



**El Colegio
de la Frontera
Norte**



La adaptación ante procesos de remoción en masa en Tijuana,
B. C.

Tesis presentada por

Armando Daniel Angeles Salinas

para obtener el grado de

**MAESTRO EN ADMINSTRACIÓN INTEGRAL DEL
AMBIENTE**

Tijuana, B. C., México
2020

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Director de Tesis:

Dr. Luis Alberto Delgado Argote

Aprobada por el Jurado Examinador:

1. Dra. Gabriela Muñoz Meléndez, lectora interna
2. Dr. Napoleón Gudiño Elizondo, lector externo

DEDICATORIA

A mi familia

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Conacyt por la beca que me fue otorgada.

Agradezco al Colegio de la Frontera Norte y al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada por la educación y apoyo que me brindaron.

Agradezco al Doctor Luis Alberto Delgado Argote por sus consejos y dirección.

Agradezco a la Doctora Gabriela Muñoz Meléndez y al Doctor Napoleón Gudiño Elizondo por el tiempo y las recomendaciones que me brindaron para mejorar mi investigación.

Agradezco a los Doctores José Manuel Rodríguez y Roberto Sánchez, que sin tener ningún compromiso conmigo, siempre tuvieron tiempo y disposición para ayudarme a resolver las dudas que tuve en mi investigación.

Agradezco a la Doctora Ma. Lourdes Romo y al Doctor Djamel Toudert por las valiosas clases que me brindaron sobre análisis espacial.

Agradezco a los investigadores, especialistas, técnicos y funcionarios por la información me que proporcionaron.

Agradezco a Maryiscela y a Osmar por hacer amena mi estancia en Tijuana.

Agradezco a mi mamá, papá, hermana, cuñado y en espacial a mi hermano y a Geoavanna, todo ellos fueron mi apoyo durante esta etapa de mi vida.

RESUMEN

En este trabajo, se identifican prácticas para prevenir o minimizar los desastres asociados con Procesos de Remoción en Masa (PRM) en la ciudad de Tijuana y se discute si a éstas se les puede denominar prácticas adaptativas. Se realizaron entrevistas a expertos en planificación urbana, riesgo geológico y PRM. Además, se identificaron variables que se deben tomar en cuenta para implementar programas adaptativos ante estos movimientos de masa. Se encontró que la frecuencia con la que ocurren PRM por año se ha mantenido constante desde 1994. Además, la investigación sugiere que las instituciones académicas y/o gubernamentales no están coordinadas para atender la problemática de los PRM. Se concluye que, a pesar de la gran cantidad de estudios de movimientos de masa, los proyectos de adaptación aún no se han consolidado en la ciudad de Tijuana, por lo tanto, se recomienda el desarrollo de una institución que se encargue de coordinar programas interinstitucionales en materia de adaptación.

Palabras clave: Adaptación, Procesos de Remoción en Masa, desastres

ABSTRACT

Different strategies to prevent or minimize disasters associated with Mass Removal Processes (PRM) have been identified in the city of Tijuana. In this work, we discuss whether or not these actions can be considered adaptive practices. Urban planning, geological risk, and PRM experts were interviewed. Also, variables to implement adaptive programs were selected. Among the most relevant results were identified, the frequency with which PRM occur per year has been constant since 1994. This research suggests that academic and/or government institutions are not coordinated to address the problem of PRM. It is concluded that, despite the large number of studies of mass movements, adaptation projects have not yet been consolidated in the city of Tijuana, therefore, the creation of an institution that is responsible for coordinating inter-institutional programs is recommended in terms of adaptation.

Key words: Adaptation, Mass Removal Processes/Mass movement, disasters

ÍNDICE

Introducción.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL	3
I.1. Adaptación	3
I.2 Desarrollo Urbano	7
I.3. Los Procesos de Remoción en Masa (PRM).....	8
I.3.1 Clasificación de los Procesos de Remoción en Masa (PRM)	11
CAPÍTULO II: CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN	13
II.1 Descripción del área de estudio	13
II.1.2 La susceptibilidad de Tijuana a los PRM	13
II.2 Delimitación temporal	14
II.3 Planteamiento del problema.....	14
II.4 Preguntas de investigación.....	15
II.5 Objetivo general.....	15
II.6 Objetivos específicos	15
II.7 Justificación	16
II.8 Hipótesis.....	17
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO	18
III.1. Identificación de estrategias para prevenir desastres derivados de los PRM	18
III.2. Identificación de los PRM ocurridos en la ciudad de Tijuana entre 1992 a 2012....	19
III.3. Identificación de las variables que detonan un PRM en la ciudad de Tijuana.....	20
III.4. Relación entre los PRM y las prácticas implementadas para prevenir desastres.....	21
III.5. Construcción de una matriz para evaluar prácticas adaptativas en la ciudad de Tijuana.	21
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
IV.1.1. Procesos de Remoción en Masa identificados durante el periodo de estudio	23
IV.1.2. Datos colectados en las entrevistas a expertos	24
IV.1.3. Medidas identificadas en la ciudad de Tijuana para evitar desastres derivados de PRM.....	25
IV.2. Análisis de resultados.....	25
IV.2.1. Variables que influyen en la detonación de un PRM	25
IV.2.2. Marginación urbana.....	26

IV.2.3. Precipitación.....	28
IV.2.3.1. Inundaciones.....	31
IV.2.3.2. Cambio climático	32
IV.2.4. Topografía.....	33
IV.2.5. Litología.....	34
IV.2.6. Leyes y reglamentos que consideran a los PRM en la ciudad de Tijuana.....	36
IV.2.7. Oportunidades para la adaptación	44
IV.2.8.1. Instituciones	44
IV.2.8.2.Desarrollo urbano.....	46
IV.2.8.3. Cultura y adaptación.....	48
IV.2.9. Índice de Utilidad de Practicas Adaptativas (IUPA).....	49
V CONCLUSIONES.....	566
VI RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Características de la adaptación.....	4
Tabla 3. 1 Expertos entrevistados (Protección Civil, desarrollo urbano y PRM)	18
Tabla 4. 1 PRM de 1992 a 2012 en la ciudad de Tijuana.....	23
Tabla 4. 2 Datos colectados en las entrevistas.....	24
Tabla 4. 3 Instrumentos de regulación	37
Tabla 4. 4 Prueba t de student sobre las medias anuales de PRM.....	43
Tabla 4. 5 Matriz del índice de utilidad de prácticas adaptativas.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Partes de un deslizamiento	10
Figura 1. 2 Ejemplos gráficos de cómo se desarrollan algunos tipos PRM.	12
Figura 4. 1 PRM y su relación con el Índice de Marinación Urbana	27
Figura 4. 2 Relación entre el porcentaje de PRM y el Índice de Marinación Urbana.....	28
Figura 4. 3 Relación entre el número de PRM y los mm de precipitación mensual	29
Figura 4. 4.El efecto del agua en las laderas	30
Figura 4. 5 PRM e inudnaciones registradas en la ciudad de Tijuana	32
Figura 4. 6 PRM y su relación con la topografía de la ciudad de Tijuana	34

Figura 4. 7 PRM y su relación con la litología de la ciudad de Tijuana	35
Figura 4. 8 Proyección de crecimiento poblacional en Tijuana	36
Figura 4. 9 Triptico informativo de protección civil	41
Figura 4. 10 PRM en la ciudad de Tijuana de 1992 a 2012	42

Introducción

Los Procesos de Remoción en Masa (PRM) son amenazas de origen natural o antrópico que pueden desencadenarse por la saturación de agua durante la época de lluvias o por actividad sísmica, así como, por los procesos de urbanización (Murillo-García, 2008). En México hay diversas poblaciones que son susceptibles a los impactos de los PRM (Gutiérrez-Martínez, 2014), debido a que dos terceras partes del territorio de México están conformadas por sistemas montañosos en los cuales se establecen asentamientos humanos (Alcántara-Ayala et al., 2014).

La ciudad de Tijuana, ubicada en el extremo noroeste de Baja California, México, se considera, según Delgado-Argote et al. (1996) y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred, S.F.), susceptible a PRM debido a su litología, la presencia de fallas y fracturas, las pendientes del terreno, la sismicidad, así como, de acuerdo con Ojeda-Revah y Álvarez (2000), a su deficiente planeación urbana, la cual junto a los fenómenos hidrometeorológicos potencializan la ocurrencia de los PRM (Coordinación Estatal de Protección Civil de Baja California, 2016).

La susceptibilidad de la ciudad de Tijuana a los PRM deriva en la necesidad de implementar medidas (como el desarrollo de regulaciones en urbanización y protección civil o la implementación de técnicas como el uso de llantas para estabilizar una ladera) que permitan evitar desastres. No obstante, estas medidas no han logrado consolidarse como prácticas adaptativas ya que las instituciones que las impulsan trabajan de forma independiente y con escasa comunicación entre ellas. En este sentido una práctica adaptativa se define como aquella estrategia que pretende atender un problema complejo (en este caso PRM) y se caracteriza por tener un origen interinstitucional e interdisciplinario, esto quiere decir que la implementación, evaluación y ajuste de cada práctica adaptativa no recae en una sola institución.

La metodología de esta investigación parte de un corte mixto (cualitativo-cuantitativo), ya que por un lado se realizaron entrevistas a actores clave y por el otro se consultaron y analizaron bases de datos, principalmente del Inegi (2010). Entre los hallazgos destaca la existencia de leyes y reglamentos con los que se considera evitar desastres derivados de PRM. Sin embargo,

dentro de la normativa analizada se identificaron artículos que duplicaban esfuerzos, por lo tanto, se interpreta una falta de coordinación entre las instituciones. En adición, se encontró que la cultura es una variable que se debe considerar en la implementación de una práctica adaptativa. Así mismo, los resultados sugieren que los PRM pueden ocurrir dentro de todos los niveles del Índice de Marginación Urbana (Conapo, 2010) y que la frecuencia con la que ocurren dentro de la ciudad se ha mantenido constante desde 1994. Se sugiere desarrollar una base de datos oficial que concatene los PRM ocurridos en Tijuana, así como homogeneizar el lenguaje entre las diferentes instituciones que abordan la problemática de los PRM y por último la creación de una institución encargada de coordinar, evaluar y ajustar una práctica adaptativa.

La importancia de este estudio radica en caracterizar las variables que detonan un PRM en la ciudad de Tijuana, así como la identificación de las medidas que se han desarrollado para evitar desastres derivados de los PRM, esto con la finalidad de encontrar oportunidades para la adaptación (Borja-Baeza y Alcántara-Ayala, 2004). Finalmente, el presente trabajo ofrece una matriz construida con un enfoque interinstitucional e interdisciplinario que permitirá evaluar la utilidad de futuras prácticas adaptativas ante PRM implementadas en la ciudad de Tijuana.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

La adaptación es un concepto que suele ligarse a la biología, sin embargo, fenómenos como el Cambio Climático han extrapolado este concepto hacia las ciencias sociales. Gama-Fuentes (2004) y Campos-Bedolla et al. (2003) definen a la adaptación, desde las ciencias biológicas, como un proceso gradual y no definitivo donde las especies buscan ajustarse al medio en el que viven. Estos autores sostienen que, para adaptarse, el comportamiento del organismo es fundamental para la supervivencia del mismo.

Todas las especies dentro del planeta Tierra están expuestas a un sinnúmero de amenazas, tanto naturales como antrópicas, sin embargo, cada especie se adapta de forma diferente, por ejemplo, los humanos han construido un conocimiento ante las amenazas, el cual ha permitido desarrollar programas que pretenden evitar o amortiguar los desastres derivados de sucesos naturales o antrópicos.

I.1. Adaptación

Los desastres originados por fenómenos naturales o por causas antrópicas representan una dificultad en el desarrollo de las poblaciones, provocando diversos problemas socio-ambientales, además de una carga económica para los gobiernos. Así mismo, esta situación se agrava debido a la vulnerabilidad de países con economías limitadas ya que, en estos casos, se complica la recuperación y la preparación adecuada para evitar un desastre (Borja-Baeza y Alcántara-Ayala, 2004).

Cohabitar con el medio natural es un desafío para el desarrollo de las sociedades debido a que los fenómenos o características naturales obligan a adoptar medidas de adaptación para evitar desastres y garantizar el desarrollo de civilizaciones. Sin embargo, los fenómenos naturales no provocan los desastres que impactan a una sociedad, sino que, los desastres, son el reflejo de una condición social. Por lo tanto, un desastre es la materialización del riesgo y es el reflejo de la vulnerabilidad que hay en una sociedad (Aldunce et al., 2008; Landa et al., 2008; Cavazos-Pérez, 2015).

La Biología define a la adaptación como la respuesta de un organismo para ajustarse a su entorno. Dicho concepto se sostiene en las evidencias evolutivas y de selección natural

mostradas por Charles Darwin. Para nutrir el concepto, los antropólogos han caracterizado adaptaciones sociales o culturales a la variabilidad climática pasada, demostrando que los humanos son criaturas inherentemente adaptativas (Engle, 2011). Según el Intergovernmental Panel on Climate Change (2001) la adaptación son los "ajustes en los sistemas naturales y humanos a un estímulo climático previsible real o indirecto, que modera el daño o aprovecha las oportunidades beneficiosas".

Los principales objetivos de la adaptación son reducir el riesgo de una amenaza, aumentar la resiliencia para enfrentar cambios o impactos y reducir los costos económicos, sociales y ambientales (Aldunce et al., 2008; Barton, 2009; Quintero-Ángel et al., 2012).

La adaptación es un proceso de constante aprendizaje que conlleva una serie de toma de decisiones (Torabi et al., 2018) las cuales pretenden mejorar la educación, el comportamiento, las políticas públicas y la infraestructura con el fin de reducir la vulnerabilidad (Eriksen et al., 2011; Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, 2012). La adaptación se debe desarrollar de forma local debido a la heterogeneidad cultural, geográfica y social. Dichas, variables plantean problemas que no pueden resolverse con prácticas y políticas uniformes (Quintero-Ángel et al., 2012).

Tabla 1. 1 Características de la adaptación

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">-Ajuste de los sistemas antrópicos y naturales ante medios cambiantes.-Es un proceso de aprendizaje interdisciplinario e interinstitucional que toma en cuenta el conocimiento local.-Se orienta hacia la seguridad a largo plazo de los medios de vida.-Es un proceso continuo.-Utiliza los recursos de manera eficiente y sostenible.-Implica planificación y búsqueda de alternativas.-Combina conocimiento y estrategias antiguas y nuevas. |
|---|

-Reduce la vulnerabilidad y aumenta la resiliencia.

-Fomenta la prevención.

-Propone cambios en los marcos institucionales, Reformas socioeconómicas y políticas que abordan las desigualdades sociales como medida para reducir la vulnerabilidad.

Fuente: Elaboración propia con datos de Moser y Ekstrom, 2010; Engle, 2011; Berman et al., 2012; Eakin et al., 2014).

Se considera exitosa la adaptación cuando una comunidad permanece en equilibrio con la naturaleza o el ambiente social, sin deterioro de ninguno de ellos en cuanto a las propiedades fundamentales que los caracterizan (Alcántara-Ayala et al., 2014). La adaptación depende de la capacidad adaptativa de un sistema, y ésta se entiende como la habilidad de una comunidad para ajustarse ante las amenazas ambientales o prácticas de naturaleza antrópica y así evitar desastres. Los servicios de una localidad y su equipamiento, los programas gubernamentales, el nivel de estudios de los habitantes y las redes sociales, son algunas de las características que definen a la capacidad adaptativa (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, 2012; Sánchez-Rodríguez et al., 2014).

En la literatura consultada se identificaron algunos programas adaptativos exitosos ante PRM que involucran la siembra de barreras vivas, conservación de ecosistemas (Cavazos-Pérez, 2015; Kim et al., 2018), mejoras en las instalaciones de drenaje (Delgado-Ramos et al., 2015), implementación de políticas regionales y seguros (Bloch et al., 2014), uso eficiente de recursos hídricos, implementación de sistemas de alerta temprana, planeación territorial y urbana, gestión del riesgo, reubicación de asentamientos irregulares e infraestructura estratégica (Reckien et al., 2018; Torabi et al., 2018).

Por otro lado, Van den Berg y Coenen (2012), mencionan que el Cambio Climático puede impulsar el desarrollo de programas adaptativos, sin embargo, resaltan que las comunidades no solo son vulnerables ante el Cambio Climático sino que existen más razones para implementar prácticas adaptativas, como el rápido crecimiento de la población. Entonces con la adaptación se deben desarrollar prácticas que hagan a las sociedades resistentes ante los cambios, entre otros, los causados por el Cambio Climático. Para que la adaptación funcione se necesita, de acuerdo con Quintero-Ángel et al. (2012), Almaraz-Vázquez (2016) y Torabi et

al. (2018), de personal capacitado en procesos adaptativos ya que de no contarse con ello se podrían desarrollar proyectos que intensifiquen la vulnerabilidad de una comunidad.

Dentro de la comunidad científica, la vulnerabilidad tiene diversas y complejas definiciones, sin embargo, en este trabajo se define, de acuerdo con Aldunce et al. (2008) y Delgado-Ramos et al. (2015), como la capacidad que tiene un sistema para afrontar los efectos adversos de una amenaza. Así mismo, una amenaza se considera como la probabilidad de que un fenómeno natural o suceso antrópico afecte un sistema humano. Entonces, si a la amenaza se le añade una condición de vulnerabilidad se genera riesgo, el cual es la probabilidad de que un sistema humano sufra daños o pérdidas después del impacto de una amenaza, en tal grado que se pueda llegar a considerar un desastre. Finalmente, se debe considerar a la exposición la cual se entiende como la cercanía que un sistema humano tiene a la amenaza (Romo-Aguilar 1996; Borja-Baeza y Alcántara-Ayala, 2004; Landa et al., 2008; Guevara-Ortiz et al., 2014).

Resumiendo, la vulnerabilidad es una característica previa de la sociedad que se exterioriza durante el desastre y no se establece sólo por la amenaza, sino por la manera en que las sociedades se han desarrollado, organizado y preparado para enfrentar las amenazas. Por lo tanto, una tarea prioritaria es reducir la vulnerabilidad para proteger la integridad de una comunidad (Aldunce et al., 2008).

Ochoa y Ojeda-Revah (2017) mencionan que para reducir la vulnerabilidad de una comunidad es fundamental que ésta se adecúe a las condiciones naturales sobre las que está asentada, ya que las comunidades son dependientes de los ciclos de la naturaleza. Por otro lado, Sánchez-Rodríguez et al. (2014) subrayan que la adaptación es, sin duda, un punto esencial para reducir la vulnerabilidad y, con ello, el costo económico, ambiental y social de los desastres.

I.2 Desarrollo Urbano

Las ciudades son consideradas la forma territorial de la modernidad, sin embargo, también son un ejemplo de la subordinación de la naturaleza y de la desigualdad entre habitantes (Lezama y Domínguez, 2006; Soto-Cortés, 2015).

