

ALCALDIA DEL MUNICIPIO DE BUENAVENTURA
Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres

**APROXIMACION AL RIESGO POR
TSUNAMI
EN LA COSTA DEL PACIFICO EN COLOMBIA**

Prof. Hansjürgen Meyer
Prof. Andrés Velásquez

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
Observatorio Sismológico
del Suroccidente - OSSO
A. A. 25360
Cali - Colombia

PUBLICACIONES OCASIONALES DEL OSSO, N° 2
Cali, mayo de 1992

INDICE

Resumen	3
Agradecimientos	4
I. Introducción	5
II. Procedimiento de evaluación	6
Aspectos generales	6
El área evaluada	6
Criterios de evaluación	7
Información complementaria	8
Trabajo de campo	8
Alcances y limitaciones	8
III. Amenaza y riesgo sísmico en la Costa Pacífica de Colombia	9
El fenómeno "tsunami"	9
La amenaza sísmica	10
Información histórica	12
El escenario de riesgo	12
IV. Resultados	14
Evaluación de los asentamientos	14
Cuadro síntesis	21
Conclusiones	22
Recomendaciones	23
V. Anexos	25
Figura 1: Segmento litoral evaluado	26
Figura 2: Exposición relativa de las poblaciones ante tsunami	27
Figura 3: Curva de marea quincenal (Agosto 1-15, 1991)	28
Figura 4: Curva de marea semidiurna (Agosto 3, 1991)	28
Fotografía aérea (Fotos 1 a 22)	29 - 39
Glosario	40
Bibliografía	42

RESUMEN

El conocimiento histórico, geológico y sismológico hace evidente que la Costa Pacífica es la región con mayor amenaza sísmica en el país, como consta entre otros en el estudio [*García et. al., 1984*] que dió las bases para el actual mapa de riesgo sísmico de Colombia. A esto se agrega que los terremotos que ocurren frente a las costas del Litoral pueden causar grandes olas marinas, los tsunamis (maremoto), que a su vez también ponen en peligro la población costera.

Previas reuniones con amplia participación institucional convocadas por la Oficina Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, en las cuales el OSSO presentó el estado del conocimiento sobre la amenaza sísmica en la Costa Pacífica y se discutieron medidas de mitigación del riesgo, la Alcaldía del Municipio de Buenaventura, a través de su Comité de Prevención y Atención de Desastres, acordó con el OSSO realizar una evaluación preliminar del riesgo por tsunami de origen cercano en poblaciones costeras.

La primera parte de éste trabajo está centrada en los aspectos metodológicos de la evaluación; la segunda recoge la información geológica, sismológica e histórica más relevante para la conformación del escenario regional de amenazas y riesgos probables. En la tercera parte, finalmente, se presentan los resultados: las características de exposición y vulnerabilidad de la población y de sus asentamientos así como las posibles y necesarias medidas de preparación y mitigación que de ahí se desprenden.

La evaluación, que abarca el segmento de la Costa que corresponde a los departamentos Chocó (parte sur) Valle del Cauca, y Cauca (parte norte), se realizó con base en inspección visual y fotografía aérea oblicua desde helicóptero, fotografía aérea vertical, cartografía geomorfológica, así como información disponible sobre manifestaciones y efectos de tsunamis anteriores.

Por la falta de datos batimétricos y mareográficos que pudieran fundamentar estimativos cuantitativos, esta evaluación se tiene que limitar a apreciaciones esencialmente cualitativas. En consecuencia, más que niveles absolutos de la amenaza y riesgo por tsunami, lo que provee son apreciaciones relativas que permiten identificar en primera aproximación prioridades para futuras acciones de preparación y mitigación.

El escenario de amenaza, compuesto con información sismológica e histórica de eventos anteriores, señala la costa de Nariño y sur del Cauca como la más amenazada por tsunami. También, la población expuesta a la amenaza allí es mayor que en el segmento costero sujeto de esta evaluación.

Dentro del área evaluada, hay más asentamientos expuestos hacia el N de Buenaventura, incluyendo los balnearios La Bocana, Juanchaco, Ladrilleros y La

Barra. En general, es muy poca la población permanente que está expuesta sobre la línea de costa; casi todos los asentamientos están localizados dentro de bocanas, en esteros ó en terrenos elevados. Buenaventura está expuesta a un nivel de amenaza por tsunami comparativamente bajo, en razón de la forma de la línea de costa y las condiciones topográficas. Sin embargo, requiere de un plan de contingencia que debe considerar aspectos particulares como las operaciones navales y el carácter de centro regional para el Litoral. La evaluación concluye que con diversas medidas, algunas de bajo costo y a corto plazo, el riesgo por tsunami puede ser reducido en gran medida: información pública, planes de contingencia, reforestación, sistema de alerta, mejoramiento de sistemas de comunicación radial, cambios en diseños y técnicas de construcción, etc.

AGRADECIMIENTOS

El OSSO agradece al Alcalde de Buenaventura, Ing. Bernardino Quiñónez, y al Coordinador del Comité Local de Prevención y Atención de Desastres, Biólogo Miguel Cantillo, la confianza depositada al solicitar este estudio, la oportunidad para mejorar sus conocimientos de la región y poner sus experiencias al servicio de la comunidad del Litoral, y el excelente apoyo logístico.

