

# **PROTECCIÓN A TSUNAMIS, EN CASO DE NO PODER HUIR. REFUGIO POR CÁPSULA DE AIRE. MANUAL DE RECOMENDACIONES PARA INSTITUCIÓN DE GESTIÓN DE RIESGOS.**

PHd. MARTÍN FERNÁNDEZ, CARLOS LUIS, (AUTOR)  
Unidad Operativa de Investigación del C.I.G.A. (Centro de Investigación de Gestión Ambiental)  
Universidad Indoamérica.  
Calle Bolívar 20-35, Ambato, Ecuador  
Email: carlosluis@coam.es

## **Resumen**

En casos en que un tsunami fuere por la noche, y/o por alguna razón no ha podido ser alertado con tiempo suficiente, o por alguna razón no es posible escapar de él, ¿qué hacer en tales casos? Se propone dos posibles soluciones. Se basa una de estas posibles soluciones, en la idea del espacio interior de la campana, que mantiene el aire si se encuentra sumergida dicha campana. Y esto se aplicaría en el espacio entre paredes y techo de habitaciones de edificaciones. La otra solución se basa en casos de no ser válido ni huir, ni los refugios, utilizando las capacidades humanas, para tal vez poder sobrevivir mejor a los efectos del tsunami. Estas capacidades estarían en relación a poder soportar bajo el agua a presión; durante un cierto tiempo, con grandes turbulencias en movimientos; con impactos de escombros.

**Palabras Claves:** tsunami, refugio, arquitectura, aire, sobrevivir.

## **Abstract**

In cases where the tsunami should occur at night, and/or for some reason could not be alerted in time, or by any reason, it is not possible to escape, what to do in such cases? We propose two possible solutions to these situations. It draws one of these possible solutions, in the idea of space inside the bell or hood, which keeps the air if this bell is submerged. And this would apply in the space between walls and ceiling of rooms of buildings. The other solution is based on cases that is not possible to flee, nor using shelters, using human capabilities, so, perhaps it could be more probably to survive the tsunami. These capabilities would relate to: able to withstand underwater pressure, for a time, with large turbulent motions, with impacts of debris.

**Keywords:** tsunami, shelter, architecture, air, survive.

## 1. Introducción

-Según casos reales, el huir ante tsunamis, es la solución considerada más segura, pero en muchos casos no es posible huir (por tráfico de autos, ó efectos de pánico, ó tsunami repentino, falta de alarma etc) ó durante la misma huída llega el tsunami.

-En casos de no ser posible huir apropiadamente, los diferentes tipos de refugios, como la campana de aire que se proponen en este artículo, aunque, como cualquier otro refugio, pueden suponer algún riesgo, también pueden servir para la supervivencia, y quizá en mayor grado. Pues se sabe de casos de gente que ha sobrevivido bajo una inundación, respirando el aire atrapado en barcos volcados, o bajo el techo de habitación (como el caso propuesto en este artículo, respirando el aire atrapado bajo un espacio tipo campana).

-En último extremo, de no ser posible, ni huir, ni poder disponer de un refugio, se sabe de casos de gente que ha sobrevivido: aguantando la respiración, atándose a árboles, dejándose arrastrar, etc; únicamente con las capacidades fisiológicas humanas. En este artículo se ofrece un manual de recomendaciones para Institución de Gestión de Riesgos.

No hace falta extenderse en el aspecto de la importancia de la afectación de los tsunamis. Baste un ejemplo, el del terrible caso de Indonesia, en esta década, donde más de 100.000 personas murieron. Si bien, no todos los tsunamis son graves, pues muchos de ellos tienen baja altura o no llega a la costa o no llega a zona de población etc.

Puesto que han habido bastantes casos, en que, aún intentando huir, no ha sido posible la supervivencia, entonces el investigar otras opciones, como refugios o supervivencia deberían ser considerados.

Referente al aspecto de mantener calma, y no entrar en pánico, es de suma importancia. Se sabe que ante riesgos de catástrofes, mantener la calma es uno de los primeros aspectos a considerar, o el primer aspecto. Hay que añadir que aunque no llegue a ocurrir nada grave, tan sólo el sufrimiento del estrés ante un tsunami, y el intentar huir pensando que tal vez no fuera posible por alguna razón, puede llegar a ser un sufrimiento de tal magnitud, que habría que minimizarlo. Ha habido casos de personas fallecidas de infartos tan sólo por consecuencias de falsas alarmas. El saber que existen otras opciones, como el respirar bajo campana, o el de la capacidad fisiológica de supervivencia, pueden ayudar en cierta medida a reducir la falta de calma y pánico, con lo cual la huída, en su caso, sería más eficaz.

## 2. Metodología

Se ha investigado, a partir de la capacidad del agua de retener, de forma natural, el aire, para aplicarlo a la posibilidad de respirar ese aire, en caso de no haber otra opción bajo un tsunami. Esto se puede entender según la de campana de aire (Dr Haley). Ver figura.