Aproximadamente el 50% de la población de la Tierra vive en zonas urbanas y se espera que aumente a 75% antes de 2050 (Sánchez-Rodríguez, 2013). Para el caso de América Latina en el 2014, la población en áreas urbanas era de 80% y se estima que en 2050 se acercará al 89% (Navarrete-Peñuela, 2017). En estas ciudades el crecimiento demográfico se ha caracterizado por ser rápido y descontrolado, acelerando los procesos de urbanización. Esto deriva en el crecimiento del número de asentamientos irregulares y colonias precarias, es decir, que cuentan con escasa gobernabilidad, insuficiente infraestructura y un alto índice de desigualdad y pobreza (ONU, 2017).

La planificación en América Latina se suele llevar con horizontes a corto plazo y dentro de la temporalidad de sus administraciones políticas (presidente, gobernador o alcalde) las cuales, generalmente, duran entre tres o seis años (Sánchez-Rodríguez, 2013). La ausencia de planificación a largo plazo y las soluciones temporales han derivado en ciudades excluyentes, no sólo en términos de pobreza sino también en ámbitos culturales (Lezama y Domínguez, 2006).

De acuerdo con Adger et al. (2013), la cultura es dinámica y reflexiva, se define como el conjunto de creencias, rituales, arte e historia que crean perspectivas y comportamientos colectivos, a partir de estas variables las comunidades diseñan estrategias que les permiten responder a determinados problemas. Por lo tanto, la cultura desempeña un papel importante en la adaptación y debe ser considerada en los planes de desarrollo urbano.

El desarrollo urbano necesita una planificación adecuada, en la que el trabajo interdisciplinario representa un papel indispensable para entender la compleja relación que se establece entre procesos ecológicos, bioquímicos, físicos, económicos, políticos, culturales y sociales. Entonces, desarrollar un esquema que permita visualizar la interacción entre las áreas urbanas con su entorno biofísico es fundamental para la elaboración de planes operativos para la adaptación (Sánchez-Rodríguez, 2013; Soto-Cortés, 2015).

Lezama y Domínguez (2006) mencionan que una ciudad debe ser un sitio seguro y justo para toda su población. En este sentido, los gobiernos dejan de ser únicamente administradores de un territorio ya que deben propiciar el desarrollo del mismo, el cual no se debe entender, únicamente, cómo económico, sino como un desarrollo integral del ser humano. Por lo tanto, las ciudades deben ser entendidas y estudiadas como sistemas abiertos, dinámicos y sinérgicos en las cuales existe un sinnúmero de variables que deben ser consideradas dentro del desarrollo urbano y adaptativo.

Las instituciones son los medios que usan los gobiernos para gestionar su territorio. Gupta et al. (2010) mencionan que una institución es un sistema capaz de tomar decisiones basadas en reglas y políticas gubernamentales previamente establecidas y que además tiene la capacidad de desarrollar programas sociales. De acuerdo con Van den Berg y Coenen (2012), la adaptación puede considerarse como un problema de integración de políticas. Estos autores resaltan la necesidad de una integración horizontal de políticas dentro de las localidades para aumentar su preparación ante posibles efectos del Cambio Climático. Así mismo resaltan que al poner en acción programas adaptativos se encontrarán límites y barreras que obligarán a adecuar los procesos adaptativos.

I.3. Los Procesos de Remoción en Masa (PRM)

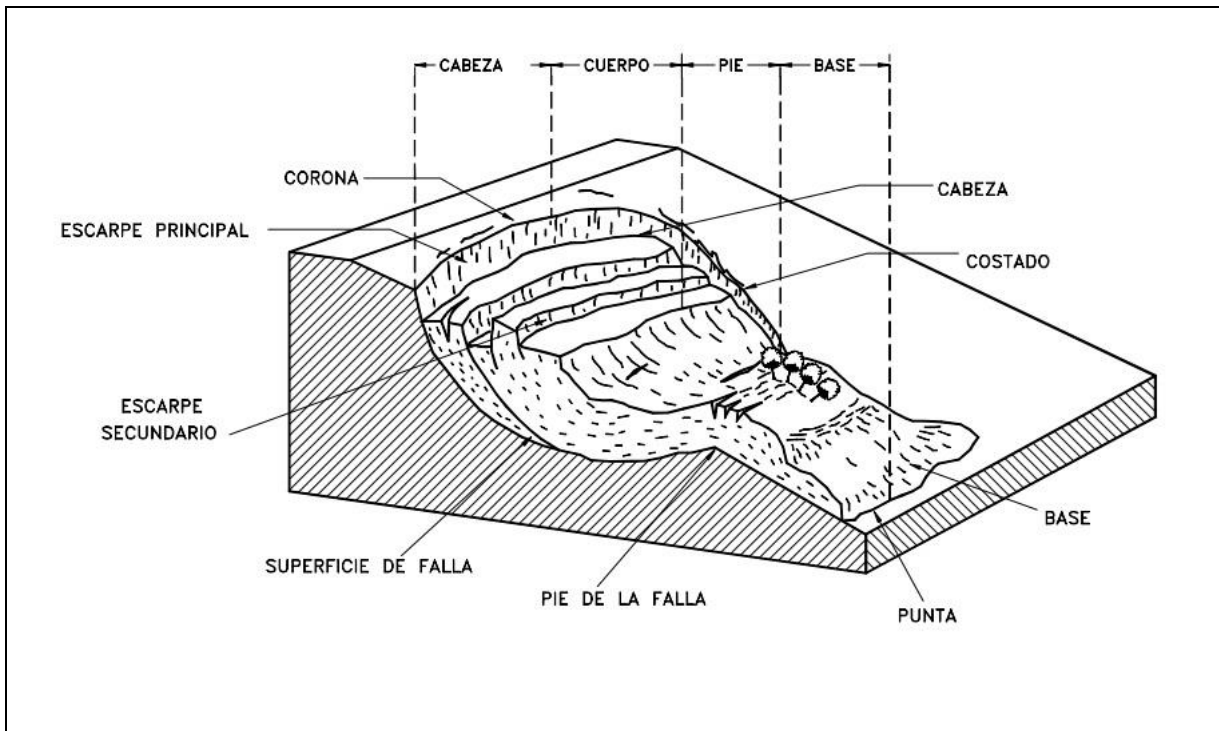
El Sistema Nacional de Protección Civil y el Centro Nacional de Prevención de Desastres reconoce a los fenómenos hidrometeorológicos y geológicos como amenazas. Estos últimos agrupan la actividad volcánica, sísmica y los PRM (Nava-Licona, 2016). Los PRM constituyen una amenaza importante debido a que han ocasionado desastres en diversas partes del mundo provocando pérdidas humanas y materiales (Copons-Llorens y Tallada-Masquef, 2009; Salazar et al., 2012).

La República Mexicana se caracteriza por poseer un relieve montañoso susceptible para la ocurrencia de PRM (Borja-Baeza y Alcántara-Ayala, 2004). Varnes (1978) y la Coordinación de Protección Civil de México (2016) definen a los PRM, también conocidos como Movimientos en Masa o Procesos Gravitacionales, como movimientos de masa de suelo, rocas y vegetación que resultan de un desplazamiento hacia abajo y hacia afuera por influencia de la gravedad. Tarbuck y Lutgens (2005) mencionan que las laderas son elementos del paisaje

físico que pueden parecer estables pero la fuerza de la gravedad hace que los materiales se desplacen pendiente abajo.

Los PRM, por lo general, ocurren cuando factores internos o externos influyen en la estabilidad de una ladera. Los internos se relacionan con el substrato geológico, las propiedades de los suelos, así como el ángulo de su pendiente (Tarbuck y Lutgens, 2005; Copons-Llorens y Tallada-Masquef, 2009; Alcántara-Ayala et al., 2014), mientras que los externos son ajenos a la ladera, entre ellos están los fenómenos hidrometeorológicos, meteorización, sismos y numerosas causas antrópicas como los asentamientos humanos o modificaciones a la pendiente de la ladera, mismos que influyen en la estabilidad de la misma. Estos factores incrementan la concentración de las fuerzas actuantes sobre la ladera, sin embargo, en muchas ocasiones estos se combinan, provocando que sea complicado distinguir la influencia de cada uno de ellos al perderse la estabilidad de una ladera (Borja-Baeza y Alcántara-Ayala, 2004; Monroe et al., 2008; Barón-Zambrano y Sánchez-Peña, 2014; Mergili et al., 2015; Nava-Licona, 2016). De acuerdo con Mendoza y Domínguez (2006), los PRM ocurren como fallas en laderas, barrancas, cañadas y riberas así como en cortes y terraplenes de carreteras.

Figura 1. 1 Partes de un deslizamiento



Escarpe principal. Superficie inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento y se deriva del desplazamiento del material fuera del terreno original.

Escarpe secundario. Superficie inclinada derivada de desplazamientos dentro de la masa en movimiento..

Cabeza. Sección superior que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

Corona. Material que se encuentra en el sitio inmediato a la parte más alta del escarpe principal.

Superficie de falla. Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado.

Pie de la superficie de falla. Es la línea de interceptación entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.

Base. Es el área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.

Punta. Es el punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.

Costado. Perfil lateral del movimiento.

Fuente: Suárez-Díaz, 1998.

I.3.1 Clasificación de los Procesos de Remoción en Masa (PRM)

Los PRM pueden clasificarse por la velocidad con que se producen, por la naturaleza de los materiales involucrados, por las causas que lo provocan (Salazar et al., 2012) o por el tipo de movimiento que presentan en la ladera (Varnes, 1978). En esta investigación se describen los PRM por el tipo de movimiento que presentan.

Dentro de los PRM se encuentran los deslizamientos los cuales son movimientos de una porción de terreno a través de una superficie de ruptura con la preservación general de la estructura interna original, se desplazan sobre estratos o planos de fractura en roca sólida que pueden ser traslacionales (Figura 1.2a) o rotacionales (Figura 1.2b) (Fraustro-Martínez, 1998; Mendoza-Garcilazo et al., 2007; Monroe et al., 2008; Copons-Llorens y Tallada-Masquef, 2009; Iriondo, 2009; Nava-Licona, 2016).

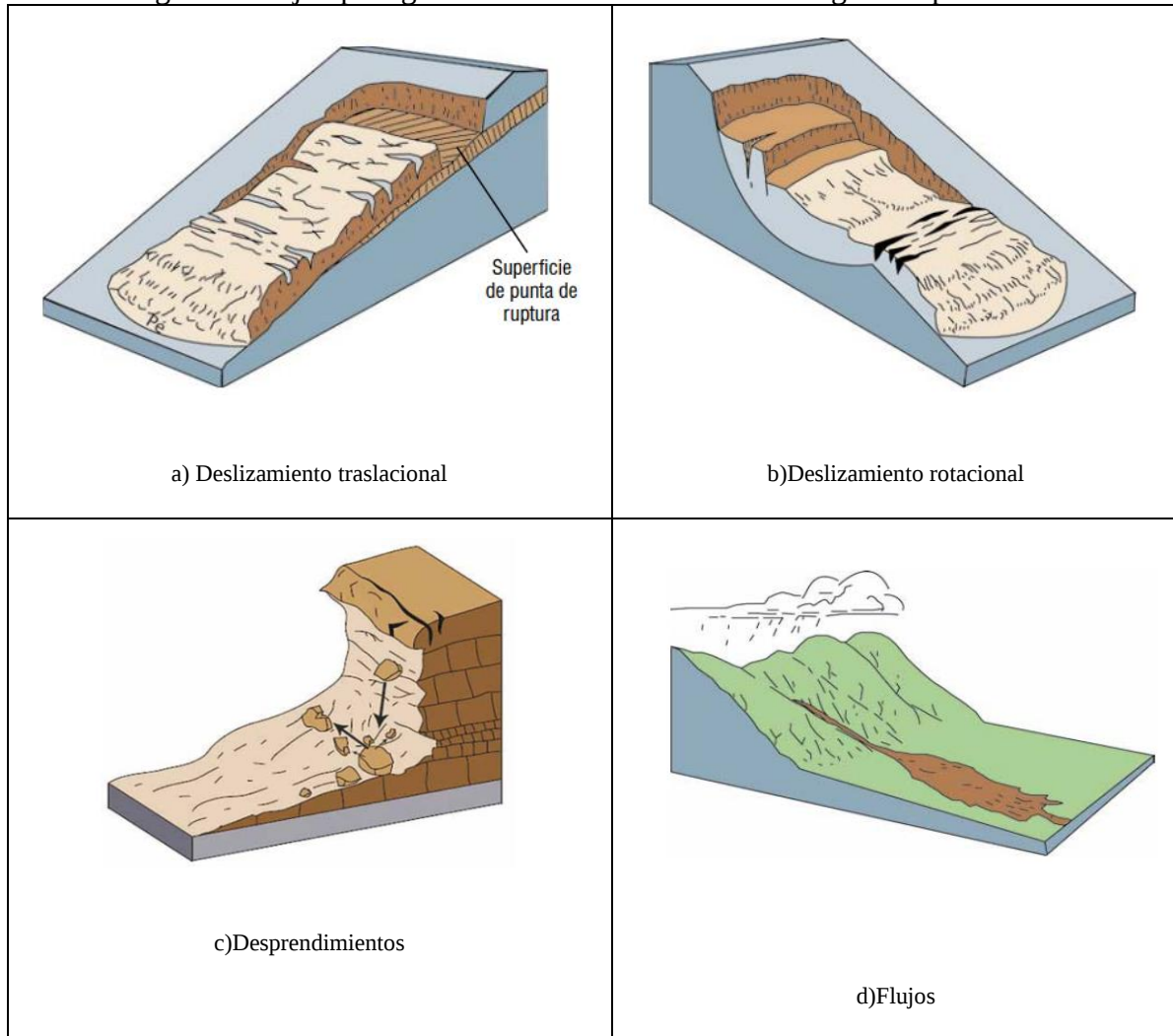
Los vuelcos o desplomes se caracterizan por ser columnas de suelo o de roca que muestran un movimiento hacia adelante y hacia abajo de una ladera, y se producen en escarpes donde existen fracturas verticales en el terreno. Este movimiento también es propiciado por discontinuidades estructurales en posición cercana a la vertical (Mendoza-Garcilazo et al., 2007; Copons-Llorens y Tallada-Masquef, 2009; Nava-Licona, 2016; Novelo-Casanova, 2019).

Las caídas o desprendimientos (Figura 1.2c) también son PRM y se caracterizan por ser movimientos en caída libre de suelo o roca cuando las pendientes son muy pronunciadas, la masa se separa de una vertiente casi vertical y cae libremente a través del aire (Monroe et al., 2008). El volumen de los desprendimientos es variable, desde la caída de bloques de pocos metros cúbicos hasta caídas de grandes partes de una montaña que se manifiestan en casos muy excepcionales (Copons-Llorens y Tallada-Masquef, 2009).

Los flujos (Figura 1.2) son movimientos continuos de suelo, fragmentos de roca y vegetación ladera abajo debido a que las partículas sólidas se ponen en suspensión por efecto del agua, asimismo, este tipo de movimiento adopta la morfología de la vertiente por la que se desplaza (Mendoza-Garcilazo et al., 2007; Copons-Llorens y Tallada-Masquef, 2009; Alcántara-Ayala et al., 2014; Nava-Licona, 2016).

Finalmente, están los movimientos complejos los cuales se caracterizan por ser el producto de la combinación de dos o más de los movimientos mencionados anteriormente (Varnes, 1978; Copons-Llorens y Tallada-Masquef, 2009; Monroe et al., 2008; Nava-Licona, 2016).

Figura 1. 2 Ejemplos gráficos de cómo se desarrollan algunos tipos PRM.



Fuente: Highland y Bobrowsky (2008).

Alcántara-Ayala et al. (2014) mencionan que la inestabilidad de las laderas no es permanente, por lo tanto, en los movimientos de ladera se pueden restablecer las condiciones de equilibrio. Sin embargo, el tiempo que tome una ladera en recuperar su estabilidad va a depender de los materiales presentes y de los factores condicionantes de la misma. No obstante, se debe considerar que cuando se ha desarrollado un movimiento de ladera en una cierta zona siempre habrá la posibilidad de que se reactive.

CAPÍTULO II: CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

Se ha documentado que algunas ciudades de América Latina, debido a sus procesos de urbanización, son susceptibles a PRM. Por ejemplo, en Ecuador, debido a su magnitud y frecuencia, representan un problema para el desarrollo de los centros de población asentados en laderas. Así mismo, de acuerdo con Mergili et al. (2015), los PRM son comunes en Colombia. Destaca el ocurrido en 1987 dentro del barrio de Villatina, ubicado en Medellín, el cual causó cerca de 500 muertes y destruyó 120 casas. Dicho suceso fue promovido por acciones antrópicas, particularmente la fuga de agua de un canal artificial.

II.1 Descripción del área de estudio

México, debido a sus características geológicas y topográficas, es un país susceptible a los PRM. De acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres, Guerrero y Oaxaca son los estados más afectados por estos movimientos de masa, sin embargo, en Baja California a pesar de que la topografía es menos accidentada y llueve considerablemente menos, también ha mostrado ser susceptible a estos movimientos. Por razones de naturaleza física Tijuana es uno de los municipios con mayor afectación de PRM.

II.1.2 La susceptibilidad de Tijuana a los PRM

La ciudad de Tijuana inició su crecimiento urbano y poblacional en las zonas bajas del cauce del Río Tijuana. Al paso de los años los asentamientos, gradualmente, se fueron extendiendo hacia las colinas en ambos lados de la afluencia del Río Tijuana, así como del Arroyo El Alamar. Además, el desarrollo de la industria maquiladora que comenzó en los 1970 contribuyó al crecimiento urbano hacia la zona Este del municipio (Bocco et al., 1993; Mendoza-Garcilazo et al., 2007).

El crecimiento de Tijuana ha provocado el origen de asentamientos humanos sobre terrenos no aptos para la urbanización, los cuales son susceptibles a PRM (Bocco et al., 1993; Delgado-Argote et al., 1996; Sánchez-Rodríguez et al., 2014; Ibarra-Martínez, 2016). Diversos autores (López-Álvarez, 2001; Mendoza-Garcilazo et al., 2007 y Domínguez-Morales et al., 2016) mencionan que las características físicas de Tijuana son muy favorables para detonar PRM debido a que, de acuerdo con Delgado-Argote et al. (1996), la ciudad se localiza en un área

tectónicamente activa y sobre sedimentos que están pobremente consolidados. Delgado-Argote et al. (2011, 2012, 2017), documentó que existen otras variables que explican el origen de un PRM, entre las cuales destacan, la existencia de estructuras de falla o fracturas preexistentes, la pendiente del terreno, la sismicidad, la precipitación y la saturación de agua en los sedimentos.