Nuestros sinceros agradecimientos van también a la tripulación del helicóptero de SERPA Ltda., Capitán José Vicente Gómez y Capitán Larry Falla, y a nuestro acompañante y gran conocedor del Litoral, Señor Luis Hernando Sanz.

Al INGEOMINAS - Regional Pacífico y en especial a su director, geólogo Gustavo Jiménez E. y a los geólogos Walter Marín y Juan Luis González agradecemos valiosos consejos y el préstamo de aerofotografías y mapas geomorfológicos del área; sin ésto el trabajo hubiera sido mucho más dispendioso.

Algunos de los equipos utilizados por el OSSO para ésta evaluación han sido aportes de la Alcaldía Municipal de Cali (VISECALI/COE) y de 'Compañeros de las Américas' y USAID/OFDA; a ellos reiteramos nuestra gratitud.

I. INTRODUCCION

El 'Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres' (Decreto 919, 1989) introduce las acciones anticipadas y mitigadoras de riesgos como principal estrategia para hacer frente a los fenómenos naturales peligrosos y a la vulnerabilidad de comunidades expuestas. En el esquema descentralizado del Sistema recae sobre los municipios una gran parte de la responsabilidad de la prevención.

Frente a la Costa Pacífica de Colombia está una fuente de grandes terremotos y tsunamis (maremotos); en épocas recientes ha causado varios eventos de consecuencias desastrosas en Colombia: terremotos en 1906, 1958 y 1979 y tsunamis en 1906 y 1979, habiendo ocurrido los efectos más graves en las costas de los departamentos Nariño y Cauca.

En consecuencia, hace varios años se están adelantando proyectos específicos como parte del 'Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres', con la coordinación general de la Comisión Colombiana de Oceanografía (Comité del Sistema de Alerta de Tsunami), para evaluar las características de la amenaza y vulnerabilidad sísmica en la Costa Pacífica y reducir los riesgos que genera [Meyer, 1990; González, 1990]. En estos proyectos también se ha contado con apoyo internacional (UNDRO, Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional).

El OSSO se ha encargado desde 1987, apoyándose también en trabajos previos de sus investigadores, de diversos aspectos de la evaluación y mitigación del riesgo por terremoto en la Costa Pacífica, incluyendo observación y análisis de la sismicidad, desarrollo del sistema de alerta de tsunamis, búsqueda y evaluación de fuentes históricas, análisis de amenaza de tsunamis, análisis de vulnerabilidad sísmica, diagnósticos de la tendencia del flujo sísmico, etc.

El reciente impulso al desarrollo del Litoral, incluyendo grandes inversiones en obras de infraestructura de saneamiento, así como nuevos resultados de investigaciones de la amenaza sísmica regional, han reforzado el énfasis en las

actividades tendientes a evaluar y mitigar el riesgo por terremotos y sus fenómenos asociados en la región.

II. PROCEDIMIENTO DE EVALUACION

ASPECTOS GENERALES

Para que la preparación y mitigación pueda ser eficiente y oportuna debe diseñarse sobre la base de un 'escenario', un cuadro que describe las probables manifestaciones y efectos de un futuro fenómeno natural peligroso.

Un escenario de tsunami ideal tendría información sobre los tiempos de viaje de la ola hasta los diversos sitios vulnerables de la costa, así como de las alturas de ola probables en esos sitios; evaluaciones detalladas de la exposición y características físicas de viviendas, industrias e infraestructura; censos de población; facilidades de protección ante olas (defensas naturales y artificiales, disposición de lugares de refugio), así como de un diagnóstico sobre el grado de conciencia comunitaria e institucional frente a la amenaza y de las capacidades y limitaciones para emprender acciones mitigadoras.

EL AREA EVALUADA

La extensión del segmento de costa evaluado estuvo determinada por el radio de acción del medio de transporte (helicóptero): hacia el norte de Buenaventura el segmento alcanza hasta las poblaciones Svirú y Docampadó; hacia el sur hasta Timbiquí y Chacón (ver Figs. 1 y 2). Esto equivale a unos 225 km lineales, aproximadamente una tercera parte de la costa pacífica de Colombia.

Con excepción de la Bahía de Buenaventura y el área de Timbiquí la evaluación se limitó a la línea de costa. La altura de vuelo fué de 50 - 400 m.

CRITERIOS DE EVALUACION

Si bien en el capítulo siguiente se presentan datos históricos y sismológicos que permiten diferenciar áreas de la Costa en cuanto a su nivel de amenaza por tsunami, en esta evaluación no se distinguen niveles (probables alturas de ola de tsunami), para lo cual habrá que recurrir a información batimétrica detallada y cálculo de modelos de propagación.

Esta evaluación se tiene que limitar a un estimativo de la exposición de los asentamientos costeros, esencialmente cualitativa, con base en los siguientes factores principales:

Exposición:

- Existencia de bajos ó barreras frente a la costa que pueden reducir la energía de las olas. (Esta apreciación esta sujeta al nivel de marea durante la observación).
- La forma de la línea de costa y la ubicación relativa de la localidad evaluada.
- Distancia del asentamiento a la playa.
- Cobertura vegetal protectora (bosque, manglar) entre playa y asentamiento;
- Topografía entre la playa expuesta y el asentamiento.

Vulnerabilidad:

- Características de las edificaciones en cuanto a la capacidad de resistir impactos de ola.
- Disponibilidad de zonas elevadas o protegidas (áreas de evacuación).

