregal y Molino viejo posiblemente tengan afectaciones sobre su superficie de territorio seco ante éste escenario (3% y 5% respectivamente).

Perfiles topográficos

Por otro lado los perfiles de playa realizados en la Chorera (Figura 14), Las Lajas (Figura 18) y Punta Azufre (Figuras 21, 23 y 25) muestran que la elevación de la duna, actualmente es rebasada o casi rebasada por el nivel de pleamar. En el caso del Camino de acceso (Figura 29), El Pedregal (Figura 34) y Molino Viejo (Figura 39) los perfiles indican que la pleamar también rebasa o está por rebasar la máxima elevación encontrada en cada uno de los sitios. Por lo tanto, es de esperarse que ante un primer escenario de ANMM su vulnerabilidad de inundación se magnifique en conjunto con la pleamar.

6.2.2 Escenario con 0.30 ANMM

Afectación sobre la cobertura vegetal

Para el escenario de 0.30 m los sitios con mayor cobertura vegetal inundada serán: La Chorera con el 28.1% de área de vegetada (que representa el 6.2% más de área inundable estimada en el primer escenario); seguido del Camino de acceso con el 22% de superficie inundada (aproximadamente 13% más con respecto al escenario de 10 cm ANMM); y en el caso de Punta Azufre se espera que casi la tercera parte de su vegetación (32%) sea inundada (Tabla IV). La elevación del nivel del mar es gradual y con ello se espera que la marisma pueda avanzar tierra dentro para sobrevivir ante tal evento; dicha condición depende directamente del espacio suficiente para hacerlo (Drews, 2009; Escofet et al., 2010; López Medellín, 2011) de lo contrario, es probable que estos sitios tengan una importante pérdida en su flora y fauna (Flores, 2010)

Afectación del frente costero

Se observó que los sitios cuya pendiente menor al 1% presentaron más superficie inundada que aquellos con pendientes mayores a 1%. De acuerdo con Acinas (2002) las costas bajas y planas están sujetas a importantes inundaciones. Por ejemplo en el caso de Punta Azufre se espera que el 12.7% de playa sea afectada, es decir inundada, (en comparación con el primer escenario representa el 8% más de área inundada); las Lajas tendrá el 4.5% de superficie inundada por el ANMM; mientras que La Chorera se cuantificó el 0.5 %.

A medida que aumenta la pérdida de costa se espera incrementemente la vulnerabilidad de las barras y el interior de la bahía debido a que habrá una modificación en sus diferentes procesos y propiedades físicas, por ejemplo, efecto sobre el transporte de sedimentos, la producción primaria, cambio en la salinidad, etc. (Drews, 2009; Anthony et al., 2009; INVEMAR, 2003, Seingier et al., 2010).

Afectación sobre los espacio tierra dentro

Por otro lado, las figuras 46 y 47 indica que ante ésta aproximación del ANMM, las partes más bajas del Pedregal y Molino viejo aumentaran respectivamente el 7% y 7.8% de su superficie inundada en comparación con el escenario anterior (Tabla IV).

Las parcelas e infraestructura acuícola, parecen seguras el escenario de 30 cm, sin embargo, conforme suba el nivel del mar, los efectos asociados a tormentas de una intensidad dada podrán llegar a alcanzar cotas de nivel mas altos sobre el continente, extendiendo más las áreas de inundación (Flores, 2010; Seingier et al., 2010).

Lo que podría suceder en la acuicultura

En el caso de la actividad acuícola, diferentes investigaciones coinciden en que la temperatura, la calidad, el tiempo de residencia y la disponibilidad de alimento son factores ambientales íntimamente relacionados con la producción de bivalvos (Delgado, 2010). Delgado (2010) señala que los cultivos de los ostiones de BSQ, que estén expuestos por más tiempo a flujos y reflujos generados por la marea o las corrientes superficiales tendrán mayor oportunidad de conseguir alimento. Por otro lado Acinas (2002) menciona que pequeños aumentos en el nivel del mar provocan importantes variaciones en el periodo de retorno correspondientes a un nivel de inundación dado. Por lo tanto, se esperaría que los organismos que sostiene éste sistema, se mantengan por más tiempo bajo el agua y con ello puedan obtener más alimento. Sin embrago es necesario realizar estudios más a fondo para poder determinar qué sucederá con esta actividad económica.

