

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR TERREMOTO Y SUS FENÓMENOS ASOCIADOS EN POBLACIONES DEL LITORAL DE NARIÑO.

*Henry Peralta⁽¹⁾, Jorge Arellano⁽²⁾, Andrés Leusson⁽²⁾, Johanna Quiñones⁽²⁾,
Robin Camacho⁽²⁾, Lina Llanos⁽¹⁾, Jorge Mendoza⁽¹⁾.*

Dirección general: Hansjürgen Meyer⁽¹⁾, Andrés Velásquez⁽¹⁾.

RESUMEN.

Una evaluación de la vulnerabilidad física de cinco cabeceras municipales (Tumaco, Mosquera, Olaya Herrera, El Charco, Francisco Pizarro) y 29 corregimientos del Litoral Nariñense, se realizó a partir de la determinación del grado de exposición y resistencia de viviendas, sistemas urbanos - líneas vitales y edificaciones esenciales, frente a la vibración sísmica, licuación e impacto por olas de tsunami. Se obtuvo que la mayoría de las poblaciones presentan una exposición alta y generalizada a los tres fenómenos y que las instituciones y la comunidad tienen un bajo nivel de preparación para enfrentar los desastres. Con base en estos resultados, se recomendó la formulación de un *Programa de Mitigación de Riesgos para el Litoral de Nariño* con cinco estrategias, para planes de contingencia y ajustes de planes de ordenamiento territorial, que abarcan lo científico técnico; la educación sobre los fenómenos naturales amenazantes y las formas prácticas de intervenir los riesgos; la planificación urbanística y usos del suelo; el reasentamiento de poblaciones más expuestas a tsunami y el reforzamiento de los elementos expuestos, como insumo para planes de contingencia y el ajuste de los planes de ordenamiento territorial.

SUMMARY.

An evaluation of the physical vulnerability of five municipalities (Tumaco, Mosquera, Olaya Herrera, El Charco, Francisco Pizarro) and 29 small towns in the coast of Nariño department was carried out. It includes evaluation of both exposure degree and resistance capacity of constructions, urban systems - vital lines and essential constructions in relation with three phenomena: shaking of soils, liquefaction and impact by tsunami. It was found that the most of population is under high degree of exposure to the three phenomena, and that the institutions and the community have low degree of preparation in case of disaster. As a result from this evaluation a formulation of a Risk Mitigation Program for Nariño coast is recommended, including five strategies, for contingency plans and the adjustment of territorial classification plans, which cover scientific and technical aspects; education program on hazardous natural phenomena and practical ways to handle risk; urban planning and land use; relocation of the population under higher degree of exposure to tsunami and reinforcement of elements exposed.

⁽¹⁾ Universidad del Valle. Observatorio Sismológico del Suroccidente - OSSO. A. Aéreo 25360; Tel. (92) 339 7222, 330 1661; Fax (92) 3313418, Cali - Colombia. E-mail: heperalt@osso.univalle.edu.co; llllanos@osso.univalle.edu.co; jomendoz@osso.univalle.edu.co; hjm@osso.univalle.edu.co; ave@osso.univalle.edu.co

⁽²⁾ Grupo de apoyo técnico local, Tumaco. Centro comercial Miramar local 103. E-mail: jorarellanog@hotmail.com; andresleusson@hotmail.com; johanamq@hotmail.com; roccaic@hotmail.com

INTRODUCCIÓN.

En el marco del Programa de Fortalecimiento de la Prevención y Mitigación de Riesgos por Terremoto en Tumaco y municipios costeros de Nariño, liderado y financiado por el gobierno nacional a través de la Dirección General para la Atención y Prevención de Desastres (Ministerio del Interior y de Justicia), la Corporación Observatorio Sismológico del SurOccidente realizó, mediante el Convenio de Cooperación N° 1005-04-408/2002 con el Fondo Nacional de Calamidades, el proyecto "Evaluación de la vulnerabilidad física por terremoto y sus fenómenos asociados en poblaciones del Litoral de Nariño" .

Los fenómenos naturales para los cuales se realizó esta evaluación fueron la vibración por terremoto y los eventualmente fenómenos asociados de licuación de suelos e impacto/inundación por olas de tsunami; para estos fenómenos se dispuso de modelos regionales y locales relativamente avanzados.

El estudio se realizó para identificar la vulnerabilidad relacionada con el fenómeno más probable y severo que pueda afectar las viviendas, sistemas urbanos - líneas vitales y edificaciones esenciales, como una componente indispensable en el planteamiento de acciones de mitigación factibles en el corto, mediano y largo plazo. A su vez, este estudio sirve como insumo para la formulación de planes de contingencia y el ajuste de los planes o esquemas de ordenamiento territorial (POT - EOT) de los municipios evaluados.

1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

1.1. Localización general.

El Departamento de Nariño está localizado al suroccidente de Colombia, entre los $0^{\circ} 18'$ y $2^{\circ} 42'$ de latitud norte, y $76^{\circ} 47'$ y 79° de longitud oeste, ocupando un área aproximada de 30 770 km².



Figura 1. Localización general.

1.2. Descripción.

El proyecto cubre el área urbana de Tumaco, conformada por las islas de Tumaco y El Morro y la Zona Continental; las cabeceras municipales de Francisco Pizarro, Mosquera, Olaya Herrera, El Charco y 29 corregimientos costeros. La zona de estudio se extiende desde el corregimiento Vaquería Gran Colombia, ubicado al suroccidente del Litoral Nariñense, hasta la cabecera municipal de El Charco. Esta extensión equivale a unos 210 km lineales, los cuales corresponden aproximadamente a una quinta parte de la Costa Pacífica colombiana; con excepción de Buenaventura, esta es la porción más poblada del Litoral desde la época de la colonia.

