

ANÁLISIS DE LAS AMENAZAS NATURALES Y EL GRADO DE PREPARACIÓN DE POBLACIÓN EN LA ISLA SANTA CRUZ, GALÁPAGOS

Grace Balladares Imbaquingo*, María Fernanda Serrano y Rene Vásquez

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador

*Autor de correspondencia: gabi_121@hotmail.com

Recibido 13 de marzo 2019, aceptado después de revisión al 20 de marzo 2019

RESUMEN

Galápagos es un archipiélago ecuatoriano expuesto a constantes amenazas naturales por su ubicación geográfica y situación geodinámica. Se ha estudiado a la población de la Isla Santa Cruz que se sitúa en el centro del archipiélago, siendo la isla más poblada, más visitada y económicamente más activa. Por lo tanto escogida para analizar y evaluar las diferentes amenazas de origen natural y el grado de preparación de la población en su entorno natural. Para esta investigación se considera las amenazas naturales que se han presentado en la isla y las probables que pueda enfrentar tales como: actividad volcánica, sismos, terremotos, tsunamis, inundaciones, sequías, cambio climático e incendios forestales. Así, se logró constatar que el grado de preparación de la población es mayormente bajo, necesitando una mejor educación en forma teórica-práctica para poder enfrentar con éxito las amenazas por suceder en el cercano como lejano futuro.

Palabras claves: Isla Santa Cruz, vulnerabilidad, amenazas naturales, preparación, percepción.

ABSTRACT

Galápagos is an Ecuadorian archipelago, which is exposed to constant natural hazards due to its geographic location and geodynamic situation. We have studied the Santa Cruz Island which is located in the center of the archipelago, being the most populated, most visited and economically active island. Therefore, it has been chosen to analyze and evaluate the different hazards of natural origin and the degree of preparation of the population in its natural environment. For this research we have considered the probable natural hazards that the island faced and will face such as: volcanic activity, earthquakes, earthquakes, tsunamis, floods, droughts, climate change and forest fires. Thus, it was possible to find out that the degree of preparation of the population is mostly low, needing an improved education in theoretical and practical form to be able to successfully face the hazards to occur in the near and far future.

Keywords: Santa Cruz Island, vulnerability, natural threats, preparation, perception.

INTRODUCCIÓN

Las amenazas de origen natural se definen como aquellas manifestaciones de procesos de la naturaleza vinculadas a la dinámica geológica, geomorfológica, climática u oceánica en las cuales no existe intervención humana directa o significativa posible (Lavell, 1996; Toulkeridis, 2015a; 2015b). Por lo tanto, estas amenazas son de origen natural recurrentes, a veces impredecibles y que ocasionan grandes daños en recursos naturales, pérdidas económicas y lo más importante pérdidas humanas, por ello es importante ante una emergencia la respuesta a tales procesos,

estar preparados para así prevenir y mitigar sus impactos (Paniagua, 1995; Godschalk et al., 2003). Las amenazas de origen natural son muy dependiente de la ubicación geográfica como del contexto geodinámico. Así, también el grado de destrucción, pérdidas económicas y de las vidas es proporcionalmente dependiente del grado de preparación de la población, como del cumplimiento de ordenanzas de ordenamiento territorial, así como de construcciones de sismoresistentes entre otros requerimientos de una sociedad resiliente (Bruneau et al., 2003; Correa et al., 2011; Acevedo, 2013).

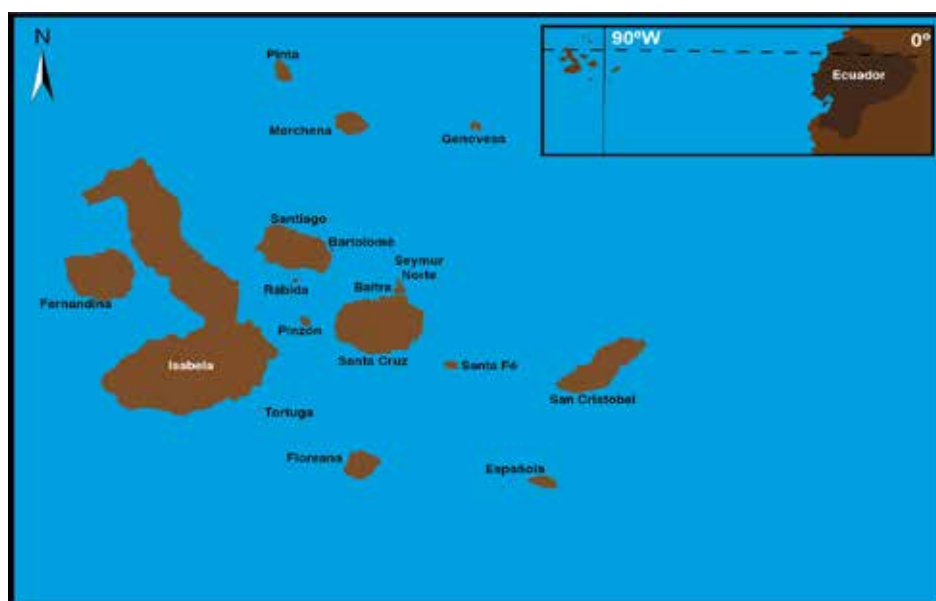


Figura 1. Archipiélago de Galápagos situadas en el Océano Pacífico, a 972 km al noroeste de la costa continental del Ecuador (Toulkeridis, 2011)

El ambiente de las islas Galápagos es muy diferente al del Ecuador continental por su aislamiento y diferente ámbito de procesos naturales de origen geológico, oceánico, atmosférico y la combinación de ellos. El ambiente de la superficie de las islas es caracterizado mayormente por su origen volcánico y por lo tanto cubierto de rocas y productos volcánicos con una menor proporción de sedimentos volcanoclasticos y de rocas carbonáticas (arrecifes y sus derivados) (Toulkeridis, 2011) (ver Figura 1). Así, muchas amenazas del ambiente volcánico, incluyendo volcanismo de punto caliente, sismicidad, tsunamis e incendios forestales como deslaves se basa en el mencionado origen geológico. Por su ubicación oceánica, las islas en Galápagos están expuestas en otras amenazas de origen natural como inundaciones, sequias, incendios forestales, deslaves, fenómenos de “El Niño” y “La Niña” y también potencialmente cambio climático (McBirney and Williams, 1969; Simkin, 1984; Reynolds, 1996; Trueman and d’Ozouville, 2010).

En las últimas décadas Galápagos ha enfrentado distintos tipos de eventos de tipo natural, que han causado desequilibrio en el ámbito ambiental y socio económico (GAD Cantonal Santa Cruz, 2015). Por lo tanto, se ha conducido una investigación para conocer el grado de preparación de la población, para cual se realizó un acercamiento y estudio sobre el alcance del conocimiento de los habitantes, así como de las respectivas vulnerabilidades con el apoyo de encuestas.

CONTEXTO GEODINÁMICO, UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y AMENAZAS NATURALES EN LA ISLA SANTA CRUZ

Las Galápagos están situadas encima de un punto caliente cual es el origen volcánico y el fundamento de las islas, similar de las islas de Hawaii (Wilson, 1963). El mismo punto caliente está rodeado de varias placas y micro-placas como de una variedad de fronteras de las placas. La posición de las islas Galápagos en medio de la placa oceánica de Nazca arriba de un punto caliente. A su lado oriental ocurre la separación de las placas continentales del Caribe y América del Sur entre la Megafalla Guayaquil-Caracas (frontera transcurrente de placas) (Toulkeridis, 2013). En la parte occidental de las islas está situada una microplaca de aproximadamente 120 km de longitud dentro de la zona de separación de las placas Nazca, Cocos y Pacífico, en la región en la que se esperaba tener una junta o unión triple entre las placas referidas, cual subsecuente se nombró “Galápagos” debido de estar la tierra más cercana (A pesar que las Islas Galápagos se encuentran a 1100 km en dirección oriental de la misma) (Toulkeridis, 2013) En el norte de Galápagos se encuentra el Rift Profundo Hess, cual es la parte más profunda de un valle expansivo tipo “Rift”, causando la propagación de la parte terminal occidental del Centro de Expansión de las Galápagos (frontera de placas divergente), la cual se encuentra entre las placas Nazca y Cocos, justo en la parte extrema oriental de la Microplaca Oceánica Galápagos (Lonsdale, 1988; Wiggins et al., 1996; Staller et al., 2018; Smith and Schouten, 2018). En la parte occidental de Galápagos se encuentra la frontera divergente de placas llamada “La Cordillera Oriental del Pacífico” como en su lado oriental la frontera convergente de placas llamado “Fosa Ecuatoriana” (Fig. 2). La interacción y el desarrollo de las placas y sus respectivas fronteras, como la posición geográfica y sus respectivas interacciones isla-océano pueden causar una variedad de amenazas cuales se analizarán las principales en detalle.

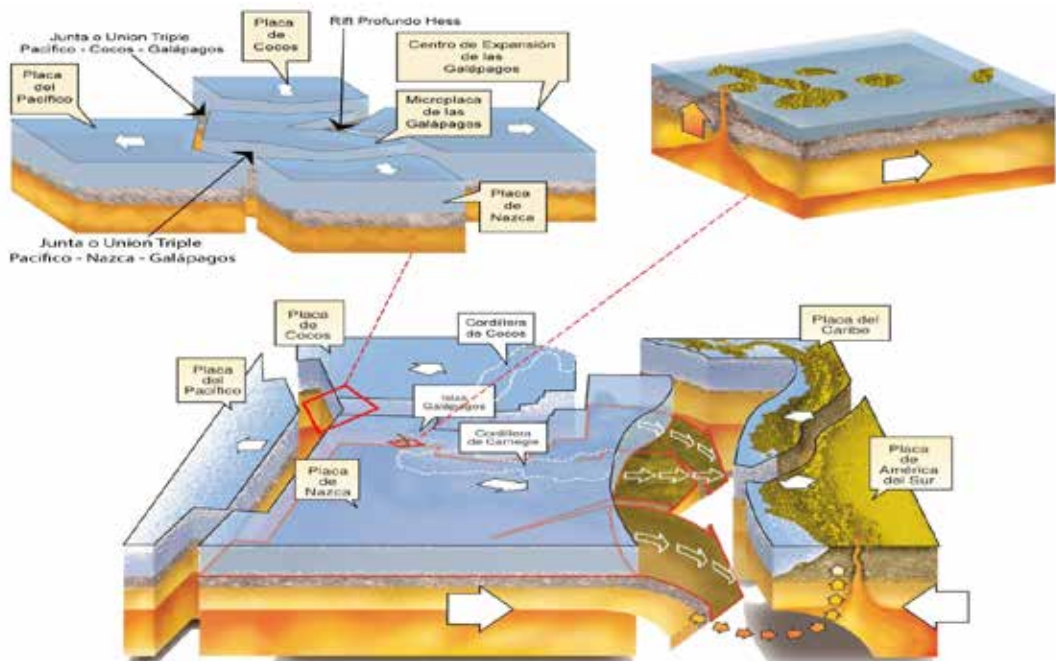


Fig. 2: Esquema de la geodinámica del Ecuador y Galápagos con las placas tectónicas y las fronteras de las placas respectivamente (Toulkeridis, 2017).

ACTIVIDAD VOLCÁNICA

En el Ecuador hay más de 250 volcanes continentales y unos 3000 volcanes en las islas Galápagos, de cual la mayoría están extintos por ser monogenéticos (Toulkeridis, 2013). De estos volcanes existe en 20 volcanes continentales con actividad y 17 más en las islas Galápagos. Debido de la ubicación del punto caliente, en la parte central de las Galápagos que existe actividad volcánica en el archipiélago mayormente en la parte occidental, tales como; las islas Isabela y Fernandina. En la región insular se encuentran actividades históricas observadas y documentadas de los últimos 220 años en los volcanes El Cumbre, Wolf, Darwin, Alcedo, Sierra Negra, Cerro Azul, Santiago, Marchena, sin excluir actividad potencial de los últimos decenas de miles de años en varios volcanes más como Ecuador, Roca Redonda, Floreana, Pinta, Pinzón, Genovesa, Isla Wolf y Darwin como Santa Cruz (White et al., 1993; Toulkeridis, 2011). Los tipos de volcanes que se encuentran en las islas Galápagos son clasificados como Escudo, conos de escoria, conos de ceniza, conos de salpicadura, fisuras y maars (Toulkeridis, 2011) (ver Figura 3).



Fig 3: Varios tipos de volcanes en las islas Galápagos como volcán escudo (arriba izquierda), caldera (arriba derecha), cono de ceniza (centro izquierda), cono de escoria (centro derecha), conos de salpicadura (abajo izquierda) y mar (abajo derecha) (Toulkeridis, 2011).

El volcán escudo más alto es del volcán Wolf situado en la Isla Isabela, de 1,170 msnm, y bajo el mar 3,200 , superando al doble la altura del volcán Chimborazo midiendo desde la base de la estructura volcánica (Fig. 4). Estos volcanes escudos están formados por miles de flujos de lavas, poco viscosas. Muchos de los volcanes de tipo escudo, han sufrido un colapso en su desarrollo

generando una caldera en la parte central de la estructura, mientras otros colapsaron en lado de un flanco como Ecuador y Roca Redonda, cual colapso ha generado mega-tsunamis, o iminamis (Cando et al., 2006; Pararas-Carayannis, 2012). Las amenazas volcánicas de los volcanes en Galápagos incluyen mayormente explosiones, flujos de lavas, gases, caída de bombas u otro material piroclástico como cenizas y raramente flujos piroclásticos, lluvia ácida, avalanchas de escombros y tsunamis (Keating and McGuire, 2000; Chadwick et al., 2006; Toulkeridis, 2011; Blong, 2013). La más reciente actividad volcánica en las Galápagos se registró en el verano del 2018 cuando en los volcanes Sierra Negra de la Isla Isabela y en el volcán El Cumbre de la isla Fernandina, salió lava llegando al mar (Global Volcanism Program, 2018a; 2018b).