6.2.3 Escenario con 0.50 ANMM

Afectación sobre la cobertura vegetal

En el caso de La Chorera tendrá 34.7% de afectación sobre su cobertura vegetal; mientras que, en el Camino de acceso tuvo el 28.8% de superficie inundada, y en el caso de Punta Azufre, se inunda el 56.1% de su vegetación (Tabla IV).

Este escenario tuvo una mayor cantidad de áreas inundadas en los lugares cuya pendiente es menor al 2%, situación que podría aumentar todavía más su estatus de vulnerabilidad de inundación. Si a esto se suman, las condiciones de marea alta, tormentas u otro evento extremo, la afectación será aun mayor sobre las playas de arena y las costas de isla de barrera (como son los casos de Punta Azufre, La Chorera y Las Lajas), lo que implica, la pérdida permanente o casi permanente de estos espacios costeros (Seingier et al., 2010).

Afectación del frente costero

El tercer escenario sugiere un incremento en la pérdida de territorio seco, es decir, el aumento de superficie que quedara sumergida. En Punta Azufre se espera que sea del

19.6% de frente costero afectado valor representa un aumento del 14.9% con respecto al primer escenario; las Lajas presenta el 6.5% de su área afectada, aumentando así el área de inundación en un 4.4%; y La Chorera tendrá menos del 1% de área afectada.

Afectación de territorio seco

En el caso del Pedregal esta cantidad de superficie inundable será del 15%, y para Molino Viejo del 17.9% (Figura 39) (Tabla IV). Los porcentajes mencionados se incrementan en un 12% y 12.9% de superficie con respecto al primer escenario (Tabla IV).

Perfiles topográficos

Los ocho perfiles topográficos (Figuras 14, 18, 21, 23, 25, 29, 34 y 39) muestran que actualmente estos sitios son rebasados o casi rebasados por el nivel de la pleamar y al sobreponer los 50 cm de ANMM se observa que, posiblemente éste evento pudiera tener mayor afectación en estos espacios costeros.

Afectación sobre caminos de acceso

Siete de los ocho lugares identificados con riesgo de inundación por el ANMM, mostraron una mínima o nula afectación de inundación en caminos vecinales, excepto en el camino de acceso. En este lugar se ha observado que, el nivel de pleamar en época de invierno alcanza el pie de talud. Por tanto, es posible suponer que ante una subida del nivel del mar, el talud disminuya su estabilidad, debido al aumento de la superficie de contacto con el agua y al proceso erosivo por golpeteo de la marea. Acinas (2002) menciona que una gran variedad de estructura costera se ve afectada por el aumento del nivel del mar, la erosión que ejerce sobre estos elementos y por las variaciones de la intensidad y frecuencia de los temporales (Acinas, 2002).

Afectación sobre asentamientos humanos e infraestructura agrícola

Se espera que los asentamientos humanos localizados en el Pedregal (Figura 46) y Molino Viejo (Figura 47) así como la infraestructura acuícola, debido a la cercanía con el margen de la bahía y la elevación mínima a la que se encuentren asentados. Su grado de afectación a la inundación dependerá de sus características físicas de los elementos expuestos, pero es muy probable que sean afectadas (Flores, 2010; Nicholls y de la Vega- Leinert, 2008).