II.2 Delimitación temporal

Varios autores mencionan que la precipitación puede detonar PRM. Por ejemplo, en el caso de Zacapoaxtla, Puebla, Borja-Baeza y Alcántara-Ayala (2004) resaltaron que la precipitación y la saturación de agua en los sedimentos suelen ser los principales causantes de un PRM. Esta situación se observó en Tijuana durante enero de 1993, cuando la ciudad fue impactada por precipitaciones atípicas, las cuales, además de causar PRM y dejar daños económicos y ambientales, hicieron evidente la vulnerabilidad de Tijuana ante situaciones de emergencia (Bocco et al., 1993). Por lo tanto, el periodo de análisis de esta investigación inicia en 1992 y termina en 2012, debido a que este es el último año en el que se encontró registro sobre PRM en la ciudad de Tijuana.

II.3 Planteamiento del problema

Las variables climáticas, geológicas, topográficas, el desarrollo urbano, entre otros factores, contribuyen a que México esté expuesto a amenazas naturales o antrópicas que pueden derivar en desastres, causando víctimas mortales y pérdidas económicas (Landa et al., 2008; Cavazos-Pérez, 2015). De acuerdo con la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (2019), durante 2018 los PRM fueron responsables de 5% de las fatalidades originadas por fenómenos naturales en todo el mundo.

Se han hecho diversos estudios en Tijuana sobre los PRM y sobre las causas que los detonan (Delgado-Argote et al., 2011, 2012, 2017). De acuerdo con Mendoza-Garcilazo et al. (2007) diversos PRM se originan por, además de la precipitación, cortes y movimientos de terreno derivados de la construcción de viviendas en áreas susceptibles, así como a la falta o falla de servicios públicos como los drenajes pluvial y doméstico. Esto quiere decir que las actividades antrópicas son una variable importante para detonar un PRM.

Si bien, se han hecho estudios sobre los impactos de los PRM para la ciudad de Tijuana, no se han desarrollado investigaciones sobre la adaptación dentro de la ciudad ni de las medidas que toman los habitantes para reducir el riesgo ante un PRM. Mendoza-Garcilazo et al. (2007), mencionan que las autoridades, los científicos y la población en general han comenzado a establecer prácticas que permiten reducir el impacto de los PRM dentro de la ciudad. No obstante, todavía no se han analizado y evaluado, además no se sabe si cumplen con las características de una práctica adaptativa. Así mismo, la falta de análisis de estas medidas impide su modificación, adecuación y desarrollo, derivando en el posible uso de una práctica que potencialice un desastre (Aldunce et al., 2008).

II.4 Preguntas de investigación

¿Cuáles son las medidas que se implementaron después de enero de 1993 para mitigar los impactos de un PRM y en qué medida redujeron el número de PRM ocurridos dentro de la ciudad?

¿Las medidas empleadas en la ciudad de Tijuana ante PRM se pueden considerar adaptación?

¿Qué características físicas, geológicas y socioeconómicas tienen las zonas donde ocurren los PRM en la ciudad de Tijuana?

II.5 Objetivo general

Identificar las medidas que se han implementado en la ciudad de Tijuana para mitigar los impactos ante PRM, además evaluar si redujeron la frecuencia de los PRM durante el periodo de estudio y finalmente valorar si tales medidas se pueden considerar prácticas adaptativas.

II.6 Objetivos específicos

-Identificar los PRM ocurridos entre 1992 y 2012.

-Identificar que variables influyen para detonar un PRM en la ciudad de Tijuana.

-Formular recomendaciones que permitan mejorar las medidas que tengan como objetivo mitigar el impacto de los PRM.

II.7 Justificación

La evidencia histórica señala que Tijuana ha padecido problemas de inundaciones y PRM que han causado desastres. Tal es el caso de las lluvias atípicas de 1993, las cuales, además de causar más de 40 muertes, paralizaron por más de dos semanas las actividades del municipio (Sánchez-Rodríguez et al., 2014).

Se han hecho múltiples trabajos sobre los orígenes de los PRM (Borja-Baeza y Alcántara-Ayala, 2004; Delgado-Argote et al., 1996; Nava-Licon, 2016), pero se encontró que no se ha profundizado en el análisis de las prácticas que permitan adaptarse a los impactos de estos movimientos de masa. De acuerdo con el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014), la mayoría de las evaluaciones se focalizan en los impactos de los desastres, dejando de lado las prácticas adaptativas.

Borja-Baeza y Alcántara-Ayala (2004), resaltan que la importancia del estudio de los PRM radica en la necesidad de evitar o mitigar sus impactos en la estructura social. Es por ello que conocer sólo las variables que detonan un PRM es insuficiente para evitar desastres. Por lo tanto, se deben implementar programas, desarrollados interinstitucionalmente e interdisciplinariamente, que implementen prácticas adaptativas multidisciplinarias, coordinadas horizontalmente entre las instituciones, cuya función sea reducir el impacto de estos movimientos y al mismo tiempo generar métodos que permitan evaluar los resultados que han obtenido las prácticas a partir de su implementación. En este contexto, la evaluación y el estudio de las prácticas son fundamentales durante el proceso adaptativo de una ciudad. No obstante, Quintero-Ángel et al. (2012) y Velden-Espinoza (2018), mencionan que, en múltiples ocasiones, las prácticas que buscan la adaptación o mitigación no son estudiadas y/o evaluadas.

De acuerdo con Mendoza-Garcilazo et al. (2007) en Tijuana se han implementado medidas que pretenden mitigar los problemas derivados de los PRM. Sin embargo, aún no se establece si estas prácticas se pueden considerar adaptativas. Además, no se encontró información que sugiera que en Tijuana existen programas adaptativos que disminuyan la vulnerabilidad de los habitantes y de sus bienes ante PRM. Por lo tanto, se considera necesario identificar y evaluar las prácticas que buscan mitigar los impactos de un PRM con la finalidad de conocer en qué

medida han influido en la frecuencia de estos movimientos de masa dentro de la ciudad de Tijuana. Así mismo, el análisis de las prácticas mostrará si las instituciones trabajan de forma coordinada para resolver un problema común.

II.8 Hipótesis

1. Las medidas que se han implementado en la ciudad de Tijuana para evitar desastres no son las adecuadas, por lo que el número de PRM, por año, se mantiene constante en la ciudad desde 1994.
2. La ausencia de información sobre programas adaptativos dentro de la ciudad de Tijuana se debe a que las instituciones de protección civil, prevención de desastres, desarrollo urbano y academia trabajan de forma independiente.
3. Los PRM ocurren en zonas con marginación urbana alta debido a que cuentan con menos medidas o infraestructura para prevenirlos.

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología implementada en esta investigación tiene un corte mixto, abordando la parte cualitativa con entrevistas semiestructuradas y la parte cuantitativa con análisis espacial y una prueba t de student.

Las fuentes principales empleadas en esta investigación fueron entrevistas, libros, tesis, revistas, informes técnicos de instituciones públicas así como bases de datos obtenidas del Inegi, Conapo, Conagua y de Sánchez-Rodríguez et al., 2014 (R. Sánchez, comunicación personal, 11 de marzo de 2020).

III.1. Identificación de estrategias para prevenir desastres derivados de los PRM

La identificación de las prácticas se hizo mediante una entrevista semiestructurada a personas que han trabajado en temas de PRM, protección civil o desarrollo urbano de Tijuana, a quienes a partir de este momento se les nombrará expertos. La selección de los expertos se realizó siguiendo la metodología propuesta por Aldunce et al. (2008), que consiste en un muestreo no probabilístico, el cual se llevó a cabo localizando a los primeros expertos mediante una revisión bibliográfica, posteriormente se les entrevistaba y se les solicitaba su ayuda para localizar a más expertos. Los expertos consultados fueron:

Tabla 3. 1 Expertos entrevistados (Protección Civil, desarrollo urbano y PRM)

Nombre	Institución	Cargo
Adriana Álvarez	Universidad Autónoma de Baja California	Representante de la academia dentro del Comité de Playas Limpias del Municipio de Tijuana
Aldo Oliva	Universidad de las Californias Internacional	Investigador
Antonio Alfaro	Dirección Estatal de Protección Civil, Baja California	Subdirector
Guadalupe Valdez	Dirección de Protección Civil Municipal, Tijuana	Verificadora técnica
José Manuel Rodríguez	Colegio de la Frontera Norte	Investigador
Luis Mendoza	Centro de Investigación Científica y de Educación	Investigador

	Superior de Enseñada	
Mariana Romo	Dirección de Protección Civil Municipal, Tijuana	Verificadora técnica
Margarita Hurtado	Dirección de Administración Urbana Tijuana	Administrativa
Mario González	Universidad Autónoma de Baja California	Investigador
Nahún Ruíz	Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana	Jefe de Evaluación de Infraestructura
Rosa López	Instituto Metropolitano de Planeación de Tijuana	Directora General Ejecutiva
Roberto Sánchez	Colegio de la Frontera Norte/ IPCC	Investigador
Sergio Vázquez	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Enseñada	Técnico titular

Elaboración propia

Con ayuda de las entrevistas se identificó el panorama actual del estado adaptativo ante los PRM en la ciudad de Tijuana y se recopiló una aproximación a las medidas que se pueden implementar para desarrollar proyectos adaptativos ante PRM en la ciudad de Tijuana.

III.2. Identificación de los PRM ocurridos en la ciudad Tijuana entre 1992 a 2012

Para identificar los PRM se consultaron las bases de datos DesInventar y EM-DAT, las cuales se pueden consultar en línea. Contienen información sobre los daños derivados de desastres y concatenan los eventos de desastre en el mundo. Por otro lado, se consultó una base de datos proporcionada directamente por la geóloga Mariana Romo (Verificadora técnica) de la Dirección de Protección Civil Municipal de Tijuana y otra proporcionada por el Dr. Roberto Sánchez, investigador de El Colegio de la Frontera Norte, cuya base fue usada en Sánchez-Rodríguez et al. (2014).

La base de datos recopilada por Sánchez-Rodríguez et al., (2014) fue la seleccionada para ser usada en esta investigación debido a que contaba con un mayor número de registros en comparación con las otras bases, así como una descripción breve de cada PRM. El Dr.

Sánchez (R. Sánchez, comunicación personal, 11 de marzo de 2020) mencionó que la base de datos se construyó haciendo una revisión hemerográfica desde 1974 hasta 2012. A pesar de ser una base de datos muy completa no especificaba el tipo de movimiento de cada PRM, por lo tanto, todos se consideraron movimientos complejos.

III.3. Identificación de las variables que detonan un PRM en la ciudad de Tijuana

De acuerdo con Delgado-Argote et al. (2011, 2012, 2017), el grado de las pendientes, el tipo de roca, la precipitación y el desarrollo urbano son, usualmente, variables que detonan un PRM en la ciudad de Tijuana. Las variables se identificaron mediante análisis espacial con ayuda del Software ArcGIS. Las bases de datos para hacer este análisis se obtuvieron del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (Inegi, 2010). Por otro lado, se empleó una base de datos sobre el Índice de Marginación Urbana elaborado por el Consejo Nacional de Población (Conapo, 2010), este índice se utilizó como una variable proxy del nivel socioeconómico para identificar si en las zonas con mayor marginación urbana ocurrían más PRM.

De acuerdo con el Conapo (2010), el índice de marginación urbana brinda información que permite diferenciar zonas urbanas del país con respecto al impacto global de las carencias que sufre la población como resultado de la falta de acceso a los servicios de salud, a la educación, la carencia de bienes y a la residencia en viviendas inadecuadas; por lo tanto muestra las disparidades territoriales que hay en el interior de las ciudades.

También se creó una capa de PRM, con la información recuperada de Sánchez-Rodríguez et al. (2014), para poder ser usada en el software Arcgis.

Debido a que no se encontraron registros de precipitación pluvial por delegación en la ciudad de Tijuana se usaron los registros de la estación meteorológica Presa Rodríguez de la Comisión Nacional del Agua (Conagua, 2020). Finalmente, se graficaron los PRM ocurridos por mes y la precipitación promedio mensual dentro de la ciudad de Tijuana para identificar, visualmente, alguna correlación entre estas variables.

III.4. Relación entre los PRM y las prácticas implementadas para prevenir desastres

En esta investigación se consideró que, si las medidas implementadas para prevenir desastres derivados de PRM eran las adecuadas, el número de estos movimientos de masa disminuiría a partir de 1993. Es cierto que algunos PRM se consideran fenómenos naturales y como tal, no hay nada que se pueda hacer para evitarlos, sin embargo, el desastre se puede mitigar o incluso evitar. Se considera desastre cuando un acontecimiento impacta en la economía de un sector de la sociedad o provoca pérdidas humanas (Guevara-Ortiz et al., 2014), por lo que un PRM no causaría desastres si ocurre lejos de un sistema humano.

Para el caso de Tijuana, los PRM ocurren dentro de la ciudad, lo que sugiere que las actividades antrópicas son una variable importante para su ocurrencia. No obstante, la sociedad, también, puede tomar medidas para evitar desastres. Bajo esta premisa se graficó el número de PRM ocurridos a partir de 1992 y se hizo una prueba t de student para observar el comportamiento de la media de los PRM ocurridos por año. En este análisis se consideró media poblacional el promedio de PRM por año concatenados en toda la base de datos de Sánchez-Rodríguez et al. (2014). La media muestral se obtuvo considerando los PRM a partir del año 1994 a 2012 de la misma base de datos. La media poblacional de PRM por año sin contar 1993 es de 4.11 PRM con una desviación estándar de 4.37. Debido a que 1993 presentó 80 PRM (Tabla 3) se decidió dejar fuera del análisis de medias.

III.5. Construcción de una matriz para evaluar prácticas adaptativas en la ciudad de Tijuana.

Para la construcción de la matriz se siguió la metodología propuesta por Aldunce et al. (2008), la cual habla del desarrollo del Índice de Utilidad de Prácticas de Adaptación (IUPA). Para su construcción, es necesario que los expertos brinden variables (según su disciplina de conocimiento) que permitan evaluar el funcionamiento de una práctica adaptativa, las variables deben tener una visión interinstitucional e interdisciplinaria. Por ello, el IUPA es una herramienta de análisis multicriterio, que brinda información que ayuda a la evaluación de prácticas adaptativas así como en la toma de decisiones (Aldunce et al., 2008; Debels et al., 2009; Velden-Espinoza, 2018).

Para el caso de esta investigación, las variables propuestas por los expertos se unieron a las sugeridas por Aldunce et al. (2008) y se le asignó un margen de evaluación y valor homogéneo a cada variable (de 0, mala, a 10, buena). Al emplear esta matriz se debe mencionar que sólo puede ser llenada por personal experto (una copia de la matriz por cada experto) en desarrollo urbano, protección civil, PRM y prevención de desastres, así mismo hay que recalcar que dicha matriz sólo será útil para la ciudad de Tijuana debido que las variables se adecuaron a sus características. Además, se parte de la premisa de que la adaptación es un proceso local que responde a las necesidades de una comunidad específica. El valor que arrojará la matriz será el IUPA que está compuesto por el promedio de las variables que evaluaron los expertos. Este índice podrá ser usado para desarrollar programas adaptativos, así como para evaluar las prácticas adaptativas ante los PRM dentro de la ciudad de Tijuana.

En esta investigación se pudo llegar solo hasta la elaboración de la matriz, por lo tanto, se recomienda que para futuras investigaciones se utilice para evaluar programas o prácticas adaptativas.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1.1. Procesos de Remoción en Masa identificados durante el periodo de estudio

En la Tabla 4.1 se muestra el número de PRM ocurridos de 1992 a 2012, con datos colectados a través de una revisión hemerográfica hecha por Sánchez-Rodríguez et al. (2014). Por lo tanto, eventos ocurridos, pero no registrados por los medios de comunicación no aparecerán en esta tabla.

Tabla 4.1. PRM de 1992 a 2012

Año	No. de PRM	Año	No. de PRM	Año	No. de PRM
1992	9	2002	1	2012	2
1993	80	2003	Sin dato	2013	Sin dato
1994	3	2004	2	2014	Sin dato
1995	Sin dato	2005	Sin dato	2015	Sin dato
1996	1	2006	Sin dato	2016	Sin dato
1997	2	2007	Sin dato	2017	Sin dato
1998	1	2008	Sin dato	2018	Sin dato
1999	1	2009	Sin dato	2019	Sin dato
2000	Sin dato	2010	13	2020	Sin dato
2001	14	2011	2		
TOTAL 150 PRM					

Elaboración propia con información de Sánchez-Rodríguez et al. (2014).

IV.1.2. Datos colectados en las entrevistas a expertos

En la Tabla 4.2 se muestran algunos aspectos colectados en las entrevistas, entre ellos destaca, la visión reactiva que se tiene en la ciudad para atender los impactos de un PRM. El concepto reactivo, de acuerdo con los expertos, se refiere a las acciones que se toman después de la ocurrencia de un PRM, mientras que las preventivas son aquellas medidas que tienen como propósito proteger las vidas y los bienes cuando ocurre un PRM.

Tabla 4.2. Datos colectados en las entrevistas

Nombre	En Tijuana se afrontan los PRM de forma:	¿Qué puede mejorar?
Adriana Álvarez	Preventiva/Reactiva	La comunicación entre los habitantes y las instituciones
Aldo Oliva	Reactiva	El equipamiento en la ciudad para detectar movimientos de masa
Antonio Alfaro	Preventiva/Reactiva	Las acciones o políticas para evitar PRM
Guadalupe Valdez	Preventiva/Reactiva	La capacitación a la población
José Manuel Rodríguez	Reactiva	Planes con una visión a largo plazo
Luis Mendoza	Reactiva	La sinergia entre las instituciones
Mariana Romo	Preventiva/Reactiva	La capacitación a la población
Margarita Hurtado	Preventiva/Reactiva	Las medidas para vigilar el cumplimiento de la ley
Mario González	Reactiva	La sinergia entre las instituciones
Nahún Ruíz	Preventiva/Reactiva/ Potencial adaptativo	La infraestructura encargada de transportar agua en Tijuana
Rosa López	Preventiva/Reactiva	Ser específico en las leyes y reglamentos
Roberto Sánchez	Reactiva	La continuidad en los proyectos
Sergio Vásquez	Reactiva	La continuidad en los proyectos

Elaboración propia

IV.1.3. Medidas identificadas en la ciudad de Tijuana para evitar desastres derivados de PRM

A continuación, se presentan las medidas, identificadas en las entrevistas, que son usadas para evitar desastres derivados de los PRM:

- a) Leyes y reglamentos enfocados en protección civil, desarrollo urbano y construcciones.
- b) El uso de instrumentos electroacústicos que permiten detectar fugas de agua.
- c) Pláticas sobre PRM y autoprotección impartidas por Protección Civil (municipal y estatal).
- d) Vegetación y llantas para incrementar la estabilidad de las laderas.

IV.2. Análisis de resultados

El análisis de resultados sugiere que el número de PRM a partir del año 1994 no ha disminuido, así mismo, muestra que los PRM ocurren dentro de todos los niveles de marginación urbana y finalmente, señala que las instituciones trabajan de forma independiente para atender este problema.