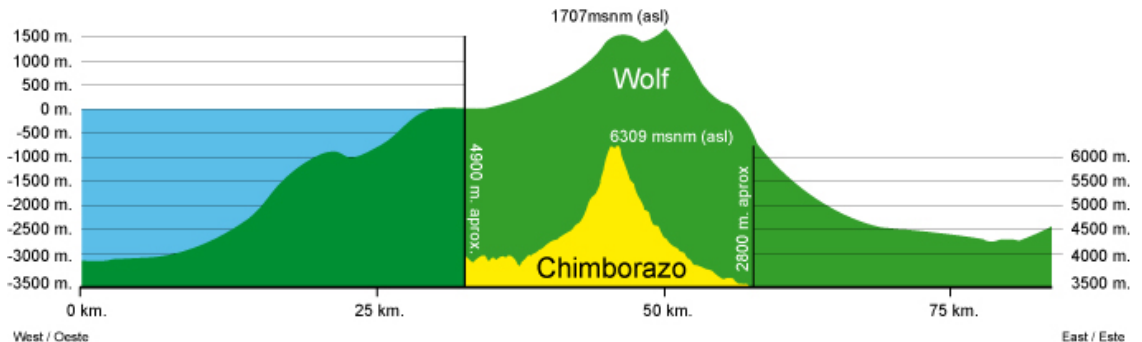


Fig. 4: Comparación de estructura en perfil del volcán Wolf un típico volcán escudo con la estructura del volcán Chimborazo, un típico estratovolcán (Toulkeridis, 2011).

Santa Cruz tiene una forma de escudo elíptico de pendiente con elevación de 950m y una serie de conos piroclásticos jóvenes y fosas, cráteres que se extienden por toda la isla dentro de un sistema de fisuras axiales (Toulkeridis, 2011) (Fig. 5). En la isla Santa Cruz se puede distinguir dos tipos de rocas La “Serie de Plataformas” en el extremo noreste y la “Serie de Escudos” más grande que cubre la mayoría de la isla (Bow, 1979).



Fig. 5: Fisuras de la isla Santa Cruz, cerca Puerto Ayora y su origen (Toulkeridis, 2011).

La Isla está compuesta por dos mariales de diferentes edades geológicas, la parte más antigua es la encontrada en la franja angosta noreste, área formada por lava y piedra caliza fosilizada con edades de hasta 1,3 millones de años, mientras la más joven cubre la mayor parte de la Isla y está formada por una serie de erupciones con lava basáltica, superpuesta por conos de ceniza más jóvenes con edades desde 600,000 años hasta 6,000 años (White et al., 1993). Por lo tanto por definición se trata de un volcán dormido con potencial de actividad (Sigurdsson et al., 2015). Una reactivación de la actividad volcánica podrá generar enormes y muy voluminosos flujos de lava, caída de cenizas y emisión de gases (CO_2 , SO_2 , H_2S entre otros), cuales en fases extremas podrán causar lluvia ácida ($\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4$), lo que deriva en la corrosión y deterioro de la vegetación, para la población, fauna y flora de la isla.

ACTIVIDAD SÍSMICA

El origen del 90% de los terremotos es causado por (sismos tectónicos) relacionada a zonas fracturadas o fallas geológicas, que dejan sentir sus efectos en zonas extensas, mientras que el 10% de los terremotos (o temblores en lenguaje popular) son de origen volcánico y ocurren por el movimiento del magma en su afán de alcanzar la superficie (Aki, 1987). El litoral de Ecuador está ubicado a unos 50 km de la zona de convergencia de placas, esta interacción se predetermina como la fuente sismogénica de mayor relevancia en el país y forma parte de uno de los segmentos de la zona de subducción sudamericana (Beck, 1993; Matsu'Ura and Sato, 1989). En esta zona de subducción ocurren sismos con magnitudes mayores y estando sus epicentros relativamente cerca de la línea de costa o sobre el lecho marino próximo al continente. Estas condiciones son suficientes para considerar que se podría suscitar un sismo tsunamigénico, es decir de consideración tal que pueda generar un tsunami (Tsuji et al., 2011; Pararas-Carayannis, 2012).

Por el hecho que el archipiélago de Galápagos este encima del punto caliente de Galápagos y no cerca de ninguna frontera de las placas, los resultantes movimientos sísmicos en o cerca de las islas se basan casi exclusivamente en el movimiento de magma o actividad volcánica (Simkin and Howard, 1970; Filson et al., 1973; Kaufman and Burdick, 1980). En base de este tipo de origen, las intensidades o magnitudes de los sismos se quedan en un rango bajo e inofensivo. Sin embargo, hay un evento sísmico que destaca en las islas, que ocurrió en el 4 de Junio 1954 que alcanzó 6,3 Mw en la escala de Richter (Acharya, 1965). El origen de este sismo se basa en el parcial levantamiento del techo de la cabeza del penacho del punto caliente generando un levantamiento por un largo de 1,5 km en la parte occidental de la isla Isabela donde rocas orgánicas como arrecifes se quedaron encima de la superficie del mar (Amelung et al., 2000). Otras evidencias de actividad sísmica de similar origen se encuentran en las fisuras llamadas "Las Grietas" en la isla Santa Cruz, cerca del Puerto Villamil (Fig. 5) como en la falla geológica que separa Santa Cruz con Baltra a través del Canal Itabáca. En resumen, la actividad sísmica directa, no provoca daños mayores y tampoco compromete la salud o las vidas de los isleños. Hasta el momento no hay ninguna instalación de algún sistema de alerta temprana de terremotos como propuesto en Toulkeridis et al., 2019 (Toulkeridis et al., 2019).

Tabla 1: Registro de actividad sísmica en el periodo 1900-2018 para Archipiélago de Galápagos (USGS, 2018)

Magnitud	Localización	Profundidad
5.5	35km NNE de Puerto Villamil, Ecuador 2018-06-26 09:15:36 (UTC)	10.0 Km
5.3	151km N de Puerto Baquerizo Moreno, Ecuador 2013-10-02 00:57:56 (UTC)	10.0 km
5.2	Islas de Galápagos, Ecuador 2007-10-07 08:34:10 (UTC)	10.0 Km
5.4	Islas de Galápagos, Ecuador 2007-08-29 22:10:10 (UTC)	22.7 Km
5.4	Islas de Galápagos, Ecuador 2005-10-22 20:34:41 (UTC)	10.0 Km
5.0	Islas de Galápagos, Ecuador 2005-05-11 22:55:48 (UTC)	3.7 Km
5.7	Islas de Galápagos, Ecuador 1999-12-22 22:08:07 (UTC)	10.0 Km
5.0	Islas de Galápagos, Ecuador 1998-01-11 23:09:11 (UTC)	10.0 Km
5.0	Islas de Galápagos, Ecuador 1991-03-03 12:59:11 (UTC)	10.0 Km
5.1	Islas de Galápagos, Ecuador 1988-02-24 23:50:57 (UTC)	10.0 Km
5.3	Islas de Galápagos, Ecuador 1988-05-20 10:18:01 (UTC)	10.0 Km
5.0	Islas de Galápagos, Ecuador 1988-02-24 20:22:44 (UTC)	10.0 Km
5.5	Islas de Galápagos, Ecuador 1988-02-24 15:43:15 (UTC)	10.0 Km
5.0	Islas de Galápagos, Ecuador 1988-02-24 10:04:36 (UTC)	10.0 Km
5.2	Islas de Galápagos, Ecuador 1982-01-10 22:26:29 (UTC)	10.0 Km
5.0	Islas de Galápagos, Ecuador 1979-10-28 16:06:23 (UTC)	33.0 Km
5.5	Islas de Galápagos, Ecuador 1974-01-07 02:18:50 (UTC)	33.0 Km
4.5	Islas de Galápagos, Ecuador 1973-01-25 08:10:57 (UTC)	33.0 Km
5.8	Islas de Galápagos, Ecuador 1971-04-18 17:41:26 (UTC)	10.0 Km
5.9	Islas de Galápagos, Ecuador 1955-05-31 17:57:14 (UTC)	15.0 Km
6.3	Islas de Galápagos, Ecuador 1954-06-04 06:50:43 (UTC)	15.0 Km

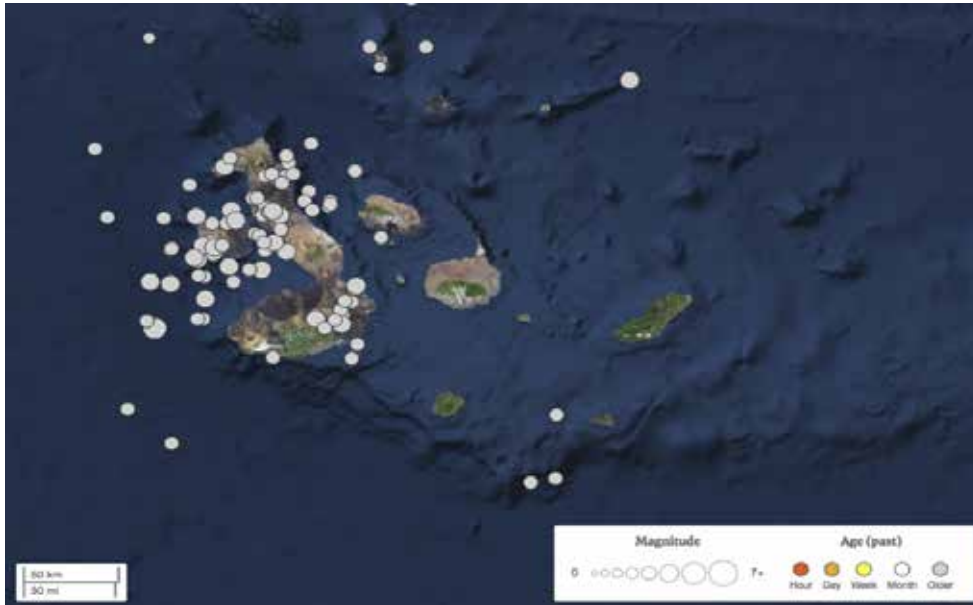


Fig. 6: Ubicación de los epicentros de sismos en las Galápagos en el periodo 1900-2018 (USGS, 2018)

TSUNAMIS

Los tsunamis pueden generarse en una variedad de formas naturales, como por actividad volcánica, por movimientos tectónicos, movimientos de masas encima o debajo de la superficie del mar y por impactos de objetos extraterrestres (Gutenberg, 1939; Pararas-Carayannis, 1992; Glikson, 2004; Geist et al., 2006; Schulte et al., 2010; Yalçiner et al., 2012). En un estudio retrospectivo de la cronología de tsunamis ocurridos en el Ecuador, define al término de tsunami como el que corresponde a una serie de ondas oceánicas de considerable período (entre 5 y 60 minutos) y longitud de onda (100 a 300 km), generadas por una perturbación a gran escala en el océano (Contreras, 2013). Los tsunamis se propagan como ondas gravitacionales, denotando alturas menores a 1m en mar abierto, que al aproximarse a la costa, incrementan su altura y pueden generar un impacto considerable en las comunidades costeras, sea en las Islas Galápagos o en litoral ecuatoriano (Chunga and Toulkeridis, 2014; Rodriguez et al., 2016; Matheus Medina et al., 2016; Mato and Toulkeridis, 2017; Toulkeridis et al., 2017a; 2017b; Rodriguez et al., 2017; Chunga et al., 2017; Toulkeridis et al., 2018; Mato and Toulkeridis, 2018; Celorio-Saltos et al., 2018; Matheus-Medina et al., 2018; Chunga et al., 2019). Cuando surge un tsunami se ocasiona grietas en los suelos llamado licuefacción, esto ocurre cuando el suelo se comprime el agua se exprime y asciende a la superficie y a su vez provoca deslaves, inundaciones, hundimientos de suelos, y a partir de estas quedan grandes secuelas que en el grado demográfico, económico y social son solo destrucción y pérdida.

Del análisis realizado por Contreras (2013) de las distintas fuentes de información sobre registros acerca de tsunamis en el Ecuador, desde 1586 únicamente: “Seis tsunamis fueron destructivos en el litoral continental: 1906 (de campo cercano), 1933 (campo cercano) y que también fue destructivo en las islas Galápagos, 1952 (campo lejano), 1958 (campo cercano), 1960 (campo lejano), 1979 (campo cercano)”. Para siglo XXI, se suman al año 2018 un total de 58 tsunamis, 9 llegaron a la costa ecuatoriana desde 1586, un número de 10 fueron destructivos de los cuales 2, los tsunamis de campo lejano Chile 2010 y Japón 2011, afectaron principalmente a las islas Galápagos. Los registros de tsunamis desde 1969 al 2012, demuestran que de los 30

tsunamis que llegaron a la costa ecuatoriana 14 llegaron a las islas Galápagos, se consideran de campo lejado¹⁴ considerando al del año 2010 como más agresivo provocando anomalías de 35 cm en Baltra y de 1.08 m en la isla Santa Cruz, mientras que el de Japón ocurrido en el 2011 registró un *runup* de 0.86 m en la isla de Baltra, así de 2.26 m en Santa Cruz, donde el mar ingresó hasta 500 m tierra adentro (Contreras,2013; NOAA, 2013).

