

Nota: Este documento contiene imágenes en mal estado, y no tiene disponible la página 15.

INDICE

Presentación

I.- Introducción

II.- Antecedentes

- El Origen de un Sismo
- Aspectos Sobresalientes de la Tectónica de Placas
- Sismos Locales en Nicaragua
 - Principios Físicos

III.- Objetivos

- Objetivo General
- Objetivo Especifico

IV.- Justificación

V.- Desarrollo de la Sismología en Nicaragua

- Sismicidad Histórica
- Pronóstico
- Ajustes que modifican el evento
 - Control Ambiental
- Nicaragua : Territorio Vulnerable
- Lección del Pasado
- Situación actual del problema y evolución

VI.- Orientación Científica y Gestión Pública

VII.- Conclusiones y Recomendaciones

Anexo 1

Anexo 2

Figuras

Presentación

Los Desastres de origen natural son compañeros inevitables de la vida sobre el planeta; testimonio de esto lo constituyen las decenas de titulares periodísticos que cada año describen la ocurrencia de Desastres en algún lugar del planeta.

A pesar que, la mayoría de los fenómenos naturales son prácticamente incontrolables, el hombre puede en gran manera modificar sus consecuencias y su impacto sobre la vida y quehacer humano; es por ello imprescindible el aprender, tras un desastre, cómo reducir, en el futuro, las consecuencias de dichos fenómenos.

Es precisamente esta actitud la sugerida, consiste en contar con una explicación racional sobre la naturaleza de los fenómenos destructivos, lo cual indica que, mientras mejor conocemos la naturaleza de un peligro mejor podemos enfrentarlo.

Es cierto que el poseer un conocimiento detallado sólo puede lograrlo el especialista en estas áreas, como los sismólogos, vulcanólogos, meteorólogos, etc., no es menos cierto que los mecanismos físicos que actúan durante un evento catastrófico puede ser fácilmente comprendidos por una persona sin dicha especialización. El que la población en general tuviera estos conocimientos no sólo ayudaría a disminuir el impacto de los desastres naturales, sino el de la charlatanería que usualmente aparece ante los desastres.

Asimismo, una población informada puede tomar parte activa en las labores y decisiones de las autoridades relacionadas con la prevención de los daños por los desastres naturales y discernir en gran manera sobre la falsedad o verdad de los rumores que usualmente surgen en situaciones de crisis.

En este trabajo se exponen los principios físicos que actúan durante la ocurrencia de un Desastre de tipo geológico, así como, las acciones que pueden disminuir su impacto dañino, pero fundamentalmente queremos hacerles llegar, sencibilidad ante estos fenómenos y la práctica de cambios de actitudes frente a los desastres naturales, reduciendo de esta manera el Riesgo.

Una exposición breve como la presente no intenta señalar todos los aspectos relacionados con el tema pero sí aquellos que son de más relevancia, así como, estimular la curiosidad del lector, quien encontrará un buen número de libros que describen los temas aquí tratados con mayor profundidad.

I.-Introducción

Desde su aparición sobre la Tierra el hombre ha procurado su supervivencia a través de una lucha constante contra las fuerzas de la naturaleza. Terremotos, erupciones volcánicas, derrumbes, inundaciones, huracanes, tornados y sequías son las calamidades más frecuentes con que el hombre se ha enfrentado sistemáticamente a través de su historia.

Durante mucho tiempo estos fenómenos parecieron no tener explicación, a no ser por la de tipo mítico, lo cual agudizaba el sentimiento de impotencia y pavor con que eran contemplados. Con el surgimiento del pensamiento científico se intentó darles una explicación racional, aunque sólo recientemente tales explicaciones han dejado de ser meras conjeturas para convertirse en teorías coherentes y fundadas en la observación.

A pesar de que aún no se conocen con profundidad los detalles de fenómenos tan complejos como la ocurrencia de temblores o de erupciones volcánicas, la ciencia ha podido encontrar las causas globales de dichos procesos, si bien los conocimientos actuales no permiten predecir con exactitud el comportamiento de la corteza terrestre y por ende los fenómenos destructivos, también es cierto que nos permite adoptar una actitud racional ante los mismos y reducir así su peligrosidad.

Nada es más necesario para aminorar el riesgo de un desastre que el conocer su origen, el hecho de ignorar el momento de su ocurrencia enfatiza la necesidad de mantener una actitud alerta ante estos eventos. El conocimiento de estos riesgos debe ser mayor en países que, como el nuestro, son tierra de terremotos, volcanes, derrumbes, inundaciones, etc., fenómenos con los que debemos aprender a convivir.