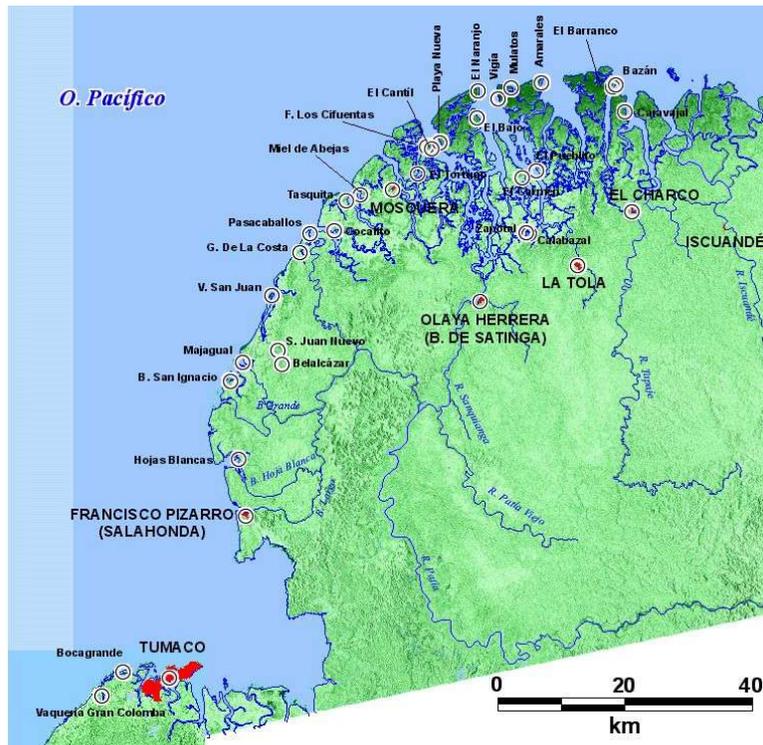


Figura 2. Zona de estudio.

2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.

Está basada en dos criterios que permiten evaluar la vulnerabilidad física de las poblaciones de manera cualitativa y con un nivel intermedio, es decir, sin llegar al grado de detalle de evaluaciones estructurales puntuales y funcionales de los componentes estudiados. Uno de los criterios es la determinación del grado de exposición de los elementos, a partir de su localización en áreas de menor o mayor amenaza, definidas con base en los escenarios exposición construidos a partir de cartografía temática (licuación e inundación), información histórica y trabajo de campo. El otro, es la resistencia de estos elementos frente a los fenómenos evaluados,

medida a partir de sus características constructivas y estructurales, edad, estado de conservación, materiales y disposición sobre los terrenos donde se emplazan. Estos criterios requieren conocimientos sobre variables ambientales, de emplazamiento de los elementos expuestos y grado relativo de resistencia, con base en secuencias de integración y comparación (cruce) de información, incluidas observaciones de campo que permiten identificar y asignar calificaciones de vulnerabilidad.



Figura 3. Aspectos de exposición y resistencia.

La metodología se caracteriza por ser rápida y sencilla, lo que permite identificar los componentes y entornos más vulnerables sobre los cuales se deben priorizar las acciones, ya sea para elaborar estudios más detallados o, para la intervención y acción por parte de actores individuales, comunitarios e institucionales.

Tumaco se analizó por sectores atendiendo a las condiciones físicas - medioambientales y constructivas (posición con respecto al mar, inundabilidad, tipo de terreno, tipologías urbanísticas, materiales, alturas y cimentación de viviendas), resultando 34 sectores que fueron recorridos casi completamente, incluyendo conteo de edificaciones e inventario de aproximadamente el 80 % del total de edificaciones existentes, porcentaje que corresponde a más de 17 000 viviendas, de las cuales el 56 % son de madera en su mayoría palafíticas. De estos sectores, 17 se encuentran en la Isla de Tumaco, 11 en El Morro y seis en la Zona Continental. En la Figura 4 se presenta de manera gráfica la ubicación de los sectores en el área urbana de Tumaco.

Las demás cabeceras fueron sectorizadas con base en criterios ambientales y de acuerdo con las principales tipologías constructivas mediante reconocimiento de campo y/o aéreo. La Figura 5 muestra como ejemplo, el caso de la población de Mosquera localizada al norte de Nariño.

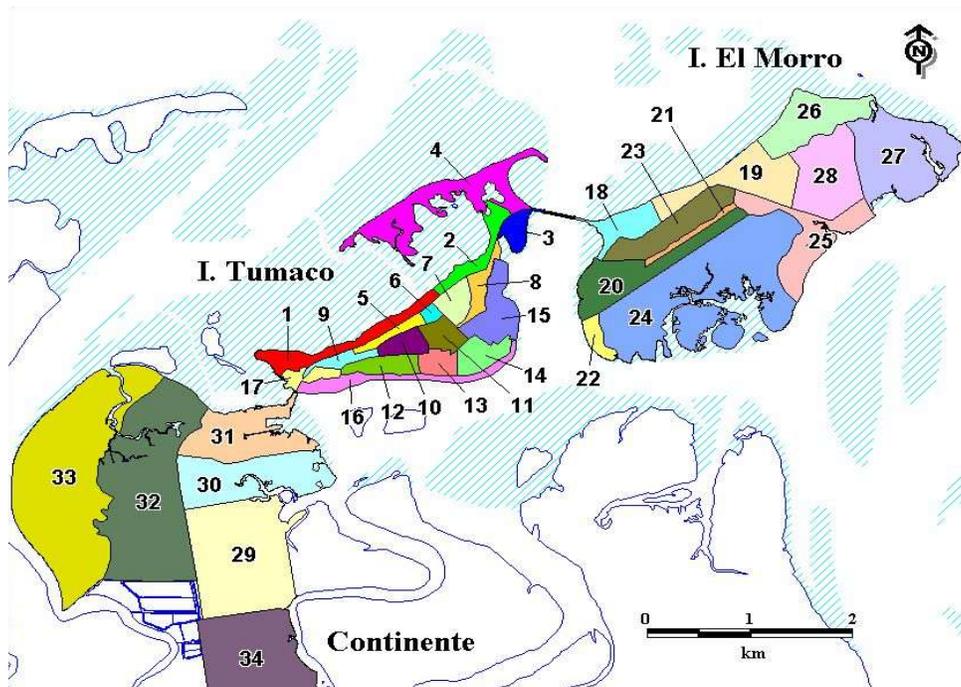


Figura 4. Sectorización de Tumaco.