En un estudio realizado por Moreano y otros (2012), sobre el comportamiento del tsunami del 2010 en las zonas costeras e insular del Ecuador, resume que en la Isla Baltra las olas alcanzaron los 35 cm, lo que provocó en Puerto Ayora que sus embarcaciones se fondearan en la superficie rocosa de su bahía, ya en la noche todo se normalizó, el fenómeno no hizo mayor notoriedad. La llegada del tsunami tuvo una demora de entre 5 – 6 horas para su arribo, lo que permitió tomar acción y precautelar la seguridad de la población siendo evacuada hacia las partes altas de la isla. Las embarcaciones que se vararon no tuvieron enormes daños y la marea en ese entonces, por sus condiciones evitó que se produzcan inundaciones mayores e impactos negativos elevados y lo mismo sucedió con relación a todo el archipiélago de Galápagos.

En la madrugada del 27 de febrero del 2010, un terremoto de 8,8 grados en la escala de Richter, sorprendió a los chilenos mientras dormían, tras este suceso se origina un tsunami que tuvo lugar en el océano Pacífico, frente a Curanipe y Cobquecura, localidades ubicadas a unos 400 kilómetros al sur de la capital chilena. Dejando daños considerables en ciudades cercanas del país chileno, 156 personas fallecidas, además de 25 desaparecidos. Este Terremoto es considerado como uno de los cinco más fuertes en la historia de la humanidad (Winckler *et al.*, 2011; Fritz *et al.*, 2011). Debido a este tsunami de magnitud 8.8 en escala de Richter. La población de las Islas Galápagos se mantuvo en alerta y se tomó precauciones como la evacuación hacia sitios seguros para la población y turistas que se encontraban en las islas. Las ondas marinas pasaron por la Costa ecuatoriana y Galápagos sin provocar efectos relevantes (Fig. 7).

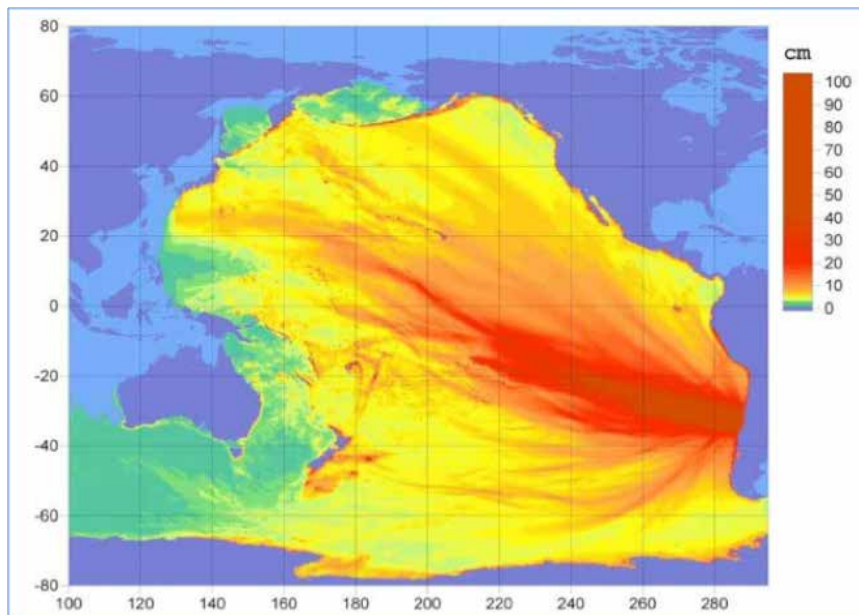


Figura 7. Altura de tsunami debido al maremoto de 8,8 en la escala de Richter en las costas de Chile 2010 (NOAA, 2010).

En otro estudio realizado específicamente para investigar las secuelas que dejó el tsunami de Japón en el 2011 sobre las islas Galápagos (Rentería, 2012) argumenta que gracias a las oportunas acciones tomadas una vez suscitado el sismo, en el lapso de 10 horas, que fue el lapso de tiempo en que el tsunami llegó a las islas, las olas generadas impactaron sobre desoladas costas, sin causar ninguna víctima en la población. (Rentería, et al. 2012).

Sin embargo, la interacción de las olas más allá del margen inter mareal, provocó efectos aun no estudiados sobre el frágil ecosistema de las islas. Entre estos efectos se pueden citar el daño sobre los nidos de tortugas, localizados sobre dunas de arena a lo largo de las playas afectadas. El incremento del nivel del agua afectó también a la vegetación asentada sobre la línea de costa, por consiguiente, a todas las especies dependientes de estas. También, se encontró depósitos de sedimentos marinos en lagunas de agua salada cercanas a la línea de costa, sedimentos que sin duda que modifican su configuración (Rentería, et al. 2012).

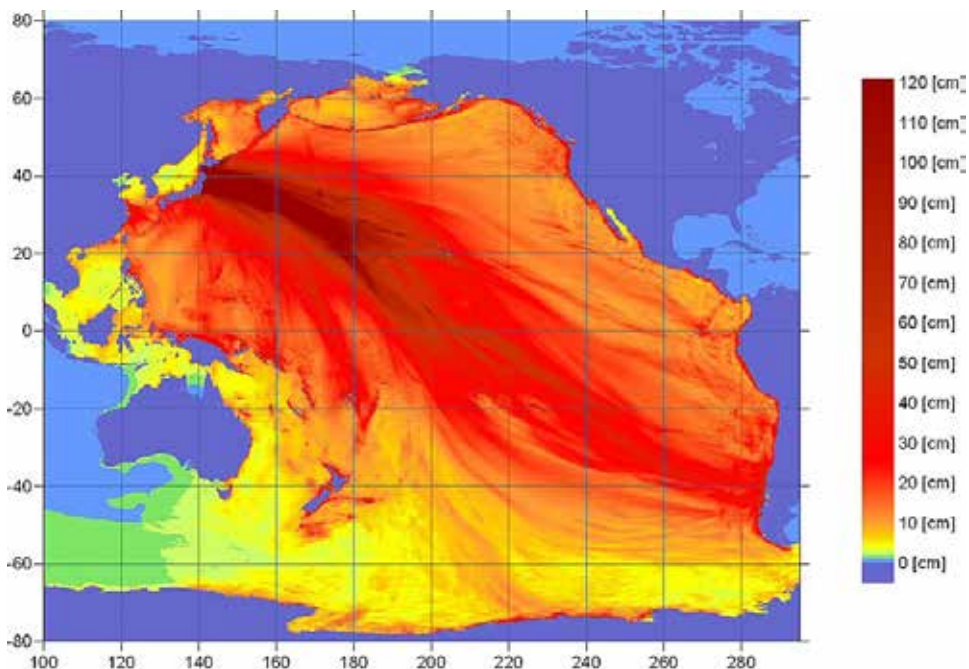


Figura 8. Distribución de la energía del maremoto producido por el terremoto de Sendai en Japón (NOAA, 2011).

Específicamente este tsunami que se originó en Japón, sucedió el 11 de marzo del 2011, debido a un terremoto de magnitud de 9,0 escala de Richter, considerado como el cuarto más potente registrado en épocas históricas en el mundo, creando así olas de hasta 40,5 metros. El origen del desastre estuvo situado a 100 Km de la costa, formándose a 6 Km por debajo del mar una vasta coalición, debido a que Japón se encuentra asentado sobre una línea divisoria entre las placas tectónicas locales. Este tsunami causó la muerte de 19850 personas, y provocó miles de millones de dólares en pérdidas económicas. Estas destrucciones incluyen la inundación de una central nuclear (Fukushima Dai Ichi) a 150 kilómetros al suroeste del epicentro ocasionando contaminación y liberando radiactividad al estar situada a metros del mar, además de daños en el servicio de energía, transporte, agua e infraestructura (Sánchez & Clavijo, 2011; Contreras, 2013).

Este fue el primer y gran tsunami que cruzó el océano en 40 años, a 800 kilómetros por hora se extendió por el océano Pacífico con alertas en las zonas costeras, como lo fue para Ecuador y las Islas Galápagos que por medio del INOCAR estuvieron en alerta, las olas fueron perdiendo intensidad llegaron sin provocar pérdidas humanas.

Dentro de este contexto las Islas de Galápagos, principalmente la Isla Santa Cruz, no solo se encuentra expuesta a tsunamis que se podría generar por sismos en la costa ecuatorial, sino también por sismos generados en otros lugares del Pacífico, considerando la proximidad del archipiélago al “Cinturón de Fuego” del Pacífico Occidental, zona que está ubicada en el océano que más recurrencia de tsunamis tiene. Así tal es el caso de ocurrencia con el tsunami de Japón 2011, que promovió a evacuaciones en las costas ecuatorianas (Rentería, 2012).

En el estudio de Rentería también se acota que el personal de la sección mareas del Instituto Oceanográfico de la Armada, obtiene el primer registro del tsunami a través del desplazamiento de las boyas de ayudas a la navegación, siendo ese el primer registro de esta naturaleza en aguas ecuatorianas, las boyas desplazadas tienen su ubicación en el Canal de Itabaca, debiéndose reposicionar un total de 8 boyas de ayudas a la navegación, después del tsunami de Japón en el 2011. De su informe se desprende que una de las boyas fue desplazada 560 m., y sin su peso muerto, hecho que adviene por la ruptura del eslabón metálico del sistema de anclaje, que une a este con la boya, mismo tiene un peso de aproximadamente 1 Ton, lo que puede ser atribuido a la energía desatada por el tsunami al arribo a mencionado Canal, esta conclusión es inferida considerando el desplazamiento también de las otras boyas. Del cual es importante destacar que una boya de ayuda a la navegación, consiste en una estructura metálica de aproximadamente 1.5 Ton de peso y que su sistema de anclaje compuesto por una cadena metálica y una estructura de hormigón, conocida como peso muerto, pueden llegar a pesar hasta 4 Ton.

Utilizando un método de campo, predicciones y tecnología para medir el Run-Up, que es el máximo de altura indicando el índice de peligrosidad al que se expone la población (normalmente el nivel medio del mar), se pudo registrar instrumentalmente el arribo de las olas tanto al sur como al norte de la isla. El mareógrafo de Baltra, que se encuentra al norte y el mareógrafo de Santa Cruz al sur, con sus sensores logran obtener por minuto la llegada de las olas, captando así cuanto se demora cada perturbación. Demostrando los resultados de 20 minutos en magnitud, dirección, así como su temperatura e impacto (Rentería, 2012).

Según Rentería y colaboradores (2012) en su investigación de campo afirma que: “El valor más alto de elevación se encontró en el denominado sitio SC II (Santa Cruz II), fue de un aproximado de 4.8 m”. Para finalizar su trabajo Rentería y colaboradores (2012) concluyen que la evacuación de la población, y embarcaciones marítimas como sus actividades y las del turismo se paralizaron de forma oportuna permitiendo reducir los efectos del tsunami una vez que este arribó a las costas del archipiélago, llegando las olas a ciudades y puertos, inundan las zonas urbanas, en las mismas no se produjeron grandes daños a pesar sus alturas considerable. De igual forma la costa ecuatoriana que ha enfrentado varios tsunamis locales y de corto aviso, mayormente por la interacción de la placa oceánica de Nazca con las placas continentales Sudamericana y Caribe, este tipo de tsunamis son desconocidos en las islas de Galápagos. Sin embargo, olas de tsunamis locales con alcances lejanos si han impactado el archipiélago en el pasado cercano con los recientes tsunamis de Chile 2010 y Japón 2011.

Las Islas Galápagos cuentan con un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para tsunamis monitoreado por el INOCAR, que por medio de sus Procedimientos Operativos Estándar permiten la evaluación del evento en función de la localización del sismo, la magnitud y profundidad del hipocentro, el análisis de la distancia del epicentro del evento sísmico, y el tiempo de llegada de

las olas generadas. Estos procedimientos establecidos por la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) respecto de las acciones que se realizarán en caso de que se genere una alerta de tsunami en Galápagos, de acuerdo a su magnitud (amarilla, naranja o roja) (CGREG, 2015).

INUNDACIONES

Es un evento natural relacionado con el funcionamiento del ciclo del agua, que inicia con el calor del sol evaporando el mar de los océanos hacia la atmosfera formando nubes, nieve y vientos, desplazándose a los continentes y provocando lluvias que se concentran en los ríos y se traslada a los océanos nuevamente, las fuertes precipitaciones producen el desborde de ríos, la subida del mar, además de grandes olas ocasionadas por tsunamis que también producen inundaciones, se considera una catástrofe cuando las inundaciones supera esto y se transforma en pérdidas enormes en daños económicos, daños en infraestructura y la pérdida de vidas. Existen muchos factores que provocan las inundaciones como la erosión del suelo, la tala de bosques, el aumento de la población, construcción desmedida, deforestación y por consecuencia de fenómenos meteorológicos y la influencia del calentamiento global (Alonso, 2013).

Santa Cruz por su ubicación geográfica y clima tropical como al resto de islas que pertenecen al Archipiélago de Galápagos se ven envueltas de corrientes, una de ellas es la corriente de Humboldt que se presenta desde los meses de enero a junio que es la **época** cálida y húmeda. Por otra parte en los meses de julio a diciembre, El fenómeno del Niño caracterizado por temperaturas altas en el océano Pacífico acompañado de fuertes lluvias y el debilitamiento de los vientos llega a las Islas Galápagos afectando directamente a su biodiversidad su ecosistema frágil (GADMSC, 2015). Los acontecimientos relacionados con el fenómeno de El Niño que han sido muy fuertes de 1982–1983 y 1997–1998, dejaron efectos dramáticos en los ecosistemas de Galápagos (Robinson & del Pino 1985; Snell & Rea 1999; Vargas et al. 2006), dentro de toda la historia registrada al respecto de El Niño, el evento correspondiente ocurrido en 1997 – 1998 aparece como el más fuerte de todos los tiempos (Kerr, 1999; Mcphaden, 1999), (Snell & Rea, 1999, p. 11).