Figura 1. Campana de aire (Dr Haley's Diving Bell)

De forma experimental: El autor de este artículo, para comprobar la veracidad de la respiración dentro de campana de aire bajo el agua, hizo la siguiente prueba: Se sumergió totalmente por debajo de la superficie de agua respirando el aire atrapado en un sencillo contenedor de plástico (fig.2).



Fig.2 Prueba de respiración bajo el agua en campana de aire, momento antes de sumergirse. Otra persona tuvo que empujar desde el exterior hacia abajo para contrarrestar el empuje ascendente de la burbuja de aire creada.

(En el video siguiente se observa la prueba de fig.2 <http://www.youtube.com/watch?v=ZBYSkxcVHmE> )

Fueron unos 15 litros de aire atrapados en ese contenedor al estar esta boca abajo. Las dimensiones eran de unos 30x40x20cm<sup>3</sup>. De la altura del recipiente (20cm), y debido al movimiento del recipiente y del agua (turbulencias) al sumergirse entró algo de agua dentro del recipiente, retirándose por tanto una parte del aire. Al ir profundizando dentro del agua, se hubo de ayudar de otra persona que empujaba hacia abajo (debido al empuje ascendente). Debido al aumento de la presión del aire, este redujo el volumen, con lo cual se percibía como que el aire quedara más bien en algo menos de unos 15 cm de altura.

El tiempo, en esta prueba, que se estuvo bajo el agua, respirando prácticamente con toda normalidad con la cabeza dentro de ese contenedor, fue de un minuto y 25 segundos. Se podría haber respirado más tiempo, pero en ese tiempo, no se produjo incomodidad, respecto a aire viciado con CO<sub>2</sub>.

Esto, proporcionalmente, supone que en una hora se podría respirarse en un espacio cerrado bajo el agua, consumiendo el CO<sub>2</sub> expulsado: unos 1,000 litros de aire cada hora. Este valor puede servir para hacer cálculos de la dimensión de la campana.

Puesto que un tsunami tiene un tiempo común, en la gran mayoría de los casos, de menos de una hora, entre que llega la ola y se retira el agua, entonces bastaría 1.000 litros de volumen de aire interior de campana, por persona, para sobrevivir respirando bajo un tsunami.

En condiciones normales al exterior y sin estrés, una persona inspira alrededor de un litro en los pulmones, y lo realiza unas 6 veces al minuto, lo que supone que respiramos algo menos de 400 litros cada hora. Pero en estado estresado se consume más oxígeno, del orden del doble. Pero hay que considerar que también la emisión de CO<sub>2</sub> se aumenta con el estrés, por lo que habría que recomendar, que en caso del uso de la campana, se procure evitar el pánico y mantener en la medida de lo posible la calma, para reducir el consumo de oxígeno y aumento de CO<sub>2</sub>. Pensar en esto durante el tsunami cuando se usara la campana, podría ayudar al “obligar” a mantener la calma, y por tanto aumentar las posibilidades de supervivencia.

Este artículo no pretende evitar la huída, si no todo lo contrario, es decir, que en caso de tsunami hay que huir apropiadamente y a lugar seguro. Es sólo en el caso de que la huída fuera absolutamente imposible o que por alguna razón, fallara la huída, o durante la huída llegara el tsunami, que este artículo propone posibles soluciones a estos casos.

Como método general para el desarrollo de este artículo y la investigación en general, se ha tomado la

información de cómo debería ser la huída, y datos de los diferentes sistemas de protección, alertas, refugios etc conocidos, a través de libros, consultas con expertos, centros de investigación, centros relacionados con tsunamis en distintas partes del mundo, como el centro de Alertas en Hawai (USA). Incluso referente a la respiración en campana de aire, se ha tratado, además de con libros correspondientes, con centros médico, de respiración, como un Departamento especializado en Madrid (España).

Se han realizado también estudios, en relación a resistencias de estructuras en los siguientes aspectos:

- qué estructura, materiales, espesores, permite encapsular un volumen apropiado de aire para un posible refugio;
- los empujes que pueden producir los movimientos del tsunamis sobre las estructuras;
- los empujes de los escombros (debris);
- formas aerodinámicas que faciliten el paso del agua;
- el empuje de retroceso del agua;
- el tiempo de permanencia de las aguas;
- fuerza de ascenso de la estructura encapsulando un volumen de aire (Arquímedes);
- etc.

Otro aspecto estudiado, en relación a capacidades y reacciones humanas ante tsunamis:

- volumen de aire de respiración;
- volumen de emisión de CO<sub>2</sub>;
- resistencia a la presión del agua;
- afectaciones por despresurización según velocidad;
- cómo mantener la calma en situaciones extremas;
- etc.