Figura 5. Sectorización de la cabecera municipal de Mosquera.

Finalmente, se realizó una Zonificación Regional, preliminar e indicativa, de la exposición frente al impacto e inundación por tsunami con base en la cartografía generada a partir de imágenes de radar, testimonios históricos y criterios fisiográficos y geomorfológicos. La primera zona, corresponde a una exposición de Muy Alta a Extrema (MA-E), definida para todas aquellas poblaciones localizadas frente al mar o en bocanas de un kilómetro o mas de ancho, con o sin barreras naturales de protección, en las que existen grandes áreas de manglar y se presenta una completa influencia de la marea. En particular, una exposición Extrema hace referencia a poblaciones sin ninguna protección.

La segunda zona, corresponde a una exposición de Media a Alta (M-A), conformada por poblaciones ribereñas ubicadas en el inicio de las bocanas anchas y el inicio de las tierras bajas de selvas inundables de guandales y natales, influenciadas por la marea. La última, está definida para una exposición Baja (B), zona que abarca las áreas ribereñas de esteros y ríos estrechos, en las que predominan los sedimentos aluviales y elevaciones superiores (aproximadamente por encima de los 4 msnm). En esta zona, la marea influye en los ríos hasta mas arriba de las cabeceras municipales Bocas de Satinga, La Tola y El Charco. La Figura 6 presenta de manera gráfica la zonificación del territorio evaluado.

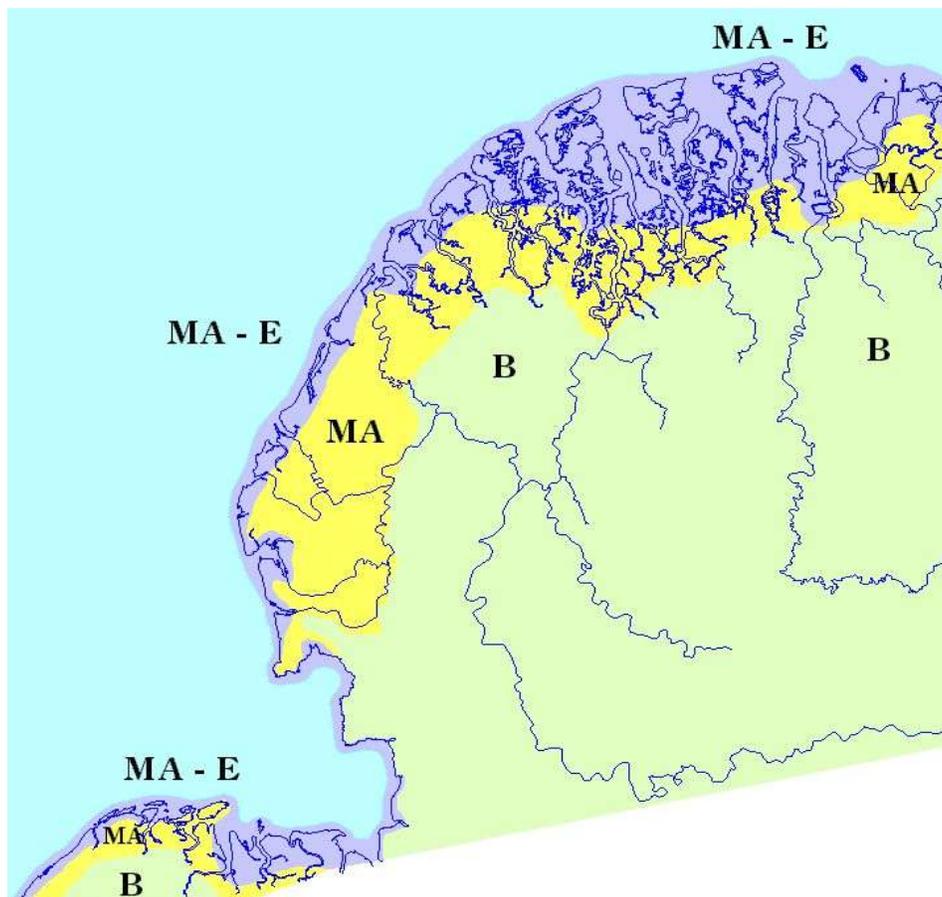


Figura 6. Zonificación regional de la exposición por impacto e inundación por tsunami.

3. RESULTADOS.

Los resultados obtenidos en esta evaluación son cualitativos y por lo tanto, solo pueden tomarse como indicativos de la vulnerabilidad física frente a cada uno de los fenómenos evaluados. Se presentan como una contribución inicial de conocimiento a la toma de acciones sociales, comunitarias e institucionales, para la reducción de riesgo por terremoto y sus fenómenos asociados en las poblaciones estudiadas del Litoral de Nariño.