6.3 Sobre los programas de ordenamiento.

El POETBC (2007) en sus lineamientos sobre desarrollos humanos, expresa que las zonas expuestas a riesgo deben tener una distancia de 30m adicionales a los 20m de la franja costera o hasta la cota 4 msnm. Sin embargo, en este trabajo se sugiere que para minimizar y prevenir riesgos costeros, no solo se deberá discurrir en estas tres características, sino

también dar importancia al tipo de material en el que asentará una población, pues de no hacerlo es posible que pueda estar nuevamente expuesta a otro tipo de riesgo. Por ejemplo, hacia la parte norte del Pedregal, existen casas muy cercanas al margen de la bahía pero su elevación está por arriba de los 4 m (Figura 33), aparentemente no serán afectadas por el aumento del nivel del mar pero por encontrarse sobre material poco consolidado se espera tengan algún efecto debido a la erosión por oleaje. De acuerdo con la literatura habrá una modificación en los patrones de los fenómenos meteorológicos extremos, aumentando la energía por oleaje, la cual pondría en riesgo gran parte de la infraestructura costera (Azuz, 2010)

Actualmente la extracción de piedra bola en BSQ es considerada una actividad que se realiza de forma irregular provocando serias consecuencias. Por ejemplo, la extracción excesiva puede provocar cambios en la pendiente de la línea de costa disminuyendo así la capacidad de amortiguamiento del sistema (García-Gutiérrez, et al., 2010). Es así que el PCyMBSQ (2010) sugiere el establecimiento de zonas de veda de extracción de recursos, mientras que el POETBC (2007) prohíbe la explotación de material pétreo cercanos a los asentamientos humanos por lo menos en 500 m. Por lo tanto, esta actividad en La Chorera magnificara la posibilidad de conexión con el mar y la marisma.

Por otra parte, los riesgos de inundación señalados en el POESQ (2007), principalmente son las asociadas con características climáticas y morfológicas del terreno, así mismo ofrece diversos lineamientos para minimizar y prevenir riesgos costeros, sin embargo, este programa de ordenamiento no considera el riesgo de inundación provocado por la elevación del nivel del mar, situación que actualmente se debe evaluar.

En el POESQ (2007) se tienen identificados lugares bajo la política de conservación (La Chorera, Las Lajas, Punta Azufre, Camino de acceso y Molino Viejo) en el POESQ (2007). Política que se encarga de promover la restauración y limitar el grado de intervención de las actividades humanas y evitar su rápido deterioro. Mientras que existen otros sitios, como Punta Azufre, cuya situación de riesgo de inundación aquí señalado (Figuras 21,23, 25, 42, 43 y 44) en conjunto con la política ambiental en la que se encuentran puede magnificar su vulnerabilidad ante el aumento del mar debido a los lineamientos propuestos por este instrumento legal. Por ejemplo, la política de uso activo para la zona de Punta Azufre permite la ampliación y nuevos asentamientos urbanos y turísticos, el cambio de uso de suelo de forestal a uso agrícola u otros, los desarrollos turísticos y la construcción de caminos sujeta a la autorización de impacto ambiental (Tabla I).

Molino Viejo existen asentamientos humanos que pudieran ser afectados por el ANMM, si se combina con marea alta. Al considerar lo anterior, valdría la pena que la política de aprovechamiento con restauración, (Tabla I) también pudiese aplicar zonas de amortiguamiento en los sitios con riesgo de inundación por el aumento del nivel del mar.

El PCyMBSQ (2010) por ser un instrumento aún no oficial, tiene la limitante de no ofrecer unidades de gestión ambiental que den a conocer las políticas ambientales que tendrá la BSQ. En cambio en él se dan propuestas de subprogramas de conservación para tratar la problemática de los efectos por disturbios y procesos ecológicos, así como, los de cambio climático. Donde se plantea elaborar un análisis de gestión de riesgo para realizar acciones de mantenimiento de regímenes de disturbio y procesos ecológicos. A su vez, proporciona un mapa de riesgo de inundación ante el rango de variación del nivel del mar entre 1 a 3, mismo que se discutirá a continuación.

6.4 Sobre la comparación de otras estimaciones.

Los mapas de riesgo existentes de la zona de estudio, exponen la información de manera general y a escalas de trabajo muy pequeñas, mismas que obligaron a obtener información de campo de los sitios aquí identificados con riesgo de inundación y así generar los escenarios de inundación para estimar sus posibles efectos.