También se han observado y estudiado, numerosos videos, de tsunamis que han entrado en las poblaciones, para conocer qué tipo de edificaciones resisten el impacto del agua.

En la evaluación de metodología, se ha considerado y contrastado los casos reales de personas que han sobrevivido a importantes tsunamis cuando no pudieron huir. Por ejemplo: que respiraron el aire atrapado en el techo de una habitación estando el nivel del agua por encima de la habitación; o personas que se ataron a árboles, etc.

### 3. Resultados

1) La huída ha de ser a zonas suficientemente elevadas y/o alejadas, y estas zonas han de tener la suficiente resistencia (montes, edificios de hormigón ó ladrillo de grosor suficiente, o equivalentes). Dicha resistencia debe ser evaluada previamente por ingenieros y técnicos especializados y en conjunto con Instituciones de Gestión de Riesgos.

El huir a lo alto de edificación de madera (en territorios donde no hay terreno natural elevado) aún cuando puede desestabilizarse la edificación por el tsunami, puede ser útil por la capacidad de flotabilidad de la madera y servir a modo de salvavidas.

Hay que decir, que no se considera huir el introducirse en un espacio de aire atrapado, Huir se considera lugares donde el agua no va a acercarse ni envolver en vertical el lugar.

---

En caso de no ser posible huir, se propone la opción de respirar el aire atrapado en los espacios en forma de campana, ya sea diseñado a priori, ó como pueden ser los techos de las habitaciones en numerosos casos. Y se expone a continuación:

2) Refugio colectivo (fig. 3): Aprovechando la referida cualidad del agua de mantener el aire en un recinto cerrado, estando abierto su parte inferior. Se podría construir bóvedas o espacios resistentes, impermeables al agua pero abiertas por debajo, por donde pasaría la gente. Esas bóvedas deben estar suficientemente ancladas al terreno (sabiendo que el empuje ascendente debe contrarrestarse probablemente con zapatas de hormigón).

-El refugio vendría equipado con algunos o todos de los siguientes elementos: chalecos salvavidas, botellas de oxígeno, GPS, botiquín, amortiguadores a golpes, radio, luz, silbatos, comida, mantas, almohadas, cuerdas para amarrarse, etc

-En algún caso, ante olas de más de 30m, y gracias al empuje ascendente natural del gran espacio de aire, la bóveda se desanclaría del terreno y flotaría a la superficie del agua, y se evitaría así problemas derivados de presión.

Las construcciones a realizar podrían tener un uso polivalente, en caso de ser de grandes dimensiones, pues además de poder ser utilizadas para seguridad, pueden ser de uso público durante todo el año, como exposiciones de arte ó uso deportivo, etc.

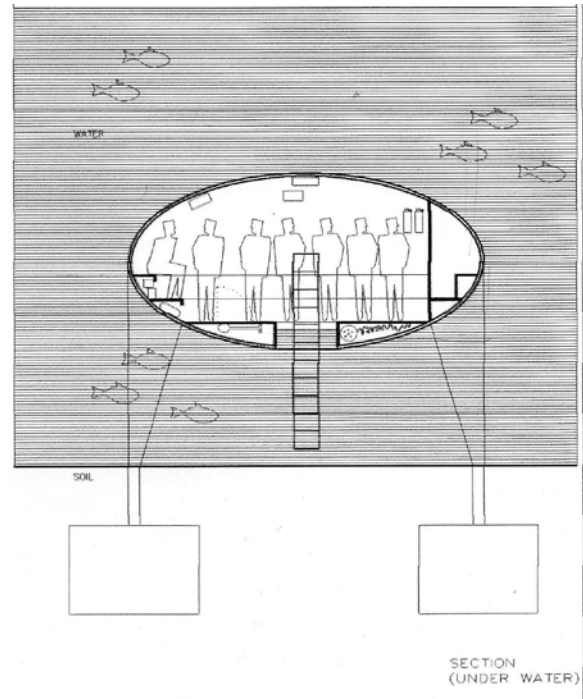


Fig. 3. Refugio colectivo sin necesidad de puerta.

3) Consideraciones en cuanto a respiración:

-La presión del aire en caso de usarse el refugio en grandes olas: Cada 10m de agua por encima, la presión del aire se duplica, (Ley de Boyle,  $PV=cte$ ), entonces el volumen de aire se reduce a la mitad. Por lo que a mayores olas, las personas dentro del refugio deberían estar más próximas a la zona superior del refugio.

-Consumo de oxígeno: Puesto que se consume más oxígeno (y se expulsa más  $CO_2$ ) al estar estresado, además de al estar en movimiento, entonces, al estar en el refugio bajo gran ola, conviene, para tener más capacidad de respiración: el mantener la calma y relajarse.