IV.2.1. Variables que influyen en la detonación de un PRM

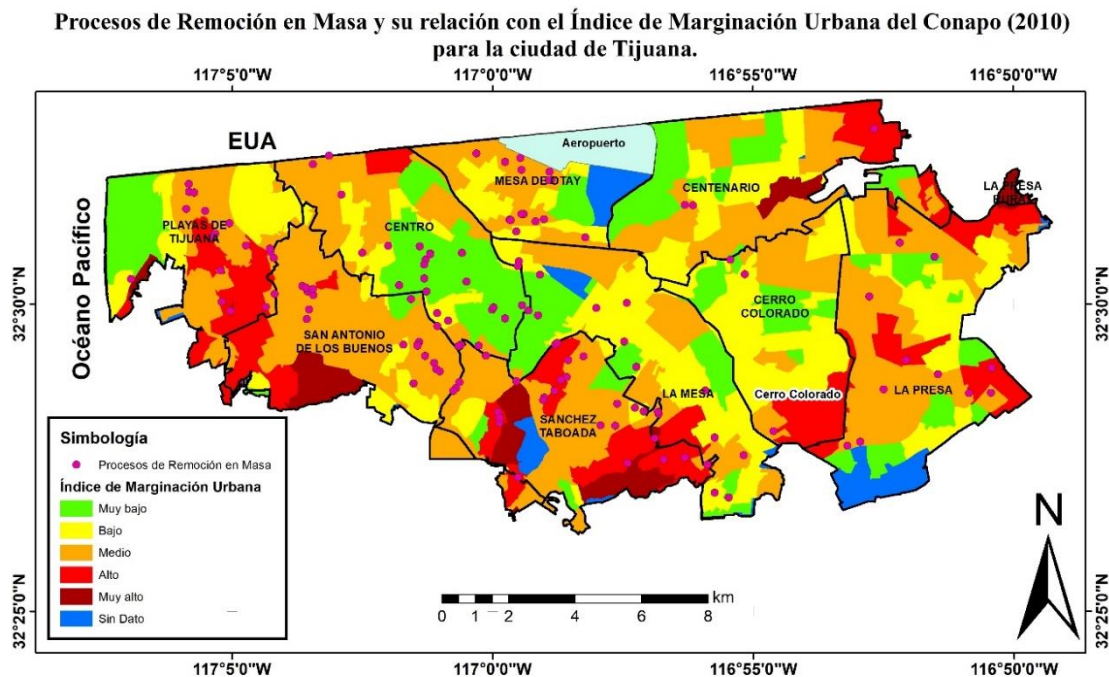
De acuerdo con Sánchez-Rodríguez (2013), un problema común que enfrentan las áreas urbanas de América Latina, son los asentamientos irregulares, los cuales han crecido fuera de los programas oficiales de planificación. Para el caso de Tijuana, Sánchez-Rodríguez et al. (2014) mencionan que cerca del 50% de los asentamientos son irregulares. Oliva-González y Gallardo-Amaya (2017) señalan que más del 30% de la población habitan en zonas inestables y escasamente resistentes, como laderas con pendientes pronunciadas. Ante esto, la arquitecta Hurtado, quien es administrativa de la Dirección de Administración Urbana de Tijuana, mencionó que los asentamientos informales junto a la complejidad geológica aumentan la probabilidad de ocurrencia de un PRM en la ciudad de Tijuana (M. Hurtado, comunicación personal, 26 de febrero de 2020).

IV.2.2. Marginación urbana

La arquitecta Hurtado (M. Hurtado, comunicación personal, 26 de febrero de 2020) y la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano (2012), mencionan que los asentamientos irregulares están presentes en toda la ciudad de Tijuana debido al crecimiento acelerado e irregular de la ciudad.

En la Figura 4.1 se muestra que los PRM se distribuyen en todas las delegaciones de la ciudad de Tijuana, aunque no equitativamente. Por otro lado, atendiendo lo establecido por el índice de marginación urbana de la Conapo (2010), la delegación Sánchez Taboada es la que presenta mayor marginación urbana, así mismo, fue donde se registraron más PRM. No obstante, la delegación Centro, cuya marginación urbana es muy baja, ocupa el segundo lugar en ocurrencia de PRM. Las tres delegaciones más afectadas por los PRM fueron, de acuerdo con Sánchez-Rodríguez et al. (2014), Sánchez Taboada, Centro y San Antonio de los Buenos.

Figura 4. 1.

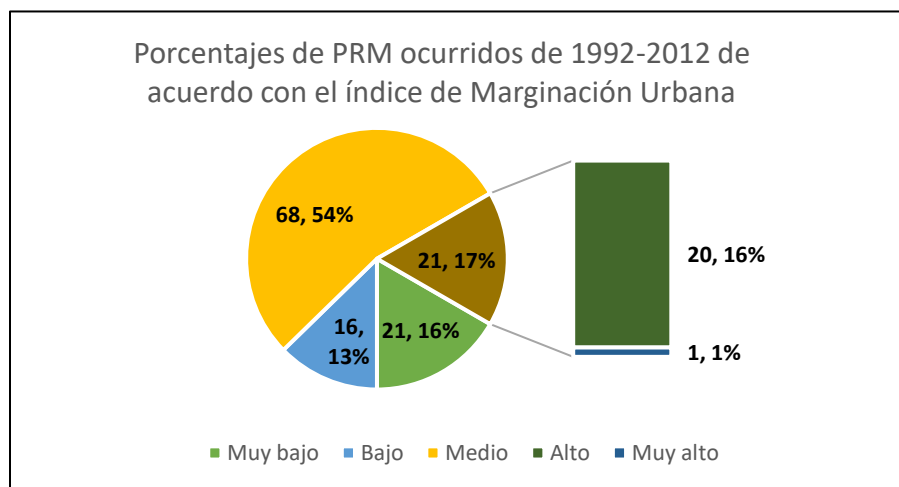


Distribución de los PRM en las delegaciones de la ciudad de Tijuana de acuerdo con el Índice de Marginación Urbana del Conapo (2010). La concentración por delegación es: Playas de Tijuana 13%, Centro 19%, San Antonio de los Buenos 14%, Sánchez Taboada 23%, La Mesa 9%, Mesa de Otay 12%, Cerro Colorado 2% y La Presa 8%. Se observa que los PRM se distribuyen independientemente del Índice de Marginación Urbana.

Fuente: Sánchez-Rodríguez et al., 2014 (PRM); Conapo, 2010.

La Figura 4.2 muestra que más del 50% de los PRM afectaron zonas con marginación urbana media. Esto sugiere que los PRM no tienen correlación con la marginación urbana alta o muy alta. Se sabe que el índice de Marginación Urbana muestra variables que permiten identificar disparidades en las zonas urbanas del país, entre ellas se encuentran, viviendas inadecuadas, como las irregulares, y/o la carencia de bienes. Ante esto, la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano (2012) mencionó que más del 50% de la población en Tijuana habita en asentamientos irregulares y que, en promedio, ganan 3.9 salarios mínimos mensuales (smm), por otro lado, la población con viviendas regulares recibe 4.3 smm, sin embargo, un 20% de la población asentada de forma irregular recibe más de 5 smm.

Figura 4. 2 Relación entre el porcentaje de PRM y el Índice de Marginación Urbana



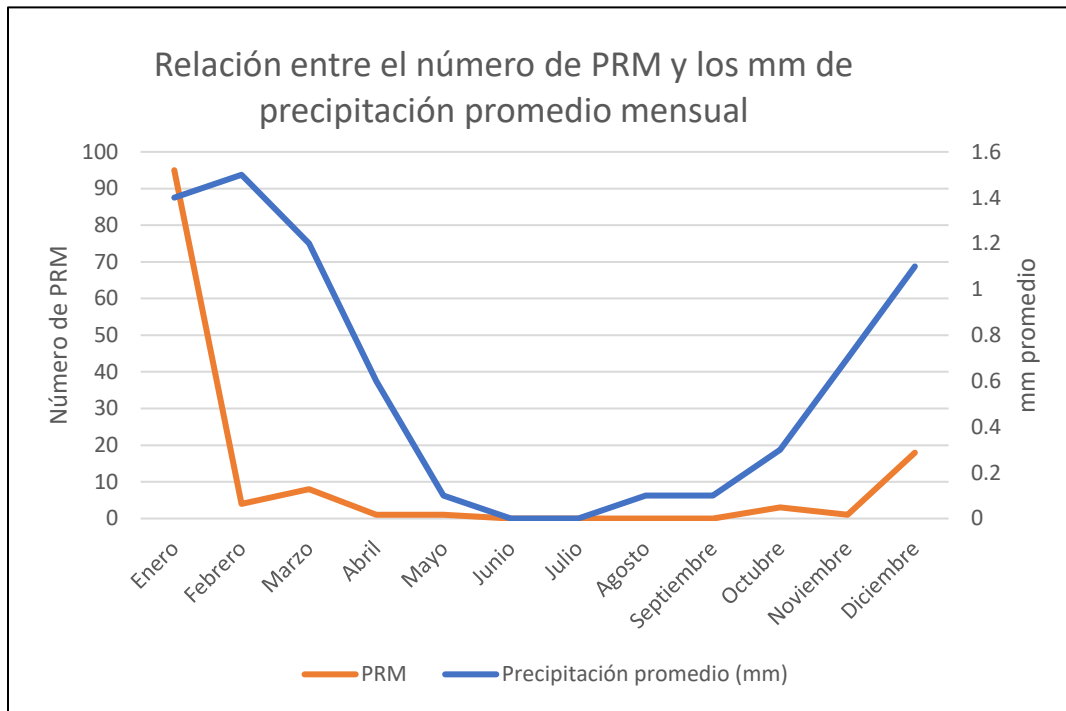
La distribución de los PRM suele asociarse con índices de marginación media.
Fuente: Sánchez-Rodríguez *et al.* (2014) y el Conapo (2010).

O'Hare y Rivas (2005), desarrollaron un estudio en la Paz, Bolivia, y encontraron que los PRM ocurren de manera generalizada e interconectada afectando a personas con altos y bajos ingresos. Estas observaciones coinciden con lo descrito en esta investigación, por lo tanto se sugiere que la exposición a PRM (de la que se hablará más adelante) y la falta de un programa adaptativo son variables a considerar para evitar un desastre derivado de un movimiento de masa. Así mismo, se necesita garantizar que los nuevos asentamientos cumplan con las leyes y reglamentos para que, como lo menciona la Secretaria de Infraestructura y Desarrollo Urbano (2012), se pueda gestionar la dotación de servicios e infraestructura que reduzcan la vulnerabilidad ante PRM. En adición, se recomienda hacer una análisis sobre la relación que existe entre smm, asentamientos irregulares y PRM.

IV.2.3. Precipitación

La precipitación se relaciona con la detonación de los PRM, sin embargo, esta relación se ve influenciada por otras variables como, de acuerdo con Delgado-Argote *et al.* (2017) y Mendoza y Domínguez (2006), la capacidad del suelo para filtrar el agua, las características de la precipitación, el clima, la vegetación, la geomorfología así como las modificaciones antrópicas. En la figura 4.3 se observa un comportamiento similar entre la precipitación y los PRM. La frecuencia con la que ocurren los PRM suele aumentar a partir de octubre y se reduce a partir de enero, coincidiendo con la época lluvias en Tijuana, B. C.

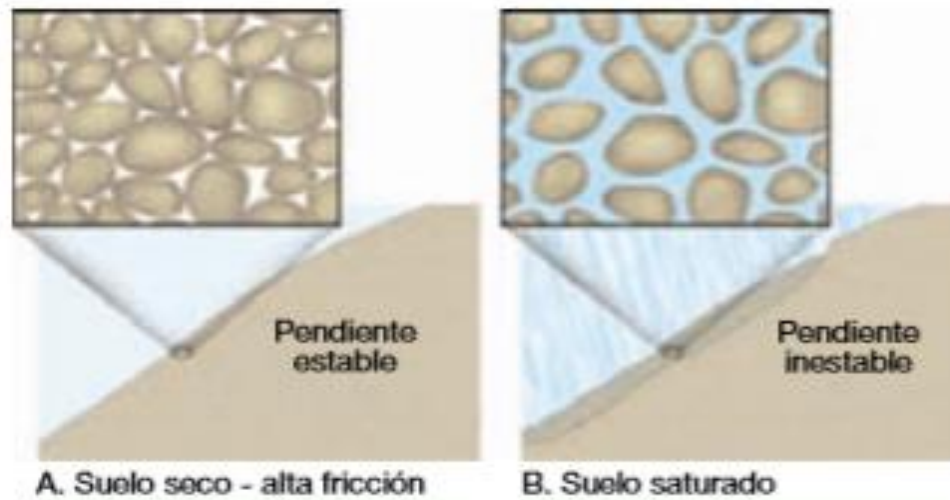
Figura 4. 3



El comportamiento de las curvas de los PRM y la precipitación, visualmente, son similares.

Fuente: Sánchez-Rodríguez *et al.* (2014) y la Conagua (2020).

Figura 4. 4. El efecto del agua en las laderas



A. Cuando no hay agua en la ladera la fricción entre las partículas del suelo las mantiene en su lugar.

B. Cuando el suelo se satura de agua la fricción entre las partículas se reduce y estas se separan permitiendo que el suelo se mueva pendiente abajo.

Fuente: Tarbuck y Lutgens, 2005

Mendoza y Domínguez (2006), mencionan que se han hecho estudios para la ciudad de Tijuana que muestran los umbrales críticos en los que ocurren PRM. Entre 45 mm/día o 16 mm/hora en caso de que el suelo se encuentre seco antes de una lluvia en cambio será 35 mm/día o 12 mm/hora cuando el suelo está saturado o parcialmente saturado antes de una lluvia. En el caso de esta investigación, se empleó una base de datos de la Conagua, la cual contiene un promedio diario de lluvia con respecto a la precipitación total anual. Por tal razón no se pudo comprobar la aseveración de Mendoza y Domínguez (2006). Sin embargo, se observó una relación entre los meses de lluvia en la ciudad y el número de PRM.

Se recomienda la instalación de, al menos, una estación meteorológica por delegación en la ciudad de Tijuana ya que, de acuerdo con Mendoza y Domínguez (2006), se debe recopilar información que permita establecer la relación entre lluvia y PRM. Así mismo, se debe analizar el registro histórico de precipitación lo cual permitirá identificar los umbrales de lluvia en los que se producen un PRM.

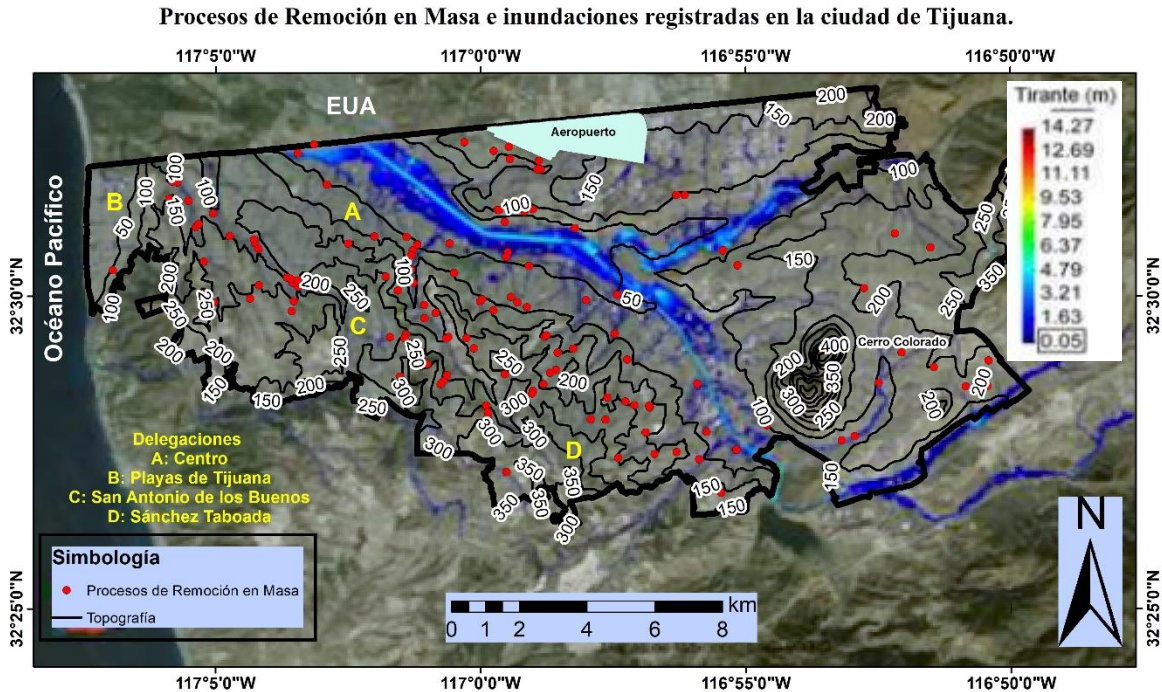
IV.2.3.1. Inundaciones

Durante el mes de enero de 1993 ocurrieron lluvias intensas que desencadenaron inundaciones en casi todas las zonas de la ciudad, ocasionando pérdidas humanas y materiales (Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California, 2012). Según el ingeniero Ruíz, Jefe de Evaluación de Infraestructura de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana, es fundamental contar con un servicio de alcantarillado que esté en buenas condiciones para evitar desastres como los ocurridos en enero de 1993 (N. Ruíz, comunicación personal, 2 de marzo de 2020). El Programa de Ordenamiento (2012) menciona que el alcantarillado en Tijuana logra cubrir una superficie aproximada del 10.55% de un total de 92,073.247 hectáreas, cubriendo principalmente la Zona Centro, y que la recolección de aguas residuales tiene una cobertura de 90.40% en la zona urbana de Tijuana. Ante esto, el ingeniero Ruíz señala que:

La falta de cobertura de suministro y recolección de agua representa un riesgo debido a que induce al uso de fosas sépticas y letrinas, las cuales además de generar problemas de salud y contaminación, filtran agua al suelo derivando en un posible deslizamiento (N. Ruíz, comunicación personal, 2 de marzo de 2020).

Por otro lado, según Magaña et al. (2014) el contexto histórico de inundaciones derivadas de precipitación diaria en Tijuana señala que ésta ha sido un problema constante en diversas zonas planas del municipio durante las últimas cuatro décadas. Las inundaciones solían concentrarse, durante el periodo 1970-1993, en la Zona Centro, en partes de zona Rio y a lo largo del Boulevard Agua Caliente. Sin embargo, entre 1994-2015 esta situación se extendió a Playas de Tijuana, El Florido, Mesa de Otay y las vías rápidas Oriente y Poniente. La Figura 4.5 muestra la distribución de las inundaciones dentro de la ciudad, así como los PRM ocurridos a partir de 1992.

Figura 4. 5



Zonas potencialmente inundables en el área urbana de Tijuana indicadas en azul de acuerdo con el programa Iber en función de simulaciones numéricas hechas para un periodo de retorno de 100 años. La ciudad es impactada en las zonas de baja altitud (50 mnsn), a lo largo de los cauces principales. En las partes altas son más frecuentes los PRM. El mapa está georreferenciado en Arcgis, de una figura recuperada de la Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad (2016) a la cual se le agregaron las capas de topografía, PRM y la delimitación de la zona urbana de Tijuana (línea negra). El tirante es la profundidad del cuerpo de agua.