El grado de exposición por vibración sísmica de las viviendas, sistemas urbanos/líneas vitales y edificaciones esenciales, es alto y generalizado en la mayoría de las poblaciones analizadas, debido a que éstas se emplazan sobre una zona de amenaza sísmica alta, que puede estar sometida a aceleraciones del terreno del orden de 0,40 g de acuerdo con la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-98, aunada al hecho que todas las poblaciones están localizadas sobre terrenos recientes como barras e islas de arena y depósitos aluviales. Además, se encontró que los elementos expuestos poseen una alta vulnerabilidad por resistencia, reflejada en las deficiencias constructivas y estructurales de viviendas en madera y ladrillo o concreto, infraestructura de vías y transportes y edificaciones esenciales. La Figura 7 se muestran dos fotografías en las que se puede observar el deterioro de una vivienda en madera típica de la región.



Figura 7. Vivienda en madera deteriorada.

Alrededor del 80 % de las poblaciones estudiadas, presentan un grado de exposición entre alto y extremo al impacto e inundación por tsunami, debido a que están desprovistas de protección como bajos o bosque, porque la forma de la costa es desfavorable, no disponen de sitios altos para refugio y no tienen áreas de evacuación (p. ej. Villa San Juan, Vigía, Amarales; Mulatos, entre otros). El 20 % de las poblaciones restantes poseen un grado de exposición por impacto a tsunami menor, debido a que están alejadas de la costa, por lo general al interior de ríos y esteros. Sin embargo, presentan un grado de exposición alto a muy alto por seiches (olas de tsunami que avanzan río arriba), que pueden provocar inundaciones (p. ej. El Charco, La Tola, Bocas de Satinga). Las Figuras 8 y 9 corresponden a dos fotos en las que se presentan dos casos particulares de exposición al impacto de tsunami.



Figura 8. Exposición directa al impacto de tsunami, en el Sector 1 de la Isla de Tumaco.



Figura 9. Exposición directa al impacto de tsunami del corregimiento Villa San Juan.

Por otro lado, las instituciones y la comunidad tienen un bajo nivel de preparación para enfrentar los desastres, evidenciado en el desconocimiento de sus amenazas, vulnerabilidades y riesgos; en la falta de planificación del territorio por parte de las municipalidades y en la insuficiente dotación de los organismos de atención para atender situaciones de emergencia.

También se encontró que los sistemas de saneamiento y servicios básicos (abastecimiento de agua, disposición de aguas residuales y residuos sólidos, energía y telecomunicaciones) en la mayoría de las poblaciones son ya un "verdadero desastre", lo cual se sustenta en que muchos de estos sistemas nunca funcionaron, no funcionan en la actualidad, o, si funcionan parcialmente, son muy vulnerables a los efectos de próximos terremotos.

Datos derivados del Proyecto señalan que la densidad de viviendas de la isla de Tumaco ha aumentado, que en algunos sectores el número de viviendas en material se ha multiplicado 6,6 veces con respecto a datos de 1984 y que las condiciones de vulnerabilidad son muy altas, especialmente en los Sectores 1 y 2 (Avenidas La Playa y Los Estudiantes), 9, 10 y 11 (relleno de antiguo estero), 15 (Puentes) y 16 (Calle del Comercio). En estos sectores se concentraron los daños en 1979, los mismos que se incrementarán notablemente en un futuro terremoto.

La vulnerabilidad de algunas instituciones es muy alta, destacándose el Cuerpo de Bomberos, el Hospital San Andrés de Tumaco y las escuelas públicas.

4. SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO.

Como parte del desarrollo del proyecto, desde el inicio se realizó la socialización de éste con entidades públicas y privadas, organismos de prevención de desastres, municipalidades y comunidad en general, mediante programas de televisión, comunicación escrita, entrevistas personales y, en algunos casos, con reuniones con los directivos de las instituciones, además de talleres de socialización y exposiciones sobre tipos de suelos y de construcciones y formas de intervenir la vulnerabilidad de viviendas, utilizando de manera didáctica maquetas de viviendas palafíticas típicas de la zona. La Figura 10 muestra los modelos y maquetas empleados en el proceso de socialización.



Figura 10. Modelos didácticos para explicar la vibración del terreno (mesa sísmica), la licuación (cajas de arena) y el arriostramiento de viviendas (maquetas).

Los resultados de esta evaluación se sintetizaron en carteles educativos (numerados de 1 a 10), que servirán para que la comunidad realice el reconocimiento de su territorio, sus riesgos y la forma de intervenir su vulnerabilidad.

5. ESCENARIOS DE VULNERABILIDAD.

5.1. Históricos.

El Litoral se encuentra asentado sobre una de las fuentes sísmicas donde se presentan terremotos de grandes magnitudes con alto potencial tsunamigénico, la Zona de Subducción del Pacífico (Meyer, 1990; Meyer & Velásquez, 1992). Esta fuente sísmica causó los dos sismos más grandes conocidos en la historia de Colombia en enero de 1906 con $M = 8,4$ y en diciembre de 1979 con $M = 8,1$ (Okal, 1992). En ellos ocurrieron los tres tipos de fenómenos asociados: vibraciones fuertes del terreno, licuación de suelos y tsunami. En la Figura 11 se muestra la actividad sísmica de la región.