Santa Cruz posee 32 cuencas hidrográficas con superficies que varían entre los 5 km² y 50 km², localizadas a lo largo de la isla (d'Ozouville et al., 2008). Aunque todas las islas en las Galápagos no tengan ríos, existen encañadas que se originan en las partes altas de las islas y que desembocan mayormente en el mar. En meses de fuertes precipitaciones julio a diciembre, estas provocan pequeñas inundaciones que generan deterioros a caminos e infraestructuras asentadas en las cercanías. En varias ocasiones inundando vías por el taponamiento del alcantarillado de la isla, afectando más la parte rural como Bellavista, Santa Rosa y El Camote (GADMSC, 2015). Cuevas volcánicas igual pueden inundarse y o colapsar (Jordá-Bordehore et al., 2016; Jordá-Bordehore, L. and Toulkeridis, T., 2016)

El Gobierno Autónomo descentralizado del Municipio de Santa Cruz (GADMSC) cuenta con un Plan de Contingencia para enfrentar el Niño/Oscilación Sur (ENOS) que determina que en la parte urbana de la isla hay 41 sitios con posibles riesgos de inundación y en la parte rural de la isla logrando encontrar 28 puntos de alto riesgo de inundación de un total de 110 puntos analizados, que no están completamente limpios, con obstrucción y falta de alcantarilla, desventajas a favor de inundaciones que pueden producirse por fuertes precipitaciones (GADMSC, 2016). Por lo tanto las inundaciones en la zona urbana puede ser a causa de agujeros o tsunamis suscitados en otros puntos fuera del Archipiélago llegando afectar a la bahía de la isla como se puede observar en la figura 9 (GADMSC, 2016).

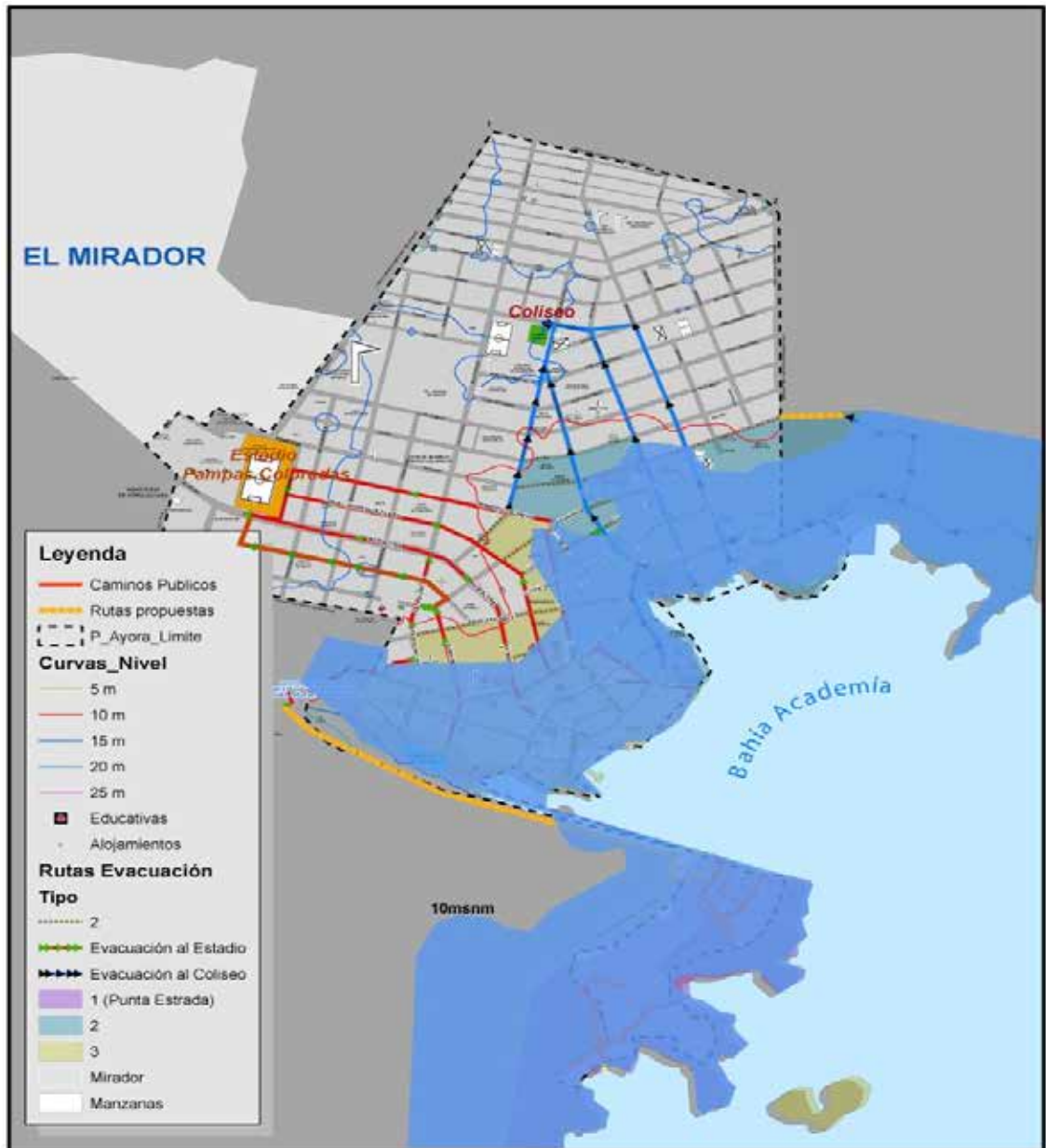


Figura 9. Áreas susceptibles a inundaciones y respectivas rutas de evacuación en Puerto Ayora, adaptado y modificado de GADMSC, 2016

SEQUIAS

Otra de las latentes amenazas que también se puedan suscitar en el archipiélago acerca de su clima, es las sequías o déficit hídrico, mismas que son el resultado de la circulación reducida por una inversión estable mantenida por el agua fría de mar, que es interrumpida en los primeros meses del año cuando la convergencia intertropical se retira brevemente a una posición al sur del Ecuador geográfico (Colinvaux, 2014). La sequía es uno de los fenómenos climáticos más complejos que afectan a la sociedad y el medio ambiente (Wilhite, 1993). La isla Santa Cruz generalmente tiene un clima seco en su costa y húmedo en la parte alta que es la montañosa.

El periodo de calor va desde 23 ° C - 31 ° C. Las precipitaciones son muy variables por efectos del Niño, pero cuando hablamos de los efectos de la Niña es cuando principalmente existe la escases de lluvias, por efectos de la Sequía hay perdidas económicas en la ganadería, afectado a los animales debido a la escases de pasto, como también a la mortandad de los pinzones de Darwin esto ocasionado por la ausencia de lluvias que hace que se disipe la vegetación que les sirve de alimento, la pérdida de cultivos también afecta a los habitantes de la isla escaseando los alimentos que se cosechan por falta del recurso hídrico, además que el agua es una fuente vital y única para abastecer a la isla, no olvidemos que la isla tiene agua salobre y cuenta con las lluvias para solventar sus necesidades diarias (GAD, 2012).

Un estudio efectuado por el El Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS) en el 2011, concluye cuales son las áreas más vulnerables a sequías en la zona rural del cantón Santa Cruz, (Fig. 10). La parte rural está situada en la parte alta, donde se desarrolla la actividad agrícola y ganadera de la isla que en estos meses su productividad disminuye considerablemente, por la falta de lluvias que además es vital para la captación de agua dulce (CGREG, 2013).

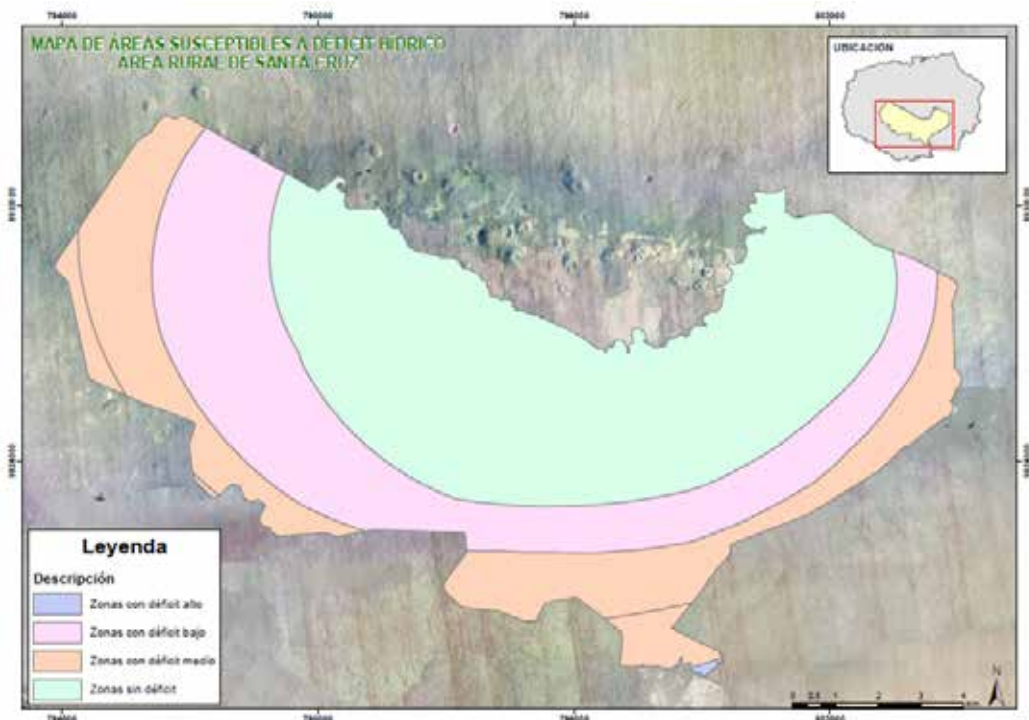


Figura 10. Áreas susceptibles a déficit hídrico en la Santa Cruz (GADMSC, 2016)

En el mes de noviembre del 2016, el Archipiélago de Galápagos fue declarado en Estado de Emergencia, y así poder coordinar entre instituciones públicas de la provincia insular, con el propósito de enfrentar la prolongada sequía por insuficiencia del recurso hídrico en las islas, el 45,9% (5.510 hectáreas) de 11.126 hectáreas de pasto que tenía Galápagos en el 2016 fueron afectadas por la falta de lluvias. En el sector pecuario, el 43% de las cabezas de ganado (4.270) tuvieron afectación alta y el 52% (5.129), afectación media. También, la producción de leche disminuyó en un 55,9% (INAMHI, 2017).



Figura 11 Afectaciones por sequía en la zona rural de la isla Santa Cruz en el año 2016 (GADMSC, 2016)

Considerando el reporte de datos, productos e información sobre sequías existentes en el Ecuador, 2017, el INAMHI es el ente encargado que monitorea y toman acción de Sequias en el país conjuntamente con la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA), Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC), Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR) y Dirección General de Aviación Civil (DAC) estas instituciones operan redes de observaciones meteorológicas o hidrológicas tanto a nivel nacional, a nivel provincial, lo GAD's provinciales, además de las acciones que el sector privado también realiza (INAMHI, 2017).

CAMBIO CLIMÁTICO

Desde Venecia hasta las islas Galápagos, lugares emblemáticos como Patrimonios Naturales Mundiales, son vulnerables para el cambio climático según el informe Patrimonios Naturales y Turismo en un clima cambiante (ONU, 2016). En los últimos 50 años los cambios en la tierra han sido más acelerados que en cientos de años anteriores. En los últimos 60 años la población casi se ha cuadruplicado y más de 3000 millones de personas han emigrado a otros países o ciudades. Un grave ejemplo es Shenzhen en China, era solo un pueblo de pescadores hace no más de 50 años, ahora es una ciudad con gran cantidad de habitantes y edificios. En Shanghái existen más de 300 mil torres y rascacielos y siguen avanzando en construcciones, no vayamos muy lejos. Según los datos proporcionados por el INEC en el Ecuador para el año 2018 hemos llegado al número de 17 016 970 de habitantes, un país pequeño pero mega diverso, lleno de recursos que la tierra brinda, vemos ya la afectación del cambio climático en nuestro clima, en especies que desaparecen o que emigran a otros habitat, tala de árboles, como un árbol tarda en crecer y beneficia a la humanidad, siendo los mismos humanos quienes lo talan en minutos. La contaminación de ríos, explotación de petróleo que acaba con los habitat de muchas especies. Un breve ejemplo es en enero de 1999 se declara al Parque Yasuní como área intangible para poder proteger a las comunidades Tagaeri y Taromenane, que además son los dos últimos pueblos aislados voluntariamente que quedan en el Ecuador y en general en América Latina, viven en permanente presión por intereses de la madera y petróleo. Saber el impacto de la industria petrolera en el Parque Yasuní, podría tardar hasta 100 años, mientras la deforestación continua sin límites de algún control y la pérdida de su biodiversidad continúa siendo amenazada. (Larrea, 2010)

El cambio Climático es un problema ambiental global y considero que es el más importante, que directa o indirectamente se lo debe a la actividad humana.. Esta es una preocupación latente en los últimos tiempos acerca del cambio climático global y sus impactos, es importante caracterizar el clima único de las Galápagos, mismo está influenciado por la interacción de las corrientes oceánicas y vientos. Los primeros observadores e investigadores del archipiélago señalaron un enfriamiento comparativo del clima en comparación a otros lugares en el Ecuador (Dampier 1729, Darwin 1845), la ocurrencia de dos estaciones distintas (Dampier 1729), y la presencia de una zona húmeda de “vegetación exuberante” en las tierras altas, en comparación con las tierras bajas “estériles” (Darwin 1845), juntamente con las cíclicas características húmedas y de precipitaciones que se suscita con la llegada del fenómeno de El Niño, así su contrapartida en cuanto a sequía ocasionada por La Niña. Este conocimiento ha sido necesario para predecir posibles consecuencias para la biodiversidad en las islas, así como fundamento para investigaciones consiguientes (Trueman & Noémi, 2010).

