

# ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR TSUNAMI Y LICUACIÓN EN EL LITORAL DE NARIÑO

Andrés Velásquez<sup>(1,2)</sup>, Hansjürgen Meyer<sup>(1,2)</sup>, Henry Peralta<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidad del Valle, Observatorio Sismológico del Sur Occidente (OSSO) - Corporación OSSO,  
email: osso@osso.org.co

<sup>(2)</sup>Investigación realizada en el marco del Proyecto: “*Evaluación de la vulnerabilidad física por terremoto y fenómenos asociados en poblaciones del Litoral de Nariño*”, Convenio de Cooperación N° 1005-04-408 de 2002, entre el Fondo Nacional de Calamidades – Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres - DGPAD y la Corporación OSSO, con el apoyo del grupo OSSO de la Universidad del Valle.

## RESUMEN

Con base en cartografía generada a partir de imágenes de radar, fotografías aéreas, testimonios históricos, información documental, observaciones directas en terreno y criterios fisiográficos y geomorfológicos, se zonificaron las amenazas por tsunami y licuación en el Litoral de Nariño.

El Litoral y la llanura costera se zonificaron en tres franjas según su exposición a impacto/inundación por tsunami. La primera, con exposición de Muy Alta a Extrema (MA-E), corresponde a terrenos localizados frente al mar o en bocanas de un kilómetro o más de ancho, con influencia plena de las mareas, con o sin barreras naturales de protección (manglares). La segunda, con exposición de Media a Alta (M-A), conformada por los terrenos entre en el inicio de las bocanas anchas y, tierra adentro, hasta el inicio de las tierras bajas de selvas inundables de guandales y natales con influencia de mareas. La última, con exposición Baja (B), abarca las áreas ribereñas de esteros y ríos estrechos, en las cuales predominan sedimentos aluviales y mayores elevaciones (por encima de los 4 msnm).

Con base en observaciones directas y fotografías aéreas oblicuas de las áreas urbanas de Francisco Pizarro (Salahonda), Mosquera, Olaya Herrera (Bocas de Satinga), La Tola y El Charco, se produjeron delimitaciones de los terrenos en áreas de rellenos (generalmente desechos de aserrío y en algunos lugares de basuras), barras de arena, playas y sedimentos recientes en cercanías de los ríos, y áreas más firmes, alejadas de actuales drenajes.

Esta zonificación aporta una visión general a los municipios (en ninguno de los cuales se disponía de cartografía durante la realización del proyecto en el año 2003), sobre las principales amenazas derivadas de terremotos fuertes y provee insumos para el desarrollo o ajustes de los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) y para la formulación de planes de prevención y mitigación de riesgos. Para el manejo institucional y comunitario de riesgos asociados con tsunami y licuación se produjeron carteles educativos para cada cabecera y principales corregimientos.

*Palabras clave* - amenaza, licuación, Litoral de Nariño, riesgos, tsunami, vulnerabilidad, zonificación.

## **ABSTRACT.**

Based on cartography generated from radar images, aerial photography, historical testimonies, documental information, direct field observations and physiographical and geomorphological criteria, a zoning was made for the tsunami threat and for liquefaction in the seaboard of the Nariño region.

The seaboard and coastal plain were zonified in three stripes according to their exposure to impact/flooding of tsunami. The first one, with a Very High to Extreme exposure (MA-E), corresponds to terrains that are located in front of the sea or in river mouths of a kilometer or more in width, influenced completely by tides, with or without natural protection barriers (mangrove swamps). The second one, or Medium to High exposure (M-A), constituted by terrains lying between the beginnings of the wide river mouths and (going inland) the beginnings of the lower lands of floodable jungles on alluvium plains (“guandales” and “natales”) with an influence of tides. The last stripe, Low exposure or (B), covers the shores of estuaries and narrow rivers where alluvial sediments and greater elevations (4m above the sea level) predominate.

Based on direct observations and oblique aerial photographs of the urban areas of Francisco Pizarro (Salahonda), Mosquera, Olaya Herrera (Bocas de Satinga), La Tola y El Charco, a land delimitation was produced in areas with fillings (generally sawmill wastes and garbage in some places), sand bars, beaches and recent sediments near rivers and more steady areas, away from current drainages.