4) Refugio personal: En caso de no poder huir, y ser por la noche, tal vez cuando se duerme, y no se oyere alarma y el tsunami fuere repentino, se propone un posible refugio en la misma cama, y se describe a continuación:

a. Sería una cama que recordaría la forma de las camas de los antiguos palacios o castillos. Esas camas tenían 4 columnas, una en cada esquina y un espacio superior de donde colgaban telas para proteger de frío o insectos.

b. En el refugio ideado, el espacio equivalente a la zona elevada de esas camas de palacio, sería un espacio, como una barca boca abajo, que encapsularía el aire al sumergirse bajo la ola. Sería como de al menos  $2m^3$  de aire respirable, suficiente en principio para alrededor de una hora (o más) según factores (tipo de persona y su consumo de oxígeno y emisión de  $CO_2$  según grado de calma, peso etc).

c. Debajo de la cama habría material de gran flotabilidad: como madera de balsa, ó corcho, o

simples flotadores de aire, con grosor suficiente para elevar la cama, de forma natural, al ascender el agua. (Hay que considerar el peso extra del colchón mojado y demás factores mecánicos).

d. Para el control del ascenso del agua y no su acceso súbito a la habitación, la puerta de la habitación se rompería primeramente por su parte inferior. Simplemente al ser esta parte inferior suficientemente más débil que el resto de la puerta. (En la figura 6, a la derecha, se ve el agua que entrara bajo la puerta)

e. La habitación sería resistente al impacto del agua, en especial en la zona alta de las ventanas.

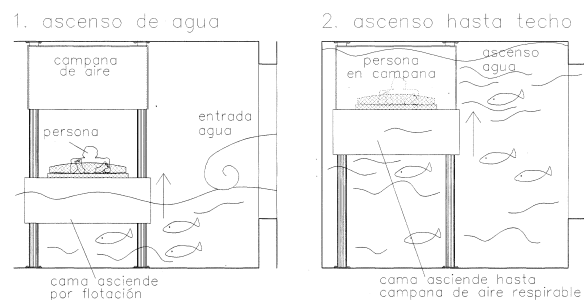
f. La cama ascendería, de forma natural por empuje del agua, a través de las 4 columnas por rodillos. El sistema es análogo a las plataformas flotantes en algún puerto de mar (por ejemplo, en el paso de pasajeros a los barcos, en el Puerto Ayora, en la Isla de Santa Cruz, en Galápagos).

g. Las cuatro columnas se habrían antes instalado empotradas al suelo y techo, evitando así el vuelco de la cama al impacto del agua. A modo de puntales metálicos de construcción para apoyos de forjados.

h. Dentro de la campana habría una cuerda fija en un extremo para amarrarse en su caso, un chaleco, un silbato, una linterna que resista el agua, y una bombona de oxígeno y demás elementos de supervivencia.

i. En caso de enormes tsunamis, por ejemplo mayores de 30 metros de altura por encima del refugio, y debido a la presión del aire, sería apropiado sistema de emisión de oxígeno (botellas de O<sub>2</sub>, etc), y sistema absorbedor de CO<sub>2</sub> (hidróxido de calcio etc).

(Ver fig. 4).



3. retirada de agua: la base de cama desciende

Fig.4. Dibujo en alzado frontal de propuesta de cama tsunami.

5) Refugio en el auto: En caso de no poder huir o que el tsunami llegara al estar en el auto, podría ser una opción permanecer en él con las ventanas cerradas. (fig. 5). Se propone que alguna fábrica de autos, realizara vehículos con capacidad a mantener el aire, cinturones de seguridad adaptados a tsunami, e incluso sistema de producción de oxígeno en su caso, y apertura especial de ventana.



Fig.5. Evidencia de flotabilidad de vehículos en tsunami.

6) Refugiarse en techo de habitación: Una posible opción, de no poder huir, ni otra mejor opción, estando en una habitación, es acercar la cabeza hacia el techo y respirar el aire que pudiere quedar retenido. Podría previamente haberse anclado una cuerda colgada desde el techo para servir de amarre a ella y facilitar el ascenso hacia el techo al entrar el agua.

Es fundamental que desde el dintel de puerta o ventana al techo haya una distancia de al menos unos 20cm para permitir que se cree un espacio suficiente de aire retenido, para meter la cabeza en dicho aire.

Conviene reforzar estructuralmente, al menos una habitación, en la vivienda, aunque sea pequeña, con peso suficiente para soportar el empuje vertical del aire, y con dinteles de puertas y ventanas suficientemente separados del techo.

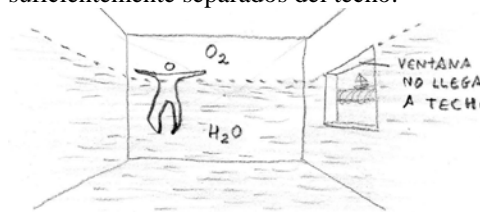


Fig. 6. Cuando entra el tsunami en una habitación estructuralmente resistente, el aire tiende a quedar atrapado en lo alto de la habitación, por encima del dintel de ventana o puerta. El agua ascendería teóricamente no más de dicho dintel (desde línea a trazos hasta el techo) y descontando una parte de pérdidas por turbulencias. Convendría disponer de cuerda anclada junto a techo para amarre de la persona, chaleco salvavidas etc.