Por ejemplo, el PCyMBSQ (2010) muestra un mapa con los posibles sitios de inundación ante una elevación del nivel del mar, se aprecian que las zonas de Punta Azufre, Las Lajas, y sitios en el interior de la BSQ que serán afectados (Figura 3). Sin embargo esta información no pudo utilizarse debido a que: a) la escala que se maneja es local pero no se logra apreciar otros elementos que estarán expuestos ante la subida del nivel del mar a excepción de ecosistemas costeros; b) otra razón es que propone un escenario extremo de aumento de nivel de mar entre uno y tres metros, mismos que se encuentran fuera de los parámetros establecidos por el IPCC (2007) (Tabla III); c) en este mapa la Chorera, es un lugar que ante el escenario extremo de aumento de nivel a 3 m no presentara conexión entre el mar y la marisma, sin embargo, las platicas informales sostenidas con los habitantes y usuarios demuestran que existe actualmente tal conexión, así como, lo presentado en este trabajo (Figura 14).

Agroasemex (2011), empresa dedicada a la aseguranza del sector agrícola, realizó un mapa de riesgo donde incluye zonas en toda la república mexicana con posibilidades de inundación. En este caso, la escala fue una limitante para utilizar su información para la generación de los escenarios de inundación en este trabajo. Otros aspectos que intervinieron para no aprovechar esta estimación fue que no proporciona ninguna información sobre el modelo, por ejemplo no menciona que aumento del nivel de mar se está considerando para generar este escenario, tampoco se puede identificar espacios costeros puntuales que serán afectados.

En el caso de la estimación mostrada por la CENAPRED (Figura 5), el mapa tiene una escala muy pequeña por lo tanto el resultado de esto es que toda la península de Baja California se presente como una zona con una alta vulnerabilidad a ser inundada dificultando la identificación de los espacios costero más vulnerables que serán afectados por el ANMM.

Como se mencionó en todos los documentos anteriores no se pueden apreciar los elementos expuestos ni sus características morfológicas ni otra característica de BSQ, se desconoce información sobre los parámetros utilizados para generar los modelos de inundación.

6.5 Sobre las aportaciones de este trabajo

- Demuestra que el trabajo de campo apoyado con el conocimiento de los usuarios y habitantes de BSQ, ayudo en la identificación de los sitios con riesgo de inundación. Pues lo que la gente observo pudo comprobarse con los resultados obtenidos
- La escala de trabajo permitió determinar qué elementos están expuestos ante el aumento del nivel del mar, logrando cuantificar el porcentaje de superficie que será afectada.
- Genera mapas de riesgo utilizando los parámetros del IPCC (2007), que en comparación con estimaciones anteriores, mejora la escala de trabajo en cada uno de los sitios identificados con riesgo de inundación, y estima la perdida de superficie debido al aumento del nivel del mar en BSQ.
- Genera una base de datos de puntos con información xyz con una precisión de 2cm de los sitios medidos, los cuales, servirán para utilizarlos en otras investigaciones.