La influencia de las corrientes y los vientos está basada en una migración intra anual norte-sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ), en un rango cálido de convección profunda que cambia de 10° N, durante el verano del hemisferio norte, hasta 3° N, durante el invierno septentrional (Sachs et al. 2009). Para la mayor parte del año la ZCIT viene del norte de Galápagos, y los vientos alisios del sureste, trayendo con ellos aire enfriado por las frías aguas al sur (Alpert 1946, Colinvaux 1984). Cuando la ITCZ migra hacia el sur, más cerca de Galápagos, el archipiélago está casi en estado de calma; se reducen los vientos alisios, el océano más cálido, llegan las corrientes del norte, y las condiciones en el archipiélago son tropicales (Alpert 1946), (Trueman & Noémi, 2010). Los efectos locales del cambio climático global pueden influir en la cantidad, periodicidad e intensidad de las precipitaciones, dada la variedad de mecanismos climáticos que se dan en las Galápagos (Trueman & Noémi, 2010). Su análisis sobre el clima, la influencia de El Niño su humedad y calor y La Niña con la sequía, y la problemática del cambio climático a nivel mundial y que afecta a las Islas Galápagos, demuestra lo impredecible que es el clima en las islas muy variadas e inconstantes, además que existen variables climáticas entre las tierras bajas y las tierras altas.

Trueman y Noémi dentro de una investigación al respecto citan el papel preponderante que juega el fenómeno climático que se da en todo el Pacífico, El Niño Oscilación del Sur (ENSO), en el clima de las Galápagos. La fase cálida de ENOS se conoce como El Niño y la fase fría como La Niña. Durante los eventos de El Niño, el Pacífico oriental experimenta altas temperaturas de la superficie del mar, debilitamiento de los vientos que vienen desde el sureste y la profundización de la termoclina; todo lo cual fortalece las condiciones asociadas con el desplazamiento hacia el sur de la ZCIT. Los efectos en Galápagos incluyen altas temperaturas del aire, lluvias torrenciales y una estación cálida más larga de lo habitual (Snell & Rea 1999).

En el estudio de Trueman y Noémi, en el cual utilizando un método cuantitativo caracterizan la climatología terrestre de las islas, determinan que se tienen claramente identificadas las estaciones entre los meses de enero y mayo para la temporada de calor, y los meses de junio hasta diciembre para el frío, temperaturas del aire más altas en la estación cálida que en la estación fría, donde los máximos diarios fueron generalmente 5° C más cálidos que los mínimos, a excepción de los meses más soleados de febrero a abril, cuando los máximos diurnos fueron 3 a 9° C más altos y solo durante la temporada de calor, los meses de febrero hasta mayo fueron promedios máximos diarios, aproximadamente 1° C más alto. La lluvia fue extremadamente variable en la temporada de calor, la precipitación media máxima se produjo en febrero, aunque en algunos meses no hubo precipitaciones. En la estación fría la cantidad de lluvia fue bastante consistente de mes a mes y

año a año, la mediana del número de días de lluvia por mes fue más bajo en la estación cálida que en la estación fría. El mes pico para los días de lluvia fue agosto. Los meses con menos días de lluvia fueron mayo y abril. En años muy secos, las precipitaciones de la estación caliente fueron muy por debajo de la mediana y, a menudo, muy por debajo de la proporción habitual del total anual. A consecuencia de esto es que el archipiélago de las Galápagos mantiene dos estaciones climáticas, una cálida y otra fría, conocidas desde la antigüedad como húmeda y seca.

Las potenciales consecuencias que un fenómeno de El Niño de extremas características puedan suscitar en el archipiélago tendrían sus efectos reflejados notoriamente en las especies endémicas de esta región insular, variadas especies marinas propenderían a estar al filo de sus hábitats regulares, sus patrones de crecimiento se verían estancados, así como una ralentización en el crecimiento de la población de las mismas en los periodos subsecuentes (Snell & Rea, 1999). Las islas Galápagos, ubicadas dentro de la región central de la oscilación de sur El Niño, experimentan consistentemente anomalías de precipitación positiva y temperatura de la superficie del mar (TSM) durante los eventos de El Niño (Riedinger, Steinitz-Kannan, Last, & Brenner, 2002). Se estiman que los niveles del mar alrededor de las Islas Galápagos podrían aumentar en un metro para el año 2100. Así también las islas Galápagos pueden ser afectadas por el calentamiento global, siendo que Grant & Grant afirman que “los cambios climáticos pueden ser anticipados, medidos y entendidos, ya que interfieren claramente en los planes a largo plazo para la conservación biológica en Galápagos” (Grant & Grant, 1994). Además de las secuelas del cambio climático es que aumenta la inconstante de los desastres naturales (Mato y Toulkeridis, 2017).

En la Isla Santa Cruz el cambio climático actúa con aguas calientes en el mar de galápagos que principalmente está caracterizado por tener un mar frío, esto minimiza la biodiversidad marina como la disponibilidad de fitoplancton y hace que los animales del mar e invertebrados y aves emigren hacia otro lugar, afectando principalmente al pingüino marino que depende del mar y sus corrientes, como la especie más famosa que es la tortuga Galápagos su mortalidad podría aumentar considerablemente y esto afectaría directamente a los pobladores de la isla debido a que dependen mucho del turismo siendo una fuente principal económica de la isla. Bajo la imposición del desarrollo turístico, el aumento de la población y los impactos que esto produce contra las especies, la fauna endémica y los ecosistemas de la Galápagos se verá significativamente afectado por los cambios climático, además influye en los habitantes de la isla, económica, social y en salud, ya que estos cambios tan repentinos, trae consigo fuertes lluvias o sequías, inundaciones, que provoca disminución económica para los Santacruceños, enfermedades, perdidas en la agronomía de la isla en su ganado y cosecha, y desafiando poder sostener la productividad de los recursos naturales que las islas nos ofrece.

Las Islas Galápagos se encuentran en la encrucijada de múltiples intereses que se superponen y contradicen entre sí. Lo dominante allí es la extrema variedad que ha permitido una diversificación incluyendo al propio hombre que ocupa solo el 4% del territorio insular, distribuido en cinco islas. Pero las condiciones de fragilidad son extremas y la influencia del hombre podría significar la desaparición del carácter singular y único de los ecosistemas insulares (Rojas, 1986).

La isla Santa Cruz se encuentra expuesta a fenómenos naturales como El Niño, inundaciones, cambios climáticos, oleajes, sequías, y las erupciones volcánicas, además de sismos y terremotos. Por lo que Rojas también afirma que es necesario y urgente investigar la capacidad de soporte de las islas respecto al único organismo introducido que tiene derecho a usarlas: el hombre, sea como habitante permanente o temporal, en el ambiente de un área considerada geográficamente un territorio árido y extremadamente seco.

INCENDIO FORESTAL

Un incendio forestal es fuego q se extiende en gran magnitud en un bosque o lugar frondoso, y se propaga con mucha rapidez cambiando de dirección sin limitarse, atravesando carreteras y ríos. Hay las causas naturales como las antropogénicas cuando estos incendios son provocados por el hombre directamente, como el de tirar un cigarrillo en un área de árboles, las quemas agrícolas que no pueden ser controladas, fuegos artificiales, la quema de desechos, esto no solo termina con vegetación y animales, también se contamina el suelo y el aire. Sus efectos son severos, ya que no se detiene, y extingue todo lo que este a su paso como animales y personas, basándonos en estadísticas cada 4 de cada 5 incendios forestales son iniciados por el hombre. Estos ocurren con mayor frecuencia, en verano en temperaturas altas.

En Ecuador, en las provincias de la Costa y Galápagos la época de mayor peligro de incendios forestales corresponde a los meses de enero a mayo (DMQ, 2012). El incendio forestal se presenta debido a la sequía incesante, los incendios forestales aumentan al estar más seca y árida la superficie, temperaturas altas, y constantes vientos. Las altas temperaturas, sequía y combustible dan lugar a incendios forestales.

Según el estudio realizado por Nowak (Nowak et al., 1994), tras el incendio en el Sur de la isla Isabela a inicios de 1985, el incendio dependió mucho de las condiciones climáticas y la continua sequía extrema desde 1984-1985 que seco la vegetación y el suelo, que finalmente se extinguió en julio de 1985, la extensión de fuego abarco (200 km²) dañando mucha vegetación. Debemos tener en cuenta que al tener volcanes sus posibles erupciones provocan incendios como sucedió en el Volcán El Cumbre en Fernandina en 1988, quemando varias áreas en la cima del volcán (Nowak et al., 1994).

Afortunadamente en la Isla Santa Cruz no existe actividad volcánica activa que tenga que preocupar a sus habitantes, según estadísticas por parte del Cuerpo de Bomberos del Cantón Santa Cruz, los incendios suscitados en la isla son el 100% provocados por el hombre, y los incendios forestales en su rendición de cuentas de los años 2016 y 2017 (CBCSC,2017). Considerando el año 2016 el porcentaje es del 4% de incendios forestales a comparación con la estadística del año 2017, se muestra como el índice baja al 1% de incendios forestales en la isla (Figs. 9 y 10) (CBCSC, 2017).



Figura 12 Datos estadísticos de llamadas de emergencias atendidas en el año 2016, por el Cuerpo de Bomberos del Cantón Santa Cruz (CBCSC, 2016)

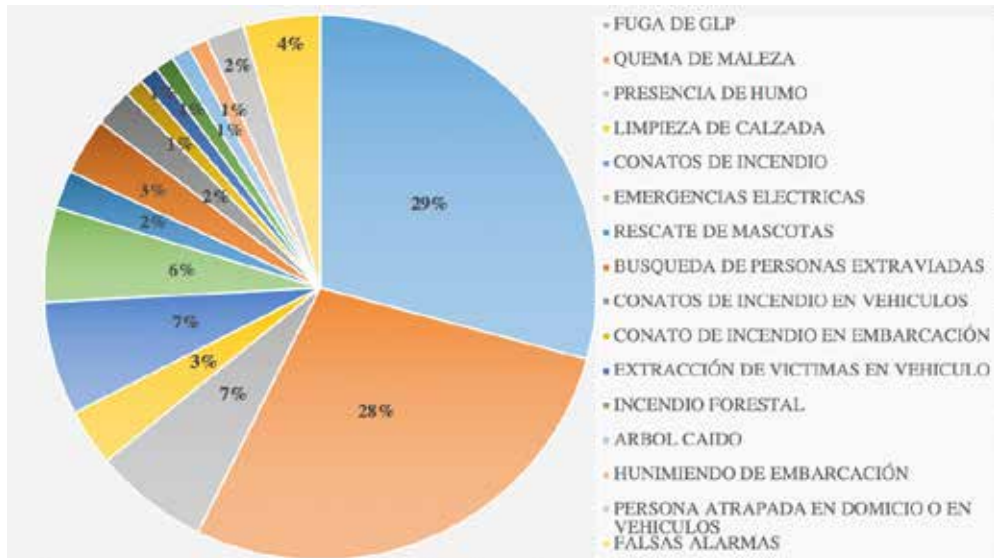


Figura 13 Datos estadísticos de emergencias atendidas en el año 2017, por el Cuerpo de Bomberos del Cantón Santa Cruz (CBCSC, 2017)

Este índice de incendios forestales demuestran una vez más, que en el Cantón Santa Cruz no se ha producido un incendio forestal de tipo natural, a pesar de su sequía o erosión de suelo u otros factores que puedan provocarlo. Los incendios forestales que suceden en la Isla Santa Cruz son de tipo antrópico. La gravedad de incendios forestales se evidencia aún más cuando se cuantifican los daños, como se señala en la tabla 2, donde se destaca un incendio en EEUU del año 2018 como el económicamente más severo de todas catástrofes en todo el año. (Tabla 2) (Munich Re, 2019).

Tabla 2: Los cinco desastres de origen natural más graves en 2018 Orden por daños económicos en Property Claim Services del año 2018; Fuente: Munich Re, 2019

Fecha	País/Región	Evento	Muertos	Daños económicos	Daños asegurados
8.-25.11. 2018	EEUU	Incendio (Camp Fire)	86	16.500 Mio USD	12.500 Mio USD*
8.-10.10. 2018	EEUU, Cuba	Huracán "Michael"	45	16.000 Mio USD	10.000 Mio USD*
10.-27.9. 2018	EEUU	Huracán "Florence"	53	14.000 Mio USD	5.000 Mio USD*
1.-6.9. 2018	Japón, Taiwán	Taifún "Jebi"	17	12.500 Mio USD	9.000 Mio USD
5.-9.7. 2018	Japón	Inundación	224	9.500 Mio USD	2.400 Mio USD

USO DE LA ENCUESTA PARA LA PERCEPCIÓN DEL RIESGO

En esta fase demostramos otros estudios realizados empleando el mismo instrumento que se utiliza en este proyecto, que es la encuesta, como forma comparativa y demostrando que sus resultados son factibles. Para este estudio se valida los datos aplicando encuestas de percepción sobre riesgos naturales, en varias ciudades de España (Ramos, 2014). Estos

lugares tienen similitud con las Islas Galápagos por su ubicación al encontrarse en zonas costeras. Resaltamos una de las conclusiones de la investigación por su autor Ramos (2014) es que “La percepción social de los riesgos naturales es producto de muchos factores: resultado del universo social, grado de conocimiento de situaciones similares, experiencias cotidianas y factores climáticos específicos de cada localidad”. En otro estudio de Lara (2013) se pretende dar a conocer, como se encontraban en varios Municipios en España, en cuanto a su gestión de riesgo a la inundación. La herramienta utilizada para este proyecto fue la implementación de encuestas, recolectando datos a los residentes de las zonas en estudio, expuestas a las inundaciones. Lara (2013) menciona sobre la percepción obtenida, “Logramos conocer, a través de los residentes de las zonas expuestas, los responsables de la gestión local y los representantes de los diferentes sectores sociales, la percepción de la sociedad en los tres municipios en estudio, comprendiendo que esta varía entre cada individuo.” En la Isla Santa Cruz, no se encuentra un estudio dirigido a la percepción de sus habitantes en cuanto a amenazas naturales, pero se resaltamos el estudio de la percepción frente al riesgo de la inundación. En el estudio de Guamushig (2018) se enfocó en la población de la Isla Santa Cruz, con el objetivo de conocer la percepción de sus habitantes en cuanto al riesgo de inundación, su estudio se basa en análisis de indicadores estadísticos, como bibliográfico, y las encuestas son aplicadas a jefes de hogar de la isla. En una de sus conclusiones menciona “respecto a la percepción de gestión de riesgos, se reconoce la necesidad de colaboración de organizaciones gubernamentales y ONG’s en la comunidad, con el fin de incrementar el conocimiento de los hogares en cuanto a capacidades de autogestión, evacuación e identificación de organismos de emergencia”.