Si acaso el dintel llegara al techo, no sería válido el sistema. En tal caso, se podría diseñar unas láminas al exterior, impermeables que bajarán la cota del dintel.

Los techos de habitación deben tener algún sistema que evite que el aire atrapado se escape. Ya sea por ejemplo con una **pintura impermeable** en paredes y techos (por encima del dintel de ventanas y puertas), o con un plástico resistente, o con una lámina fina metálica etc.

Las edificaciones habrían de tener unos cálculos estructurales para resistir impactos del agua y de cierto grado importante de escombros en el agua. Las edificaciones existentes podrían reforzarse con estructura de acero, hormigón etc.

Se ha de calcular los m<sup>3</sup> de aire capturable en la habitación para saber número de personas que lo vayan a usar (1m<sup>3</sup> de aire retenido/persona).

Considerar, según teorema de Arquímedes, el empuje ascendente, del volumen de aire que desaloja el agua, y ese empuje se ha de anclar a las estructura y/o al terreno (con zapatas de hormigón, etc).

Se habrá de consultar con ingeniero o arquitecto especializado sobre estos temas y para hacer suficientemente resistentes a tsunamis las edificaciones.

Conviene al estar en la campana y ya bajo el agua, y a causa de la presión del aire, tragar saliva, o mascar chicle o tomar caramelo para evitar daños en oídos al subir la presión del aire al aumentar la altura de la ola por encima de la campana.

7) La realización de refugios puede suponer un incremento en el bienestar, pues favorece una mayor tranquilidad en las personas al saber que hay elementos físicos para la protección, en caso de no poder evacuar la zona (por ser de noche, o contar sólo con escasos minutos ó segundos para huir, etc). Por tanto, el proyecto supondría una mejora en la calidad de vida de la población.

8) En caso de: no poder huir ni refugiarse a gran tsunami, se propone el siguiente Manual:

#### MANUAL DE RECOMENDACIONES ANTE TSUNAMIS, SI NO ES POSIBLE HUIR, NI REFUGIARSE, PARA INSTITUCIÓN DE GESTIÓN DE RIESGOS:

1. mantener la calma en todo momento; (si hay tiempo, ponerse un chaleco salvavidas, el cual podría situarse junto a la cama);

2. si hay tiempo, antes de ser envuelto por la ola, inspirar profundo (bueno es mantener aire en los pulmones para no hundirse y mantener más tiempo la respiración); y si no hay tiempo de inspirar, aguantar con calma la respiración;

3. si es posible y hay tiempo, amarrarse a una cuerda o cinturón de pantalón y estos a algún elemento que sea resistente (podría valer a un árbol, palmera o farola, y si es posible trepar por ellos).

4. si no es posible esto, entonces dejarse llevar por el agua (con calma para poder pensar o reaccionar más apropiadamente); se procuraría envolver la cabeza con los brazos;

4. al percibir la persona que no da vueltas por las turbulencias (es decir, que avanza con el agua en horizontal o hacia arriba), entonces, procurando tranquilidad, se debería mover las manos para ascender;

5. al llegar a la superficie del agua, se debe intentar flotar o agarrarse a algo que flote.

Aún **tragando agua**, no ha de asustarse, pues se puede seguir consciente y reaccionar correctamente. Incluso tal vez podría hasta mejorar el rendimiento, en fuerte actividad física.

Parece ser, y según indican diferentes libros médicos, que estamos diseñados a poder sobrevivir en casos de emergencia si mantenemos la calma.

Respecto a procurar **mantener la calma**, pues es el primer requerimiento para asegurar mejor la supervivencia, hay distintos métodos, como respirar lentamente (antes de la ola), meditación, etc.

Cabe decir, que si no hay calma, es decir, con stress:

-se consume gran energía (necesaria la energía para responder mejor al tsunami);

-se aumenta la respiración (y dentro de la ola conviene usar al mínimo el oxígeno de respirar, o no usarlo);

-Se pierde la concentración, bloqueando el saber reaccionar;

Con todo esto queda claro, que el mantener la calma va a beneficiar a mejores resultados, y asegura más la supervivencia.

-¿Cómo sería enseñar a mantener la calma? Por ejemplo, a un grupo de turistas cuando llegan a un Hotel de costa con riesgo de tsunami, se les podría decir:

1. “en caso de tsunami, lo más importante la calma, pues con calma se piensa mejor y se sabe actuar más apropiadamente, además se consume menos oxígeno, que conviene mantenerlo bajo el agua”

2. La calma puede ayudarse con respiración lenta e incluso produciendo leve sonido al sacar el aire (método de meditación).