Evidentemente, esta evaluación de vulnerabilidad se limita a lo físico. Otras componentes de la vulnerabilidad, como son el nivel de conocimientos relativos a la prevención en las poblaciones y su capacidad de acción comunitaria, no fueron evaluados.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Para la evaluación de la exposición y vulnerabilidad de los asentamientos se utilizaron, como complemento a la inspección visual y fotografía desde helicóptero a baja altura:

- fotografías aéreas verticales del Instituto Geográfico 'Agustín Codazzi' (diversas fechas y escalas);
- mapas geológicos y geomorfológicos del INGEOMINAS a escala 1:100.000 [*González & Marín, 1990; Martínez & Carvajal, 1990*];
- las tablas de niveles máximos y mínimos de marea [*Himat, 1991*], cuyos valores están referidos al nivel cero de las cartas de navegación locales (nivel medio de la bajamar viva ó marea de Sicigia).

En esta evaluación no se incluyen datos relativos a los efectos del terremoto del 19 de noviembre de 1991 en el Chocó, el cual produjo un pequeño tsunami sobre las costas del delta del Rio San Juan [*Meyer, et. al, en preparación*].

Las curvas de mareas para el periodo de interés (Figuras 3 y 4) se incluyeron para una mejor apreciación de la altura relativa de los asentamientos en las fotografías.

TRABAJO DE CAMPO

El 3 de agosto de 1991 se realizaron dos vuelos en helicóptero a lo largo de la costa, entre Sivirú (Chocó) y Timbiquí (Cauca). La altura de vuelo en helicóptero (fotografía oblicua) estuvo entre 50 y 400 m.

ALCANCES Y LIMITACIONES

La evaluación aquí presentada es esencialmente cualitativa. Estimativos cuantitativos de las alturas terminales de las olas de tsunami así como de su alcance en tierra demandarían información batimétrica y topográfica muy detallada así como dispendiosos cálculos de modelos hidrodinámicos. A esto se

agrega como limitante que en la costa pacífica de Colombia se tienen muy pocos registros mareográficos de tsunami (sólo de Buenaventura, el cual está fuertemente influenciado por la forma y batimetría de la Bahía).

Por otro lado, estimativos más precisos también demandarían de datos y testimonios de alcances y efectos de tsunami pasados. Sin embargo, las consecuencias de los terremotos/tsunami de 1906 y 1979 fueron tan dramáticas en la región epicentral (Nariño, Cauca) que los efectos en costas más alejadas (Valle, Chocó) pueden haber pasado relativamente desapercibidos.

La ausencia de cartografía básica homogénea se constituye en otra limitación: algunos de los accidentes geográficos y poblaciones varían de una a otra fuente de información tanto en su localización como en los nombres asignados; en algunos casos (i.e., Punta Abadía), el nombre se asignó también con base en verificaciones posteriores con pobladores de la región.

La evaluación se centró en los asentamientos humanos, sin considerar otros bienes expuestos tales como los agrícolas (cultivos, fincas) e industriales - artesanales (acuicultura, pesquería, aserrios, etc.).

La precisión de las evaluaciones contenidas en este informe también están limitadas porque las condiciones topográficas fueron estimadas visualmente.

III. AMENAZA Y RIESGO SISMICO EN LA COSTA PACIFICA DE COLOMBIA

EL FENOMENO 'TSUNAMI'

El "tsunami" (palabra japonesa que significa 'gran ola en el puerto', el término técnico internacional para el fenómeno) también se conoce como maremoto y, localmente, como 'la ola' ó 'la ola de visita'. La causa de estas grandes olas es el repentino movimiento vertical del fondo marino durante la ocurrencia de un

terremoto cercano. El comportamiento general del fenómeno 'tsunami' se puede resumir así:

- su velocidad de propagación es muy baja en comparación con las ondas sísmicas. Esto permite que la población cercana advierta la probabilidad de ocurrencia y reaccione debidamente, como también hace posible la operación de sistemas instrumentales de detección y alerta [*Meyer, 1990*];

- la velocidad de propagación de los tsunamis es directamente proporcional a la profundidad del agua; a medida que se aproximan desde el océano profundo a las costas disminuyen su velocidad;

- la altura de las olas de tsunami a su llegada a la costa es determinada simultáneamente por varios factores: el tamaño (magnitud) del terremoto causante, la distancia recorrida, la profundidad del agua y la forma de la línea de costa. Mientras que la altura de ola disminuye a medida que aumenta la distancia de su origen, la relación con la profundidad del océano es inversa; a medida que se acerca a la costa la altura de la ola aumenta. La forma de la línea de costa, en cambio, puede aumentar ó disminuir la intensidad del tsunami: bahías con forma de embudo incrementan la altura de la ola; bahías con entrada estrecha (como la de Buenaventura !) pueden atenuar las olas.

Los tsunamis pueden causar desastre por el impacto de las olas, por inundación y por erosión de los terrenos, en las costas y en los cauces bajos de ríos.

LA AMENAZA SISMICA

Para determinar la amenaza por tsunami (¿dónde, cuándo y de qué tamaño pueden ocurrir?) hay que determinar primero la amenaza del fenómeno que los genera, los terremotos. La Costa Pacífica es la región de mayor amenaza sísmica en Colombia [*García et. al., 1984*].

La principal fuente de esta amenaza es la "zona de subducción", el límite activo entre las placas de Nazca y Suramérica, cuyo borde superficial (ver Fig. 1, pág. 26) recorre el fondo marino más o menos paralelo a la costa, a unos 150 km. Esta

fuente sísmica ha producido los dos terremotos más grandes en Colombia durante este siglo, en 1906 y 1979.