7. CONCLUSIONES

1. Se identificaron ocho puntos bajos (La Chorera, Las Lajas, tres sitios en Punta Azufre, Camino de Acceso, El Pedregal y Molino Viejo) que delimitan a la laguna costera de BSQ con base en las evidencias obtenidas en campo y percepciones de los habitantes y usuarios de la región. Por lo tanto, se recomienda que la percepción de la gente sea incorporada en estudios para la identificación de riesgo, pues enriquecen los resultados obtenidos.
2. Se generaron ocho mapas de configuración, siete de los cuales, mostraron que la pendiente fue menor al 2%, característica que los hace susceptibles a inundarse por el ANMM, así como también, mostraron que la elevación máxima en todos los casos fue hasta los 3 m, condición que provoca que actualmente la pleamar rebase los sitios de La Chorera, Las Lajas y Punta Azufre.
3. Se identificó las áreas naturales y zonas de diferente uso para cada sitio del área de estudio, estimando el porcentaje de superficie que será afectada por cada uno de los escenarios de ANMM. Con base en estos resultados, se concluye que los sitios con mayor porcentaje de área natural fue Punta Azufre, Las Lajas y El Camino de Acceso.
4. Con base en los tres escenarios propuestos de ANMM se espera que todos los lugares evaluados en este trabajo sean propensos a inundación, especialmente los sitios con pendientes menores al 2%, con material poco consolidado, ubicados en elevación menores a los 3 m así como la proximidad que tengan al margen de la bahía, características que incrementan su riesgo de inundación. Por lo cual, se recomienda que en los casos de Molino viejo y el Pedregal se implementen medidas de adaptación y prevención de riesgo por inundación, en tanto que, Punta Azufre en los tres escenarios es un sitio que en los tres escenarios de subida del nivel del mar, sufrirá la afectación más importante sobre su cobertura vegetal y su territorio seco en los tres escenarios de aumento del nivel del mar (ANMM), por lo que se recomienda evitar ampliaciones, nuevos asentamientos urbanos y desarrollos turísticos, construcción de caminos y edificación de infraestructura sujeta a la autorización de impacto ambiental a fin de evitar futuras pérdidas debido a este evento.
5. Los ocho sitios elegidos presentan una afectación por inundación en su superficie y cobertura vegetal en los tres escenarios de aumento del nivel medio del mar. Así mismo se demostró la eficacia de la metodología en conjunto con la información obtenida de conversaciones informales con los usuarios y habitantes de la localidad para identificar las zonas de riesgo en BSQ.

8. LITERATURA CITADA

- Acinas, J. R. Cambio climático y subida del nivel medio del mar. Impacto sobre la costa. Editado por Canales y Puertos. Colegio de Ingenieros de Caminos. Ingeniería y Territorio, n° 61 (2002).
- Adger, W. N. (1999) Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam. *World Development*. 27. Pag. 249-269.
- Agroasemex, A. d. (06 de Mayo de 2011). Agroasemex. (G. Federal, Editor) Recuperado el 2012 de Febrero de 27, de <http://www.agroasemex.gob.mx/>
- Allen, K. (2003). Vulnerability reduction and the community-based approach, in Pelling. *Natural Disasters and Development in a Globalising World*. Pag. 170-184.
- Anthony, A., Joshua, August, P., Byron, C., Cobb, S., Foster, C., y otros. (2009). Coastal Lagoons and Climate Change: Ecological and social Ramification in U.S. Atlantic and Gulf Coast Ecosystem. *Ecology and Society*.
- Azuz Adeath, I., L. Silva, E. Rivera-Arriaga, A. Ortega y J.C.Chavez, 2010. El turismo y el cambio climático. p. 347-360. En: E.Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). *CambioClimatico en Mexico un Enfoque Costero-Marino*. Universidad Autonoma de Campeche, Cety-Universidad,Gobierno del Estado de Campeche. 944 p.
- Barnett, T. P. (1984). The estimation of "Global" Sea Level Change: A problem of Uniqueness. *Journal of Geophysical Research* , 89 (C5), 7980-7988.
- Bluemle, J. P., Sabel, J. M., y Karlen, W. (1999). Rate and magnitude of Past Global Climate Change. *Enviromental Geoscience* , 6 (2), 63-75.
- Brooks, Nick. «Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework.» Tyndall Centre for Climate Change Research, n° 38 (Noviembre 2003): 1-16
- Brooks, N. y Adger, W. N. (2003). Country level risk measure of climate related natural disasters and implications for adaptation to climate change. Tyndall Centre for Climate Research, Norwich, University of East Anglia. 26.
- Carrasco, A. R., Ferreira, Ó., Matías, A., y Freire, P. (2012). Flood hazard assessment and management of fetch-limited coastal environments. *El Sevier* , 15-25.
- Cayan, D., Bromirski, P. D., Hayhoe, K., Tyree, M., Dettinger, M., y Flick, R. (27 de Enero de 2008). Climate change projections of sea level extremes along the California coast. *Springer science*, 57-73.
- Cazenabe, A., y Llovel, W. (2010). Contemporary Sea Level Rise. *Annual Review of Marine Science* , 2, 145-173.
- CENAPRED, C. N. (27 de Febrero de 2012). CENAPRED. Recuperado el 27 de Febrero de 2012, de <http://www.cenapred.unam.mx/es/>