This zoning gives a general view for municipalities (none of which had available cartography during the realization of the project in the year 2003), on the main hazards derived from strong earthquakes, providing supplies for the development and/or adjustments of the Schemes of Territorial Legislation (EOT) and for the formulation of prevention and risk mitigation plans. Having the purpose of supporting the institutional and communitary management of the risks associated with tsunami and liquefaction, educative posters were produced and delivered to the main municipalities and municipality heads.

*Keywords* - Coastal Nariño, hazard, liquefaction, risk, tsunami, vulnerability, zoning.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Litoral de Nariño fue el escenario de dos grandes terremotos en el siglo pasado (1906 y 1979), cuyo origen muy cercano a la costa, por estar frente a la zona de subducción, produjeron no solo fuertes vibraciones sísmicas, sino también licuación y tsunami, siendo seriamente afectadas Tumaco y otras poblaciones vecinas como El Charco, Iscuandé y San Juan de la Costa, entre otras, (esta última arrasada en dos ocasiones por tsunami).

Dadas las condiciones de amenaza sísmica de la zona, la probabilidad de que ocurran simultáneamente los fenómenos debidos al terremoto - vibración, licuación y tsunami - como se presentó en 1906 y 1979 es alta (*Okal, 1992; Herd et al, 1981, Meyer, 1997*). La vulnerabilidad física de las poblaciones del Litoral es un factor del riesgo que continúa en aumento, por una combinación de factores tales como: acelerado crecimiento demográfico, pobreza, migraciones desde zonas rurales hacia las cabeceras municipales, crecimiento urbanístico desordenado, no planificado (como es caso del sobrepoblamiento de la isla de Tumaco), progresiva ocupación de zonas de bajamar, construcción de viviendas sobre rellenos de basuras y rellenos hidráulicos no técnicos.

## 2. ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Litoral de Nariño y especialmente Tumaco ha sido objeto de diversos estudios e intervenciones, principalmente desde el terremoto y tsunami de diciembre 12 de 1979. En la década de 1980 se creó el Plan de Desarrollo Integral de la Costa del Pacífico (*PLADEICOP, 1983*), que desarrolló actividades de mejoramiento urbano en diversos municipios. A finales de la misma década se realizó una evaluación de la vulnerabilidad sísmica (*González, 1991*) y un primer modelo de tiempos de llegada de olas de tsunami a Tumaco (*Duarte, 1994*). Con base en estos estudios y en la necesidad de mitigar el riesgo por terremoto y tsunami en la década de 1990 se creó la Corporación Colombia por Tumaco (*Meyer, 1997*) entre cuyos objetivos estaba la relocalización de los sectores poblados más expuestos a impacto por tsunami. Desde mediados de 1990 se han adelantado otros estudios sobre las características de los terrenos de Tumaco y mejores modelos de tiempo de propagación, alturas finales de olas y áreas de inundación por tsunami (*INGEOMINAS, 2003; DIMAR (CCCP), 2002; Martinelli, et al, 1996; Meyer & Caicedo, 1997*).

Con base en estos estudios en el año 2001, las instituciones participantes del Comité Técnico Nacional de Tsunami acordaron orientar esfuerzos hacia generar insumos para la gestión de riesgos realizando evaluaciones de vulnerabilidad y recomendaciones pertinentes, obviando el paso previo generalmente aceptado de realizar microzonificación sísmica, por la relativa homogeneidad de Tumaco (barra de arena y rellenos) y barras de arena, llanuras y zonas de manglar en las demás poblaciones.

A partir de lo anterior y por iniciativa del gobierno nacional a través de la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres – DGPAD del Ministerio del Interior y de Justicia, en el año 2003 se realizó el Proyecto: “Evaluación de la vulnerabilidad física por terremoto y fenómenos asociados en poblaciones del Litoral de Nariño” (Convenio de Cooperación entre el Fondo Nacional de Calamidades y

la Corporación OSSO con apoyo del grupo OSSO de la Universidad del Valle), con la finalidad generar insumos, información y estrategias para aportar a la gestión de riesgos por terremoto y sus efectos principales (vibraciones, licuación y tsunami).