Fuente: (Inegi, 2010; Sánchez-Rodríguez et al., 2014).

IV.2.3.2. Cambio climático

Durante los últimos años se han elaborado modelos que proyectan la tendencia de los fenómenos hidrometeorológicos. Entre ellos están los de El Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (2012) y el de Magaña et al. (2014). Estos escenarios apuntan a que la precipitación disminuirá entre 15% y 35% a partir de 2015 y hasta 2099. Sin embargo, Magaña et al. (2014) sugieren que no se deben descartar fenómenos hidrometeorológicos como los ocurridos en 1993. Por lo tanto, se recomienda seguir elaborando modelos climáticos a futuro para que de esta forma se puedan establecer políticas de adaptación acordes a las necesidades de la ciudad.

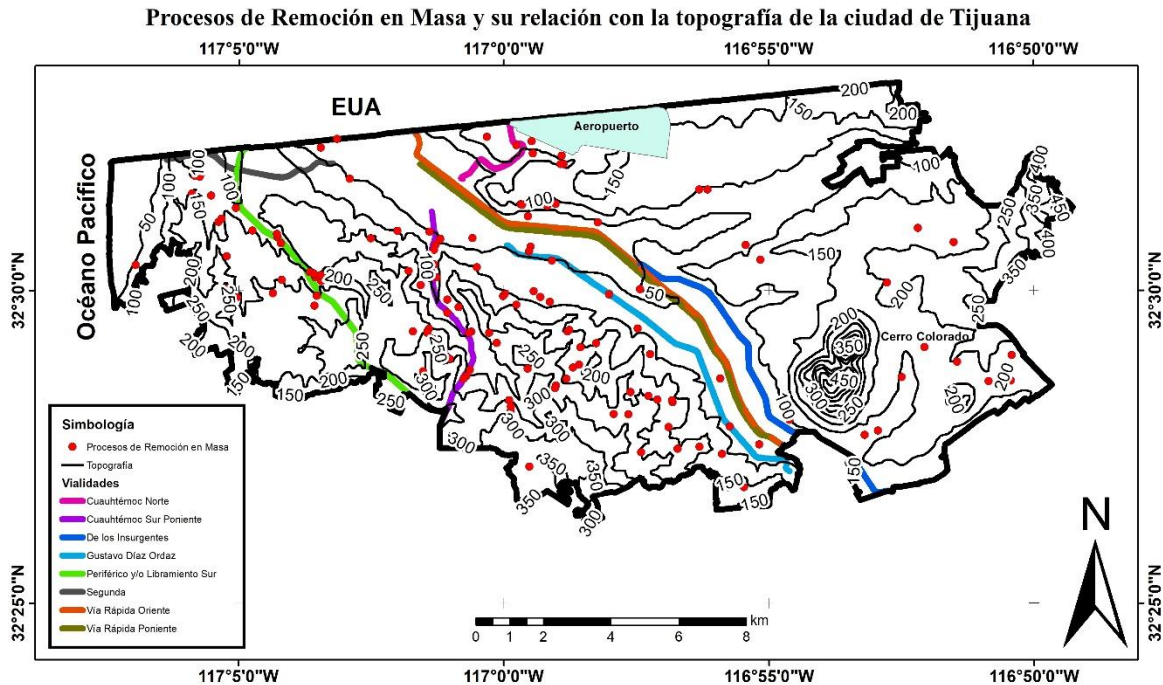
Se recomienda, de acuerdo con el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (2012), considerar la variabilidad climática de la región en la planeación urbana y en programas adaptativos ya que la evidencia sugiere que puede haber años con lluvias intensas así como años en los que quizás la sequía afecte al limitar la disponibilidad del recurso agua.

Por otro lado, Mendoza y Domínguez (2006) mencionan que en México se han reportado PRM fuera de la temporada de lluvias relacionados con la presencia de agua. Por ejemplo, en la ciudad de Tijuana se han documentado PRM derivados de fugas en los suministros de agua y sistemas de drenaje. Por lo tanto, no se deben descartar PRM ajenos a las temporadas de lluvias, así mismo se debe monitorear periódicamente la infraestructura encargada de suministrar y recolectar agua en la ciudad.

IV.2.4. Topografía

En la Figura 4.6 se observa que los movimientos de masa se concentran en una región accidentada topográficamente de la ciudad de Tijuana. Se sabe que el grado de la pendiente es una variable importante para que ocurra un PRM. La Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad (2016), menciona que las pendientes en la zona urbana de Tijuana fluctúan entre 1° y 40° . Según O'Hare y Rivas (2005) y Lara y Sepúlveda (2010), las pendientes mayores a 15° cerca de laderas se pueden deslavar y esta situación se potencializa por lluvias, filtraciones desde altos niveles freáticos y de fuentes domésticas. Por lo tanto, las personas que habitan en laderas con pendientes mayores a 15° están expuestas a PRM. En este sentido, Delgado-Argote et al. (2011) indican que existe una relación positiva entre los PRM con los asentamientos humanos en pendientes y con la remoción del material de la base de las laderas.

Figura 4. 6



Los PRM suelen ocurrir en donde el gradiente topográfico es más alto, con frecuencia debido a la existencia de estructuras geológicas de falla o donde los cortes con fines de urbanización desestabilizaron el terreno, como en las inmediaciones de las vialidades. Se seleccionaron algunas vialidades de la ciudad de Tijuana y se encontró que aproximadamente el 27% de los PRM ocurrieron en las inmediaciones de las vialidades mostradas en el mapa. La separación entre curvas de nivel es cada 50 m.

Fuente: Inegi (2010) y Sánchez-Rodríguez *et al.* (2014).

IV.2.5. Litología

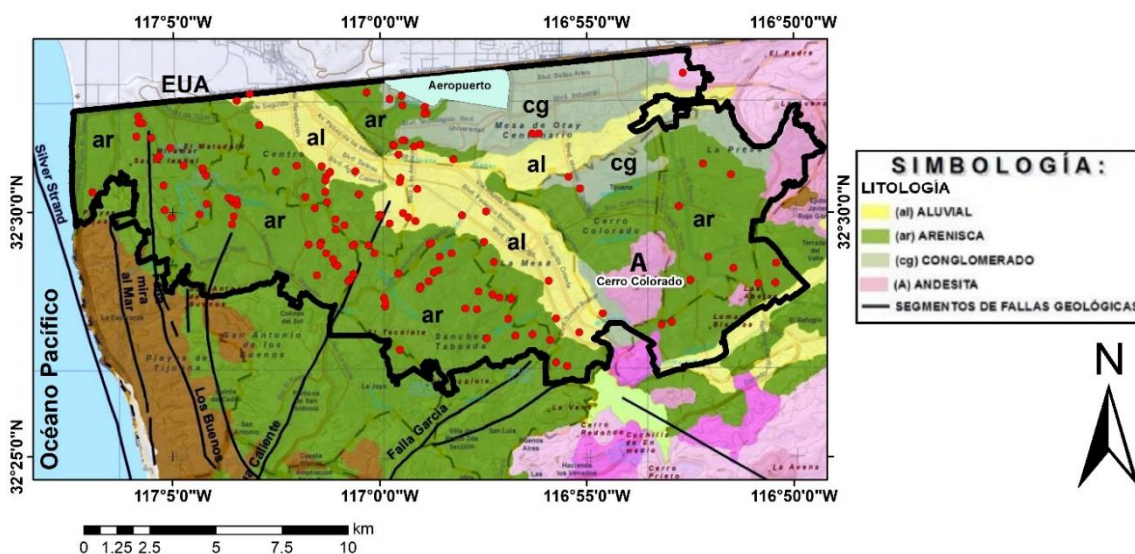
Las características del material sobre el cual se asienta la ciudad de Tijuana son variables que se deben considerar para elaborar programas adaptativos ante PRM. Delgado-Argote *et al.* (1996) mencionan que los PRM se asocian con la litología poco consolidada, así mismo, indican que cambios en las condiciones físicas de la roca (como incrementos en la presión de poro asociados al incremento del volumen de agua en el material) pueden inducir PRM. En términos generales, la mayor parte de la ciudad se asienta sobre roca sedimentaria (Figura 4.7). Suárez-Díaz (1998) y Cuanalo-Campos y Melgarejo-Palafox (2002) resaltan que las laderas compuestas por rocas sedimentarias suelen deslavarse cuando se saturan de agua. En

adición, la degradación del suelo es otro factor detonante de PRM, para el caso de Tijuana, según la Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad (2016), esta degradación se debe principalmente a la modificación del suelo para la instalación de infraestructura.

En este caso, se recomienda, coincidiendo con Casas y Rebollo (2001), desarrollar una investigación histórica-geológica de los PRM la cual permita identificar patrones que puedan ser usados ante futuras amenazas.

Figura 4. 7

Procesos de Remoción en Masa y su relación con la litología de la ciudad de Tijuana.



Mapa geológico tomado del Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Tijuana, B. C. (Mendoza-Garcilazo et al., 2014). Las unidades Aluvial (al), Arenisca (ar) y Conglomerado (cg) son unidades no consolidadas, deleznales, en las que se localiza la mayoría de los PRM. El resto de las unidades son ígneas o metamórficas con distintos grados de dureza y resistencia a la erosión, sobre las que descansan las unidades no consolidadas. Los círculos rojos corresponden a los PRM identificados durante el periodo de estudio según Sánchez-Rodríguez et al., 2014.

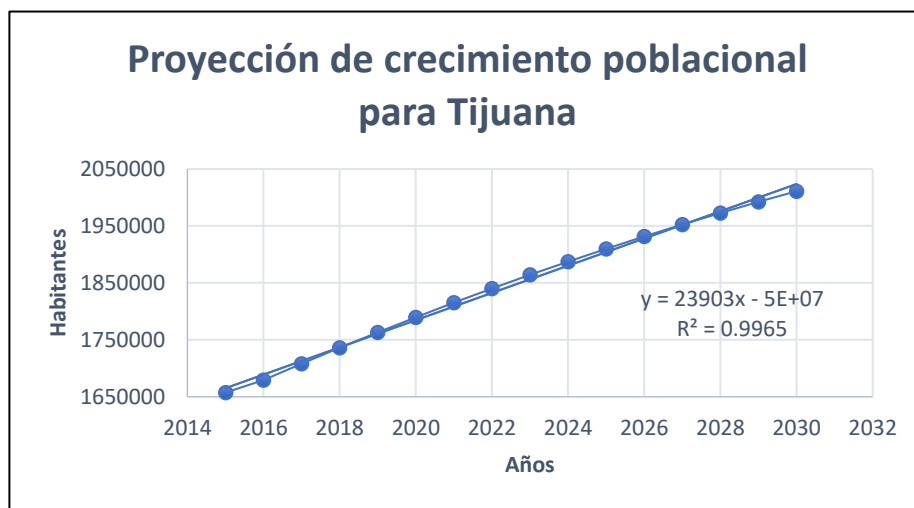
La falta de datos oficiales sobre los PRM en la ciudad de Tijuana fueron un obstáculo durante esta investigación es por ello que, compartiendo la idea con Mendoza y Domínguez (2006), se recomienda desarrollar una base de datos que concatene información histórica, informes o documentos con la descripción de cada PRM.

Los PRM en Tijuana ocurren en todos los niveles sociales, desde asentamientos formales hasta nuevos asentamientos en zonas de invasión. Se ha identificado que, coincidiendo con Bocco et al. (1993), Delgado-Argote et al. (1996) y Mendoza-Garcilazo, et al. (2007), la precipitación, las condiciones del drenaje y los asentamientos en pendientes pronunciadas y de material deleznales son las principales variables que detonan un PRM en la ciudad de Tijuana.

IV.2.6. Leyes y reglamentos que consideran a los PRM en la ciudad de Tijuana

El incremento de la población que se espera para los próximos años resalta la importancia de tomar en cuenta la problemática de la forma y ubicación de los asentamientos humanos en la agenda pública. Una proyección elaborada por el Conapo (2020) sugiere que para 2030 la población, en Tijuana, sea de 2,011,060 personas (Figura 4.8). Estos datos se deben considerar para el desarrollo urbano, así como el ajuste de leyes y reglamentos en materia de prevención de desastres y protección civil.

Figura 4. 8



Elaboración propia con datos del Conapo (2020).

El crecimiento de la ciudad en Tijuana ha ocupado zonas inestables para el establecimiento de asentamientos humanos, por lo tanto, las instituciones han tenido que intervenir para proteger la vida y las propiedades de los habitantes, desarrollando instrumentos que permitan, a los pobladores, adecuarse a las características geológicas de la ciudad.

Entre los instrumentos identificados están los indicados en la Tabla 4.3:

Tabla 4. 3 Instrumentos de regulación

Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Baja California	-Las autoridades tienen la facultad para declinar o condicionar permisos de desarrollo urbano en áreas naturalmente riesgosas. -El Artículo 31 menciona que se deberán contemplar aspectos sociales, demográficos, económicos, históricos o culturales, políticos y administrativos de la comunidad. -Artículo 161 describe que todas las acciones para la urbanización se autorizarán siempre y cuando las características hidrológicas, geológicas o topográficas no representen un riesgo para la población.
Reglamento de Acciones de Urbanización para el Municipio de Tijuana.	-El Artículo 17, prohíbe el desarrollo de fraccionamientos en el Municipio sin que previamente se tenga la seguridad de que se les puede dotar de servicios públicos como energía eléctrica, agua potable y drenaje. -Los Artículos 39 y 40, menciona que el diseño y construcción de cualquier edificación se hará de acuerdo con las características topográficas y la aptitud del suelo. -Los Artículos 114, 116, 117 y 252 establecen que las acciones de urbanización en laderas deben estar asesoradas por el Corresponsable en Diseño Estructural y el Corresponsable en Geofísica, además estipulan que no se podrán autorizar proyectos ejecutivos para la construcción de fraccionamientos en terrenos cuyas pendientes sean superiores al 25% y además sus suelos sean inestables sin la autorización del Corresponsable en Diseño Estructural y en Geofísica. -Los predios con características geológicas, topográficas o hidrológicas riesgosas, necesitan el desarrollo de estudios de ingeniería que demuestren la estabilidad del suelo antes de cualquier acción de urbanización. -Pendientes superiores a 35% no son idóneas para el desarrollo urbano.
Ley de Edificaciones del Estado de Baja California	-El Artículo 11 menciona que cuando existan construcciones no autorizadas en usos de suelo de alto riesgo, se solicitará su cambio y reubicarán en zonas convenientes o en caso de ser posible se ejecutarán adaptaciones para su funcionamiento sin perjudicar el medio natural.

	-El Artículo 293 estipula que cualquier obra o construcción deberá estar bajo vigilancia por personal capacitado que asegure el cumplimiento del marco normativo.
Reglamento de Protección Civil del Municipio de Tijuana, Baja California	-Los Artículos 66 y 77 mencionan que la población establecida en zonas riesgosas será notificada por la Dirección Municipal de Protección Civil para que los habitantes adopten las medidas necesarias para reducir su vulnerabilidad o, en su defecto, busquen su reubicación en zonas sin riesgo. -El Artículo 71 menciona que en casos de emergencia, la autoridad facultada puede usar la fuerza pública para desalojar a la población vulnerable ante la amenaza, en caso de que esta se niegue a evacuar. -Los Artículos 65 y 76 establecen que el Instituto Municipal de Planeación (Implan) junto con la Dirección Municipal de Protección Civil y con apoyo de instituciones científicas deberán establecer las áreas de riesgo hidrometereológico y geológico. -El Artículo 82 menciona que la Dirección Municipal de Protección Civil deberá promover la formación de comités de investigación y análisis de riesgo geológico, con el fin de conocer detalladamente las amenazas y sus medios de mitigación.
Reglamento para la Excavación, Extracción y Nivelación de Terrenos en el municipio	-El Artículo 1ro. describe que su propósito es proteger la vida estableciendo normas que regulen la extracción, excavación y nivelación de terrenos. -El Artículo 21 menciona que las superficies de los taludes de cortes y terraplenes se deben adecuar para controlar los efectos de la erosión con ayuda de los métodos necesarios. -El Artículo 28 indica que cualquier obra o construcción deberá estar bajo vigilancia por personal capacitado que asegure el cumplimiento del marco normativo.
La Ley de Protección Civil y Gestión Integral de Riesgos del Estado de Baja California	-El Artículo 8, subraya la importancia de analizar e identificar riesgos para el desarrollo de medidas de prevención y mitigación. Además, se resalta la obligación del gobierno estatal y municipal de caracterizar la vulnerabilidad de las zonas bajo su jurisdicción. Por otro lado, menciona lo indispensable que es para las instituciones la participación en la sociedad, desde la niñez, para crear comunidades resistentes a los efectos negativos de los desastres. Así mismo, se resalta la importancia de incorporar el concepto de transversalidad entre las instituciones de administración pública estatal y municipal así como con los sectores privado y social. -El Artículo 10 resalta la incorporación de la Gestión Integral de Riesgos en el desarrollo estatal, para establecer políticas y estrategias asentadas en el análisis

	de los riesgos con la finalidad de evitar la construcción de futuros riesgos y la realización de acciones de intervención para reducir los riesgos existentes. Además, dentro de este artículo se menciona que el Ejecutivo del Estado en materia de Protección Civil tiene la obligación de proporcionar a la población la información que se genere relacionada con la autoprotección. -Los Artículos 72 y 73 mencionan que la Dirección Municipal de Protección Civil junto con las instituciones científicas y dependencias correspondientes, deberán planear acciones de mitigación y prevención para fenómenos meteorológicos que amenazan la ciudad como son el Fenómeno de El Niño, así como los posibles efectos a causa del calentamiento global.
--	---

Dentro de la ciudad de Tijuana existen instrumentos diseñados para evitar desastres derivados de PRM, sin embargo, estos instrumentos solo hablan de prevención y no de adaptación. Además, como se observa en la Tabla 4.3 existen diversas similitudes en los artículos de las normativas. El término adaptación únicamente es mencionado una vez en el Reglamento de Protección Civil del Municipio de Tijuana, Baja California. No obstante, hay normativas que fomentan el trabajo interdisciplinario las cuales podrían ayudar a consolidar proyectos adaptativos. En este sentido, es fundamental vincular la adaptación con las visiones y políticas de prevención de desastres, ya que de acuerdo con Delgado et al. (2013), es necesario enfrentar obstáculos inherentes a las diferencias de concepción y percepción de las amenazas, riesgo y vulnerabilidad.

La Coordinación de proyectos hidroeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad (2016) menciona que la colaboración, coordinada, de los tres niveles de gobierno, de las organizaciones no gubernamentales y de la sociedad civil en conjunto es fundamental ante un desastre o emergencia de gran magnitud. Sin embargo, esta investigación sugiere que las instituciones no siguen lo estipulado en el Artículo 8 de la Ley de Protección Civil y Gestión Integral de Riesgos del Estado de Baja California, ya que durante las entrevistas no se identificaron medidas transversales entre las instituciones para atender el problema de los PRM, no obstante, las instituciones sí toman acciones independientes para evitar desastres derivados de movimientos de masas.