Esta "zona de subducción" se extiende desde el sur de Chile hasta Centroamérica, pero en su comportamiento sísmico está segmentada. Los eventos grandes que han afectado a Colombia en el presente siglo se originaron en un tramo que va de Esmeraldas (Ecuador) hasta Buenaventura [*Kelleher*, 1972]. En cambio, de la parte norte (Chocó) no se conocen hasta ahora grandes terremotos tsunamigénicos. El terremoto del 31 de enero de 1906 es considerado como el evento característico del segmento colombo-ecuadoriano, es decir, el terremoto de mayor magnitud que ahí puede ocurrir. La ruptura de los grandes terremotos posteriores (1942, 1958, 1979) no llegó tan cerca a Buenaventura. Actualmente hay dos grandes limitaciones en el conocimiento que fundamenta la estimación de la amenaza sísmica en la Costa Pacífica: no se han encontrado testimonios históricos de terremotos tsunamigénicos grandes previos a 1906; tampoco se conoce el régimen de ocurrencia de sismos grandes en la parte norte (Chocó). Estos aspectos de la amenaza son discutidos en el 'Informe sobre el terremoto del 19 de noviembre de 1991 en el Chocó' [*Meyer, et. al*, en preparación].

En el conocimiento actual de la Sismología las "zonas de subducción" no sólo son las fuentes de los terremotos más frecuentes y más grandes a nivel global, sino además las fuentes sismogénicas más regulares en su comportamiento. Esto explica, en parte, por qué la gran mayoría de los pronósticos de actividad sísmica han estado relacionados con este tipo de fuente.

El primer pronóstico para la zona de subducción colombo-ecuadoriana se publicó 7 años antes del terremoto/tsunami de 1979 [*Kelleher*, 1972], con base en la "teoría de la brecha sísmica", con una ventana de tiempo de 30 años. Posteriormente [*Herd et.al.*, 1981] se diagnosticó que la siguiente ruptura grande se produciría en el segmento localizado frente a las costas vallecaucanas. *Nishenko* (1989) calculó que el terremoto más inminente en la zona de subducción colombo-ecuadoriana probablemente ocurrirá - dentro de los 10 años siguientes - a la altura de Jama (Ecu.). En 1991 y con una metodología diferente, en la Academia de Ciencias de Rusia [*Kossobokov & Keilis-Borok*, 1991] se diagnosticó que es probable la ocurrencia de un terremoto con magnitud igual ó superior a 7.5 en la región, en un lapso de 4 años.

Hay que resaltar que todos estos pronósticos, de acuerdo con el estado actual del conocimiento en la Sismología, tienen márgenes de incertidumbre, tanto en el tiempo (concepto de "ventanas") como en la localización y en el tamaño del evento; pueden incluso no cumplirse dentro de los márgenes de probabilidad calculados. Sin embargo, este tipo de información es de inmensa utilidad para la prevención (identificación de prioridades, diseño de medidas!), siempre y cuando se logren mantener controladas las reacciones derivadas de la percepción pública de la amenaza.

INFORMACION HISTORICA

Según el conocimiento geológico actual, la alta actividad sísmica en la Costa Pacífica es un fenómeno que ha estado ocurriendo hace muchos millones de años. Muy probablemente, a partir del conocimiento específico sobre la sismicidad en ésta región, también tienen que haber ocurrido aquí terremotos/tsunami durante la época histórica, contada a partir de 1524, cuando Francisco Pizarro inició la conquista del Litoral Pacífico [*West, 1957; Quinn, et al, 1987; Del Castillo, 1988*]. Sin embargo, hasta ahora no se han encontrado registros históricos de eventos anteriores a 1906. No obstante, los dos eventos grandes de éste siglo - enero 31 de 1906 y diciembre 12 de 1979 - han generado tanta información sobre sus características sísmológicas y sobre sus efectos que actualmente disponemos de muchos datos útiles para la prevención de futuros eventos.

El conocimiento histórico también nos permite deducir que los tsunamis originados en fuentes lejanas (p. ej. Chile, Perú, Alaska, Japón) no son una amenaza importante para Colombia.

ESCENARIO DE RIESGO

En la terminología actual de la evaluación y reducción de riesgos por fenómenos naturales, el *escenario* es la composición de un cuadro de la probable manifestación del fenómeno (idealmente: cuándo? dónde? magnitud?) y de sus

probables efectos sobre los elementos vulnerables y expuestos a la amenaza: la población, sus recursos y el medio ambiente. Así, un escenario se constituye en la base para el diseño de un conjunto eficiente y oportuno de medidas de preparación y mitigación:

- información y educación para la comunidad, gremios, administradores y políticos;
- preparación de los organismos operativos;
- ajuste de planes de desarrollo;
- diseño y construcción de obras de mitigación;
- reubicación de asentamientos;
- reforzamiento de instalaciones de infraestructura;
- reforzamiento de edificaciones comunes;
- ajuste de la cobertura de seguros; y otros.

A continuación se presenta un escenario de riesgo general para la región evaluada. Los detalles locales del riesgo se discutirán más abajo ('Características de los asentamientos'), con base en la exposición y vulnerabilidad específica de las poblaciones inspeccionadas para ésta evaluación.