### 3. OBJETIVOS

Zonificar asentamientos humanos (cabeceras municipales y corregimientos) en función del grado de exposición a impacto de tsunami, emplazamiento sobre terrenos con potencial de licuación y tipologías constructivas en términos de mayor vulnerabilidad a estos fenómenos y a la vibraciones sísmicas.

Generar insumos para los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT).

Generar y socializar opciones de medidas y actividades de mitigación de riesgos aplicables al contexto de la región de estudio, incluyendo insumos para un Plan de Contingencia en Tumaco.

En este trabajo se presentan los resultados de zonificación por exposición a tsunami y zonas con mayor potencial de licuación. El documento completo, que incluye sectorización de Tumaco en términos de tipologías constructivas, evaluación de vulnerabilidad de sistemas vitales y edificaciones esenciales se encuentra en OSSO – DGPAD (2003) y un resumen ejecutivo del mismo está disponible en <http://osso.univalle.edu.co>

### 4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

#### 4.1 Localización general

El Departamento de Nariño está localizado al suroccidente de Colombia, entre los 0° 18' y 2° 42' de latitud norte, y 76° 47' y 79° de longitud oeste, ocupando un área aproximada de 30 770 km<sup>2</sup> (figura 1).

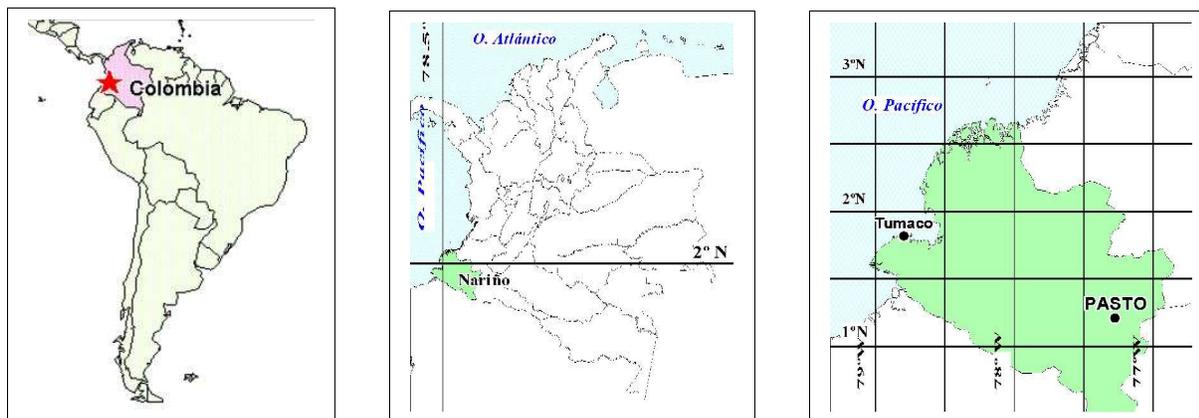


Figura 1. Localización general.



Las fuertes corrientes oceánicas y los procesos fluviales interactúan para crear y destruir permanentemente formaciones costeras, ayudados por las mareas, por lo que el Mangle (la especie vegetal más abundante en la zona) evita o disminuye la erosión de la costa, debido a que él atrapa entre sus raíces, los limos y arenas que transporta el mar y los ríos, creando y consolidando miles de kilómetros cuadrados de nuevas tierras (*Meyer & Rodríguez, 1997*). En la región sobresale una franja de rocas del Terciario en los municipios Olaya Herrera - Salahonda y la porción Norte de la Isla El Morro en la cabecera municipal de Tumaco (*INGEOMINAS, 1988*). El gran creador de terrenos en estas costas no es en sí el proceso geológico que domina en otras regiones, sino principalmente la interacción de procesos físicos y biológicos actuales, superficiales, rápidos, variables y además influenciados por el Ser Humano (*Prahl, Cantera & Restrepo, 1990*).