Los desastres naturales son resultados de la Vulnerabilidad de la población ante las Amenazas de la naturaleza, como terremotos y erupciones volcánicas, entre otras. El impacto de los desastres aumenta con el acelerado crecimiento poblacional, el empobrecimiento de grandes grupos de la población, la urbanización acelerada y la degradación ambiental.

Esto ocurre a pesar de que existen conocimientos científicos-técnicos para monitorear las amenazas y construir ambientes seguros, y a pesar de que hay una conciencia global acerca de la necesidad de proteger el medio ambiente y de impulsar políticas que luchen contra la pobreza, dirigida hacia un desarrollo sostenible. Los Desastres Naturales a nivel mundial matan más de un millón de personas al año y dejan un sin número de personas sin casas, más del 90% de las víctimas son de países en vía de desarrollo

Las pérdidas económicas provocadas por los Desastres Naturales siguen aumentando. La Figura 1, muestra que para los años 60', las pérdidas económicas sumaron un total de 40 mil millones de dólares; para los 70' ascendió a 60' mil millones de dólares; para los 80' se triplicó en relación a los 60', sin las medidas adoptadas para la Reducción de los Desastres Naturales, se estima que para los noventas esta cifra suma 280 mil millones de dólares. Las Naciones Unidas han estimado las pérdidas económicas a nivel mundial para el año 1991 en 44 mil millones de dólares, en 1992 la cifra fue de 60 mil millones de dólares, que equivale a las cifras de los años 60' y 70'; en este sentido, en la presente década (90') Nicaragua ya ha dado su aporte a estas estadísticas en la

presente década, entre los que se puede hacer mención de :

- a) *Inundación* ocurrida en julio de 1991, con la crecida del Río Escondido, afectando la ciudad Rama y Puerto Esperanza, ocasionando pérdidas económicas considerables.
- b) *Erupción del Volcán Cerro Negro* en abril de 1992, con más de 14 millones de dólares;
- c) *Tormenta Tropical Ger* en agosto de 1993, con saldo de 5.6 millones de dólares;
- d) *Tormenta Tropical Bert* en septiembre de 1993, con más de 5 millones de dólares;
- e) *Inundación* en las zonas norte, central y sur del país, que dieron inicio el 24 de septiembre, 1995, durando aproximadamente 18 días y ocasionando pérdidas mayores a los 17 millones de dólares;
- f) *Erupción del Volcán Cerro Negro* en noviembre de 1995, con más de 700 mil dólares,
- g) Recientemente, el paso por el sector atlántico del *Huracán Cesar*, cuyas pérdidas aún no han sido cuantificadas.

Por todo lo antes expuesto se hace necesario tomar *medidas preventivas* y preparativos que cambien el panorama, reduciendo de esta manera la pérdida para Reducir el impacto de los desastres, pero tienen que ser implementadas y puestas en prácticas.

La sismología y la ingeniería sísmica nos ofrecen actualmente conocimientos que, si bien no evitan los daños producidos por los sismos, los reduce en gran medida. En primer lugar, los sismólogos han determinado las zonas de mayor Riesgo Sísmico, por otro lado, con base a estudios estadísticos, conocen las áreas en que es más probable la ocurrencia, daños a la propiedad y trastornos sociales y económicos. En Nicaragua éstas áreas actualmente de manera general, se encuentran definidas con claridad, siendo éstas: La zona de subducción y la zona de la Depresión nicaragüense, considerándose estas áreas de alto Potencial Sísmico.

Se puede asegurar que los *Códigos de Construcción apropiados* reducen grandemente los daños producidos por los terremotos, éstos deben ser revisados periódicamente, sobre todo en ciudades con alta densidad de población y, si algo bueno puede sacarse de un fenómeno tan destructivo como son los terremotos, es la información que deja y con la cual pueden mejorarse dichos Códigos. En nuestro país existe un Código de Construcción implementado después del terremoto de 1972, sin embargo éste no es el más apropiado para nuestra realidad, y, es hasta el año 1996, que ha sido motivo de revisión exhaustiva, para una rigurosa implementación.