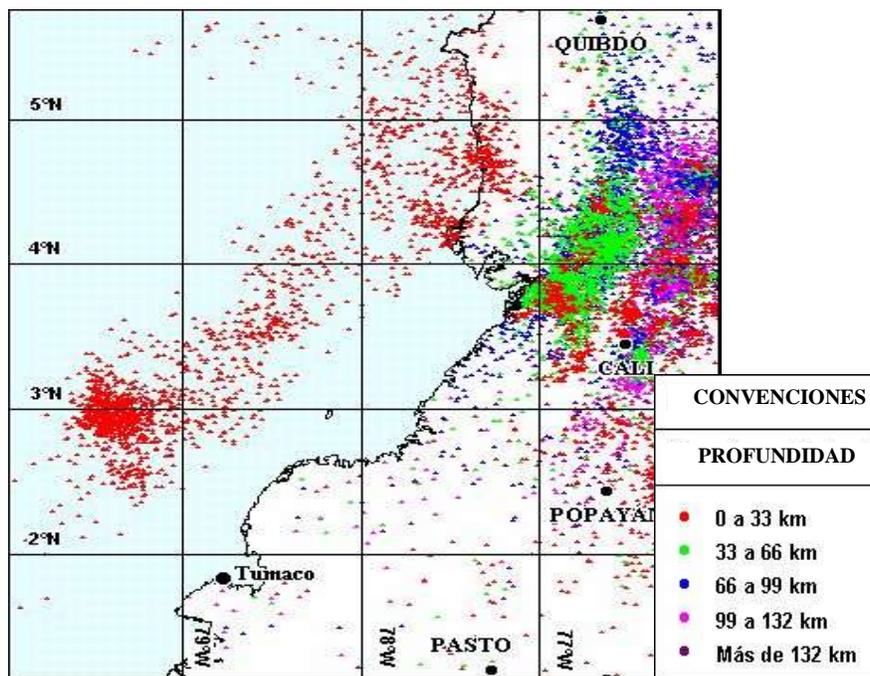


Figura 11. Epicentros de sismos (OSSO, 2003).

El terremoto del 12 de diciembre de 1979, aunque de menor duración que el de 1906, también causó vibraciones muy fuertes, a tal punto que nadie podía permanecer en pie. De casi todas las localidades costeras no se tiene noticia de los efectos de las vibraciones sísmicas, pues sobre éstos se superpuso el tsunami, tanto en 1906 como en 1979, de tal manera que los reportes se concentran en él. Para El Charco se sabe que las vibraciones causaron la destrucción de una

plataforma de concreto sobre pilotes bajo en la que se encontraban muchos pobladores que llegaban de madrugada con mercancías a la población, esperando el mercado de ese día y que la mayoría de ellos murieron (Arellano, 2003).



Figura 12. Destrucción de vivienda palafítica durante el terremoto de 1979.

Por otro lado, el fenómeno de licuación no es estacionario en el tiempo, depende de factores como la profundidad del nivel freático, a su vez influenciado por el régimen de la marea y por la ocurrencia de lluvias prolongadas y saturación de los suelos, por cambios en las barras y bajos de arena producto de las corrientes fluviales y litorales y por la ejecución de rellenos. La Figura 13 muestra la situación en 1906, cuando la actual isla Tumaco estaba conformada por dos barras separadas por un estero.

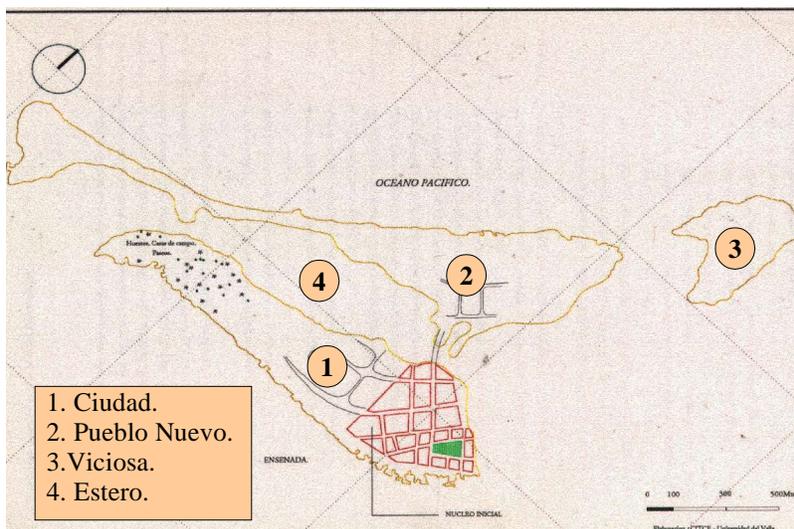


Figura 13. Tumaco 1906 - 1930.

La Figura 14 muestra que el estero fue rellenado, las islas Tumaco y Viciosa se unieron mediante rellenos y parte de las áreas de manglar en el Morro y Continente también fueron rellenadas. En las demás cabeceras municipales y en los corregimientos también es frecuente encontrar rellenos, incluidos rellenos de basuras o de residuos de aserríos, sobre los cuales se construye.

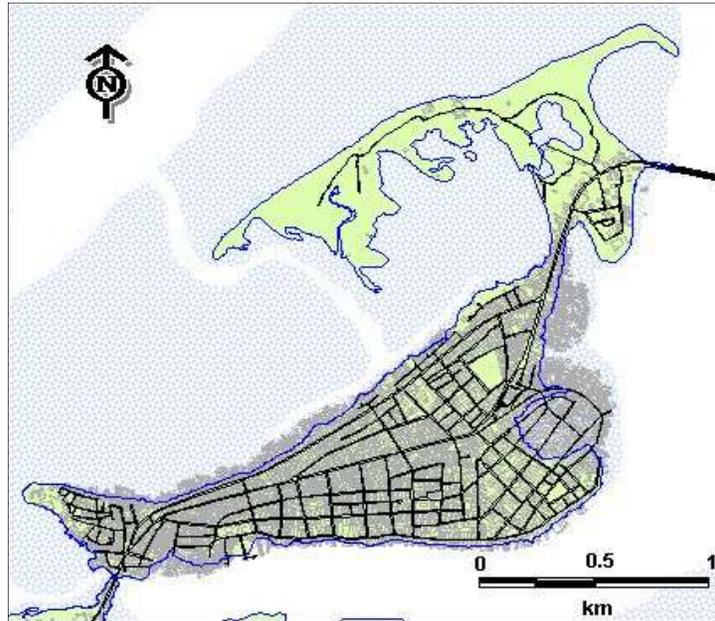


Figura 14. Isla de Tumaco, 2002 (CCCP, 2002) .