Se considera importante la creación de una institución encargada de implementar y evaluar programas y prácticas adaptativas adecuadas a las características sociales y físicas para la ciudad de Tijuana.

IV.2.7. La adaptación en Tijuana

La Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad (2016) menciona que la experiencia de Tijuana con respecto a los PRM resalta la necesidad de concretar medidas que permitan proteger la vida, la ecología, la propiedad pública y privada.

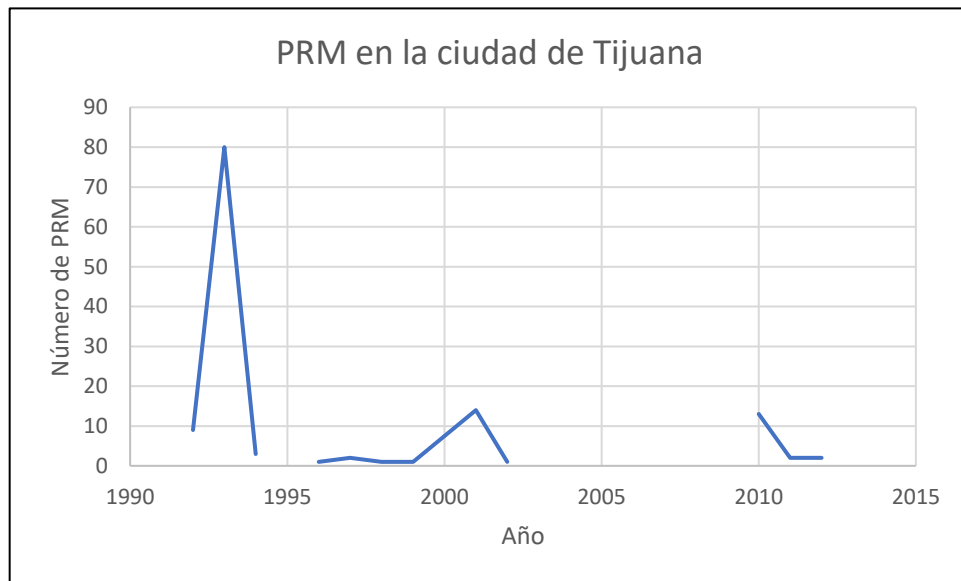
Durante la presente investigación se identificaron a las leyes y reglamentos enfocados en la protección civil, desarrollo urbano y edificaciones, así como el uso de instrumentos electroacústicos que permiten detectar fugas de agua, pláticas sobre prevención ante PRM (Figura 4.9) como estrategias que permiten evitar desastres derivados de PRM, así mismo, se encontró un Atlas de riesgos que identifica las zonas susceptibles a movimientos de masa. Sin embargo, se observó que estas medidas son implementadas de forma independiente por cada institución, por lo tanto, no se pueden considerar prácticas adaptativas.

Figura 4. 9 Tríptico informativo de la Dirección de Protección Civil del Municipio de Tijuana



Fuente: (Dirección de Protección Civil Municipal de Tijuana, 2020).

Figura 4. 10



Los PRM en la ciudad de Tijuana de 1992 a 2012 de acuerdo con Sánchez-Rodríguez *et al.* (2014).

La prueba t de student sugiere que la media de PRM ocurridos por año es igual a partir de 1994 (Tabla 4.4). Ante esto, la arquitecta Hurtado destacó que el número de PRM por año se ha mantenido constante desde 1994:

“El número de deslizamientos no ha disminuido desde los 1990, se ha mantenido constante, bueno ha dependido también de la temporada de lluvias, ha habido lluvias muy locales. En el 2017 tuvimos infinidad de deslizamientos desde condominios. En aquel entonces se desestabilizaron 17 viviendas que el año pasado ya se demolieron” (M. Hurtado, comunicación personal, 26 de febrero de 2020)

Tabla 4. 4 Prueba t de student sobre las medias anuales de PRM			
$\bar{x} = 3.81$	$\mu = 4.11$	$s = 4.83$	$n = 11$
$\alpha = 0.05$	$tt = 2.228$	$tc = -0.20$	
Ho: $\mu = 3.81$: la media de PRM de 1994 a 2012 es igual a la media de 1974 a 2012			
Ha: $\mu \neq 3.81$ la media de PRM de 1994 a 2012 no es igual a la media de 1974 a 2012			
Se acepta la Ho			
Para este análisis no se tomó en cuenta el año 1993 ya que presentaba 80 PRM.			

Estos resultados apuntan a que las prácticas implementadas por las instituciones no han sido las adecuadas ya que el número de PRM no se redujo a lo largo del periodo de estudio. Así mismo, se resalta que la precipitación incrementa la frecuencia de estos movimientos de masa debido al incremento atípico de 1993.

Sánchez-Rodríguez et al. (2014), mencionan que las acciones, a nivel municipal, se orientan hacia la mitigación y no a la adaptación, a pesar de que Suárez-Díaz (1998) resalte que la adaptación es un método económico para evitar desastres. En adición, el maestro Vázquez, quien es Técnico titular del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y además trabajó en el desarrollo del Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Tijuana 2014, subraya la necesidad de reorientar el enfoque reactivo que se tiene en la ciudad hacia uno preventivo y adaptativo. Además, expone que la coordinación entre las instituciones es fundamental para trascender de enfoque.

“La coordinación entre las dependencias es muy débil, una jala para un lado y otra jala para otro, y para los problemas que existen en Tijuana se debe trabajar en coordinación. Esta es una recomendación que se les ha hecho a las dependencias, de que debe haber más coordinación entre ellas. Porque así, esa tendencia a ser reactivo se puede ir acotando progresivamente” (S. Vázquez, comunicación telefónica, 27 de febrero de 2020).

A pesar de la evidencia que existe sobre los beneficios ambientales, económicos y sociales que representa la adaptación, en Tijuana no se han consolidado programas adaptativos. Como en

muchos problemas socio-ambientales, existen barreras que impiden el desarrollo de proyectos adaptativos. Entre ellos se encontró la falta de continuidad de los proyectos.

“Las prácticas, (ante PRM), están todavía muy deplorables, porque casi siempre han sido reactivas y cuando se ha intentado llegar un poco más allá, prácticamente siempre se ven afectadas por el termino de los periodos municipales, y es un volver a empezar. No me ha tocado ver un proyecto que se lleve más allá de los tiempos políticos, es decir un volver a empezar siempre, no hay seguimiento adecuado de las entidades que les corresponde hacerlo” (S. Vázquez, comunicación telefónica, 27 de febrero de 2020).

Por otro lado, se han identificado un sinnúmero de definiciones de vulnerabilidad y desastre (Zevallos, 2002; Lampis, 2013; Mergili et al., 2015), lo cual es un reto para la relación entre conocimiento técnico y las políticas públicas para la adaptación. Por lo tanto, se necesita homogeneizar un lenguaje que permita facilitar la comunicación entre las instituciones públicas y la academia en la ciudad de Tijuana.

IV.2.8. Oportunidades para la adaptación

IV.2.8.1. Instituciones

Los desastres en México han representado costos económicos, sociales y ambientales de enorme trascendencia para la sociedad, por lo tanto, el gobierno y los pobladores deben estar comunicados para dar la debida respuesta a las emergencias. En este caso las instituciones públicas son reguladoras de acciones en el desarrollo social cotidiano de todo territorio (Cárdenas-Vargas, 2016), y además de ser los vectores por donde circula la información. Por lo tanto, es fundamental que trabajen en conjunto para atender los complejos problemas que surgen en una ciudad. No obstante, el Dr. Sánchez, quien es investigador de El Colegio de la Frontera Norte, forma parte del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) y que además elaboró una investigación sobre el Desarrollo de Estrategias de Adaptación al Cambio Climático en Municipios Vulnerables del Noroeste de México, menciona que:

“La poca vinculación interinstitucional es una barrera para la adaptación, no solo en México o en Tijuana, a nivel nacional es una de las principales barreras para la adaptación. Hay proyectos, bueno hay casos en otras partes del planeta, por ejemplo ciudades que tienen muchos recursos como Rotterdam, puede ser Hamburgo, en Alemania, en donde tienen

esquemas de adaptación muy avanzados, tienen los recursos financieros para ponerlos en práctica, tienen la estructura, digamos, institucional para aplicarlo, y las barreras que han encontrado para trascender de la planeación a la implementación ha sido la falta de estructuras transversales en las instituciones. Esa falta de comunicación es resultado de décadas y décadas de una cultura institucional fragmentada, cada quien opera por su lado y con una comunicación lo más reducida posible. En Tijuana se agudizan parte de las consecuencias negativas de la falta de comunicación porque no hay recursos” (R. Sánchez, comunicación personal, 11 de marzo de 2020).

En este sentido, se recomienda la creación de una institución que coordine los proyectos adaptativos interinstitucionales y de su evaluación periódica, así como de vigilar el cumplimiento de la normativa que fomenta la transversalidad entre las instituciones.

Con respecto a los marcos normativos existentes se ha encontrado que, de acuerdo con el maestro Vázquez y con el Dr. González (quien es profesor investigador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Baja California), se tienen que desarrollar instrumentos legales específicos (con respecto a los requisitos que se necesitan para cada proyecto) que regulen la construcción de infraestructura y también se debe contar con el personal capacitado que vigile el cumplimiento de las normativas. Así mismo, es necesario evaluar cada proyecto con la finalidad de establecer los requisitos necesarios (como estudios geofísicos, geológicos, hidrológicos, mecánica de suelos, sanitarios) que debe cubrir cada desarrollador con respeto al proyecto propuesto. En adición el Dr. González menciona que:

“Se deben desarrollar planes y reconocimientos de estado para conocer nuestro sitio, donde estamos viviendo y que en función de eso la autoridad se sienta con la libertad de autorizar un proyecto.” (M. González, comunicación telefónica, 27 de febrero de 2020).

Los expertos sugieren que las leyes deben estar acompañadas por herramientas de planificación, prevención y prospectiva que permitan articular la respuesta ante posibles desastres. Además, resaltan que las instituciones deben ser rigurosas para asegurar el acatamiento de las leyes.

Por otro lado, como ya se mencionó anteriormente, existe el problema de la continuidad en los proyectos como barrera para establecer programas adaptativos. Jiménez-Moreno (2015) resalta esto como un problema debido a que muchos proyectos están planeados a mediano y largo plazo. Ante esta situación el Dr. Sánchez mencionó lo siguiente:

“La vida operativa de las instituciones es muy corta, en las instituciones municipales son únicamente tres años. En la práctica, los cambios de administración es lo que dificulta que la gente que esta sensibilizada con la información del proyecto la pueda utilizar. Cuando estas personas salen de su puesto el que entra no le da continuidad al proyecto” (R. Sánchez, .comunicación personal, 11 de marzo de 2020).

Así mismo, Méndez-Bahena (2016) menciona que, en muchas ocasiones, los proyectos finalizan con la legislatura, la cual suele durar entre tres y seis años, ante esto no se pueden alcanzar a observar resultados de los proyectos implementados, esto se debe principalmente a que la legislatura entrante propone proyectos nuevos. Por lo tanto, es fundamental que los mandatarios e instituciones se alineen con los proyectos de desarrollo implementados para obtener resultados a largo plazo.

Mozumdera et al. (2011) sugieren que la implementación de un marco institucional es necesario para ejecutar políticas de adaptación, sin embargo, para que esto suceda es esencial que cada institución trabaje en potenciar la sinergia entre sus funcionarios y sus dependencias, así como, de acuerdo con Méndez-Bahena (2016), ampliar su capacidad y facilitar el trabajo en equipo a partir de una visión compartida y trabajo colaborativo entre las instituciones. De la misma forma, Juholaa y Westerhoffb (2011) destacan que la adaptación se desarrolla a través de varios procesos diferentes, incluidas las escalas horizontal y vertical de la toma de decisiones. Por lo tanto, se recomienda hacer una evaluación de la comunicación vertical en las instancias gubernamentales encargadas de planeación urbana y prevención de riesgos, esto con la finalidad de reforzar los vínculos entre los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) y homogeneizar un lenguaje en materia de adaptación.

IV.2.8.2. Desarrollo urbano

Sánchez-Rodríguez et al. (2014), identifican a los gobiernos municipales como los principales estrategias para orientar el crecimiento de su comunidad, así como para intervenir en las

acciones de adaptación. Ante esto el gobierno de Tijuana enfrenta diversos problemas que pueden derivar en un PRM, por ejemplo, la presencia de población asentada irregularmente sobre laderas. Las construcciones en laderas que generan cambios en la pendiente del terreno y que modifican el régimen natural del agua potencializan la detonación de PRM, por lo tanto, es indispensable que estas viviendas, y toda infraestructura en general, se diseñen y construyan adecuadamente. Ante esto la arquitecta López, quien es directora del Instituto Metropolitano de Planeación de Tijuana, argumentó sobre la idea de que:

“Entonces ahorita estamos haciendo un esfuerzo, hay resistencia por los desarrolladores, y se les exhorta a no construir sobre las laderas. Estamos tratando de sentar las bases para que eso se respete” (R. López, comunicación personal, 2 de marzo).

Coincidiendo con Sánchez-Rodríguez et al. (2014), las medidas de adaptación deben adecuarse a los problemas que enfrenta una comunidad. Es por eso que el proceso de adaptación parte de una visión interdisciplinaria en la que se sugieren políticas y medidas a corto, mediano y largo plazo. En este punto se debe recordar que la adaptación es un proceso que continuamente se va ajustando. Por otro lado, se considera que se debe empoderar a los gobiernos locales, ya que estos son los encargados de encaminar los procesos adaptativos.

Es necesario que, junto al proceso adaptativo, se cuantifiquen y monitoreen los resultados que se vayan obteniendo del mismo proceso, debido a que la evaluación y el seguimiento permitirán identificar barreras y oportunidades para mejorar las medidas implementadas a través de la planeación orientada hacia el crecimiento de la ciudad.

Otro punto a destacar es el descrito por Sánchez-Rodríguez (2013) quien sugiere que las comunidades deben considerar la reducción de riesgos y la adaptación como una inversión. Según Galindo et al. (2014), los costos de adaptación, para América Latina, no superan el 0.5 del PIB de la región, en cambio el costo de no adaptarse, en este caso al Cambio Climático, supera el 1.5% del PIB regional. Esto sugiere la necesidad de incorporar medidas de adaptación que permitan minimizar los impactos de una amenaza (en este caso los PRM). Por lo tanto, una inversión pequeña en prevención representa enormes beneficios, en particular cuando esas medidas son el esfuerzo coordinado del sector público, el privado y el social.

Por su parte Guevara-Ortiz et al. (2014), mencionan que es fundamental invertir más recursos para reorientar el esquema reactivo de acción a un esquema adaptativo para garantizar una sociedad preparada y menos vulnerable ante fenómenos perturbadores.

Finalmente, se recomienda elaborar un modelo económico que permita visualizar cuales serían los costos de no adaptarse ante los PRM en la ciudad de Tijuana.

IV.2.10.3. Cultura y adaptación

Una sociedad se define, según Cárdenas-Vargas (2016), como un grupo de personas (con identidad propia) organizados, que cuentan con normas fijadas para la convivencia y que permanecen en un territorio a lo largo del tiempo. Cada sociedad se distingue por su cultura, la cual es una construcción histórica del comportamiento de sus integrantes. Correa (2012) sugiere que la cultura define la percepción y la acción de los individuos, además precisa las ideas comunes sobre lo que es aceptable, creíble y deseable. Por lo tanto, los aspectos culturales e históricos son fundamentales en los procesos de adaptación.

La cultura brinda a la humanidad el poder acumular experiencias de supervivencia (Alcántara-Ayala et al., 2014). De acuerdo con Granada (2003), los humanos hemos aprendido a prevenir, e incluso anticipar, los efectos de algunas prácticas, ajustándolas al medio que habitamos. Así, basado en nuestra plasticidad biológica y cultural, tenemos potencial para adaptarnos, lo que significa que tenemos la capacidad de ajustarnos al ambiente en el que nos desarrollamos.

Una sociedad determina su relación con la naturaleza de diversas formas, por ejemplo, la actitud y el conocimiento de sus miembros hacia la naturaleza, la comprensión del equilibrio, la tecnología y el control que la sociedad ejerce sobre sus miembros para orientar las medidas que perturban al medio (Alcántara-Ayala et al., 2014). El IPCC (2014) subraya la necesidad de complementar el conocimiento local con el científico y técnico para minimizar el riesgo de desastres y optimizar la adaptación.

Domínguez-Morales et al. (2016), mencionan que las sociedades de países en vía de desarrollo no cuentan con el suficiente presupuesto para desarrollar proyectos de adaptación, sin embargo, cuentan con conocimiento empírico que les brindan herramientas para este fin. Por ello, es indispensable que en las políticas que se generen para desarrollar prácticas de

adaptación en las comunidades se considere la actuación de las poblaciones, así como las necesidades locales.

Por otro lado, Douglas y Wildavsky (1983) mencionan que las poblaciones tienden a ignorar los peligros cotidianos más comunes, así como los más infrecuentes y de baja probabilidad. Este último tiene sentido, debido a que, una especie adaptada para sobrevivir, ignorar los acontecimientos poco frecuentes es una estrategia altamente razonable, puesto que atender por igual a todos los fenómenos poco frecuentes que pudieran causar un desastre diluiría la atención y la descentraría peligrosamente. No obstante, ignorar los peligros cotidianos supondría en una barrera para la adaptación. En adición el Dr. Rodríguez (quien es investigador de El Colegio de la Frontera Norte y se especializa en Riesgo de desastres, vulnerabilidad social, desastres asociados a fenómenos naturales y cambio climático) menciona que:

“Las personas asumen el riesgo si, y solamente si, les ha afectado” (J. Rodríguez, comunicación personal, 10 de marzo de 2020).

Ante esto, Adger et al. (2012), sugieren que la experiencia previa de un desastre tiene un impacto significativo en las percepciones de responsabilidad. Es por eso que, de acuerdo Mozumdera et al. (2011), los cambios cognitivos y de comportamiento no solo a nivel individual sino también institucional son fundamentales en un contexto adaptativo.

Recapitulando, se recomienda que todo proceso adaptativo integre a la cultura, ya que esta brinda información valiosa que debe ser usada por las instituciones en la elaboración de programas adaptativos.

IV.2.9. Índice de Utilidad de Practicas Adaptativas (IUPA)

Sánchez-Rodríguez et al. (2014) mencionan que la implementación de programas de adaptación es fundamental para reducir el costo ambiental, económico y social de los desastres originados de la variabilidad del clima, el cambio climático u otra actividad antrópica.

De acuerdo con Suárez-Díaz (1998), existen diversas formas de evitar o mitigar un desastre derivado de un PRM. Sin embargo, para esto se necesita considerar factores ambientales, económicos, políticos, sociales y técnicos, y a su vez variables en el espacio y en el tiempo.

Considerar todas estas variables permite hablar de un programa de adaptación el cual, siempre, se orientará a largo plazo y se entenderá como un proceso de continuo aprendizaje.