- Chaparro Avila, E., y Sanhueza, M. J. (2005). Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas socionaturales. Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Contreras Motolinia, R. (Diciembre de 1999). Exploración del modelo de estructura jerárquica del ambiente (Kolasa, 1989) en la zona costera del Pacífico de Baja California, México. Ensenada, Baja California, México: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Delgado González, O. E. (2010). Desarrollo y aplicación de una herramienta de gestión para el aprovechamiento acuícola en la Bahía San Quintín, Baja California. Ensenada, Baja California, México
- Douglas, B. C. (2001). Sea level change in the era of the recording tide. *International Geophysics Series* , 75, 37-64.
- Drews C., F. A. (2009). Aumento del nivel del mar por cambio climático en Playa Grande, Parque Nacional Las Baulas, Costa Rica. Simulación de inundación basada en un modelo de elevación digital de alta resolución e implicaciones para el manejo del parque. Informe técnico, WWF , 1, 20 p.
- Escofet, Anamaría, Rosa Contreras, y Alejandro. Monti. Análisis de la vulnerabilidad orientado a la gestión litoral a partir del uso del hábitat. En *Cambio climático en México un enfoque costero y marino.*, de E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, G.J. Villalobos Zapata y I. Alpuche Gual, 1-22. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche, 2010.
- Espejel, I. y Bermúdez R. (2009). Propuesta de regionalización de los mares y costas mexicanos. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT.
- Fernández, A., y Martínez, J. (2004). Las comunicaciones nacionales de cambio climático. En A. Fernández, y J. Martínez, *Cambio climático: una visión desde México.* (Primera ed., págs. 473-490). D.F., México: INE, SEMARNAT.
- FHWA. (04 de Julio de 2011). Federal Highway Administration . (U. S. Transportation, Editor, y J. Krolak, Productor) Recuperado el 15 de Marzo de 2012, de <http://www.fhwa.dot.gov/>
- FitzGerald, D. M., Fenster, M.S., Argow, B. A., Buynevich, I. V., (2008). Coastal impacts due to sea-level rise. *Annual Reviews of Earth and Planetary Science* 36, 602-647.
- Flores Nava A., (2010). Una reflexión sobre el impacto del cambio climático en las actividades acuícolas costeras de México. p. 319-334. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, y L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino.* Universidad Autónoma de Campeche, Cetus-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. 944 p.
- García-Gutiérrez, C., García-Toscano, J., Torrero-Macías, F., y Balbontín-Durón, P. (2010). Programa de Conservación y Manejo de San Quintín. Instituto de

Investigaciones Oceanológicas y Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano de Baja California . Ensenada, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.