METODOLOGÍA

De acuerdo con García Ferrando (1993), una encuesta es una investigación realizada sobre una muestra de sujetos representativa de un colectivo más amplio, que se lleva a cabo en el contexto de la vida cotidiana, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación, con el fin de obtener mediciones cuantitativas de una gran variedad de características objetivas y subjetivas de la población. Para determinar el tamaño de muestra depende del tamaño de la población que puede ser finita o infinita, para nuestro caso la población estimada de la isla para el año 2018 es de 30000 habitantes, que se considera una población finita. Si la población es finita disponemos de la siguiente fórmula para poder determinar el tamaño de muestra necesaria para obtener la información requerida

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

N = Total de población

Z = valor estandarizado (según el nivel de confianza aplicado)

P = proporción de éxito esperado (en el caso que no se conozca su valor se utiliza el 50%)

q = 1-p : proporción de fracaso en la obtención de la información.

e = Nivel de error (que en general es recomendable un 5%)

Para nuestro caso:

$N = 30000$ habitantes

Nivel de confianza = 95% ($Z = 1.96$)

Nivel de precisión $d = 5\%$

Proporción de éxito = $p = 0.50$

Proporción de fracaso = $q = 1 - 0.50 = 0.50$

$$n = \frac{30000 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2(30000 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$n=379$ habitantes

Se toma la decisión de utilizar un tamaño de muestra $n = 400$ habitantes.

En cuanto al diseño de la presente investigación, se utiliza lo que, según Hernández, et al. (2010), clasifica como no experimental, refiere la misma como el proceso en el que observan los fenómenos tal como se dan en su contexto, para después ser analizados. También será argumentativa y por sobre todo descriptiva ya que a través de la investigación se tratará la problemática de medir el grado de preparación de las personas frente a las amenazas naturales guiando hacia la obtención de la información necesaria que nos permita demostrar el objetivo de este estudio. En esta investigación se utiliza una metodología de medición combinada cuantitativa y cualitativa, permitiendo así acercarnos más al análisis y conocimiento de tipo social. Cuantitativo debido a que los datos se analizan a través de medios estadísticos. Cualitativo al analizar las variables y secciones que se aplican en la encuesta y saber el porqué de lo que se investiga, no es de tipo numérico y resalta las respuestas más significativas según la pregunta que proporcionaron los encuestados. La técnica utilizada es de campo debido a que se realiza una recolección de datos implementando la encuesta que comprende en un cuestionario en forma personal, con 20 preguntas diseñadas previamente de respuestas cerradas, de selección donde el encuestado podía elegir las posibles respuestas de un listado y comparación de pares donde el encuestado podía seleccionar solo una opción, así se le dio más facilidad de respuesta al interrogado y mayor factibilidad en cuanto a cuantificar las preguntas. El trabajo de campo se realizó en las calles de Puerto Ayora, encuestando a 400 personas en su mayoría residentes de la isla, en lugares de mayor concentración de personas, en el malecón, muelle de pescadores, donde también el Hospital República del Ecuador y el Colegio Nacional Galápagos, Sección Nocturna, colaboro de manera oportuna a este trabajo, a quienes se les agradece por su aporte, también, restaurantes, feria, y personas que apoyaron con las encuestas (ver figura 14).

ESPE
Escuela Superior Politécnica de Ingeniería

ENCUESTA SOBRE AMENAZAS NATURALES EN LA ISLA SANTA CRUZ - Mayo 2018
Proyecto de investigación bajo responsabilidad de Grace Balladares y Prof. Dr Theofilos Toulkeridis
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador

Género: M F Edad: Educación: Colegio 1er Nivel 4° Nivel

Residente: Nacional Extranjero

Tiempo que vive en la Isla Santa Cruz: 0-5 años 6-10 años Más de 10 años No vive en la Isla

1. ¿Ha recibido capacitación sobre qué hacer en caso de una amenaza natural en los últimos 8 años es decir desde el 2010 en las Galápagos? SI NO

2. ¿Cuál cree usted que es el organismo de las Islas Santa Cruz que lleva el control en cuanto a mitigación y prevención ante desastres naturales?

Concejo de Gobierno INAHMI COE Provincial Secretaría de Gestión de Riesgos

Cuerpo de Bomberos INOCAR Fuerzas Nacionales Galápagos

3. ¿Piensa usted que vive en un lugar de constantes amenazas naturales? SI NO

4. ¿Cuáles amenazas naturales piensa usted que podrían ocurrir en la Isla Santa Cruz?

Sequía Volcanismo Deslaves Cambio Climático Terremoto Inundaciones Truenos Incendios Forestales

5. ¿Conoce los signos seguros en su entorno en caso de una emergencia en base de una amenaza natural? SI NO

6. Ha sentido alguna vez en las últimas ocho años un temblor en la Isla Santa Cruz? SI NO

7. ¿Has vivido la llegada de un tsunami en la Isla Santa Cruz? SI NO

8. ¿Sabe usted si existe un Sistema de Alerta Temprana para Tsunamis (SAT) en la Isla Santa Cruz? SI NO

9. ¿Sabe usted si existe un SAT para Terremotos en la Isla Santa Cruz? SI NO

10. ¿Sabe usted si existe un SAT para actividad volcánica en la Isla Santa Cruz? SI NO

11. ¿Sabe usted si existe un SAT para Incendios forestales en la Isla Santa Cruz? SI NO

12. ¿Sabe usted si existe volcanismo activo en la Isla Santa Cruz? SI NO

13. ¿Desde su percepción cree usted si ocurre cambio climático en la Isla Santa Cruz? SI NO

14. ¿Usted está preparado ante una amenaza natural, si ocurriera en las próximas 12 horas? SI NO

15. ¿Cuanta usted con un botiquín de primeros auxilios en su sitio de trabajo? SI NO

16. Cuenta usted con un botiquín de primeros auxilios en su vehículo? SI NO

17. ¿Usted tiene un botiquín de primeros auxilios en su casa? SI NO

18. ¿Usted ha tomado un curso de primeros auxilios en los últimos ocho años? SI NO

19. Usted conoce en su entorno el refugio más cercano a su casa? SI NO

20. ¿Usted conoce de manera numérica telefónicas de instituciones o de organizaciones de rescate aparte de 911? SI NO

Figura 14. Modelo de encuesta aplicada en la Isla Santa Cruz

RESULTADOS

Todas las preguntas están relacionadas con amenazas de tipo natural que pueden afectar a la Isla Santa Cruz. Se encuestó a un total de 400 personas en Puerto Ayora, lugar donde se encuentra mayor concentración de habitantes de la Isla Santa Cruz.

Tabla 3: Elementos de la muestra por grupos de edad.

Rango de edades	Cantidad	Porcentaje
18 - 25	116	29,00%
26 - 32	90	22,50%
33-39	62	15,50%
40-46	45	11,25%
47-53	43	10,75%
54-60	26	6,50%
61-	18	4,50%
Total (n):	400	100,00%

La distribución de edades están alistadas en la tabla 3, muestra que el mayor número de encuestados 116 corresponde en las edades de 18-25 (29,00%)

Tabla 4: Elementos de la muestra por nivel de educación..

EDUCACIÓN	Primaria	27	6,75%
	Colegio	286	71,50%
	Tercer Nivel	72	18,00%
	Cuarto Nivel	15	3,75%
	Total (n):	400	100,00%

Con respecto al nivel de educación de las personas encuestadas en su mayoría tienen nivel secundario (71,50%) y en mínima proporción tienen nivel de educación de cuarto nivel (3,75%)

Tabla 5: Elementos de muestra por tiempo de residencia.

Tiempo que vive en la Isla Santa Cruz	0 - 5 AÑOS	35	8,75%
	6- 10 AÑOS	53	13,25%
	MAS DE 10 AÑOS	308	77,00%
	NO VIVE EN LA ISLA	4	1,00%
	Total (n):	400	100,00%

Una gran mayoría de los encuestados (77%) reside en la Isla Santa Cruz por más que una década y en mínima proporción (1%) está constituida por turistas.

Tabla 6: Resultados generales para el cuestionario completo.

1. ¿Ha recibido capacitación sobre qué hacer en caso de una amenaza natural en los últimos 8 años es decir desde el 2010 en las Galápagos?			
SI	NO	SI	NO
198	202	49,50%	50,50%
2. ¿Cuál cree usted que es el organismo de las Islas Santa cruz que lleva el control en cuanto a mitigación y prevención ante desastres naturales?			
CONSEJO DE GOBI- ERNO	117		16,41%
INAHMI	46		6,45%
COE PROVINCIAL	114		15,99%
CUERPO DE BOMB- EROS	92		12,90%
INOCAR	136		19,07%
PARQUE NACIONAL	96		13,46%
SECRETARIA DE GESTIÓN DE RIES- GOS	112		15,71%

Pregunta 1. En los últimos ocho años, la mitad de la población ha recibido capacitación para enfrentar alguna amenaza natural en las Islas Galápagos, pero la otra mitad está en total desconocimiento. Con respecto a la **pregunta 2**, la percepción de los habitantes de la Isla, es que 6 de los 7 organismos de control y prevención considerados ante amenazas naturales son visibles en esta gestión, solamente el INAHMI es poco conocido en su actividad con un (6,45%).

Tabla 7: Resultados generales para el cuestionario completo.

3. ¿Piensa usted que vive en un lugar de constantes amenazas naturales?			
SI	NO	SI	NO
231	169	57,75%	42,25%
4. ¿Cuáles amenazas naturales piensa usted que podrían ocurrir en la Isla Santa Cruz?			
Sequia	153		17,83%
Volcanismo	95		11,07%
Deslaves	12		1,40%
Cambio Climático	108		12,59%
Terremoto	29		3,38%
Inundaciones	44		5,13%
Tsunamis	327		38,11%
Incendio Forestal	90		10,49%

Pregunta 3. Una ligera mayoría de la población (58%) considera que la Isla tiene constantes amenazas naturales. **Pregunta 4.** Casi la tercera parte de la población (38,11%) manifiesta que la amenaza natural que podría suceder en la isla es el TSUNAMI, y en menor proporción están Terremoto (3,38%) y Deslave (1,40%).

Tabla 8: Resultados generales para el cuestionario completo.

5. ¿Conoces los sitios seguros en su entorno en caso de una emergencia en base de una amenaza natural?			
SI	NO	SI	NO
322	78	80,00%	19,50%
6. Ha sentido alguna vez en los últimos ocho años un temblor en la Isla Santa Cruz?			
SI	NO	SI	NO
61	339	15,25%	84,70%
7. ¿Has vivido la llegada de un tsunami en la Isla Santa Cruz?			
SI	NO	SI	NO
293	107	73,25%	26,75 %
8. ¿Sabe usted si existe un Sistema de Alerta Temprana para Tsunamis (SAT) en la Isla Santa Cruz?			
SI	NO	SI	NO
267	133	66,75%	33,25%

9. ¿Sabe usted si existe un SAT para Terremotos en la Isla Santa Cruz?			
SI	NO	SI	NO
89	311	22,25%	77,75%
10. ¿Sabe usted si existe un SAT para actividad volcánica en la Isla Santa Cruz?			
SI	NO	SI	NO
73	327	18,25%	81,75%
11. ¿Sabe usted si existe un SAT para Incendios forestales en la Isla Santa Cruz?			
SI	NO	SI	NO
54	346	13,50%	86,50%

Pregunta 5. La mayoría de los habitantes (80%) conocen sitios seguros para casos de emergencia ante amenazas. **Pregunta 6,7.** Un pequeño porcentaje de población (15,25 %) ha sentido algún temblor en la Isla, pero las 3/4 partes ha experimentado la llegada de un TSUNAMI. **Preguntas. 8,9,10,11** Una buena proporción de habitantes (67%) conoce la existencia de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para Tsunamis en la Isla Santa Cruz, pero en pequeños porcentajes conoce la existencia del SAT para terremotos (22%), actividad volcánica (19%), o incendios forestales (13%).

Tabla 9: Resultados generales para el cuestionario completo.