Así, la licuación de los suelos se constituye en uno de los fenómenos asociados a un sismo con alta probabilidad de ocurrencia dentro de las poblaciones evaluadas, debido a que la mayoría de éstas están emplazadas sobre arenas no cohesivas saturadas de agua, que durante vibraciones sísmicas fuertes pierden su resistencia y capacidad portante. Esta situación de alta probabilidad, se evidenció en la concentración de licuación en rellenos de tipo artificial, el agrietamiento de los suelos, hundimiento de las cimentaciones y extrusión de arenas y lodos durante el evento de 1979. Actualmente, las zonas que podrían presentar un alto grado de licuación son más que las identificadas en los eventos anteriores, lo cual se sustenta en que la probabilidad de ocurrencia de licuación está en continuo crecimiento debido a los procesos de crecimiento y desarrollo sobre terrenos de relleno de tipo artificial (Meyer, 1997). La Figura 15 muestra que algunas de las zonas, consideradas como de expansión, se están rellenando con residuos sólidos.



Figura 15. Rellenos de basuras, sectores de expansión urbana en la Zona Continental, 2003.

Según Herd et al. (1981) durante el terremoto de 1979 se presentaron hundimientos del terreno en las poblaciones evaluadas así: Tumaco, 15 - 30; Canal de acceso al puerto de Tumaco, 50; Guapi, 25 -30; Bazán, 40 - 45; El Charco, 50 - 60; Isla Gorgona, 80; San Juan de la Costa, 120 - 160; Bocana de Rompido (en el extremo norte de la barra de Boca Grande), 60; medida en cm.

En ambos terremotos fueron comunes los corrimientos laterales de terrenos, por ejemplo en cercanías de cauces de ríos y el surgimiento de chorros de arena y agua producto de las presiones que generan las vibraciones sísmicas sobre suelos arenosos saturados (licuación).

En relación con el tsunami, las poblaciones asentadas a lo largo de la Costa Pacífica colombiana, además de presentar una alta amenaza sísmica, están expuestas a fuentes de tsunami cercanas y lejanas (Caicedo et al., 1996). Según Meyer (1990), los sismos generados en la fuente cercana en los años de 1906 y 1979 son considerados, entre los eventos más grandes del siglo pasado cuyo impacto abarcó, en el primer caso, toda la costa colombiana y en el segundo causó una seria destrucción en los departamentos de Nariño, Cauca y una parte del Valle del Cauca.

Dos casos particulares de afectación por estos sismos corresponden a la doble desaparición en el siglo pasado de la Isla El Guano, localizada frente a la Isla de Tumaco, y de la población de San Juan de la Costa, ubicada al norte de la ensenada de Tumaco (Meyer, 1990; Meyer & Rodríguez, 1997).

En la Figura 16 se muestra el caso de la población San Juan de la Costa, que desapareció por el impacto del tsunami generado por los terremotos de 1906 y 1979 (Meyer,1997) y que se asentó detrás de la barra de arena donde se localizaba el antiguo San Juan. La acción del mar años mas tarde (1995) ocasionó el desplazamiento de las personas hacia otros sitios como Belarcazar y San Juan Nuevo.



Figura 16. San Juan de La Costa desaparecido en 1906 y 1979 (1988).

Adicionalmente, en la Figura 17 se presentan dos croquis de la isla de Tumaco antes y después del tsunami de 1979. En estos mapas se puede observar la desaparición de la isla El Guano por el tsunami y el cambio en la playa de la isla El Morro por los efectos de las corrientes de agua.

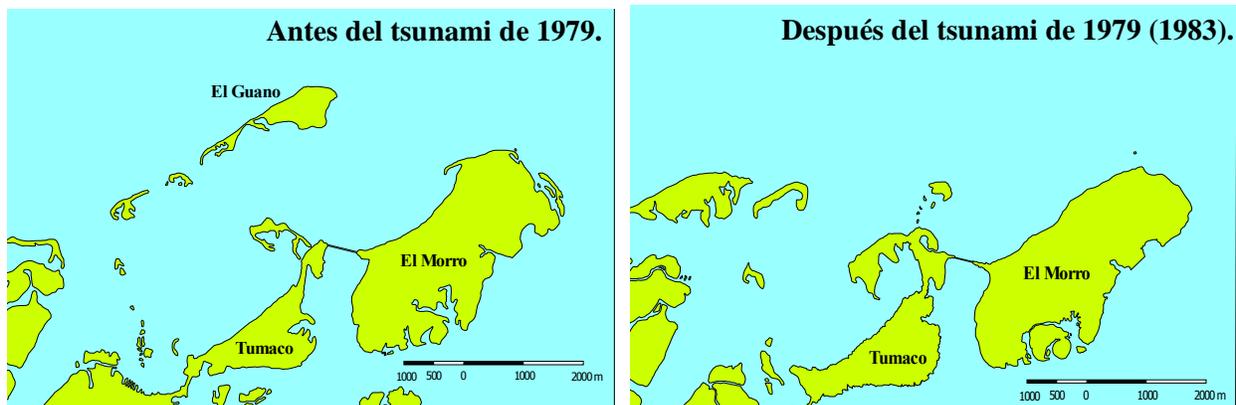


Figura 17. Isla de Tumaco antes y después del tsunami de 1979.

El impacto del tsunami de 1906 implicó que casi todos los poblados se retiraran del mar, se localizaran tierra adentro, en esteros resguardados por barras o bosques de manglar y que la actividad económica pasara de ser "marismera" a actividades agrícolas (Mosquera et al, 1999). Sin embargo, como lo señalan estos mismos autores, "... aquellos pobladores más recientes de los nuevos asentamientos surgidos durante el siglo XX, parecen haber olvidado y despreciar los riesgos que obligaron a sus abuelos a abandonar las playas".