Igualmente la tierra sólida participa con la dinámica propia de una zona de subducción con grandes terremotos y movimientos verticales de la Corteza, seculares e instantáneos; y ésta a su vez interactúa con el océano, en la generación de tsunamis o maremoto, con olas que pueden alcanzar hasta de más de cuatro metros de altura (*Meyer & Rodríguez, 1997*).

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Zonificación de la amenaza por tsunami (adaptado de *Meyer & Velásquez, 1992*).

Para la zonificación de la amenaza por tsunami por impacto e inundación, se consideró la presencia de bajos, forma de la línea de costa, distancia a la playa, existencia o no de protección por bosque, topografía y áreas de evacuación.

En los *Bajos* se disipa gran parte de la energía con la que llega la ola de tsunami a la costa; su presencia impidió que en 1906 y 1979 Tumaco fuera severamente afectado (protegido por la Isla del Guano), mientras que San Juan de la Costa, desprovisto de esta defensa, fue arrasado en las dos ocasiones (*Meyer, 1997*). La *Forma de línea de costa* es un factor que modifica la concentración de energía hidráulica, la altura de las olas de tsunami y la intensidad de éste; por ejemplo, costas en forma de "U" o "V" incrementan la altura de la ola mientras que bahías con entrada estrecha pueden atenuarlas (*UNDHA/GENEVA, 1994; Meyer, 1997*).

La distancia a la playa, topografía y existencia de protección por bosque (p. ej. Manglar), son factores que modifican el grado de afectación por tsunami de un asentamiento. Una población que esté alejada de la playa y localizada en sitios topográficamente altos, con barreras de vegetación boscosa, se verá menos afectada que una sin estas características. La disponibilidad y cercanía de áreas de evacuación permite a la comunidad dirigirse hacia lugares más seguros, como colinas, zonas despejadas y ubicadas en zonas no inundables, que además puedan servir como helipuertos para acciones de socorro.

## 5.2 Asignación de calificación

A cada una de las características se le asignó una calificación de cero (0) cuando corresponden a situaciones desfavorables y uno (1) cuando favorables, es decir, mitigadoras. También, se asignó un rango de valores entre cero y uno (0 -1) a los bajos de rompiente poco definidos según la observación y a poblados parcialmente protegidos por bosque y/o localizados sobre llanuras a más de 5 msnm, distribuidos entre la playa y el interior

Después de definir las calificaciones para cada característica considerada, se realizó el conteo de aquellas que tuvieran una calificación desfavorable (0) y se definió el grado de exposición de acuerdo con el valor obtenido. Por ejemplo, si una población presenta una calificación de cero en cinco de las características consideradas, su grado de exposición equivale a una calificación total de cinco, es decir, Muy Alto. Por el contrario, si esta misma población tiene cuatro condiciones desfavorables (0) y una intermedia (0-1), su grado de exposición estará definido entre los valores de cuatro (4) y cinco (5), lo cual representa una exposición de Alta a Muy alta (Tabla 1)..

En el área de estudio todas las poblaciones tienen exposición a tsunami, por su localización frente al mar o en orillas de esteros y ríos en los cuales se producen inundaciones por acción del remonte de las olas aguas arriba (seiches). Sin embargo, el déficit de información batimétrica detallada y la complejidad de las refracciones y reflexiones de las olas en los esteros, ríos, islas e islotes de la región hacen muy difícil generar modelos de distancias de propagación y alturas de los niveles de inundación en estas condiciones.

Tabla 1. Calificación de exposición por tsunami.

<b>GRADO DE EXPOSICIÓN</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
No expuesto	0
Mínimo	1
Bajo	2
Mediano	3
Alto	4
Muy alto	5
Extremo	6

## 5.3 Zonificación por licuación

Las cabeceras municipales de Francisco Pizarro (Salahonda), Mosquera, Olaya Herrera (Bocas de Satinga), La Tola y El Charco, se delimitaron por sus características geomorfológicas predominantes observadas en campo y en fotografías aéreas oblicuas. Se produjeron zonificaciones indicativas que

incluyen áreas de rellenos, barra de arena y sedimentos más recientes urbanizados en cercanías de los ríos, que en principio son más propensas al fenómeno de licuación.