II.- Antecedentes

La Tierra ha sido consagrada en las páginas de la literatura universal como un símbolo de solidez; las montañas no se mueven y las llanuras conservan su aplanamiento, sin embargo, en ocasiones el terreno empieza a moverse súbitamente y sin la menor advertencia las construcciones crujen

sobre sus cimientos y todo lo que se posa sobre la Tierra parece moverse como una barca sobre las aguas. El resultado de estos movimientos se traduce en grandes pérdidas tanto humanas como económicas; es evidente que los terremotos, sismos o temblores constituyen uno de los fenómenos que más vidas cobran y más daños materiales causan. La Figura 2 muestra que los fenómenos naturales en los últimos dos siglos, (antes de iniciarse la presente década) ocasionaron más de cuatro millones de muertes y se acredita más del 50% a los terremotos.

El Origen de un Sismo

El análisis de las causas que generan los sismos nos demostrará que en verdad los terremotos son una prueba del proceso evolutivo del planeta que habitamos. En efecto, hace más de cinco mil millones de años se formó el planeta Tierra, y en sus inicios el estado de incandescencia era imposible la vida. Lo que siguió fue un enfriamiento lento de la parte externa y una progresiva diferenciación de los componentes materiales a lo interno : *"Los materiales pesados se hundieron hacia el interior del globo terrestre y los más livianos quedaron próximos a la superficie"*.

Las causas por las que se genera un temblor de tierra son en realidad simples, los continentes y océanos conforman la Litosfera de nuestro planeta -esto es, su superficie; entre ella y el núcleo se encuentra una capa de roca fundida llamada astenósfera, las llamadas placas tectónicas, carecen de un sustento completamente firme. El origen de los terremotos se debe al fallamiento o ruptura de las rocas en áreas muy extensas llamadas por los científicos *"áreas de rupturas"*; tomó muchos años de investigación el poder hacer esta afirmación, pero actualmente sabemos que ésta es la explicación más satisfactoria, aun cuando se desconocen los detalles con que ocurre esta rotura o fallamiento en los sismos más profundos (la profundidad máxima a que ocurren éstos es de unos 700 Km). (Gutenberg and Richter, 1954).

El saber por qué ocurre el fallamiento del terreno sólo pudo lograrse a través de una teoría que no fue aceptada de inicio tan fácil, sino hasta hace un poco más de 20 años; esta teoría es llamada *"Tectónica de Placas"*. Para esbozar esta teoría se considera en primer lugar la estructura interna de la Tierra; en la Figura 3, podemos ver esquemáticamente su constitución. Los datos obtenidos por los científicos sobre el interior de la Tierra, el estudio de los materiales arrojados por los volcanes y las observaciones de las trayectorias de las ondas sísmicas han proporcionado información suficiente para determinar con bastante exactitud las características estructurales del interior del globo terráqueo.

Sismológicamente la Tierra se estructura de una manera simple, en Corteza, Manto y Núcleo, con diferentes composiciones, densidades y elasticidades; el núcleo terrestre está probablemente compuesto de hierro y níquel; el manto tiene una composición a base de silicatos abundantes en potasio, sodio y calcio; el cascarón más externo del planeta, el cual comprende la Corteza y parte del manto (litosfera), con un espesor aproximado de 100 Km, parece comportarse como un cuerpo rígido *"flotando"* en el resto del manto en donde puede presentarse movimientos como si se tratara de un fluido. Esta conducta semejante a la de un fluido tiene sentido solamente en tiempos geológicos, (del orden de millones de años).

El cascarón exterior llamado litosfera no es continuo sobre la superficie de la Tierra, sino que está formado por diversas "placas", que hacen contactos unas con otras; las placas sufren movimientos relativos, debido a fuerzas de origen aún no completamente conocido, aplicadas a lo largo de las mismas. Estos mismos esfuerzos producen en algunos de sus márgenes la subducción de una placa bajo otra y en otras, la creación de una nueva litosfera, Figura 4.

Debido a estos movimientos, los continentes han variado su posición relativa a través del tiempo geológico; las zonas de creación de nueva litosfera se presentan como cordilleras submarinas (*DORSALES*) y las zonas de subducción forman a menudo trincheras (*FOSAS*) submarinas de gran profundidad. Se puede notar que las diferentes placas no coinciden con los continentes y los océanos, sino que pueden tener Corteza Continental y Océnicas.

No se sabe con certeza qué -causa los esfuerzos que producen los movimientos de las placas- pero se infiere sean producidos por transferencia convectiva de calor, de la misma manera en que ocurre cuando se hierve agua o cualquier líquido. El fluido más cercano a la fuente de calor se expande, se vuelve menos denso y tiende por lo tanto a subir a la superficie donde se enfría y es desplazado hacia el fondo por nuevas parcelas ascendentes. En resumen, al interior de la Tierra se dan movimientos lentos de grandes volúmenes de material fundido debajo de esta cáscara de suelo sobre la que habitamos (Corteza); ésto, unido a las fuerzas gravitacionales y de rotación han roto en placas esta envoltura rígida obligándola a desplazarse e interactuar (Figura 5).