La componente de amenaza regional para el escenario se puede determinar en primera aproximación a partir de la información sísmológica e histórica presentada arriba.

Como en todo escenario de riesgo sísmico, lo único sobre lo cual hay certeza total es que donde han ocurrido terremotos también seguirán ocurriendo en el futuro. El margen de error en cualquier estimativo de su tiempo de ocurrencia, localización y tamaño es inevitable, aun cuando progresivamente más pequeño a medida que avanzan el conocimiento general de su naturaleza, las metodologías para su análisis así como las observaciones y el entendimiento de sus características específicas en la zona de interés.

El escenario regional puede ser diferenciado entre el de Buenaventura y el del resto de las poblaciones y asentamientos. En el primer caso la forma de la costa favorece a la ciudad frente a olas de tsunami; para el conjunto de las demás poblaciones y asentamientos el escenario es variable en función de la cantidad de

población que albergan, de su localización (altura sobre el nivel medio del mar, características de los terrenos que ocupan, forma de la costa), de las protecciones naturales disponibles frente a olas de tsunami (presencia de bajos de rompiente, cobertura boscosa entre la playa y el asentamiento) y de la disponibilidad de acceso a terrenos elevados.

Para Buenaventura, en función del crecimiento urbanístico-demográfico y económico el riesgo sísmico es obviamente el más alto, también porque gran parte de la ciudad de hoy está construida con materiales más vulnerables a las cargas sísmicas y porque se han ocupado terrenos susceptibles de presentar efecto local (i.e., suelos arenosos no consolidados). En algunas de las otras poblaciones se observan inicios de mestizaje de materiales (combinación de madera con cemento y ladrillo) así como construcciones sobre rellenos de aserrín y madera, los cuales demostraron su ineficiencia frente a cargas sísmicas, por ejemplo en El Charco, durante el terremoto de diciembre 12 de 1979 [*Ramírez y Goberna* 1980; *Herd et. al.*,1981].

IV. RESULTADOS

CARACTERISTICAS DE LOS ASENTAMIENTOS

A continuación se describen las características relevantes de las poblaciones consideradas, de Norte a Sur. Se utilizaron los nombres geográficos y de poblaciones comparando las fuentes cartográficas disponibles y con verificación a partir de conocedores y pobladores de la región; sin embargo, también entre los conocedores se dan diferentes denominaciones a un mismo lugar: Ijuá, Punta Ijuá (algunos mapas y nativos nombran así a Punta Abadía), Punta Abadía y Puerto Abadía, Punta España y Puerto España, etc.). Para esta aproximación se utilizaron los nombres siguientes, también mostrados en las figuras 1 y 2.

En la Figura 1 se muestra el segmento litoral evaluado, incluyendo los depósitos recientes de arenas y limos, los cuales corresponden también con las llanuras más bajas del Pacífico (playas, riberas y deltas de los ríos, etc.). En la Figura 2 se

localizan los asentamientos clasificados según su exposición relativa a tsunami, de acuerdo con los resultados expresados al final de este capítulo en el *Cuadro síntesis*.

SIVIRU (Chocó):

La población Sivirú (Fotos 1, 2) está localizada sobre la margen norte de la desembocadura del río del mismo nombre, a 1 km de la línea de costa. La boca, de dirección SW-NE, compartida con el Río Docampadó, tiene un ancho de 800 m. Frente a esta desembocadura se aprecia una rompiente, con la marea a 2.5 metros sobre el nivel medio del mar (msnm), causada por un bajo de unos 300 m de ancho.

Entre la línea de costa y la población hay abundante cobertura vegetal (manglares). La población está sobre terrenos aluviales, a una altura aproximada de 3 msnm. Las edificaciones de Svirú son de un solo piso, de madera, con excepción de las instalaciones, de dos pisos, de un aserrio localizado a medio kilómetro río arriba del poblado. La forma de la costa, una ensenada de entrada ancha, con escasos bajos de rompiente visibles, orientada hacia el SW, es desfavorable para el poblado frente a olas provenientes de esa dirección.

DOCAMPADO (Chocó):

Localizado hacia el extremo norte de la Playa Manglares, al sur de la Ensenada de Docampadó, a 8.5 kilómetros de distancia de Svirú, sobre una playa en la ribera derecha del río del mismo nombre, a unos 3 km de la playa enfrentada a mar abierto. Entre el caserío y el mar se interponen el río y la Playa Manglares, la cual posee una franja de manglares intervenidos.

PUNTA IJUA (Chocó):

Poblado de unas 30 casas, sobre la margen derecha de la desembocadura del Río Ijuá, a unos 3 msnm, enfrentado a olas provenientes del SW, asentado sobre suelos aluviales recientes.

BOCA ORPUA (Chocó):

Asentamiento disperso de unas 15 viviendas sobre la margen derecha del Río Orpúa, con características similares a las de Punta Ijuá.

PUNTA ABADIA (Chocó):

El poblado consiste en una calle ancha a cuyos lados se alinean casas de un piso sobre pilotes, de construcción y apariencia homogéneas y con materiales poco deteriorados. La impresión es la de haber sido construido ó reconstruido hace pocos años. (Foto 3). Al norte del poblado nuevo, y sobre la punta de playa se localizan unas 15 viviendas adicionales de aspecto antiguo. Entre el poblado y la playa se interpone una franja de unos 150 metros de bosque muy intervenido.