3. “estamos diseñados, para en caso de emergencia, saber mejor reaccionar correctamente, si mantenemos la calma”.

En los aviones a los pasajeros se les informa de cómo actuar en caso de catástrofe, entonces no debería ser tan extraño que se hiciera similar en ciertos hoteles de costa u otros lugares.

Otro aspecto de la respiración, es el de aguantar el aire y dosificar su uso en caso de emergencia de estar dentro del agua del tsunami: Sería bueno educar a la población a saber hacer respiraciones profundas y aguantar el aire, no sólo en caso de tsunamis, sino también, según diversos autores, porque es beneficioso para la salud física y mental.

9) Respecto a estudios de respiración a gran presión del aire, para los refugios descritos:

-Se ha consultado al departamento de (respiración) neumología en Hospital en Madrid, obteniendo las siguientes consideraciones:

-El pulmón no se reduce de tamaño, el gas se comprime y el volumen que cede se sustituye por un nuevo volumen de aire. La caja torácica no se deforma. La presión exterior se iguala con la alveolar de manera inmediata y la diferencia de presión para respirar seguirá siendo trabajo de los músculos respiratorios.

-La compresión - descompresión del gas es incompatible con la vida (nitrógeno). Se ha de idear un sistema de descompresión que a la vez evite que se le llene de agua la burbuja.

-También se ha consultado a especialista en neumología-fisiología, quien ha contestado a las preguntas de si sería posible para la supervivencia un simple refugio de aire encapsulado (abierto por abajo) ante un mega tsunami de 70m de altura, y que esa altura se alcanzara (y bajara) en solo 3 segundos.

-A 70 m de profundidad la capacidad pulmonar se reduce en 1/8. Con lo que un sujeto con una capacidad pulmonar total de 6 litros se ve respirando en 750cc. Y esto en 3 segundos no es compatible con la vida. -Además el nitrógeno bajo esta presión se licua y "emborracha", y se entra en coma por narcosis de nitrógeno.

-Se presenta una suelta elevadísima de radicales libres por hiperoxia pues se alcanzan en sangre concentraciones de  $O_2 > 5000$  torr, estos radicales anulan toda actividad metabólica fundamentalmente a nivel cerebral y se convulsiona.

-Aparte de rotura del tímpano por presión interna, senos paranasales, bradicardia extrema, y descenso brusco del gasto cardiaco por abolición de la precarga bajo la excesiva presión positiva intratorácica.

-Esto, al parecer, está en relación sobre todo con la velocidad de presurización incapacitando al organismo a una adaptación o equilibrio de gases que tienen por ejemplo los buzos que bajan de manera escalonada.

-Una vez pase la ola, los sujetos sufrirán, si esta huida del agua es (demasiado) rápida, un fenómeno de descompresión aguda con embolismos nitrogenados, roturas alveolares, intestinales, de senos etc esta vez por el incremento brusco de volúmenes de aire, como

ocurre en una descompresión en cabina de un vuelo. -Soluciones: que el refugio se despresurice mediante fuga según se incrementa la presión en el exterior (sensores de presión de superficie) y los sujetos respiren en una bombona de  $O_2$  presurizada.

-Conclusiones de respiración de aire a 70m de profundidad en 3 segundos de cambio de presión de 0 a 70m:

1-no es compatible con la vida una presurización en 3 segundos a 7 atmosferas (unos 70m de profundidad a enorme velocidad de descenso).

2-no es compatible con la vida una despresurización posterior brusca a 7 atmosferas

3-el habitáculo debe mantener constante la presión en el habitáculo máx. 2 atm de variación, 1 atm está bien o 1,5.

4-un traje de presurización neumática+ botella de aire/ $O_2$  comprimido son indispensables pero no suficientes si no se controla la presión.

-Por tanto, parece ser que hasta olas de unos 30m de altura sería válido el refugio propuesto, pero con olas mayores habría que considerar los sistemas de botellas de  $O_2$ , etc.

10) Ventajas de **capacidad humana a situaciones extremas** bajo el agua:

-(William Crisando) dos situaciones no convencionales y asombrosas ligadas al deporte extremo, son el cese voluntario de la respiración por tiempos prolongados y la inmersión a profundidades descomunales sin ayuda de equipos. Sin respiración voluntaria, el hombre puede estar al menos 8 minutos, y la mujer 6 minutos. Y se ha llegado a descender bajo el agua, sin ayuda de equipo, más de 160m. ¿Cómo pueden alcanzarse estos valores asombrosos?: Varios fenómenos fisiológicos ocurren: el reflejo de inmersión provoca apnea (no respiración), bradicardia y redistribución del flujo sanguíneo desde los órganos periféricos hasta la caja torácica para evitar el "aplastamiento" del tórax por la elevada presión del entorno. Ocurren también fenómenos de carácter voluntario encaminados a resolver los problemas originados por la compresión, principalmente el oído medio...maniobra de Valsava para igualar la presión del oído con la del medio externo.