Para evaluar la utilidad de un programa adaptativo se propone una matriz (Tabla 4.5) la cual fue construida con la colaboración de diversos actores clave, expertos en planeación urbana, protección civil y prevención de desastres. Esta matriz solo será útil para la ciudad de Tijuana, recordando que la adaptación se desarrolla de forma local, así mismo debe ser llenada únicamente por expertos en los temas de desarrollo urbano, prevención de desastres o protección civil, valorando la calificación que merece cada variable del programa adaptativo. El promedio final indicará que tan útil ha sido o podrá ser cada práctica adaptativa. El indicador será mala (0-4.99), suficiente (5-5.99) y buena (6-10). Con el uso de esta matriz se pretende, además de guiar el proceso adaptativo de la ciudad, evitar desastres derivados de PRM.

Tabla 4. 5 Matriz para obtener el Índice de Utilidad de Prácticas Adaptativas

VARIABLES SUGERIDAS POR LOS EXPERTOS DE TIJUANA	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	DEFINICIÓN	INDICADOR	CALIFICACIÓN
	Comunicación	Flujo de información entre el gobierno municipal y la población	0 =Nula 5 = Suficiente 10 = Buena	
	Fomenta el desarrollo de proyectos de investigación	Investigación orientada al análisis, evaluación y mitigación del riesgo por PRM	0 =Nulo 5 = Suficiente 10 = Bueno	
	Evaluación geotécnica	Se hacen estudios de geotecnia estrictos del lugar en donde se construirá el proyecto	0 =Nula 5 = Suficiente 10 = Buena	
	Respeto la red del drenaje natural	Saber la historia natural del lugar por donde corre el agua, respetar los cauces, laderas, mesetas, lomas.	0 =Nulo 5 = Suficiente 10 = Bueno	
	Investigación permanente de las características del sitio	A través de los actores de gobierno se tiene una investigación permanente de las características del sitio	0 =Nula	

		tanto mecánicas como dinámicas	5 = Suficiente 10 = Buena	
	Comunicación Interinstitucional	Hay comunicación entre las instituciones para el establecimiento del programa	0 =Nula 5 = Suficiente 10 = Buena	
	Continuidad	Se le puede dar continuidad al programa/ el programa ha tenido continuidad	0 =Nula 5 = Suficiente 10 = Buena	
	Costo	El costo representa una barrera para el programa	0 =Nulo 5 = Suficiente 10 = Bueno	
	Flexibilidad	El proyecto se puede adecuar a las condiciones que vayan surgiendo	0 =Nulo 5 = Suficiente 10 = Bueno	
VARIABLES (sugeridas por Aldunce, <i>et al.</i> , 2012)	Grado de protección del medio ambiente	El programa hace un uso sustentable de los recursos naturales, conserva y restaura.	0 =Nulo 5 = Suficiente 10 = Bueno	
	Duración del proceso de establecimiento del programa	El tiempo necesario para obtención de resultados representa una barrera	0 =Nulo 5 = Suficiente 10 = Bueno	
	Proporción de beneficiarios	Cantidad de beneficiarios con respecto al total de población	0 =Nulo 5 = Suficiente 10 = Bueno	
	Participación de la población objetivo	Se incorpora a la población objetivo en las fases del proceso del programa de adaptación, ya sea en talleres participativos y capacitación de la población	0 =Nulo 5 = Suficiente 10 = Bueno	
	Atención a poblaciones más vulnerables dentro de la población objetivo	El programa atiende a la población vulnerable	0 =Nulo 5 = Suficiente 10 = Bueno	
	Incorporación del programa de adaptación con otras políticas, programas y/o	La práctica de adaptación se puede incorporar con otras	0 =Nulo	

	proyectos	políticas o programas de la región bajo estudio	5 = Suficiente 10 = Bueno	
	Consideración del conocimiento tradicional en el programa de adaptación	¿En la elaboración y aplicación del programa de adaptación, se toman en cuenta las experiencias y saberes locales?	0 =Nulo 5 = Suficiente 10 = Bueno	

En la ciudad de Tijuana se identificaron diversos proyectos y medidas que tienen el potencial de consolidarse como prácticas adaptativas. Dentro de estos se encontraron pláticas de prevención de desastres originados por PRM, las cuales son promovidas por la Dirección Estatal de Protección Civil, Baja California y por la Dirección de Protección Civil Municipal, Tijuana. Estas buscan proteger desde el primer momento en que se presente este tipo sucesos, partiendo desde la identificación de (de acuerdo con Alcántara-Ayala et al., 2014 y Guevara-Ortiz et al., 2014) nuevas fisuras o grietas, hasta deformaciones en superficies naturales y artificiales del terreno, como el asfalto o banquetas, así como inclinaciones en árboles o postes. Además, estas instancias brindan una serie de sugerencias para evitar un PRM, como no excavar en laderas sin la autorización de la dependencia competente.

Con respecto al uso de vegetación para estabilizar laderas, el Subdirector de la Dirección Estatal de Protección Civil de Baja California, Antonio Alfaro, menciona que el soporte que brinda la vegetación a la estabilidad de una ladera no es el suficiente para asegurar la protección de los habitantes. Sin embargo, la vegetación junto a otras prácticas podría reducir la vulnerabilidad de una comunidad ante PRM.

“Es decir, si voy a urbanizar, voy a hacer el terraplén y le voy a poner peso, la cantidad de árboles que yo puedo poner realmente no va a ser una cantidad significativa para que sus raíces generen un efecto real en el tema de la estabilización o la protección de la ladera, pero si es un talud o una ladera que no está urbanizada y que no se va a urbanizar y que tiene una pendiente muy inclinada y que realmente se quiere proteger, de acuerdo a lo que nos dijo el CICESE, funciona, puede funcionar, pero no para un tema de urbanización como tal”(A. Alfaro, comunicación personal, 26 de febrero de 2020).

Por otro lado, dentro de la ciudad de Tijuana se identificó el uso de llantas para estabilizar una ladera, sin embargo, el Subdirector de la Dirección Estatal de protección Civil de Baja California, Antonio Alfaro subraya que el uso de llantas no evita un PRM.

“Los mismos llanteros no disponen de manera adecuada sus llantas y es más fácil vendérselas o regalárselas a personas que las van a utilizar para hacer un terraplén y lo que pasa con ellos, sobre todo en suelos de Tijuana, es que la gente las acomoda, las rellena de tierra. Pero la llanta es un material flexible. Ponen sus jardincitos, echan agua, se satura, se expande, pero luego ya en la temporada de sequías o tiempo seco, se vuelve a secar, se contrae y tiene un movimiento de expansión-contracción, que empieza a perder firmeza al cabo del tiempo, Entonces no es un método seguro o por lo menos no como lo aplica la gente” (A. Álvarez, comunicación personal, 28 de enero de 2020).

Otra medida que se identificó fueron las recomendaciones que brinda la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT) para evitar desastres derivados de PRM. Además, el ingeniero Ruíz, Jefe de Evaluación de Infraestructura de la CESPT, menciona que cuentan con instrumentos electroacústicos que permiten identificar fugas en la infraestructura de la comisión.

“Se hace una revisión instrumentada, para detectar fugas, por un lado las que brotan que denominamos visibles, mientras que las que no, las catalogamos como no visibles. En las visibles se actúa conforme a un reporte y van las cuadrillas a hacer una reparación. Para todos estos eventos se cuenta con toda una estadística y así es que el organismo puede darse cuenta en donde empieza a manifestarse una frecuencia importante de fuga, lo cual, es un primer aviso. Por otra parte las fugas que no se han manifestado y permanecen en el subsuelo, las que nosotros llamamos instrumentada. En esa inspección instrumentada van brigadas especializadas que llevan equipo electroacústico y van monitoreando las tomas domiciliarias, los hidrantes ya que son elementos conectados a la red, y lo que se hace es escuchar un sonido característico de fuga, los equipos amplifican el sonido de las fugas y la fuga se intercepta en los medidores de agua. Se manda al área de mantenimiento y se hace la reparación. Una vez que el técnico capta la señal de una fuga no visible se procede a su ubicación, a la población se le exhorta a dar aviso inmediato a las autoridades en caso de que exista una fuga o una anomalía en su medidor de consumo de agua, para que ellos (los técnicos) se encarguen de agilizar los trabajos de reparación, y así evitar que reblandezca el suelo” (N. Ruíz, comunicación personal, 2 de marzo de 2020).

En adición el ingeniero Ruíz resalta la necesidad de renovar el sistema de drenaje de la ciudad, ya que el material de las tuberías en Tijuana es asbesto-cemento.

“Una tubería rígida es por ejemplo un asbesto-cemento mientras que el PVC ya no es tan rígido ya es del orden de las tuberías flexibles, pero la que solucionaría son los polietilenos porque se adaptan al movimiento del suelo” (N. Ruíz, comunicación personal, 2 de marzo de 2020).

Por otro lado, el Dr. Oliva, quien es Especialista en Ingeniería del Terreno y Profesor e Investigador de la Universidad de las Californias Internacional, coincide con Alcántara-Ayala et al. (2014), en la necesidad de invertir en equipo que permita detectar el movimiento de suelo, como inclinómetros, para que de esta forma se pueda anticipar un PRM. Se encontró, también, que es necesario identificar los umbrales críticos de precipitación a los que se suele provocar un PRM, ya que, de acuerdo con Domínguez-Morales et al. (2016), pueden proporcionar información útil para la evacuación de zonas propensas a PRM.

También se considera importante evaluar la postura que tienen los bancos para otorgar créditos a desarrolladores con proyectos en zonas susceptibles a PRM, además de analizar las medidas que implementan los aseguradores en este tipo de proyectos.

En Tijuana hay instituciones que se encargan de atender las diversas variables que detonan un PRM, no obstante, estas instituciones trabajan de manera independiente para atender este problema. Esto representa una barrera para la implementación de programas adaptativos, ya que de acuerdo con Delgado et al. (2013), la comunicación institucional es fundamental para la consolidación un proyecto. Por lo tanto, es necesario que los actores clave en prevención de desastres, protección civil y desarrollo urbano trabajen en conjunto y de forma coordinada dentro de programas multidisciplinarios para prevenir desastres y al mismo tiempo desarrollar una sociedad capaz de adaptarse al medio.

De igual forma, coincidiendo con Sánchez-Rodríguez, 2013, es fundamental que los habitantes comprendan el valor y los beneficios de los programas que pretenden implementar practicas adaptativas, desde ahorros económicos a largo plazo, así como la protección a los sistemas sociales y ambientales.

Se debe recordar que no puede recaer todo el peso de un proceso adaptativo en una sola práctica, se debe emplear un programa interinstitucional e interdisciplinario que tome en cuenta las características ambientales, culturales, económicas, físicas, políticas y sociales de Tijuana, que incluya un conjunto de prácticas adaptativas coordinadas entre sí. En este sentido, se considera necesario la creación de una institución que se encargue de coordinar y monitorear los proyectos que pretendan consolidar prácticas adaptativas dentro del municipio de Tijuana.

Finalmente, y de acuerdo con la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de la Organización de las Naciones Unidas (2015), es importante identificar proyectos adaptativos exitosos, así como desarrollar metodologías que puedan ser útiles en la evaluación de prácticas adaptativas. Evaluar un programa o una práctica adaptativa permitirá formular recomendaciones que puedan ser incorporadas a políticas, planes y programas de adaptación como medida de defensa ante amenazas climáticas o antrópicas.

V CONCLUSIONES

1. La adaptación es un concepto que subraya la importancia de desarrollar medidas coordinadas entre los diferentes sectores de una población para evitar desastres. Se fundamenta en que los fenómenos naturales no se pueden evitar o mitigar. Sin embargo, se pueden tomar acciones para reducir el impacto negativo de estos en la sociedad. Además, la adaptación puede extrapolarse a otras problemáticas de origen antrópico como es el Cambio Climático o PRM.
2. La adaptación es un proceso de continuo aprendizaje que no tiene final, por lo tanto, es necesario monitorear dicho proceso para que se vaya adecuando a las necesidades que surjan en una localidad. La adaptación se implementa mediante programas adaptativos los cuales deben contener una serie de prácticas que permitan reducir la vulnerabilidad de una comunidad ante el problema que se está atendiendo. Por lo tanto, es importante que se le dé continuidad a los programas sin importar el fin de una legislatura o la ideología del partido político que gobierne. Se debe recalcar que el origen de estos programas debe ser interinstitucional e interdisciplinario, por lo tanto, el proceso adaptativo no debe recaer en una sola disciplina o en una sola práctica.
3. La adaptación se debe desarrollar localmente, es decir, debe ser diferente entre cada localidad. Esto se debe a que cada zona tiene características sociales, económicas, culturales y naturales diferentes que deben ser atendidas puntualmente, por lo tanto, el proceso adaptativo de una comunidad no será útil para otra.
4. Los programas adaptativos que pretendan mitigar los impactos de un PRM no se han implementado en Tijuana debido a que las instituciones encargadas de atender este problema trabajan de forma independiente, esto es, que no tienen planes en conjunto para evitar un desastre derivado de un PRM.
5. La exposición a los PRM no tiene relación con el Índice de Marginación Urbana, sin embargo, las personas que habitan en zonas con un índice de marginación alto son más vulnerables debido a la carencia de infraestructura y servicios.

6. El desarrollo de asentamientos irregulares y la deficiente vigilancia en el acatamiento de las leyes y reglamentos de desarrollo urbano potencializa la frecuencia de PRM, por lo tanto, se necesitan reforzar las medidas de vigilancia de la normatividad. Por otro lado, es fundamental que las leyes y reglamentos para la construcción de infraestructura sean explícitos y puntuales en los análisis y estudios requeridos para la construcción de viviendas o infraestructura. Así mismo, se debe crear una base de datos oficial que concatene los PRM ocurridos en Tijuana para que, además de darles seguimiento, se puedan hacer los análisis necesarios para el adecuado proceso adaptativo ante movimientos de masa.
7. La homogeneización del lenguaje entre las instituciones que se encargan de prevenir desastres, desarrollo urbano, protección civil y la academia es importante para que no exista una barrera de entendimiento. Además, se debe consolidar una definición de vulnerabilidad para la ciudad de Tijuana la cual se vaya adecuando en espacio y tiempo. Por otro lado, es necesario que en la ciudad se trascienda de un enfoque reactivo a uno adaptativo.
8. La situación adaptativa en la ciudad de Tijuana debe ser más estudiada y se debe considerar la creación de una institución encargada de la coordinación y evaluación de los programas adaptativos en Tijuana.

VI RECOMENDACIONES

1. Para correlacionar calidad de obra con ingresos, debe conocerse la relación entre salario mínimo mensual respecto a asentamientos irregulares y PRM.
2. Instalar una estación meteorológica por delegación para estimar la relación entre lluvia y PRM, e identificar los umbrales de lluvia asociados a PRM.
3. Desarrollar una investigación histórica sobre los PRM para identificar patrones que puedan ser usados en planeación y remediación urbana.
4. Monitorear periódicamente la infraestructura de suministro y recolección de agua en la ciudad para evitar filtraciones que saturen el terreno.
5. Construir una base de datos que concatene información histórica con la descripción técnica de cada PRM para poder caracterizarlos y elaborar los planes adecuados que permitan reducir los impactos de un PRM.
6. Hacer una evaluación de la comunicación vertical en las instancias gubernamentales encargadas de planeación urbana y prevención de riesgos, con la finalidad de reforzar los vínculos entre los niveles de gobierno federal, estatal y municipal, así como para homogeneizar un lenguaje en materia de adaptación.
7. Elaborar un modelo económico para visualizar los costos de no adaptarse ante los PRM en la ciudad de Tijuana.

REFERENCIAS

Adger, W. N.; Barnett, J.; Brown, K.; Marshall, N. y O'Brien, K. (2013). Cultural dimensions of climate change impacts and adaptation. *Nature Climate Change*, vol 3.

Adger, W. N.; Quinn, T.; Lorenzoni, I.; Murphy, C. y Sweeney, J. (2012). Changing social contracts in Climate Change Adaptation. *Nature Climate Change*, Advance online publication, recuperado de www.nature.com/natureclimatechange

Alcántara-Ayala, I.; Echavarría-Luna, A.; Gutiérrez-Martínez, C.; Domínguez-Morales, L. y Noriega-Rioja, I. (2014). Inestabilidad de Laderas. México, D. F. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Alcántara-Ayala, I. y Murillo-García, F. G. (2008). Procesos de remoción en masa en México: hacia una propuesta de elaboración de un inventario nacional. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* ISSN 0188-4611, Núm. 66, 2008, pp. 47-64.

Aldunce, P.; Neri, C. y Szlafsztein, C. (2008). Hacia la evaluación de prácticas de adaptación ante la variabilidad y el cambio climático. Editorial Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Almaraz-Vázquez, M. N. (2016). Análisis de la participación social para el impulso de servicios ecosistémicos como medida de adaptación para reducir la vulnerabilidad social al cambio climático en la ciudad de Tijuana. Tesis de Maestría, El Colegio de la Frontera Norte.

Barón-Zambrano, J. R. y Sánchez-Peña, L. (2014). Estabilización de Taludes por Medio de Muros de Llantas en el Barrio la Capilla – Soacha Cundinamarca. Tesis de Ingeniería. Universidad Católica de Colombia.

Barton, R. (2009). Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades – regiones. *Geografía Norte Grande*, 43: 5-30.

Berman, R.; Quiin, C. y Paavola, J. (2012). The role of institutions in the transformation of coping capacity to sustainable adaptive capacity. *Environmental development* 2 (2012) 86-100

Bloch, R., Papachristodoulou, N., Miller, R., Monroy, J., Fisseha, T., Trejos, L., Kappes, M. S., Pozueta, B. (2014). Lessons from urban risk assessments in Latin American and Caribbean cities. *Development in Practice*, 24(4), 502–513.

Bocco, G.; Sánchez-Rodríguez, R. A. y Reimann, H. (1993). Evaluación del impacto de las inundaciones en Tijuana (enero de 1993). Uso integrado de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica. *Revista Frontera Norte* No. 10, vol. 5. Pp. 53-83.

Borja-Baeza, R. C. y Alcántara-Ayala, I. (2004). Procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoaxtla, Puebla. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* ISSN 0188-4611, Núm. 53, 2004, pp. 7-26.

Campos-Bedolla, P.; Bazán-Perkins, B.; Sanmartí-Puig, N.;...López-Puigcever, M. J. (2003). *Biología 1*. México, D.F. Editorial Limusa.

Cárdenas-Vargas, J. C. (2016). La representación social de instituciones públicas de índole política en la ciudadanía del estado de Colima. *Revista Mexicana de Opinión Pública*, No. 23, 55-69.

Casas, A. M. y Rebollo, A. (2001). Landslides and geological risks in the surroundings of the Itoiz dam (Irati basin, Navarre). *Natur Zientziak*, 51, 19-34.