El escenario de daños y pérdidas de vidas por el tsunami de 1979 fue comparativamente menor, a pesar del mayor número de pobladores y, especialmente, de la mayor exposición por la ocupación casi total de la isla norte. En primer lugar, el terremoto y tsunami generado en 1979 fueron mucho menores en magnitud, extensión regional y alturas de las olas. En segundo lugar, también ocurrió en marea baja, por lo que el nivel del mar estaba unos cuatro metros por debajo del nivel de marea alta y, en tercer lugar, porque el bajo de El Guano y El Bajito se habían recuperado desde su destrucción en 1906 y volvieron a servir de barrera para las olas. Durante este evento las olas alcanzaron a llegar a Tumaco pasando la Avenida La Playa e inundando las viviendas localizadas en su costado sur. En esta época la avenida bordeaba la playa sobre la cual no había, como hoy, viviendas ni otro tipo de edificaciones.

De acuerdo con Meyer (1997), la exposición por tsunami es variable en el tiempo dependiendo de los niveles de marea registrados y los cambios de morfología costera, determinados por la interacción de procesos geológicos, marinos, fluviales y biológicos.

5.2. Actuales.

Las condiciones históricas de exposición de Tumaco y los municipios de la franja costera del Departamento de Nariño frente a la amenaza sísmica y sus fenómenos asociados - vibración, licuación y tsunami-, sumado al acelerado crecimiento demográfico de la población y urbanización (p.ej., el sobrepoblamiento de la isla de Tumaco y una progresiva ocupación de zonas de mayor exposición a los fenómenos de tsunami y licuación, como lo muestra la Figura 17), permiten construir escenarios definiendo así un cuadro de manifestaciones de posibles consecuencias por el impacto de un fenómeno natural.

5.2.1. Abanico de escenarios.

En las actuales condiciones de poblamiento los escenarios de vulnerabilidad y riesgo dependen también, de las características del fenómeno causante. Teniendo en cuenta la magnitud de terremotos históricos se pueden considerar dos tipos de escenarios que a su vez pueden ocurrir en condiciones de marea baja, media o alta.



Figura 18. Sobrepoblamiento de la Isla de Tumaco, 2003.

El escenario más pesimista sería un terremoto extremo, como el de 1906, en condiciones de marea alta o media. Las vibraciones sísmicas por sí mismas causarían enormes daños en las construcciones actuales incluidas las de madera, por falta de amarres adecuados; la licuación abarcaría extensas áreas de bajamar, playas y barras hoy ocupadas y las olas de tsunami arrasarían la mayor parte de las poblaciones incluyendo Tumaco, aún con sus barreras naturales como El Guano y El Bajito. Las olas se remontarían por los ríos en forma de seiches y afectarían fuertemente las cabeceras municipales costa adentro. Aunque no se conoce el período de retorno para un sismo de esta naturaleza (que podría ser de siglos), lo cierto es que en las actuales condiciones el escenario sería catastrófico.

El escenario más optimista sería inducido por un terremoto como el de 1958 el que produciría daños en las edificaciones actuales de concreto y ladrillo y en muchas de las viviendas en madera menos resistentes, quizás con efectos concentrados en zonas de relleno (la mayoría de los cuales se construyeron en Tumaco después de 1958). Se esperaría licuación en terrenos de bajamar, playas y orillas de ríos, pero probablemente no se generaría un tsunami destructivo.

5.2.2. Escenario seleccionado.

Atendiendo recomendaciones del Programa Nacional de Prevención de Tsunami en la Costa del Pacífico, y con el fin de proponer medidas de mitigación en el corto y mediano plazo, se seleccionó un escenario intermedio entre los anteriores, inducido por un terremoto como el de 1979 en condiciones de marea media. Este escenario se puede sintetizar en los siguientes aspectos:

Vibraciones fuertes en toda la costa de Nariño que impiden a los habitantes mantenerse en pie; colapso parcial o total la mayoría de viviendas en ladrillo y concreto; agrietamientos en varias de las edificaciones esenciales y colapso de algunas de ellas; colapso por quiebre de pilotes de muchas viviendas de madera; inicio, poco después del comienzo de las vibraciones fuertes, de licuación de suelos en bajamar, en playas, orillas de los ríos y en rellenos; caída de postes de energía, cortocircuitos, apagón e incendios; daños severos en el sistema de acueducto, muchas roturas en la tubería matriz y desprendimiento de la barcaza de la bocatoma en el río Mira. Unos 15 minutos después ola de tsunami en la parte norte de la costa de Nariño que embate sobre las playas, islas y poblaciones cercanas a ellas arrasando con su impacto muchas viviendas; media hora después del sismo las olas llegan a Tumaco y, a pesar de perder fuerza y altura al chocar contra El Guano y luego contra El Bajito, embaten afectando y destruyendo edificaciones en los sectores frente al mar. El tsunami se propaga por esteros y ríos que inundan gran parte de El Charco y las demás cabeceras, incluyendo Bocas de Satinga e Iscuandé.

5.2.3. Escenarios por municipios.

La mayoría de las viviendas han sido construidas sin ningún tipo de normatividad sísmica, ni acceso a los recursos técnicos que requiere la aplicación de provisiones sismorresistentes. Por otro lado (¡he aquí una raíz cultural de la vulnerabilidad!) se observa a través de décadas recientes una creciente tendencia a reemplazar la madera por materiales rígidos, percibido esto como símbolo y sinónimo de "progreso"; estos materiales - de mayor peso, menor ductilidad y menor elasticidad -son inherentemente menos resistentes a vibración y requieren mayores niveles de tecnificación. La Figura 19 muestra el cambio de materiales flexibles por rígidos para la construcción de viviendas.