-Desde antes de nacer, el humano está capacitado a estar sumergido en el agua (en el útero materno).

-Al momento del nacimiento humano, ya se está capacitado a enormes cambios de presión.

-Los que viven a nivel del mar, en especial los nacidos a nivel del mar, tienen mucha mayor capacidad a ascensos bruscos de presión atmosférica.



-La presión alta sobre personas, en sí, es inocua. Incluso ayuda a mejoras físicas. Por ejemplo, el someterse a la cámara hiperbárica, que equivale a estar a unos 10 a 20m bajo el agua, y con una despresurización en tiempo equivalente a que la ola se fuera en 20 minutos (lo cual, curiosamente coincide con lo común de grandes tsunamis) tiene las siguientes ventajas fisiológicas:

- mejora circulación de la sangre;
- genera nuevos vasos sanguíneos;
- mejora huesos dañados, etc
- elimina stress (especialmente recomendable bajo el tsunami);

También es cierto que se desaconseja a personas con hipertensión, epilepsia etc, pero tratándose de salvar la vida en caso de gran tsunami, los inconvenientes serían males menores.

-Es interesante que la piel humana resiste hasta 4 veces más al estar en calma, y esto va a favor en caso de impactos de escombros al estar dentro de una gran ola.

-Cabría pensar con todo lo anterior que el ser humano está diseñado para soportar de forma natural, sus capacidades, a sobrevivir a cualquier tsunami.

#### 11) EDUCACIÓN: CASO DE NO PODER HUIR:

---Enseñanza desde niños de técnicas de supervivencia en el agua:

-Para mitigar efectos de tsunamis, se debería enseñar a los niños a mantenerse en el agua: resistiendo por ejemplo, una hora de nado; y 2 horas a flote sin salvavidas; bucear a la mayor profundidad posible. Y hacer ejercicios de mantener la respiración lo más posible (por ejemplo del orden de 1 minuto o más). Y ejercitarles a mantener la calma en casos de emergencia. Esto sería especialmente indicado en las escuelas de poblaciones costeras donde no es posible huir. Por ejemplo, en Holanda, la enseñanza en caso de ahogos, consiste en tirarse al agua con zapatos y bastante ropa, y aprender a nadar con la indumentaria y saber decidir si se quitan los zapatos dentro del agua.

Quizá con una educación así dentro de unas décadas las personas enseñadas puedan mantener la calma mejor y tal vez ayudar así a reducir alguna pérdida humana.

-Se dice que la mejor manera de superar algo, es enfrentarse a ello. Por ello la importancia de educar desde niño, donde hay riesgo de tsunamis. Se les puede educar, enseñándoles, por ejemplo, que si al huir a un tsunami, por alguna razón el agua ya les alcanzó, cómo reaccionarían. Podrían para esto darse **clases** con especialistas, diciéndoles que se imaginen ante un tsunami y, con control de

socorrista, empujar a los estudiantes a una piscina, con bastante ropa incluido zapatos, lanzándole chorros fuertes de agua y objetos simulando los escombros. Incluso puede ser mejor aprender así, entre los niños, con la risa.

-Estas enseñanzas podrían ser útiles también en ahogamientos comunes en ríos, piscinas, playas, caer a un pozo de agua, percances en barcos, inundaciones de lluvia, etc.

-Serían enseñanzas en que incluirían los siguientes casos: aprender a nadar y soportar tiempo a flote, cómo salir de turbulencias de agua, cómo aguantar y dosificar la respiración, aprovechar las ventajas de la adrenalina, cómo protegerse de impactos de objetos, cómo actuar ante el empuje violento del agua al suelo (con brazos alrededor de cabeza, o posición fetal, etc), técnicas de buceo, despresurización, técnicas de reanimación, etc.

-Quedaría por investigar este tipo de enseñanzas, cómo serían, y cómo los Gobiernos u otras Instituciones apoyarían esto.

-Ante el tsunami, a la vista, se va a despertar el Sistema Simpático humano y se genera Adrenalina. La Adrenalina, entre otras características, tiene 2 opciones: o crear temor; o crear creatividad. Solamente esta creatividad puede surgir si antes del tsunami se ha educado a la persona a tener calma ante el tsunami. Por ejemplo, si uno no ha sido educado acerca de la sangre, se puede marear al verla con mucha mayor facilidad. (El temor es sustituido por calma y creatividad para saber cómo actuar).

Es decir, educando sobre estar dentro de un tsunami, se puede encauzar que la Adrenalina genere creatividad en vez de temor.

-Otra ventaja de la Adrenalina, encauzada con la educación de cómo sobrevivir dentro de la ola, puede aumentar la fuerza humana de forma sorprendente, quizá se pueda con ellos soportar impactos de la ola y sus escombros y efectos.