Precisamente las zonas de roturas, fronteras de las placas, son reconocidas como los cinturones de alta actividad sísmica y volcánica; los países situados en las cercanías de las zonas de interacción de placas están expuestos a alto peligro por terremotos y vulcanismo. En Nicaragua las dos placas que interactúan son las Placas Coco y Caribe. (Figura 6). La sismicidad es una realidad en Nicaragua que rebasa el presente siglo y, aún más, todo el período poscolonial. Debido a que el fenómeno sísmico está ligado a procesos internos de la tierra de larga duración, que en general implican millones de años, para fines prácticos, la Amenaza Sísmica en los territorios ubicados en bordes tectónicamente activos persistirá para muchas generaciones.

La interacción de las placas tectónicas Coco-Caribe manifiestan una convergencia y se señala que el movimiento relativo de estas placas es, aproximadamente, de 8 cm/año frente a Nicaragua (Minster and Jordan, 1978). No obstante, en base a datos de sismos con M_s mayor a 7.0 a partir de 1928, es menos de 2cm/año (McNally and Minster, 1981). El período de retorno, es así, para sismos de M_s menor a 7.0 es mayor a 40 años en comparación con otras regiones de Centroamérica.

Debe enfatizarse que, un sismo no se limita a su propia área, ya que provoca zonas de contracciones y comprensión -llamadas ondas **P** o primarias- tanto en tierra como en agua. También se propagan otros tipos de ondas, como las ondas **S** o secundarias, que viajan superficialmente desde el epicentro, aunque son más lentas que las anteriores, son más destructivas, y, en la mayoría de los casos no se detendrán hasta encontrar una falla - por pequeña que sea- que contenga energía almacenada y lista para liberarse, provocando así un sismo en la superficie.

Un análisis físico de la alta sismicidad en la región del Pacífico de Nicaragua refleja lo siguiente:

.- Flexión del fondo oceánico al ser obligado a hundirse bajo la Corteza Continental; esto genera rupturas por tensión encima de la placa que se hunde, por debajo debido a presión y al interior por corrimiento de los estratos superiores respecto a los inferiores.

.- Fricción que ejercen entre sí las placas (Coco - Caribe); se sabe que la placa Coco se hunde bajo la Caribe en una Fosa paralela a la costa del Pacífico de cerca de 5000 m de profundidad a unos 120 Km del litoral, penetrando con un ángulo de buzamiento entre 20° y 30° con respecto a la horizontal. Las características rugosas de las superficies en contacto aumenta la fricción y por ende la generación de sismos por rompimiento de grandes volúmenes de rocas.

.- Resistencia de la placa Caribe al movimiento de la placa Coco rompiéndose en la vecindad del contacto.

.- Presencia de una zona de debilidad estructural denominada *Graben o Depresión nicaragüense* que contiene *la cadena volcánica cuaternaria, los grandes lagos y lagunas cratéricas*; esta zona está altamente fracturada y es propensa a la generación de muchos sismos pequeños y algunos más fuertes que en ocasiones pueden destruir parte de algunos poblados (Managua : 1931, 1972).

.- Fallas geológicas detrás del arco volcánico y fenómenos peligrosos asociados a la interacción de placas.

III.- Objetivos

Objetivo General

Proporcionar conocimientos (bases físicas) y técnicas, para mostrar las ventajas de sostener en Nicaragua vigilancia sísmica y volcánica con proyección de resultados hacia el pueblo para Prevenir daños por Terremotos y Actividad Volcánica.

Objetivo Específico

Identificar de manera global, el Riesgo Sísmico y Volcánico en nuestro país, a través de las Amenazas Naturales y la Vulnerabilidad, tanto física como social.

IV.- Justificación

Año tras años la humanidad escribe nuevas y dolorosas páginas sobre las consecuencias de los desastres naturales, los provocados por el hombre o fallas técnicas.

El Desarrollo tecnológico no ha sido suficiente para poder, al menos, Mitigar las pérdidas de vidas humanas, los daños a la ecología, a la infraestructura y a los servicios que sufren los países a causa de los Desastres. Por el contrario, parece que “se ha producido un enorme y constante aumento del número de pérdidas provocadas por Desastres de origen natural. (STOP-DISASTERS, 1993).