Para el caso de Tumaco el OSSO aportó la información histórica de testimonios de licuación ocurrida en terremotos anteriores, la cual el INGEOMINAS (2003) integró con los resultados de mediciones y ensayos geotécnicos para la zonificación geotécnica por licuación del área urbana de Tumaco y sus zonas aledañas.

## 6. DATOS

### *6.1 Información histórica y documental*

Se utilizaron estudios y modelos previos ya referenciados en Antecedentes, información cartográfica, documental y gráfica de archivo del OSSO y entrevistas a diversos pobladores e instituciones de la región.

### *6.2 Aerofotografías e imágenes de radar*

Los insumos para la zonificación variaron de un municipio a otro. Así, para Tumaco incluyó los mapas de inundación por impacto de tsunami en marea media y de zonas intermareales (*DIMAR (CCCP)*, 2002) y el mapa de potencial de licuación de suelos (mapa de integración de los estudios de INGEOMINAS, DIMAR y OSSO, 2002). La zonificación del resto de poblaciones se hizo con base en imágenes de radar RADARSAT 1 e INTERA del Litoral de Nariño (esta imagen de radar debió ser tomada en marea alta porque no se observa el bajo de El Guano), de mayo 15 de 1997 y julio de 1992, respectivamente, y el trabajo de georreferenciación y fotografías aéreas desarrollado durante el proyecto, debido a que no se contó con información cartográfica ni de las amenazas en estas poblaciones.

Las fotografías aéreas utilizadas para la delimitación de los terrenos en las cabeceras municipales objeto de estudio, para la zonificación de la amenaza por licuación, fueron tomadas en marea baja el 30 de julio de 2003, a una altura de vuelo entre 700 y 1000 pies

Para el análisis de la amenaza por tsunami en el Litoral de Nariño se elaboró un “radarmapa” (figura 2) a partir de imágenes de radar (satelitales y aerotransportadas) que permiten tener una visión del territorio libre de la nubosidad frecuente en esta zona durante la mayor parte del año. Originalmente estas imágenes son en tonos de gris, pero con la ayuda de equipos de cómputo y programas especializados se les dio el color verde típico de la zona del Pacífico. La ubicación de las poblaciones evaluadas y las cabeceras municipales se hizo con la ayuda de un equipo de posicionamiento global por satélite con precisión de 15 metros, aproximadamente; las demás poblaciones y sitios, así como los nombres de los ríos, bocanas, puntas, playas, etc., fueron tomados de cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

### **6.3 Trabajo de campo y georreferenciación**

Reconocimiento aéreo, fluvial/marítimo y por tierra de las condiciones actuales de exposición de las poblaciones objeto de estudio, en cuanto a exposición a tsunamis y licuación. Esto incluyó levantamiento de información mediante filmación, fotofija, grabaciones de audio, entrevistas con pobladores de la zona, formularios y georreferenciación de sitios poblados con GPS.

## **7. RESULTADOS**

### **7.1 Zonificación por exposición a tsunami.**

El 80 % de las poblaciones localizadas sobre el Litoral y la llanura costera presenta una exposición por impacto/inundación por tsunami de Muy alta (MA) a Extrema (E), debido a que se encuentran localizadas directamente frente al mar o en bocanas anchas sin ningún tipo de barreras protección, ausencia de bajos, etc. Poblaciones más al interior del continente, como Bocas de Satinga, El Charco, La Tola y algunos corregimientos pequeños, presentan un grado de exposición Baja (B) por impacto directo por tsunami, sin embargo podrían verse afectados por seiche o inundación (tabla 2).

### **7.2 Zonificación regional.**

Con base en la cartografía generada a partir de imágenes de radar y con testimonios históricos y criterios fisiográficos y geomorfológicos, el Litoral se delimitó, de manera preliminar e indicativa, en tres franjas o zonas de exposición al impacto y/o inundación por tsunami. La zona de mayor exposición comprende las playas, bocanas, islas e islotes con menor altura sobre el nivel del mar. Una franja intermedia incluye los esteros y tierras bajas hasta bocas con ancho del orden de un kilómetro y una tercera franja a la planicie aluvial con ríos relativamente estrechos y menor influencia de la marea, a partir de una estimación *de viso*, y con ayuda de las tonalidades de las imágenes de radar que sugieren menor a nula influencia de la marea (vegetación de terrenos no sujetos a inundaciones periódicas) (figura 3).