**Figura 19. Cambio de materiales flexibles por rígidos.
Viviendas sobre pilotes a) madera y b) concreto y ladrillo.**

El estudio partió de que las instalaciones críticas, hoy en día en su mayoría de materiales rígidos, si fueron diseñadas y construidas generalmente con provisiones de sismorresistencia y por tanto están en capacidad de cumplir con sus funciones propias y de atención a desastres aún después de un terremoto; no obstante, el estudio también prestó atención a vulnerabilidades

obvias (que no requieren de re-cálculo estructural). Sin embargo se observó durante el trabajo de campo que muchas de ellas presentan deficiencias constructivas, estructurales y regular estado de conservación, en especial las más antiguas.

Muchos factores de vulnerabilidad física son consecuencia de la falta de percepción y conocimientos mínimos sobre la respuesta de edificaciones a los sismos. Este diagnóstico conduce a una conclusión que justifica en buena parte el enfoque y propósito del Estudio: siendo con frecuencia tan elementales los factores de vulnerabilidad física (González,1991), su mitigación muchas veces es factible sin recursos exorbitantes.

6. RECOMENDACIONES: HACIA ESCENARIOS FUTUROS CON MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN.

El proyecto recomienda la formulación de un *Programa de Mitigación de Riesgos para el Litoral de Nariño* con las siguientes estrategias:

1. *Educativa sobre los fenómenos naturales amenazantes y las formas prácticas de intervenir los riesgos.* Diseño y aplicación de contenidos curriculares sobre el medio ambiente de la región y gestión de riesgos, como parte de la formación académica en escuelas y colegios.

2. *De planificación urbanística y usos del suelo.* Ajustes a planes de ordenamiento Territorial POT y EOT, teniendo como base los riesgos, amenazas y vulnerabilidades identificadas en la región.

3. *De reasentamiento de poblaciones más expuestas a tsunami.* Identificación de zonas más seguras dentro de la región, para reubicación de sectores o poblaciones. Recuperación y construcción de barreras naturales, para amortiguar el impacto de tsunami.

4. *De reforzamiento de viviendas.* Creación de incentivos para el reforzamiento de viviendas no expuestas a tsunami. Capacitación y actualización en construcción sismo-resistente a maestros de obra y constructores de la región.

5. *De reforzamiento de líneas vitales.* Disminución de la vulnerabilidad estructural y funcional de los sistemas de saneamiento y servicios básicos, infraestructura de vías y transportes, mediante programas de reforzamiento estructural, operación y mantenimiento.

6. *De reforzamiento de instalaciones esenciales.* Intervención estructural y no estructural de las edificaciones indispensables, de atención a la comunidad y de ocupación especial en toda la región.

7. *Científica y técnica.* Continuidad y mejoramiento del modelo de Tsunami, estudios de evaluación de cambios litorales multitemporales, sismicidad - modelo tectónico, estratigrafía (paleotsunami, paleosismicidad), medidas geodésicas - interferometría para el levantamiento

regional - subsidencias, evaluaciones in situ de terrenos (para mejorar las zonificaciones realizadas en las cabeceras municipales), entre otras.

Se espera que las actividades derivadas de este Programa se conviertan en dinamizadoras de la economía regional.

7. AGRADECIMIENTOS.

El OSSO agradece a todas las instituciones de los municipios evaluados por su cooperación en el desarrollo de este estudio, y a la comunidad en general por hacerse partícipe del mismo, asistiendo a los talleres de socialización y dando sus testimonios sobre el terremoto del 12 de diciembre de 1979.

Nuestros mas sinceros agradecimientos van también al gobierno nacional, que a través de la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres lidera y promueve este tipo de proyectos en el Litoral de Nariño. Además, por la confianza depositada al solicitar esta evaluación, la oportunidad para mejorar los conocimientos de la región y poner sus experiencias al servicio de la comunidad del Litoral.

8. REFERENCIAS.

Arellano, J (2003). Comentarios sobre el terremoto del 12 de diciembre de 1979.

Asociación colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS (1997). *Norma colombiana de Diseño y Construcción Sismorresistente, NSR - 98 (Ley 400 de 1997).* Bogotá.

Caicedo, J; Martinelli, B; Meyer, H y Reyna, J (1996). "Simulaciones numéricas de propagación de Tsunami para la Costa Pacífica colombiana". Publicaciones sobre Tsunami en el Pacífico colombiano. Observatorio Sismológico del Suroccidente.

González, S (1991). *Estudio preliminar de vulnerabilidad sísmica de Tumaco. Programa para la Mitigación de Riesgos en Colombia.* Observatorio Sismológico del SurOccidente - OSSO. Cali.

Herd, D.; Meyer, HJ.; Arango, J.L. y Person, W (1981). "The great Tumaco, Colombia earthquake of 12 december 1979". *SCIENCE*, Vol. 211, N°. 4481, p. 441-445.

INTERA (1992). Imagen de radar del sector de Tumaco, escala 1:100 000.

Meyer, H (1990). "Desarrollo del Sistema Nacional de Alerta de Tsunami". *Memorias del VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnología del Mar.* Comisión colombiana de Oceanografía. Cali.

Meyer, H (1997). "Estado actual del conocimiento y control de riesgos causados por terremoto en la ciudad de Tumaco, Nariño". Informe presentado al Proyecto Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tumaco. Asesorías Municipales Ltda. Cali.

Mosquera, G; Aprile Gniset, J y Girón, M (1999). *Urbanismo y vivienda en las ciudades del Pacífico. El caso de Tumaco.* Investigación sistemas urbanos aldeanos del Pacífico. CITCE - UNIVALLE.

Okal, E. A (1994). "Use of the mantle magnitude M_m for the reassessment of the moment of historical earthquakes". *PAGEOPH*, Vol.139, No. 1, pp.17-57.

RADARSAT (1997). Imágen de radar del delta del Patía, escala 1: 100 000.