- Hansen, H. S. (2010). Modelling the future coastal zone urban development as implied by the IPCC SRES and assessing the impact from sea level rise. *El Sevier* , 98, 141-149.
- INVERMAR. 2003. Programa holandés de asistencia para estudios de cambio climático, Colombia. Definición de la vulnerabilidad de los sistemas bio-geofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe continental, Caribe insular y Pacífico) y medidas para su adaptación. VII Tomos. Resumen ejecutivo y CD- Atlas digital. Programa de Investigación para la Gestión Marina y Costera – GEZ. Santa Marta, Colombia
- IPCC. (2001). Cambio Climático 2001: Informe de síntesis. Resumen para Responsables de Políticas. Reino Unido: Panel Intergubernamental de Cambio Climático.
- IPCC. (2007). Cambio Climático 2007: Informe de síntesis 2007. Ginebra, Suiza: Panel Intergubernamental de Cambio Climático.
- Jones, R. y Boer, R. (2003) Assessing current climate risks Adaptation Policy Framework: A Guide for Policies to Facilitate Adaptation to Climate Change. UNDP, en <http://www.undp.org/cc/apf-outline.htm>
- Jonkman, S. (2005). Global perspectives on loss of human life caused by floods. *Natural Hazards* (34), 151e175.
- Kirwan, L. M., Guntenspergen, G. R., Alpaos, A. D., Morris, J. T., Mudd, S. M., Temmerman, S., (2010). Limits on the adaptability of coastal marshes to rising sea level. *Geophysical Research Letters* 37, L2340.
- Lambeck, K., Anzidei M., Antonioli F., Benini A. and Esposito A. (2004). Sea level in Roman time in the Central Mediterranean and implications for recent change. *Earth and Planetary Science Letters*, 224, 563-575.
- Lopes, Carina L., Paulo A. Silva, Joao M. Dias, Alfredo Rocha, y Ana Picado. Local sea level change scenarios for the end of the 21st century and potencial physical impacts in the lower Ria de Aveiro (Portugal).» *El Sevier*, 2011: 1515-1526.
- López Medellín, Xavier, Exequiel Ezcurra, Charlotte Gonzáles Abraham, Jon Hak, Louis S. Santiago, y James O. Siskman. Oceanographic anomalies and sea level rise drive mangroves inland in the Pacific coast of Mexico. *International Association for Vegetation Science*, 2011: 143-151.
- Martori-Oxamendi, J. (1980). Variabilidad de la circulación y sus causas en Bahía San Quintín, B.C. CICESE Maestría.

- Narváez, L., Lavell, A., y Pérez Ortega, G. (2009). *La Gestión del Riesgo de Desastres: Un enfoque basado en procesos*. Lima, Perú: *Prevención de Desastres en la Comunidad Andina*.
- Nicholls R. J. y de la Vega Leinert , A. C. (2008). *Implications of Sea Level Rise for Europe's Coasts: An Introduction*. *Journal of Coastal Research*. 24. Pp. 285 – 287.
- Ortiz, A. P. (1999). *Escenarios de vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar en la costa mexicana del Golfo de México y el Mar Caribe*. Instituto de Geografía. UNAM , 1, 68-81.
- POESQ. (2007). *Programa de Ordenamiento Ecológico de San Quintín*. Baja California: Gobierno del Estado.
- POETBC. (2007). *Programa de Ordenamiento Ecológico de Baja California*. Colegio de la Frontera Norte. Baja California: Gobierno del Estado.
- Quintín. CICESE MSc 110 pp.
- Rahmstorf, S. (2007). *A semi-empirical approach to projecting future*. *Science* , 315, 368-370.
- Revelle, R. (1983). *Probable future changes in sea level resulting from increased atmospheric carbon dioxide*. *Changing climate*. National Academy Press. Washington, D.C.
- Seingier G., I. Espejel, J.L. Fermán, y O. Delgado, 2010. *Vulnerabilidad de las poblaciones costeras ante la peligrosidad natural, enfoque estatal y municipal*. p. 669-688. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino*. Universidad Autónoma de Campeche, CetyS-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. 944 p.
- Stanchev, H, Palazov, A., Stancheva, M., (2009). *3D GIS Model for flood risk assessment of Varna Bay due to extreme sea level rise*. *Journal of Coastal Research* 56, 1597-601.
- Titus, J.G. y Richman, C., (2001). *Maps of lands vulnerable to sea-level rise: modeled elevations along the US Atlantic and Gulf coasts*. *Climate Research* 18, 205–228.
- Yáñez-Arancibia, A., y Day, J. W. (2010). *La zona costera frente al cambio climático: vulnerabilidad de un sistema biocomplejo e implicaciones en el manejo costero*. En E. Rivera Arriaga, I. Azuz Adeath, L. Alpuche Gual, y G. J. Villalobos Zapata, *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino*. (págs. 3-18). Campeche: Rivera Arriaga, Evelia; Azuz Adeath, Issac; Alpuche Gual, Leticia; Villalobos Zapata, Guillermo J.