Cavazos-Pérez, M. T. (Ed.). (2015). *Conviviendo con la naturaleza. El Problema de los Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos en México*. Tijuana, B. C., México. Editorial ILCSA S.A. de C.V.C.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred). (S. F.). *Mapa Nacional de Riesgos: Atlas Nacional de Riesgos*. Recuperado de <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/inestabilidad-laderas.html>

Comisión Intersecretarial de cambio climático. (2012). *Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones*. Editorial de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Ciudad de México.

Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2020). *Inventario de Registros por Década Año*. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Estadistica/2038.pdf>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). (2019). *Portal de geoinformación 2019, sistema nacional de información sobre biodiversidad (snib)*. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Consejo Nacional de Población (Conapo) (2010). *Capítulo 1 marginación urbana 2010*. Recuperado de http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Capitulo_1_Marginacion_Urbana_2010

Consejo Nacional de Población (Conapo) (2015). *Proyecciones de la Población de los Municipios de México, 2015-2030 (base 1)*. Recuperado de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050/resource/751728c1-e0cf-4fe8-b0fb-55b17d22bac4>

Coordinación de protección civil de México. (2016). *Causas que propician deslizamientos y medidas de prevención*. Recuperado el 27 de noviembre de 2018 de <http://www.cenapred.gob.mx/es/documentosWeb/Enaproc/IdentiDeslizamientos.pdf>

Coordinación de proyectos hidroeléctricos de la comisión federal de electricidad. (2016). *Programa contra contingencias hidráulicas para la zona urbana de Tijuana, Baja California*. Recuperado el 13 de marzo de 2020 de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/281368/ZONA_URBANA_TIJUANA_BC..pdf

Copons-Llorens, R. y Tallada-Masquef, A. (2009). Landslides. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. (17. 3).

Correa A., Sandra (2012). Procesos culturales y adaptación al cambio climático: la experiencia en dos islas del Caribe colombiano. En Boletín de Antropología. Universidad de Antioquia, Medellín, vol. 27, No. 44, 204-222.

Cuanalo-Campos, O. A., y Melgarejo-Palafox, G. (2002). Inestabilidad de laderas en la Sierra Norte y Nororiental del estado de Puebla. Elementos. Ciencia y Cultura. Vol. 9, No. 47, Septiembre-Noviembre 2002.

Debels, P.; Szlafsztein. C.; Aldunce, P.; Neri; Carvajal, Y.; Quintero-Angel, M.; Celis, A.; Bezanilla, A. y Martínez, D. (2009). IUPA: a tool for the evaluation of the general usefulness of practices for adaptation to climate change and variability. Nat Hazards (2009) 50:211–233

Delgado, G. C.; Gay, C.; Imaz, M. y Martínez, M. A. (Ed.) (2013). México frente al cambio climático retos y oportunidades. México D. F.: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México.

Delgado-Argote, L. A.; Hinojosa-Corona, A. Aragón-Arreola, M. y Frías-Camacho, V. M. (1996). Estudio de Riesgo Geológico en Tijuana, Baja California con base en rasgos estructurales y la respuesta del terreno. Geos, Vol. 16, No. 2. Pp 57-89.

Delgado-Argote, L. A.; Gómez-Castillo, G.; Peña-Alonso, T. A.; Torres-Carrillo, X. G. y Avilez-Serrano, P. (2011). Rasgos geológicos y morfológicos asociados con peligros naturales en los fraccionamientos El Valle y Hacienda Acueducto, Tijuana, Baja California. GEOS, 30(2).

Delgado-Argote, L. A., Hurtado-Brito, J. C., Avilez-Serrano, P. y Gómez-Castillo, G. (2012). Factores geológicos y antrópicos de riesgo en Tijuana, Baja California: El caso del fraccionamiento Jardines de agua caliente. GEOS, 32(2), 1-25.

Delgado-Argote, L. A., Pérez-Flores, M. A., Herrera-Barrientos, F., Sarychikhina, O., Contreras-López, M., Ochoa-Tinajero, L., y Avilés-Esquivel, T. A. (2017). Interpretación geológica y geo eléctrica de un deslizamiento rotacional relacionado con paleo drenaje en el fraccionamiento Valle del Sur, en Tijuana, Baja California. GEOS, 37(2), 1-17.

Delgado-Ramos, G. C.; Zuria, A. de L. y Vázquez-Zentella, V. (2015). Adaptación y mitigación urbana al cambio climático en México. Ciudad de México. Editorial de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Domínguez-Morales, L.: Castañeda-Martínez, A. y González-Huesca, A. E. (2016). Análisis de umbrales de lluvia que detonan deslizamientos y sus posibles aplicaciones en un sistema de alerta temprana por inestabilidad de laderas. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Recuperado el 27 de noviembre de 2018 de [http://www1.cenapred.unam.mx/COORDINACION ADMINISTRATIVA/SRM/FRACCION](http://www1.cenapred.unam.mx/COORDINACION_ADMINISTRATIVA/SRM/FRACCION)

Douglas, M. y Wildavsky, A. (1983). Risk and culture. California, Estados Unidos. Editorial, The Regents of the University of California.

Eakin, H. C.; Lemos, M. C. y Nelson, D. R. (2014). Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. *Global environmental change* 27 (2015)1-8

Engle, N. (2011). Adaptive capacity and its assessment. *Global environmental change* 21 (2011) 647-656.

Eriksen, S.; Aldunce, P.; Sekhar-Bahinipati, C.; D'almeida-Martins, R.; Molefe, J. I.; Nhemachena, C.; O'brien, K.; Olorunfemi, F., Park, J.; Sygna L. y Ulsrud, K. (2011). When not every response to climate change is a Good one: Identifying principles for sustainable adaptation. *Climate and development* 3. Pp. 7–20.

Fraustro-Martínez, O. (1998). Derrumbes, deslizamientos y expansión lateral del suelo provocados por la sismicidad en el graben de Cuauhtepc: región sur de la Sierra de Guadalupe, en la Ciudad de México. *Investigaciones Geográficas Boletín* 38. 1999.

Galindo, L. M.; Samaniego, J. L.; Alatorre, E. y Ferrer-Carbonell, J. (2014). Estudios del Cambio Climático en América Latina. Procesos de adaptación al Cambio Climático, análisis de América Latina. Unidad de Cambio Climático de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile. Editorial: Naciones Unidas

Gama-Fuentes, M. de los A. (2004). Biología, biogénesis y microorganismos. Estado de México, México. Editorial Pearson, segunda edición.

Granada, Henry (2003). La cultura como estrategia de adaptación en la interacción sujeto social ambiente. *Investigación & Desarrollo*, vol. 11, No. 1, 134-161.

Guevara-Ortiz, E.; Quaas-Weppen, R. y Fernández-Villagómez, G. (2014). Guía básica para la elaboración atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Conceptos básicos sobre peligros, riesgos y representación geográfica. México, D. F. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Gupta, J.; Termeer, C.; Klostermann, J.; Meijerink, S.; Van den Brink, M.; Jong, P.; Nooteboom, S. y Bergsma, E. (2010). The Adaptive Capacity Wheel: a method to assess the inherent characteristics of institutions of enable the adaptive capacity of society. *Environmental science & policy* 13. 459-471.

Gutiérrez-Martínez, C. A. (Ed). (2014). Guía básica para la elaboración atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos geológico. México, D. F. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Highland, L. M. y Bobrowsky, P. (2008). Manual de derrumbes: Una guía para entender todo sobre los derrumbes. Reston, Virginia, Circular 1325 del Sistema Geológico de los EUA, 129p

Ibarra-Martínez, L. L. (2016). Vulnerabilidad social en Tijuana por eventos de tipo hidrometeorológicos. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, B. C., México.

Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN). (2008). Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Tijuana, B.C. (PMDU T 2008 -2030). B.C. México. XIX Ayuntamiento de Tijuana. Kim, H. G.,

Lee, D. K., y Park, C. (2018). Assessing the Cost of Damage and Effect of Adaptation to Landslides Considering Climate Change. Sustainability (2071-1050), 10(5), 1628.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001) Climate Change 2001. Synthesis Report (Cambridge Cambridge University Press).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

Iriondo, M. H. (2009). Introducción a la Geología. Córdoba, Argentina. Editorial Brujas

Jiménez-Moreno, L. P. (2015). El papel de las instituciones: problemática y soluciones, análisis del caso colombiano. Civilizar, vol. 6, No. 11.

Juholaa, S. y Westerhoffb, L. (2011). Challenges of adaptation to climate change across multiple scales: a case study of network governance in two European countries. Environmental science & policy 14, 239–247.

Kim, H. G., Lee, D. K., y Park, C. (2018). Assessing the Cost of Damage and Effect of Adaptation to Landslides Considering Climate Change. Sustainability (2071-1050), 10(5), 1628.

Lampis, A. (2013). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición. Cuadernos de Geografía. Revista Colombiana de Geografía, 22(2), 17-33.

Landa, R.; Magaña, V. y Neri, C. (2008). Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México.

Lara, M., y Sepúlveda, S., (2010). Landslide susceptibility and hazard assessment in San Ramón Ravine, Santiago de Chile, from an engineering geological approach. Environmental earth sciences, 60(6), 1227-1243. at Hazards (2009) 50:211–233 Ley de desarrollo urbano del estado de Baja California, Publicado en el Periódico Oficial No. 26, Tomo CI, Sección I, de fecha 24 de junio de 1994, Última reforma P. O. No. 67, Secc. VIII, 31-Dic-2019

Ley de Edificaciones del estado de Baja California. Publicada en el Periódico Oficial No. 26, sección III de fecha 24 de junio de 1994, Tomo CI. Última reforma P. O. No. 33, Sección III, 13-Jul-2018.

Ley de Protección Civil y Gestión Integral de Riesgos del estado de Baja California. Publicada en el Periódico Oficial No. 41, de fecha 08 de septiembre de 2017, Tomo CCXXIV, Sección III. Última Reforma P. O. No. 33, Sección III, 13-Jul-2018

Ley de Urbanización del estado de Baja California. Publicada en el Periódico Oficial No. 23, de fecha 20 de agosto de 1981, Sección I, Tomo LXXXVIII. Última No Reforma P.O.. 61, Sección II, 13-Dic-2019

López-Álvarez, L. A. (2001). Diagnóstico de riesgos urbanos en el área metropolitana de Tijuana. H. Ayuntamiento Constitucional del Municipio de Tijuana B. C. Recuperado el 10 de octubre de 2018 de <http://www.proteccioncivil.tijuana.gob.mx/pdf/planes/estudios/Diagnostico%20de%20Riesgos%20Urbanos%20en%20el%20area%20Metropolitana%20de%20Tijuana.pdf>

Lezama, J. L. y Domínguez, J. (2006). Medio ambiente y sustentabilidad urbana. Papeles de población, Vo. 12, No. 49

Magaña, A. L.; Morales-Santos, A. E. y Sánchez-Rodríguez, R. A. (2014). Desarrollo de Estrategias de Adaptación al Cambio Climático en Municipios Vulnerables del Noroeste de México (2do Informe de Actividades). Recuperado el 05 de marzo de 2020 de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/106831/CGACC_2015_No.4__Revision_literatura_V_A.pdf

Méndez-Bahena, B. (2016). Siete problemas de las instituciones de gobierno en México. RCETRATIO, No. 13.

Mendoza-Garcilazo, L. H.; Acosta-Chang, J. G.; Vázquez-Hernández, S.; Gamez-Balmaceda, E.; Salas-Ariza, J. J.; Ruíz-Cruz, E.,... Galindo, J. (2014). Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Tijuana. Tijuana, B. C. Ayuntamiento de Tijuana.

Mendoza-Garcilazo, L. H.; Vázquez-Hernández, S. y Rosquillas-Navarro, A. (2007). Movimientos de ladera o de masas de terreno en Tijuana, B. C. Sus causas y prevenciones. Ayuntamiento Constitucional de Tijuana.

Mendoza, M. J. y Domínguez, L. (2006). Estimación del peligro y el riesgo de deslizamientos en laderas. En V. Ramos-Radilla (Ed.), Guía básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. (pp. 207-280). Mexico, D. F., Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Mergili, M.; Marchant-Santiago, C. I. y Moreiras, S. M. (2015). Cuadernos de Geografía, Revista colombiana de Geografía, Vol. 24, no.2, ISSN 0121-215X PP. 113-131

Monroe, J.S.; Wicander, R. y Pozo, M. (2008). Geología, dinámica y evolución de la Tierra. Madrid, España. Editorial Cengage Learning.

Moser, S. y Ekstrom, J. (2010). A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol 107, No. 51.

Mozumdera, P.; Flugman, E. y Randhirc, T. (2011). Adaptation behavior in the face of global climate change: Survey responses from experts and decision makers serving the Florida Keys. Ocean & Coastal Management 54, 37-44.

Naciones Unidas. (2017). Nueva agenda urbana, Hábitat III. Recuperado de <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf>

Nava-Licon, J. G. (2016). Análisis de riesgo por deslizamiento de ladera en el tramo Arroyo Guadalupe - El Mirador, de la autopista Tijuana-Ensenada, Baja California. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Ensenada, Baja California, México.

Navarrete-Peñuela, M. (2017). Desarrollo urbano sustentable: el gran desafío para américa latina y los preparativos para Hábitat III. Revista Luna Azul, núm. 45.

Novelo-Casanova, D.A.(2019). Procesos de Remoción en Masa. [Vídeo]. Recuperado de <https://www.coursera.org/learn/riesgos-fenomenos-naturales/home/info>

O'HARE, G. y Rivas, S. (2005). The landslide hazard and human vulnerability in La Paz City, Bolivia. Geographical Journal, 171(3), 239-258.

Ochoa, Y. y Ojeda-Revah, L. (2017). Conservación de vegetación para reducir riesgos hidrometeorológicos en una metrópoli fronteriza. Estudios Fronterizos, 18(35), Pp. 47-69.

Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2019). 2018: 60 millones de personas resultaron afectadas por diversos eventos meteorológicos extremos. Recuperado de <https://eird.org/americas/noticias/2018-60-millones-de-personas-resultaron-afectadas-por-diversos-eventos-meteorologicos-extremos.html#.Xr72ImhKjIU>

Ojeda-Revah, L. y Álvarez, G. (2000). La reforestación de Tijuana, Baja California como un mecanismo de reducción de riesgos naturales. Estudios fronterizos, vol. 1 no. 2.

Oliva-González, A. O. y Gallardo-Amaya, R. J. (2017). Evaluación del riesgo por deslizamiento de una ladera en la ciudad de Tijuana, México. Revista Tecnura, vol. 22, No. 55, 34-50.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Recuperado el 10 de marzo de

<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf>

Programa de Ordenamiento. (2012). Zona metropolitana, Tijuana-Tecate-Playas de Rosarito-Ensenada. Recuperado de http://www.sidue.gob.mx/doctos/2014/ot/ZM_TTPRE.pdf

Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (2012). Recuperado el 05 de marzo de 2020 de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001769.pdf>

Quintero-Angel, M.; Carvajal-Escobar, Y. y Aldunce, P. (2012). Adaptación a la variabilidad y el cambio climático: intersecciones con la gestión del riesgo. Revista Luna Azul, núm. 34, enero-junio, 2012, pp. 257-271.

Reckien, D., Creutzig, F., Fernandez, B., Lwasa, S., Tovar-Restrepo, M., McEvoy, D., y Satterthwaite, D. (2018). Climate change, equity and the Sustainable Development Goals: an urban perspective. Environment and urbanization, 29(1), 159-182.

Reglamento de Acciones de Urbanización para el municipio de Tijuana. Publicado en el Periódico Oficial No. 21, sección I, del 5 de mayo de 2015, Tomo CXXII. Última reforma P.O. No. 47, del 20 octubre de 2017.

Reglamento de la Ley de Edificaciones para el municipio de Tijuana, Baja California. Publicado en el Periódico Oficial No. 21, sección I, del 5 de mayo de 2015, Tomo CXXII. Última reforma P.O. No. 15, de 29 de marzo de 2019.

Reglamento de Protección Civil del municipio de Tijuana, Baja California. Publicado en el Periódico Oficial No. 5, del 22 de enero de 2010, tomo CXVII.

Reglamento para la Excavación, Extracción y Nivelación de terrenos en el municipio de Tijuana. Publicado en el Periódico Oficial No. 26, del 25 de junio de 1993, sección I, tomo C. Última reforma P.O. No. 1, de 6 enero de 2017.

Romo-Aguilar, M. de L. (1996). Riesgos naturales y vulnerabilidad social en Tijuana, B.C. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Norte.

Salazar, F.; Oñate, E. y Moran, R. (2012). Modelación numérica de deslizamientos de ladera en embalses mediante el Método de Partículas y Elementos Finitos (PFEM). Rev. Int, métodos numéricos, cálc, diseño ing, 28 (2), 112-123.

Sánchez-Rodríguez, R. (Ed.). (2013). Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Sánchez-Rodríguez, R. A.; Morales-Santos, E. y Rodríguez-Esteves, J. M. (2014). Desarrollo de Estrategias de Adaptación al Cambio Climático en Municipios Vulnerables del Noroeste de México (1er Informe de Actividades). Recuperado el 28 de marzo de 2019 de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/106828/CGACC_2015_No.2_Justificacio_n_del_mpio_COLEF.pdf

Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano. (2012). Programa de ordenamiento, zona metropolitana Tijuana-Tecate-Playas de Rosarito-Ensenada. Recuperado el 16 de marzo de 2020 de <http://www.sidue.gob.mx/doctos/2013/ot/POZMTIJ/doc/DOCUMENTO%20POZMTIJ.pdf>

Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Estado. (2013). Manual de Organización. Recuperado de <http://sidue.gob.mx/doctos/2013/normatividad/75.pdf>

Servicio Geológico Mexicano. (2017). Volcanes de México. Riesgos geológicos: Gobierno de México. Pachuca, Hidalgo. Recuperado de <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Volcanes-de-Mexico.html>

Suarez-Díaz, J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Bucaramanga, Colombia: Editorial Ingeniería de Suelos Ltda.

Soto-Cortés, J. (2015). El crecimiento urbano de las ciudades: enfoques desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable. Paradigma económico Año 7 Núm.1

Tarbuck, E. J. y Lutgens, F. K. (2005). Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física. Editorial Pearson Educación, Madrid, España.

Torabi, E.; Dedekorkut-Howes, A. y Howes, M. (2018). Adapting or maladapting: Building resilience to climate-related disasters in coastal cities. *Cities* 72 (2018) 295–309.

Varnes, D. J. (1978), Slope movements types and processes: Landslides analysis and control, *Transportation Research*, 11-33

van den Berg, M. y Coenen, F. (2012). Integrating climate change adaptation into Dutch local policies and the role of contextual factors. *Local Environment* Vol. 17, No. 4, 441–460.

Velden-Espinoza, F. (2018). Evaluación participativa de prácticas de adaptación al aumento en las temperaturas, olas de calor y lluvias extremas. Tesis de Maestría. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Zevallos, O. (2002). Ocupación de laderas e incremento del riesgo de desastres en el Distrito Metropolitano de Quito. *Memorias del Seminario: Gestión de riesgos y prevención de desastres* (pp. 106-117).