12. ¿Sabe usted si existe volcanismo activo en la Isla Santa Cruz?			
SI	NO	SI	NO
71	329	17,75%	82,25%
13. ¿Desde su percepción cree usted si ocurre cambio climático en la Isla Santa Cruz?			
SI	NO	SI	NO
335	65	83,75%	16,25%
14. ¿Usted está preparado ante una amenaza natural, si ocurriera en las próximas 12 horas?			
SI	NO	SI	NO
98	302	24,50%	75,50%
15. ¿Cuenta usted con un botiquín de primeros auxilios en su sitio de trabajo?			
SI	NO	SI	NO
312	88	78,00%	22,00%
16. ¿Cuenta usted con un botiquín de primeros auxilios en su vehículo?			
SI	NO	SI	NO
62	338	15,50%	84,50%
17. ¿Usted tiene un botiquín de primeros auxilios en su casa?			
SI	NO	SI	NO
285	115	71,25%	28,75%
18. ¿Usted ha tomado un curso de primeros auxilios en los últimos ocho años?			
SI	NO	SI	NO
86	314	21,50%	78,50%

19. Usted conoce en su entorno el refugio más cercano a su casa?			
SI	NO	SI	NO
305	95	76,25%	23,75%
20. ¿Usted conoce de memoria números telefónicos de instituciones o de organizaciones de rescate aparte de 911?			
SI	NO	SI	NO
146	254	36,50%	63,50%

Pregunta 12,13. Un bajo porcentaje (17%) conoce de la existencia de actividad volcánica en la Isla, pero una alta proporción de población (86%) percibe un cambio climático en el lugar. **Pregunta 14.** Solo una cuarta parte de lugareños están preparados ante una posible amenaza que pueda ocurrir dentro de las siguientes 12 horas. **Preguntas 15, 16,17.** Con respecto a la disposición de un botiquín de primeros auxilios, en buena proporción lo tienen en el trabajo (80%), y en la casa (74%), pero en mínima proporción en su vehículo (14%). **Pregunta 18.** Una pequeña proporción de población (20%) ha tomado cursos de primeros auxilios en los últimos 8 años. **Pregunta 19.** El 74% de la población conoce el refugio más cercano a su casa. **Pregunta 20.** Finalmente, casi la tercera parte de habitantes conoce de memoria los teléfonos de organismos de rescate aparte del 911.

DISCUSIÓN

La muestra de 400 elementos tomados para esta investigación se desprende de la población de la Isla Santa Cruz en el año 2018, con una población estimada de 300000, revelan que la población de Santa Cruz reconoce las distintas instituciones encargadas de llevar el control, la prevención y la mitigación de los impactos generados por los desastres naturales, mas no están seguros de que funciones desempeñan específicamente cada una de ellas, lo que se evidencia por la selección de múltiples respuestas que planteó en la encuesta. El ente responsable de coordinar, gestionar y controlar a nivel nacional es la Secretaria de Gestión de Riesgo, la misma que coordina con las diferentes instituciones en caso de suceder alguna emergencia, sin embargo se conoce que en las islas Galápagos el organismo responsable de la administración de la provincia es el Consejo de Gobierno de Régimen especial para Galápagos que lleva el manejo de sus recursos y organiza todas las actividades que se realicen dentro del archipiélago, es así como este ente articulado con otras instituciones como el Parque Nacional, Inocar, Inahmi, Cuerpo de Bomberos, COE Provincial coordinan las acciones preventivas y correctivas ante cualquier tipo de eventualidades y en este caso de amenazas naturales.

Por otra parte, la investigación revela que más de la mitad de los encuestados están conscientes y perciben los riesgos y amenazas naturales que conlleva vivir en una isla, la otra parte se mantiene en total desinterés y conformidad de que nunca ha existido ningún fenómeno natural de mayor relevancia, sin duda es necesario que se genere una cultura de prevención de riesgos ante las amenazas naturales que pueda enfrentar la isla, para lo que es preciso iniciar sensibilizando a los habitantes sobre este problema, generar espacios de información y preparación de los pobladores en las instituciones educativas, públicas, privadas, en los barrios y demás espacios donde se congreguen importantes grupos sociales.

La población de la Isla Santa Cruz tiene un conocimiento limitado sobre el grado de afectación de cada una de las amenazas naturales consideradas, indicando al Tsunami como

la mayor amenaza natural y el deslave como menor amenaza, así también el riesgo de sismo se ve minimizado, por lo tanto es prioridad que a través de los diferentes organismos de control y prevención se coordine para dictar seminarios de información de la situación actual de cada una de las amenazas naturales latentes en la Isla, su posible grado de afectación, las alternativas de prevención, y las formas de actuar antes, durante y después de la ocurrencia de algún evento natural.

Un hallazgo positivo en las encuestas realizadas a los Santacrucenses es la importancia mostrada ante la necesidad de contar con un botiquín de primeros auxilios ya que la mayoría de investigados cuentan con uno en su casa y trabajo, sin embargo, es necesario mejorar la portabilidad de este elemento en los medios de transporte en los que se movilizan los habitantes.

Se pudo determinar además que la mayoría de la población conoce al menos un refugio y un punto seguro cercano a su casa, sin embargo, pocos están preparados para actuar inmediatamente ante un evento natural de alto riesgo. Además, la entidad de socorro más conocida es el ECU 911, no obstante, las otras entidades importantes en la asistencia de este tipo de eventualidades pasan casi desapercibidas, lo que podría ocasionar incertidumbre en sus habitantes frente a la ocurrencia de un fenómeno natural, por tal razón es importante la planificación, organización, realización y evaluación de diversos simulacros donde participen todos los organismos de prevención y toda la población de la Isla.

En el ámbito social el análisis muestra que existe desconocimiento sobre el Sistema de Alerta Temprana (SAT), en su mayoría los habitantes desconocen el significado de este término, pese a que las Islas Galápagos si cuentan con sistemas de Alerta Temprana ante eventos de origen oceánico como tsunamis y desbordamientos. El INOCAR es la entidad encargada de la parte operativa del monitoreo marítimo con tecnología y herramientas de percepción remota, modelamiento numérico y almacenamiento en bases de datos para tener una mayor efectividad en sus pronósticos y garantizar una adecuada previsión y reacción frente a este tipo de amenazas. Por este motivo es indispensable la asignación y generación de presupuesto adecuado para el equipamiento, disposición del personal y material necesario para el funcionamiento efectivo de los Servicios de Alerta Temprana SAT para cada una de las potenciales amenazas.

Una limitada fracción de población cuenta con capacitación para enfrentar alguna amenaza natural o ha tomado algún curso de primeros auxilios, por tal motivo lo más probable es que la población no sepa cómo asistir inmediatamente a quien se encuentre en peligro y probablemente no cuente con el sentido de reacción adecuada que permita salvar las vidas ante una emergencia. Por lo tanto, es de vital importancia establecer y promover las capacitaciones en primeros auxilios estableciendo el nivel de obligatoriedad según el tipo de trabajo que se realice, estas capacitaciones deben ser asequibles en tiempo y en costo para todos los habitantes de la isla.

CONCLUSIONES

Desde un enfoque teórico basándonos en investigación documental permite concluir que;

Las amenazas naturales son una problemática de gran complejidad a nivel global, y sus afectaciones se van agravando cada día. La exposición a ellas no es solo debido a la mano del hombre sino también al factor de ubicación geográfica vinculando así el aspecto natural y el social, pues esto es el resultado del accionar las omisiones y las repercusiones que esto conlleva.

Un buen cimiento para conseguir un progreso en cuanto a la preparación y respuesta ante una emergencia, es la inclusión proactiva de la sociedad, es decir que debe ser participativa, involucrar a los habitantes en cuanto a procesos importantes como es el análisis y evaluación

de riesgos, para obtener un trabajo unánime con las necesidades reflejadas de los pobladores de Santa Cruz, que permitan minimizar la vulnerabilidad socioterritorial existente frente a las amenazas naturales a la que están expuestos, el presente estudio sirve de base también para que los organismos encargados en la aplicación de reglamentos y mandatos constitucionales tomen acción en la gestión de riesgo y no se relegue a la población de la isla Santa Cruz.

Este estudio nos muestra que existe una imperante necesidad de informar y formar a la población a través de charlas, capacitaciones, planes o estrategias de prevención y mitigación. No obstante es importante contar con planes y estrategias que sean ejecutados y evaluados periódicamente para mantener a la población preparada ante cualquier evento natural y generar espacios de retroalimentación que garanticen la seguridad de los santacruceños y visitantes.

Desde la perspectiva de investigación práctica, las encuestas se llevaron a cabo en las calles, lugares conglomerados de santacruceños, donde se pudo deducir, la clara incertidumbre que hay en sus pobladores, muchos desconocían, otros se confundían y otros expresaban que jamás se les había preguntado sobre esta temática, pero con certeza respondían que Galápagos, como la Isla Santa Cruz se encuentran vulnerables ante las amenazas consideradas y la opinión de los pobladores no se aleja mucho de la realidad, que las amenazas que afectan y afectarían a la isla con más agresividad son los tsunamis y la sequía seguido por el cambio climático, demostrando que es la naturaleza que se expresa por las acciones del hombre, por la forma en que vivimos. La isla santa cruz con tendencia en crecimiento urbano, el turismo y la inmigración a esta zona, solo demuestra que estamos acelerando su proceso evolutivo e interviniendo en su medio ambiente.

Los últimos registros de amenazas naturales a la Isla Santa Cruz nos demuestra que no desaparecerán y adopta nuevas formas pudiendo afectar a nuevas zonas y a sus pobladores. El manejo del análisis cuantitativo y cualitativo permite analizar estos resultados de percepción de ámbito social a través del análisis y observación, reconociendo las diversas opiniones de los pobladores, revela en esta investigación el interés de sus habitantes en cuanto al tema propuesto, la apatía a su vez de los residentes de compromiso y la apatía de la administración de promover políticas inclusivas locales, no obstante si se siente la voluntad social de ser tomados en cuenta en asuntos que los atañen.

Finalmente consientes que cada persona tiene distintas percepciones sobre las amenazas en este estudio. La perspectiva basada en las encuestas realizadas a la población de la Isla Santa Cruz, demuestra la resiliencia en sus pobladores, siendo más negativa que positiva, su percepción frente a un evento adverso es de confusión, no asimilan la realidad que tienen ni su magnitud, el alcance y efectos que pueda tener un desastre natural en su entorno. Este trabajo nos muestra que el santacruceño actuaría por sentido común por lo que esto crearía incertidumbre, inseguridad y probablemente pánico ante un evento natural. Por lo tanto su preparación no es la suficiente, es indispensable que los aspectos sociales siempre se incluyan para las leyes y políticas públicas en la gestión de riesgo, contando siempre con la participación ciudadana para mantenerlos informados y preparados para hacer frente un evento natural.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi tutor el Dr. Theofilos Toulkeridis, por su disponibilidad y su valioso aporte con sus conocimientos para que este proyecto se ejecute. A las instituciones en Santa Cruz que colaboraron con información, y a quienes aportaron directa o indirectamente con esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, J. (2013). Chile, Haití, Christchurch y Katrina: una aproximación a un análisis contrafactual. *Revista Ciencia y Tecnología*, 43-56.
- Acharya, H. K. (1965). Seismicity of the Galapagos Islands and vicinity. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 55(3), 609-617.
- Aki, K. (1987). Magnitude-frequency relation for small earthquakes: A clue to the origin of f_{max} of large earthquakes. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 92(B2), 1349-1355.
- Amelung, F., Jónsson, S., Zebker, H., & Segall, P. (2000). Widespread uplift and 'trapdoor' faulting on Galapagos volcanoes observed with radar interferometry. *Nature*, 407(6807), 993.
- Alonso, J. A. (2013). *El Planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático, Soluciones*. Editorial Club Universitario.
- Ander-Egg, E. (1977). *Introducción a las técnicas de investigación social*. Humanitarias.
- Ayala, F., Olcina, J., Lain, L., & González, A. (2006). *Riesgos Naturales y Desarrollo Sostenible: Impacto, predicción y mitigación*. Madrid.
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la Investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Mexico: Pearson Educación.
- Blong, R. J. (2013). *Volcanic hazards: a sourcebook on the effects of eruptions*. Elsevier.
- Bow, C. S. (1979). *Geology and petrogeneses of the lavas of Floreana and Santa Cruz Islands: Galápagos Archipelago*. Oregon Univ., Eugene (USA).
- Bruneau, M., Chang, S. E., Eguchi, R. T., Lee, G. C., O'Rourke, T. D., Reinhorn, A. M., ... & Von Winterfeldt, D. (2003). A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. *Earthquake spectra*, 19(4), 733-752.
- Cando, M., Arreaga, P., Toulkeridis, T., & De La Torre, G. (2006). Evidences for potential future sector collapse at Volcano Roca Redonda, northern Galápagos—Tectonics, simulation and consequences, paper presented at 4th Meeting, Cities on Volcanoes. Int. Assoc. of Volcanol. and Chem. of the Earth's Inter., Quito, Ecuador, 23-27.
- Celorio-Saltos, J.C., García-Arias, J.M., Guerra-Luque, A.B., Barragan-Aroca, G. and Toulkeridis, T., 2018: Vulnerability analysis based on tsunami hazards in Crucita, central coastal of Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 38(3): 225-263.
- CEPAL. (2003). *Notas de la CEPAL, No 29*, . Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.
- CGREG. (2015). *Plan de desarrollo sustentable y ordenamiento territorial del Régimen Especial de Galápagos 2015-2020*
- Chadwick Jr, W. W., Geist, D. J., Jónsson, S., Poland, M., Johnson, D. J., & Meertens, C. M. (2006). A volcano bursting at the seams: inflation, faulting, and eruption at Sierra Negra Volcano, Galápagos. *Geology*, 34(12), 1025-1028.
- Chunga, K. and Toulkeridis, T., 2014: First evidence of paleo-tsunami deposits of a major historic event in Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 33: 55-69.
- Chunga, K., Mulas, M., Alvarez, A., Galarza, J. and Toulkeridis, T., 2019: Characterization of seismogenic crustal faults in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Andean Geology*, 46(1): 66-81.
- Chunga, K., Toulkeridis, T., Vera-Grunauer, X., Gutierrez, M., Cahuana, N. And Alvarez, A., 2017: A review of earthquakes and tsunami records and characterization of capable faults on the northwestern coast of Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 36: 100-127.
- Colinvaux, P. A. (2014). *Clima y las islas Galápagos*. NATURA.
- Contreras, M. (2013). *Cronología de Tsunamis en Ecuador desde 1586 a 2012*. La Técnica(11).
- Correa, E., Ramírez, F., & Sanahuja, H. (2011). *Guía de reasentamiento para poblaciones en riesgo de desastre*. Banco Mundial Región de América Latina y El Caribe.
- D'Ercole, R., & Trujillo, M. (2003). *Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en el Ecuador: los desastres, un reto para el desarrollo*. Quito, Ecuador: Oxfam GB