Si acaso no pudiere escapar, entonces la Adrenalina, con la previa educación de casos de ser arrastrado por el agua, puede llevar a creatividad apropiada con el instinto de supervivencia (mantener respiración, evitar impactos cubriéndose la cabeza con los brazos, cómo moverse dentro del agua, dónde agarrarse, buscar zonas de aire capturado, etc).

## 4 Conclusiones



- 1) La huída ante tsunamis han de ser a zonas no sólo suficientemente altas y/o alejadas, si no que han de ser además estables a resistencia, y que algún ingeniero o técnico especializado debería garantizar previamente.
- 2) En caso de ser imposible la huída que permita la supervivencia, cabría el uso de respirar dentro de un tipo de campana de aire apropiado, como podría ser el techo de una habitación resistente.
- 3) Para olas mayores de 30m de altura las referidas campanas deberían disponer de sistema que reduzca los daños por presión del aire: sistemas de producción de aire, o incluso tener que haber puertas de cierre, o en su caso que el refugio pueda flotar.
- 4) Como opción de refugio, en caso de no poder huir, y ser por la noche, etc (tal vez cuando se duerme), estaría el refugio en la misma cama creando una campana en su parte superior.
- 5) En caso de: no poder huir ni poder refugiarse a un gran tsunami, se propone una serie de recomendaciones para Institución de Gestión de Riesgos puede informar.
- 6) En todo lugar donde haya riesgo de tsunamis debería existir un chaleco salvavidas por persona en la vivienda, ya sea en la entrada de la casa o junto a la cama, para el caso de tsunamis imprevistos súbitos.
- 7) Se propone que alguna fábrica de autos, realizara vehículos con capacidad a mantener el aire, cinturones de seguridad adaptados a tsunami, e incluso sistema de producción de oxígeno en su caso, y apertura especial de ventana.
- 8) Se debería educar desde los colegios a cómo sobrevivir a tsunami tanto pudiendo escapar como sin poder escapar: Y enseñarles a saber mantener la respiración, a resistir tiempo suficiente nadando, mantener la calma, etc. En los hoteles de costa con riesgo de tsunami se debería informar cómo reaccionar en su caso.

## 5. Agradecimientos

- Dra. Sarah Béatrice Heili, Unidad de Cuidados Intermedios Respiratorios Servicio de Neumología, Hospital en Madrid.
- Dra Rodríguez Nieto, médico adjunto de neumología-fisióloga.
- Dr Peces Barba, jefe asociado de neumología, departamento de respiración en Hospital en Madrid.
- Doctor Juan la Calle, Medio Ambiente.
- PhD Víctor Hugo, ingeniero agrónomo.
- Doctora Lilian Morales, economía.

- Martín Read, Bioquímico de Inglaterra.
- Departamento de Arquitectura, UTI.
- Departamento de hidrología, Ingeniería Civil, Universidad Politécnica, Quito.
- Walter Mera Ortiz, ingeniero en hidráulica, Universidad Católica de Guayaquil.
- Técnicos forestales, Parque nacional Islas Galápagos.
- José Luis Moreno, Guayaquil.
- Familia Anchundia, de Cabuya.
- Asociación Christian surfers y sus estudiantes de arquitectura (Ecuador).
- María Altamirano B, técnico de la cámara hiperbárica. Hospital militar de Guayaquil.
- Doctor Edgar Rodríguez, médico y buzo experimentado, Hospital militar de Guayaquil.
- Médico Xavier Landívar, Facultad ciencias médicas, Universidad Católica, Guayaquil.
- Médico: Pamela Martínez, Universidad Indoamérica.

## 6. Referencias

- [1] Fisiología respiratoria, Willian Cristando Gómez, pág 139 a 143.
- [2] Educación preventiva para enfrentar tsunami. Año 2012.
- [3] Datos y documentación de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos SNGR.
- [4] Atlas de las dinámicas del territorio andino: Población y bienes expuestos a amenazas naturales. Feriva S.A. Cali, Colombia, 2009.
- [5] Los peligros volcánicos asociados con el Tungurahua. Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica nacional, Quito, Ecuador, 2005.
- [6] Los peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi. Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica nacional, Quito, Ecuador, 2005.
- [7] Fourth Conference Cities on Volcanoes. Quito, Ecuador, 2006.
- [8] Diagnóstico de la amenaza tsunamigénica de las costas ecuatorianas. Fuerza naval Instituto oceanográfico Guayaquil. Guayaquil, 2010.
- [9] Tesis doctoral. Volcán Chimborazo. Diego Paul Barba. Ecuador, 2006.
- [10] Datos de Google Earth.
- [11] Revista Tecnológica de la UNAM. Fecha de la última actualización. Disponible en <http://www.revista.tecnológica.unam.edu.mx/>