6. Áreas vegetadas que se deben conservar y en parte reforestar.
7. Colinas de rocas del Terciario (las vibraciones sísmicas pueden inducir movimientos de masa).



Figura 4. Zonificación Salahonda.

### 7.3.2 Mosquera

La cabecera municipal delimitó en dos zonas (figura 5)

1. Terrenos relativamente firmes, incluye pista de aterrizaje en construcción.
2. Playones y terrenos sujetos al efecto de las mareas. Construcciones sobre pilotes altos sin diagonales.

Por su localización sobre terrenos recientes en esteros y bocanas, Mosquera y sus corregimientos tienen alta amenaza o exposición a vibraciones sísmicas, licuación de suelos, e impacto por tsunami e inundación.



Figura 5. Zonificación Mosquera.

### 7.3.3 Olaya Herrera (Bocas de Satinga)

La cabecera municipal cuatro zonas (figura 6).

1. Zona de erosión del Río Patianga. Acciones de mitigación como espolones, muros de contención y dragado no han sido exitosas. Es recomendable dejar una franja de 30 m desde la orilla, sin construcciones y reforestada.
2. Playas amplias de la confluencia de los ríos. construcciones sobre pilotes altos, sin diagonales.
3. Playas estrechas del Río Satinga, construcciones sobre pilotes altos sin diagonales.
4. Terrenos aluviales más firmes que incluyen la mayor parte Bocas de Satinga y potenciales áreas de expansión urbana.



Figura 6. Zonificación Bocas de Satinga.

Por la construcción del Canal Naranjo para transporte de madera, en los inicios de la década de 1970, el Río Patía varió su curso, remontó el Río Patía viejo y hoy entrega gran parte de su caudal al Río Sanquianga, por lo cual se le conoce con el nombre de PATIANGA. Este cambio del río ha destruido numerosas poblaciones y tierras de cultivo y ha generado erosión en la cabecera municipal desde 1975 (Hernandez, Peña & Solís, 1996).

### 7.3.4 El Charco

La cabecera municipal fue delimitada en cuatro zonas (figura 7)

1. Zona de erosión del Río Tapaje. Muros de contención en concreto reforzado deteriorados. se recomienda dejar una franja de 30 m de ancho construcciones y reforestada.
2. Playas recientes que incluyen rellenos de aserrío. Predominio construcciones sobre pilotes altos, sin diagonales.

3. Terrenos aluviales relativamente más firmes donde se asienta la mayor parte de la población. Zona de potencial expansión urbana.
4. Zona de potencial expansión urbana (los mayores efectos por terremoto en el Charco en 1979 se debieron a vibraciones fuertes y licuación de suelos).



Figura 7. Zonificación El Charco.

### 7.3.5 La Tola

La cabecera municipal se delimitó en tres zonas (figura 8)

1. Zonas de erosión del Río La Tola. Se recomienda no construir en orillas y dejar un área libre con reforestación de 30 m de ancho.
2. Zona de playas del río, con rellenos y construcciones sobre pilotes altos, sin diagonales.
3. Terrenos aluviales más firmes, con áreas para potencial expansión urbana.



Figura 8. Zonificación de La Tola.

#### **7.4 Carteles educativos**

Estos carteles se concibieron con base en experiencias de grupos de investigación que han trabajado durante muchos años, en actos comunicativos en el Pacífico, particularmente el Grupo GENTE ENTINTADA del Instituto de Educación y Pedagogía de la Universidad del Valle. Este grupo después de evaluar carteles, plegables, cuadernos, cuadernillos, banderines y afiches, llegó a la conclusión que la comunicación en el Pacífico se facilitaba, además de *la tradición oral y de medios modernos audiovisuales*, con carteles con mucha información ilustrativa y textos sintéticos.