- Filson, J., Simkin, T., & Leu, L. K. (1973). Seismicity of a caldera collapse: Galapagos Islands 1968. *Journal of Geophysical Research*, 78(35), 8591-8622.
- GAD Cantonal Santa Cruz (2012). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de santa cruz 2012 - 2027.
- GAD Cantonal Santa Cruz. (2015). Plan de contingencia institucional para enfrentar el fenómeno del niño/ oscilación sur. ENOS SGR-CZ5 2015-2016
- Geist, E. L., Titov, V. V., & Synolakis, C. E. (2006). Tsunami: wave of change. *Scientific American*, 294(1), 56-63.
- Glikson, A. Y. (2004). Early Precambrian asteroid impact-triggered tsunami: excavated seabed, debris flows, exotic boulders, and turbulence features associated with 3.47–2.47 Ga-old asteroid impact fallout units, Pilbara Craton, Western Australia. *Astrobiology*, 4(1), 19-50.
- Global Volcanism Program, 2018a. Report on Fernandina (Ecuador). In: Venzke, E (ed.), *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 43:8. Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2018b. Report on Sierra Negra (Ecuador). In: Sennert, S K (ed.), *Weekly Volcanic Activity Report*, 29 August-4 September 2018. Smithsonian Institution and US Geological Survey.
- Godschalk, D. R., Brody, S., & Burby, R. (2003). Public participation in natural hazard mitigation policy formation: challenges for comprehensive planning. *Journal of environmental planning and management*, 46(5), 733-754.
- Grant, P., & Grant, R. (1994). El Calentamiento Global y las Galápagos.
- Gutenberg, B. (1939). Tsunamis and earthquakes. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 29(4), 517-526.
- Hé Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- IFRC. (2001). *World Disasters Report 2001: Focus on Recovery*. INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS AND RED CRESCENT SOCIETIES , Ginebra.
- INAMHI. (2017). Reporte de datos, productos e información sobre sequías existentes en el país. Ecuador
- Jordá-Bordehore, L., Toulkeridis, T., Romero-Crespo, P.L., Jordá-Bordehore, R. and García- Gariazabal, I., 2016: Stability assessment of volcanic lava tubes in the Galápagos using engineering rock mass classifications and by empirical approach. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 89: 55–67.
- Jordá-Bordehore, L. and Toulkeridis, T., 2016: Stability assessment of volcanic natural caves – Lava tunnels – Using both empirical and numerical approach, case studies of galapagos islands (Ecuador) and lanzarote Island (Canary – Spain). *Rock Mechanics and Rock Engineering: From the Past to the Future*. International Symposium on International Society for Rock Mechanics, ISRM 2016; Cappadocia; Turkey, 2: 835-840.
- Kaufman, K., & Burdick, L. J. (1980). The reproducing earthquakes of the Galapagos Islands. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 70(5), 1759-1770.
- Keating, B. H., & McGuire, W. J. (2000). Island edifice failures and associated tsunami hazards. *Pure and Applied Geophysics*, 157(6-8), 899-955.
- Lara, A. (2012). Percepción social en la gestión del riesgo de inundación en un área mediterránea (Costa Brava, España).
- Larrea, C. (2010). La Explotación Petrolera en el Parque Nacional Yasuní y los Derechos de la Naturaleza. *PloS ONE*, 5(1).
- Lonsdale, P. (1988). Structural pattern of the Galapagos microplate and evolution of the Galapagos triple junctions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 93(B11), 13551-13574.
- Matheus Medina, A.S., Cruz D'Howitt, M., Padilla Almeida, O., Toulkeridis, T. and Haro, A.G., 2016: Enhanced vertical evacuation applications with geomatic tools for tsunamis in Salinas, Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 35, (3): 189-213
- Matheus-Medina, A.S., Toulkeridis, T., Padilla-Almeida, O., Cruz-D'Howitt, M. and Chunga, K., 2018: Evaluation of the tsunami vulnerability in the coastal Ecuadorian tourist centers of the peninsulas of Bahia de Caráquez and Salinas. *Science of Tsunami Hazards*, 38(3): 175-209.

- Mato, F. and Toulkeridis, T., 2017: The missing Link in El Niño's phenomenon generation. *Science of tsunami hazards*, 36: 128-144.
- Mato, F. and Toulkeridis, T., 2018: An unsupervised K-means based clustering method for geophysical post-earthquake diagnosis. 2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI). 1-8
- Matsu'Ura, M., & Sato, T. (1989). A dislocation model for the earthquake cycle at convergent plate boundaries. *Geophysical Journal International*, 96(1), 23-32.
- McBirney, A. R., & Williams, H. (1969). *Geology and petrology of the Galapagos Islands* (Vol. 118). Geological Society of America.
- midlandtravel. (2017). En: <https://www.midlandtravel.com.ec/static/banners/14.html>
- Moreano, H., Arreaga, P., & Nath, J. (2012). El tsunami de Chile 27-02-2010 y su comportamiento en las zonas: Costera e insular del Ecuador. *ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO*, 17.
- Munich Re (2019) "The 5 largest natural catastrophes in 2018". Munich Reinsurance Group, Munich.
- Paniagua, S. (1995). Los desastres naturales y sus implicaciones en América Central. *Revista Geológica de América Central*, (18).
- Pararas-Carayannis, G. (1992). The tsunami generated from the eruption of the volcano of Santorin in the Bronze Age. *Natural Hazards*, 5(2), 115-123.
- Pararas-Carayannis, G. (2012). POTENTIAL OF TSUNAMI GENERATION ALONG THE COLOMBIA/EQUADOR SUBDUCTION MARGIN AND THE DOLORES-GUAYAQUIL MEGA-THRUST. *Science of Tsunami Hazards*, 31(3).
- Rentería, W., Lynett, P., Weiss, R., & De La Torre, G. (2012). Informe de la Investigación de campo de los efectos del Tsunami de *Japón* Marzo 2011, en las Islas Galapagos. *ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO*, 17.
- Reynolds, R. W. (1996). Volcanic hazards at Sierra Negra. *Noticias de Galápagos*, 57, 13-19.
- Ribeiro, R. R. R. (2013). Análisis de la percepción social de los riesgos naturales.: Estudio comparado en municipios de España y Brasil (Doctoral dissertation, Universitat d'Alacant-Universidad de Alicante).
- Riedinger, M., Steinitz-Kannan, M., Last, W., & Brenner, M. (2002). A ~6100 14C yr record of El Niño activity from the Galápagos Islands. *Journal of Paleolimnology* 27.
- Rodríguez Espinosa, F., Toulkeridis, T., Salazar Martínez, R., Cueva Girón, J., Taipe Quispe, A., Bernaza Quiñonez, L., Padilla Almeida, O., Mato, F., Cruz D'Howitt, M., Parra, H., Sandoval, W. and Rentería, W., 2017: Economic evaluation of recovering a natural protection with concurrent relocation of the threatened public of tsunami hazards in central coastal Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 36: 293-306.
- Rodríguez, F., Cruz D'Howitt, M., Toulkeridis, T., Salazar, R., Ramos Romero, G.E., Recalde Moya, V.A. and Padilla, O., 2016: The economic evaluation and significance of an early relocation versus complete destruction by a potential tsunami of a coastal city in Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 35, 1: 18-35.
- Rojas, J. R. (1986). Una Cartografía de impactos ambientales en el Archipiélago de Galápagos. *Revista Geográfica*, 71-82.
- RT. (2018). (Actualidad RT) El Cinturón de Fuego del Pacífico: Lo que hace a Ecuador un país volcánico: <https://actualidad.rt.com/actualidad/261428-ecuador-tercer-pais-mas-volcanes-mundo>
- Ruiz, R. (1999). *Historia de la ciencia y el método científico*. Atlanta.
- Schulte, P., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Barton, P. J., Bown, P. R., ... & Collins, G. S. (2010). The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary. *science*, 327(5970), 1214-1218.
- Science for a changing world Geographic information system.
- Sigurdsson, H., Houghton, B., McNutt, S., Rymer, H., & Stix, J. (Eds.). (2015). *The encyclopedia of volcanoes*. Elsevier.
- Simkin, T. (1984). *Geology of Galapagos*. *Biological journal of the Linnean Society*, 21(1□2), 61-75.

- Simkin, T., & Howard, K. A. (1970). Caldera Collapse in the Galapagos Islands, 1968: The largest known collapse since 1912 followed a flank eruption and explosive volcanism within the caldera. *Science*, 169(3944), 429-437.
- Smith, D. K., & Schouten, H. (2018). Opening of Hess Deep Rift at the Galapagos Triple Junction. *Geophysical Research Letters*, 45(9), 3942-3950.
- Snell, H., & Rea, S. (December de 1999). *Noticias de Galápagos* . 60. Tamayo y Tamayo, M. (2005). *El proceso de investigación científica*. Mexico: Limusa-Noriega
- Staller, A., Álvarez-Gómez, J. A., Luna, M. P., Béjar-Pizarro, M., Gaspar-Escribano, J. M., & Martínez-Cuevas, S. (2018). Crustal motion and deformation in Ecuador from cGNSS time series. *Journal of South American Earth Sciences*.
- Tagle, P. (2010). Tsunami en Puerto Ayora. *La Revista* 24, El Universo, 21 de marzo.
- Toulkeridis, T. (2011). *Volcanic Galápagos Volcánico*. Quito: Ediecuatorial. 365 pp
- Toulkeridis, T. (2013). *Volcanes Activos Ecuador*.
- Toulkeridis, T. (2015). *Amenazas de Origen Natural y gestión de Riesgos en el Ecuador*.
- Toulkeridis, T., Chunga, K., Rentería, W., Rodríguez, F., Mato, F., Nikolaou, S., Cruz D'Howitt, M., Besenon, D., Ruiz, H., Parra, H. and Vera-Grunauer, X., 2017a: The 7.8 M_w Earthquake and Tsunami of the 16th April 2016 in Ecuador - Seismic evaluation, geological field survey and economic implications. *Science of tsunami hazards*, 36: 197-242.
- Toulkeridis, T., Mato, F., Toulkeridis-Estrella, K., Perez Salinas, J.C., Tapia, S. and Fuertes, W., 2018: Real-Time Radioactive Precursor of the April 16, 2016 Mw 7.8 Earthquake and Tsunami in Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 37: 34-48.
- Toulkeridis, T., Parra, H., Mato, F., Cruz D'Howitt, M., Sandoval, W., Padilla Almeida, O., Rentería, W., Rodríguez Espinosa, F., Salazar Martinez, R., Cueva Girón, J., Taipe Quispe, A. and Bernaza Quiñonez, L., 2017b: Contrasting results of potential tsunami hazards in Muisne, central coast of Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 36: 13-40
- Toulkeridis, T., Porras, L., Tierra, A., Toulkeridis-Estrella, K., Cisneros, D., Luna, M., Carrión, J.L., Herrera, M., Murillo, A., Perez Salinas, J.C., Tapia, S., Fuertes, W., Salazar, R., (2019). Two independent real-time precursors of the 7.8 Mw earthquake in Ecuador based on radioactive and geodetic processes—Powerful tools for an early warning system. *Journal of Geodynamics*, 126: 19-22.
- Trueman, M., & d'Ozouville, N. (2010). Characterizing the Galapagos terrestrial climate in the face of global climate change. *Galapagos Research*, 67, 26-37.
- Trueman, M., & Noémi, dD. (October de 2010). Characterizing the Galapagos Terrestrial Climate in the face of global climate chnage. *Galapagos Research* 67.
- Tsuji, T., Ito, Y., Kido, M., Osada, Y., Fujimoto, H., Ashi, J., ... & Matsuoka, T. (2011). Potential tsunamigenic faults of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. *Earth, planets and space*, 63(7), 58.
- White, W. M., McBirney, A. R., & Duncan, R. A. (1993). Petrology and geochemistry of the Galápagos Islands: Portrait of a pathological mantle plume. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 98(B11), 19533-19563.
- Wiggins, S. M., Dorman, L. M., Cornuelle, B. D., & Hildebrand, J. A. (1996). Hess Deep rift valley structure from seismic tomography. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 101(B10), 22335-22353.
- Wilson, J. T. (1963). A possible origin of the Hawaiian Islands. *Canadian Journal of Physics*, 41(6), 863-870.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *AT RISK, Natural hazards, people's vulnerability and disasters* (Second Edition ed.). New York City, NY, USA: Routledge.
- CEPAL. (2003). *Notas de la CEPAL, No 29*, . Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.
- Yalçiner, A. C., Pelinovsky, E. N., Okal, E., & Synolakis, C. E. (Eds.). (2012). *Submarine landslides and tsunamis* (Vol. 21). Springer Science & Business Media.