EL VENADO (Chocó):

Localizado sobre el costado norte de la Ensenada La Vibora, margen derecha del estero Brazo Largo. Con características de emplazamiento similares a las de Punta Ijuá, excepto por un bajo de rompiente que cierra casi por completo el acceso desde el mar a la ensenada.

PICHIMA (Chocó):

Localizado a 1 km al NE de la Boca Pichimá sobre la margen derecha del río del mismo nombre. Caserío con edificaciones palafíticas de 1 piso, muelle y aserrios cercanos. Entre Boca Pichimá y el mar abierto se encuentra una barra de arena visible en marea baja, de dirección NNE a aproximadamente 2 km al SW de la población, la cual cierra casi por completo la Boca (Fotos 4, 5).

TOGOROMA (Chocó):

El caserío se localiza actualmente a unos 350 metros de la playa, sobre una barra de arena comprendida entre ésta y el brazo Docordó del Río San Juan. En principio, la orientación de la playa y la prominencia que forma el Delta del San

Juan hacia el Occidente, favorecen relativamente la población con respecto a frentes de olas provenientes del SW (Fotos 6, 7).

CHARAMBIRA (Chocó):

Localizado al S de la Boca Charambirá del Río San Juan, sobre su brazo Estebanico y separada del mar abierto por más de 2 km de barras, manglares y esteros. Su exposición a olas de tsunami es menor que la de las demás poblaciones evaluadas hacia el norte. Asentado sobre suelos aluviales recientes.

BOCA CHAVICA - EL CONCHO (Chocó):

En el tramo entre estos dos lugares, en la porción sur del delta del Río San Juan, se localizan unas 20 viviendas dispersas; en El Choncho, unas 15. Todas las viviendas cerca a la línea de playas, enfrentadas a mar abierto.

PUERTO ESPAÑA (Valle):

Localizado sobre barras de arena, en las riberas del río Bongo, en el sur de la Boca de San Juan. Entre el poblado y el mar abierto se encuentra una franja de unos 200 metros de manglar intervenido. Un bajo de aproximadamente 8 km de longitud se alinea paralelo a la costa, a 1 km de distancia. Adicionalmente, frente a Puerto España sobre las playas de la margen derecha del Río Bongo, se localiza un asentamiento de cerca de 10 viviendas.

LA BARRA (Valle):

Playa de dirección NW-SE y NS, enfrentada a mar abierto, localizada al sur de la bocana La Barra. Conformada por barras de arena sujetas a inundación durante pujas. No dispone de protección vegetal. Medio kilómetro al SE se encuentra la llanura alta, de suelos consolidados, correspondiente a la llanura elevada (más de 5 msnm), prolongación de la de Ladrilleros. (Foto 8).

LADRILLEROS (Valle):

Poblado localizado parcialmente sobre playas enfrentadas al S-SW y parcialmente sobre terrenos de llanura elevada, a una altura de 6-8 metros, a partir de acantilados. El poblado localizado sobre la playa consiste principalmente de construcciones de servicios turísticos tales como cabañas palafíticas de un piso (Fotos 9, 10). En 1983, durante el fenómeno El Niño, varias de las instalaciones y habitaciones de la playa fueron destruidas y la población debió refugiarse en la llanura alta, detrás de los acantilados [*Morales* 1989].

JUANCHACO (Valle):

Asentamiento sobre playas enfrentadas al S-SW, sin protección vegetal, y parcialmente sobre llanura elevada a unos 6-8 metros sobre el nivel del mar. Se encuentra parcialmente protegido por la Isla Palma y los islotes Morro del Medio y Morro Chiquito. Desde la playa hasta el área topográficamente elevada hay cerca de medio kilómetro de distancia. (Fotos 11, 12).

LA BOCANA (Valle):

Localizada sobre la parte norte del acceso a la Bahía de Buenaventura, sobre una playa enfrentada hacia el S-SW, de donde han provenido los tsunamis pasados. Cuatro kilómetros al sur, frente a la Punta El Soldado, hay un bajo que podría hacer de rompiente parcial. El poblado se localiza sobre la playa, sin protección vegetal. No hay promontorios topográficos importantes a menos de 1 km del poblado. Los sitios Piangüita y Piangüagrande, igualmente enfrentados a la zona de proveniencia de tsunamis y con construcciones sobre la playa, se localizan cerca de prominencias topográficas de más de 5 metros de altura.

Los poblados son parcialmente inundables en épocas de puja coincidente con marejadas por viento. (Foto 13).

EL SOLDADO (Valle):

Caserío localizado sobre playa orientada E-W, en el costado norte de la bocana Santa Barbara, parcialmente cubierto del frente de olas por la punta Santa Barbara, localizada tres kilómetros al sur de la población; tanto el poblado como los terrenos circundantes se localizan a menos de 3 metros sobre el nivel del mar. (Foto 14).

NUEVO CHACON (Cauca):

Poblado a ambas orillas del brazo sur del Río Timbiquí (Estero Partidero), al norte de la Bocana Timbiquí. El Viejo Chacón, cuya ubicación era el extremo occidental de la Bocana Timbiquí (aerofotografías del vuelo IGAC M-1391, fotos 41327/8 de 1966) no existe en la actualidad como poblado. Se desconoce la causa que motivó su nuevo emplazamiento, el cual debería ser evaluado con mayor detalle en cuanto a la posibilidad ocurrencia de daños en tsunami anteriores (1906, 1979). Ver Fotos 15 y 16.