De acuerdo con lo anterior, la intención comunicativa de estos carteles tiene varias componentes:

Información cartográfica e identificación del territorio, a partir de imágenes (radarmapa), fotos, gráficos (con el fin de fomentar sentido de pertenencia), considerando que la cartografía prácticamente es desconocida por gran parte de la población .

Fotografías aéreas oblicuas acompañadas de textos y recomendaciones explícitas en cada uno de los carteles.

Descripciones y gráficos simplificados que describen los efectos de los terremotos en términos de vibración, licuación de suelos y tsunamis.

Se elaboraron diez carteles, el primero titulado ***“El Litoral de Nariño una visión de nuestro territorio”*** y los restantes ***“Como nos afectan los terremotos y lo que podemos hacer en ...”*** para cada uno de los municipios (tres para los sectores El Morro, Continente e Isla en el caso de Tumaco).

#### **7.5 Personal Participante.**

Personal del OSSO, Henry A. Peralta, Jorge E. Mendoza, Lina Llanos, con el apoyo del grupo técnico local de Tumaco, conformado por los Ingenieros Jorge Arellano, Johana Quiñones, Andrés Leusson, Robin Camacho Landazuri; y el apoyo de la Arq. Verónica Iglesias García en la elaboración de los carteles educativos. Fotografía Aérea Sr. Manuel Barona. La dirección general técnica y científica del Proyecto estuvo a cargo de los Profesores Andrés Velásquez y Hansjurgen Meyer del OSSO.

## 8. CONCLUSIONES

Las poblaciones asentadas sobre el Litoral y la llanura costera del Departamento de Nariño, presentan un alto grado de exposición al tsunami por impacto e inundación, así como a la licuación de suelos. Sumado a un progresivo aumento de la vulnerabilidad física de los elementos expuestos (viviendas, infraestructura vital, etc.) sin ningún control ni planificación, en zonas de alto riesgo (zonas de bajamar, rellenos etc).

Mientras no se estudien y comprendan las verdaderas causas de los fenómenos y procesos naturales amenazantes de la región, todo proyecto de inversión que se realice (p. ej. programas de reubicación, protección de riveras de ríos, entre otros, que por lo general resultan costosos e inmediatistas), corre el riesgo de verse seriamente afectado y/o perderse, (p. ej., obras de contención en el Río Sanquianga en Bocas de Satinga, por efectos *del “Canal Naranjo”*).

A falta de información cartográfica y documental sobre amenazas, vulnerabilidades y riesgos de las poblaciones estudiadas, los diez *afiches educativos*, resultado del proyecto, aportan, en primera aproximación, una visión general en de la exposición (amenaza/vulnerabilidad) por tsunami y licuación de los municipios costeros y al mismo tiempo orientan hacia la toma de acciones colectivas de orden, estatal, institucional y comunitario para la reducción de riesgos.

## 9. RECOMENDACIONES

**Científico técnica.** Dar continuidad y mejorar el modelo de Tsunami, estudios de evaluación de cambios litorales multitemporales, sismicidad - modelo tectónico, estratigrafía (paleotsunami, paleosismicidad), medidas geodésicas - interferometría que permitan medir la subsidencia de terrenos a partir del levantamiento regional. Realizar evaluaciones in situ mas detalladas para mejorar las zonificaciones realizadas en las cabeceras municipales y estudios de estratigrafía (paleotsunami, paleosismicidad).

**Estrategia educativa.** Validar con las instituciones regionales, locales y comunitarias, los carteles educativos, para su publicación y divulgación masiva en escuelas, colegios, instalaciones gubernamentales, de salud, etc. Incorporar en los contenidos curriculares el tema de las gestión de riesgos, como parte de la formación académica en escuelas y colegios, dando a conocer los fenómenos naturales amenazantes y las formas prácticas de intervenir los riesgos.

**Estrategia de planificación urbanística y usos del suelo.** Incorporar los resultados de las zonificaciones de amenaza por tsunami y licuación, como un insumo preeliminar para la elaboración y/o ajuste de los Esquemas de Ordenamiento territorial en cada municipio.