TIMBIQUI (Cauca):

Localizado unos 5 kilómetros río arriba de Nuevo Chacón, a unos dos metros sobre la ribera (fotografías en marea alta), sobre depósitos aluviales y sobre sedimentos consolidados con colinas de más de 20 metros de altura, aledañas a la población. (Foto 17).

BUENAVENTURA (Valle):

La población se encuentra en el fondo de la bahía, la cual tiene dirección SW-NE, aproximadamente a 13 kilómetros desde La Bocana. Al occidente de la Punta El Soldado se observa un bajo de dirección aproximada E-W. Entre La Bocana y Punta El Soldado, la boca de la bahía tiene unos 2 kilómetros de ancho. La bahía tiene forma de "embudo invertido" con la porción más ancha en su interior, a la altura de la Punta Machatajero en donde alcanza 5 km de amplitud (aproximadamente a mitad de camino entre la boca y el puerto). Por estas características, y en primera aproximación, los tsunami no revisten una amenaza alta para el puerto, con respecto a los sitios sobre el litoral frente a mar

abierto. Para el evento de 1906 se desconocen reportes sobre altura de la(s) ola(s); *Rudolph & Szirtes* (1911), reportan variaciones en la profundidad de la bahía cuya causa no fue establecida; probablemente fuertes corrientes causadas por el tsunami o deslizamientos/licuación producidos por las vibraciones sísmicas movilizaron las arenas, cambiando el relieve submarino. Para el evento de 1979, a partir del registro mareográfico de entonces, se estima una altura de 30 centímetros para la ola en el Puerto. Varios asentamientos humanos recientes, de viviendas palafíticas, se localizan sobre playas afectadas por la marea. (Fotos 18-21).

Por su carácter de bahía y de puerto marítimo, las medidas de prevención para Buenaventura deben considerar factores específicos, tales como las fuertes corrientes que generaría un tsunami (arrastre de naves, cambios repentinos en el relieve del canal, etc.).

POBLACION DISPERSA

La población dispersa sobre la línea de costa es muy poca, con excepción de aquella indicada arriba entre Boca Chavica y El Choncho. Se divisaron algunas decenas de casas, la mayoría de las cuales no presentaban señales de uso permanente; otras están ubicadas sobre terrenos elevados y por tanto de menor exposición (Foto 22).

CUADRO SINTESIS

EXPOSICION RELATIVA DE LAS POBLACIONES ANTE TSUNAMI

<i>POBLACION</i>	BAJOS	FORMA DE LA COSTA	DISTANCIA A LA PLAYA	PROTECCION POR BOSQUE	TOPOGRAFIA	AREAS DE EVACUACION	<i>EXPOSICION RELATIVA</i>
SMIRU	1	0	0	0	0	0-1	4-5
DOCAMPADO	1	1	1	0	0	0-1	2-3
PUNTA IJUA	1	0	0	0	0	0-1	4-5
BOCA ORPUA	1	0	0	0	0	0-1	4-5
PUNTA ABADIA	1	0	1	0-1	0	0-1	2-4
EL VENADO	1	0	0	0	0	0-1	4-5
PICHIMA	1	0	0	0	0	0-1	4-5
TOGOROMA	1	1	1	0-1	0	0-1	1-3
CHARAMBIRA	1	1	1	1	0	0-1	1-2
BOCA CHAVICA - EL CHONCHO	0	0	0	0	0	0-1	5-6
PTO. ESPAÑA	1	1	1	1	0	0-1	1-2
LA BARRA	0	0	0	0	0	0-1	1-5
LADRILLEROS	0-1	0	0-1	0	0-1	1	3-5
JUANCHACO	0-1	0	0-1	0	0-1	1	3-5
LA BOCANA	0-1	0	0	0	0	1	2-5
EL SOLDADO	1	0	0	0-1	0	0-1	3-5
NUEVO CHACON	0	0	0	0	0	0-1	5-6
TIMBIQUI	0	1	1	0	0-1	1	2-3
BUENAVENTURA	0-1	1	0-1	0	0-1	1	2-4

NOTAS:

La "exposición relativa" es el número de factores desfavorables, algunos de los cuales son en particular poco conocidos (permanencia de bajos de rompiente, dinámica de la línea de costa, batimetría, etc.).

Todos los valores "1" corresponden a características favorables, mitigadoras de tsunami; los valores "0" a características desfavorables. Los valores "0 - 1", a bajos de rompiente poco definidos según la observación, a poblados distribuidos entre la playa y el interior, parcialmente protegidos por bosque, y/o sobre llanuras a más de 5 msnm.

La mayoría de los bajos corresponden a barras de arena cuya estabilidad y permanencia están sujetos a variación por corrientes litorales y crecientes de los ríos. Algunos de los poblados ribereños presentan topografía aledaña de pequeñas colinas con 5-6 msnm.

Los dos mayores tsunamis de este siglo en Colombia (1906, 1979) ocurrieron durante la marea baja [Meyer, 1990]; el factor "topografía" es negativo para aquellos asentamientos localizados a menos de 3 msnm. Si se considerara el nivel de marea alta, el escenario de efectos derivado sería necesariamente mayor.