***Estrategia reasentamiento y/o protección de poblaciones mas expuestas a tsunami.*** Identificación de zonas mas seguras dentro de la región, para reubicación de sectores o poblaciones. Recuperación y construcción de barreras naturales, para amortiguar el impacto de tsunami.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Eduardo José González Angulo – Director de la DGPAD y la Dra. Adriana Cuevas - DGPAD, Interventora del Proyecto; autoridades, instituciones, asociaciones, medios de comunicación, dirigentes comunitarios, comunidades y personas de los municipios de Tumaco, Francisco Pizarro, Olaya Herrera, Mosquera, Olaya Herrera, El Charco por la cooperación y el apoyo durante el desarrollo del proyecto. Al gobierno nacional, que a través de la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres – DGPAD, lidera y promueve este tipo de proyectos en el Litoral de Nariño.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

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

**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.

**DIMAR (CCCP)** (2002). *"Mapa de inundación por tsunami del área urbana de Tumaco"*. Armada Nacional, Dirección General Marítima, Centro de Control de Contaminación del Pacífico. Tumaco.

**Duarte M., A** (1994). Cálculo de la altura y del tiempo de llegada de una ola de tsunami, generada en la zona de subducción colombo-ecuatoriana, a la ensenada de Tumaco. Tesis de Grado, Oceanografía, Escuela Naval "Admirante Padilla". Cartagena.

**González, Samir** (1991). *"Estudio preliminar de vulnerabilidad sísmica de Tumaco"*. Informe final presentado a la coordinación del Programa para la *"Mitigación de Riesgos en Colombia"*. (UNDRO/ACDI/ONAD), Observatorio Sismológico del Suroccidente – OSSO, Universidad del Valle. Cali.

**Herd, D. G., T.L. Youd, Hj . Meyer, J.L. Arango, w. Person** (1981). *"The great Tumaco, Colombia earthquakes of 12 December 1979"*. SCIENCE, Vol. 211, N° 4481, p. 441-445.

**Hernández, Peña & Solís** (1996). *"Olaya Herrera"*. Monografía municipal.

**INGEOMINAS** (1988). *"Mapa geológico de Colombia"*. Escala 1:1'500.000. Imprenta Ingeominas. Bogotá.

**INGEOMINAS** (2003). *"Zonificación geotécnica por licuación del área urbana de tumaco y sus zonas aledañas"*. Bogotá.

**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.

**Meyer, H., Velásquez** (1992). *"Aproximación al riesgo por tsunami en la costa del Pacífico en Colombia"*. Publicaciones Ocasionales del OSSO, N° 2, 43 pp., Observatorio Sismológico del Suroccidente OSSO, Universidad del Valle. Cali.

**Meyer, HJ, E. Rodríguez R.** (1997). "*Prevención de Tsunami en costa de manglar – Tumaco, Colombia*". Gestión de Sistemas Oceanográficos del Pacífico, ed. Eduardo Tarifeño, Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO, IOC/INF-1046, pp. 409-415.

**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.

**OSSO – DGPAD** (2003): "*Evaluación de la vulnerabilidad física por terremoto y sus fenómenos asociados en poblaciones del Litoral de Nariño*". Informe final. Presentado a la Dirección General Para la Prevención y Atención de Desastres – DGPAD. Cali.

**PLAIDECOP** (1983). "*Plan de Desarrollo Integral para la Costa Pacífica*". Convenio Departamento Nacional de Planeación (DNP) – Corporación Autónoma Regional del Cauca. CVC – UNICEF. Cali.

**Prahl Von, H., Cantera J., & Restrepo, J.E.** (1990). "*Manglares y Hombres del Pacífico Colombiano*". Fondo FEN Colombia. Primera Edición, Editorial Folio Ltda. Bogotá

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

**Reina J. A, Solano J. E.** (1996). "*Censo de áreas de bajamar del Pacífico Colombiano, primera fase, Costa de Nariño*". Informe Final. Armada Nacional, Dirección General Marítima – DIMAR, Centro de Control de Contaminación del Pacífico – CCCP. Tumaco.

**UNDHA/GENEVA** (1994). "*Tsunamis*". Evacuación de la población y planes de uso del suelo para mitigar sus efectos. Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales – DIRND". Perú.