Se entiende que el Cuadro Síntesis tiene solamente un valor cualitativo, indicativo y que la exposición real de cada asentamiento queda por fuera del alcance de esta evaluación; así, por ejemplo, la forma de la costa puede ser decisiva como factor de mitigación. También los *bajos* llegan a ser decisivos frente al ataque de tsunami: su presencia impidió que en 1906 y en 1979 Tumaco fuera severamente afectado mientras que San Juan de la Costa (Nariño), desprovisto de esta defensa, fue arrasado en las dos ocasiones.

CONCLUSIONES

- Todas las edificaciones en el tramo de costa evaluado presentan más o menos el mismo grado de vulnerabilidad a impacto de tsunami; son de madera y de un sólo piso.

En eventos anteriores se hizo evidente su alta capacidad de resistir a los movimientos sísmicos -en razón de su bajo peso y alta elasticidad, principalmente- pero también su muy baja capacidad de resistir a olas de tsunami. La única edificación sobre la línea de costa afectada que resistió el embate de las olas de tsunami en el evento de 1979, en San Juan de la Costa, fué la escuela, una estructura de concreto reforzado de dos pisos con cerramientos de ladrillo; solamente perdió los muros de su piso bajo.

- En el tramo evaluado las poblaciones con un mayor grado de exposición relativa a olas de tsunami son aquellas localizadas sobre las playas y bocanas sin bajos de rompiente (Sivirú, Punta Ijuá, El Venado, Pichimá, Boca Chavica, El Choncho -en Chocó y Nuevo Chacón -en Cauca) y aquellas del Valle del Cauca (La Bocana, Juanchaco, Ladrilleros y La Barra), en el último caso principalmente por localización de servicios turísticos sobre las playas.

- También en primera aproximación, el tramo evaluado presenta una exposición menor al tsunami con respecto a las costas del sur del Cauca y Nariño, en donde se asienta un mayor número de poblaciones sobre el litoral, el tiempo de arribo de las olas es menor y probablemente su altura mayor.

- Por su localización, seguridad relativa e importancia en infraestructura y capacidad operativa, Buenaventura ha servido en ocasiones pasadas como centro de operaciones y atención de emergencias en la Costa del Pacífico, por ejemplo con ocasión de los terremotos de 1906 y 1979 [*Rudolph & Szirtes*, 1911, *Ramírez y Goberna*, 1980], en el sur de la costa y el de 1970 en Bahía Solano [*Ramírez*, 1971], así como en casos de incendios, inundaciones y epidemias.

- La ausencia de información histórica sobre efectos de terremoto y tsunami a partir de la costa al norte del Cauca probablemente es debida a concentración de la atención hacia las regiones más afectadas en el sur y a una menor población localizada hacia el norte.

- Las actividades turísticas en crecimiento (acceso por carretera hasta cercanías de Juanchaco y Ladrilleros, electrificación) tienden a aumentar el grado de exposición de poblaciones e infraestructura no solo frente a terremotos y tsunami, sino frente a inundaciones por marejadas y, en general, a desmejorar la calidad ambiental de la región.

- En algunos lugares como La Bocana, Juanchaco y Ladrilleros, pero principalmente en Buenaventura, es notoria la tendencia a cambiar las tipologías y materiales de construcción hacia edificaciones de ladrillo y estructuras de concreto armado. Si bien, como se señaló más arriba, este tipo de edificaciones cuando se han diseñado y construido técnicamente son menos vulnerables al tsunami, en el evento de 1979 mostraron su fragilidad frente a las sacudidas sísmicas.

- En muchas de las poblaciones el deterioro de la vegetación (manglar !) ha aumentado su exposición al impacto por tsunami.

RECOMENDACIONES

- Apoyar a los asentamientos, de acuerdo con los resultados de esta evaluación, en la elaboración de un plan de contingencia que incluya medidas como información y educación comunitaria, reforestación de zonas críticas, señalamiento de áreas de refugio ante tsunami y diseño adecuado de edificaciones.

- Buenaventura debe continuar proyectando sus actividades de prevención y mitigación de desastres a su área de influencia, la cual supera los límites de la

costa vallecaucana. Podrían concertarse planes de cooperación para la prevención y mitigación de desastres con otros municipios del Litoral Pacífico.

- Se hace necesario recuperar la información histórica sobre desastres a través de búsquedas por tradición oral y recopilación bibliográfica, la cual debería ser concentrada y ordenada, por ejemplo a través de la Oficina de Planeación de Buenaventura, del Comité Local para la Prevención y Mitigación de Desastres, y de la Universidad del Valle.

- Las actividades futuras podrán ser más eficaces en la medida en que se inscriban en un 'Plan de Ordenamiento Territorial y de Desarrollo de la Franja Litoral'. Un plan de esta naturaleza deberá incluir directrices y programas tendientes a salvaguardar las playas para la actividad recreativa, evitar los asentamientos sobre ellas y, dependiendo de las evaluaciones puntuales, promover la relocalización de asentamientos en zonas de alta exposición.

- En particular, las obras de infraestructura y las acometidas de servicios básicos deberán evitar el estímulo de viviendas, cabañas turísticas u hoteles en estas zonas. Quizás sea necesaria también una serie de medidas de estímulo a actividades y emplazamientos en lugares seguros y de desestímulo (por ejemplo control físico, limitación de licencias y dotación de servicio de energía, etc.) en los lugares menos aptos para instalaciones permanentes. El Plan que se diseñe también deberá tener en cuenta formulaciones para la salvaguarda y regeneración de los manglares, especialmente aquellos que sirven de protección para las poblaciones frente a olas de tsunami.