Los países de América, especialmente los más pobres, son fuertemente afectados por las consecuencias de fenómenos naturales que originan desastres; producto de estas Amenazas y a los altos índices de vulnerabilidad que sufren provocan decenas de miles de muertos, centenares de miles de personas afectadas y cuantiosas pérdidas materiales.

El territorio nacional está expuesto a diversas Amenazas, las que perdurarán por milenios como son : *Las áreas de los volcanes, fallas geológicas, las expuestas a inundaciones, deslizamientos de tierra, sismicidad, efectos metereológicos*, entre otros Sabiendo que tendremos Amenazas por muchísimo tiempo, se visualiza la necesidad de combatir el problema desde otra visión; y, se ha identificado que entre los factores de Vulnerabilidad Social posibles de modificar está la poca organización para enfrentar los Desastres, el escaso conocimiento sobre el origen y las consecuencias de éstos, así como la débil ejecución y definición de medidas pertinentes para Prevenirlos y Mitigarlos

Estas debilidades en nuestro país, y la necesidad que la Educación sobre Desastres debe ser parte de la formación integral que recibamos los nicaragüenses a todos los niveles, se motiva a la comunidad estudiantil del Centro Superior de Estudios Militares, en especial, orientar esfuerzos en este sentido La educación por su influencia en la formación de las personas permite que éstas pueden capacitarse para percibir, interpretar y reaccionar positivamente ante los desastres. Además, promueve la comprensión de la importancia de participar efectivamente en tales actividades.

El siglo XX se caracteriza por la amplia difusión que se le ha dado al conocimiento y los resultados de la ciencia que anteriormente estaban reservados a unos cuantos. En el umbral del siglo XXI, debemos intensificar el esfuerzo divulgativo y educativo para garantizar que el ciudadano del futuro participe de la cultura científica en la medida suficiente que le permita comprender e inclusive intervenir en las grandes transformaciones que con seguridad tendrá que enfrentar. **En este sentido la comunidad estudiantil del Centro Superior de Estudios Militares, podría realizar una importante labor, entre otras cosas; la de Promover Investigaciones sobre las diversas Amenazas a que esta expuesto el territorio nacional, Impulsar y Desarrollar Proyectos de Educación en esta línea.**

V.- Desarrollo de la Sismología en Nicaragua

Sismicidad Histórica

Es de interés destacar que la sismicidad que se describe como Sismicidad Histórica se refiere a eventos sísmicos importantes que impactaron severamente la base domiciliar de los moradores poscolombinos, tal que sólo se hace referencia a los "*grandes sismos*"; ésto es lo que en

Sismología se denomina *Macrosismicidad*. Existe además una disciplina llamada Paleosismología que investiga en las rocas los cambios que indujeron terremotos acaecidos en tiempos remotos.

La información sobre la Sismicidad Histórica en Nicaragua se ha logrado recopilar desde la época Colonial, sin embargo, a partir del presente siglo, y especialmente a partir del año 1975, se ha logrado obtener datos instrumentales para realizar apreciaciones cuantitativas de sitios de ocurrencia, medida relativa de los eventos, definición de fuentes e impacto más veraces como consecuencia, entre otras cosas, de la instalación en el país, de instrumental técnico que ha hecho posible la localización de epicentros de terremotos, de sus radios de acción, de la magnitud de los mismos, etc. La información sobre el historial sísmico en nuestro país, de los mayores eventos (Leeds, 1974) se resume en un mapa macrosísmico, con las imprecisiones epicentrales correspondientes al provenir de datos referidos cualitativamente. (Figura 7).

Los eventos telúricos en Nicaragua, como en cualquier lugar del planeta, cuando ocurren en áreas densamente pobladas, han sido siempre mensajeros de fatales consecuencias con destrucción en gran escala, con retroceso económico severo de difícil recuperación. Muchos terremotos podrían resultar catastróficos en nuestro entorno por la proximidad de los poblados a las fuentes sísmicas y siendo, por supuesto, capaces de paralizar toda actividad de desarrollo.

Es obvio que la Sismicidad de Nicaragua tiene un largo historial, en realidad la sismicidad y el vulcanismo están ligados a procesos geológicos que duran millones de años. Vale la pena recalcar que, la sismicidad asociada al fenómeno de subducción (con sismos violentos y de gran cobertura que afectan toda la costa del Pacífico), así como, la asociada a la Depresión nicaragüense (con sismos moderados, pero localmente destructivos), son hechos que se respaldan con la microsismicidad. Desde el punto de vista del potencial de Amenaza es importante señalar que la Subducción representa alto peligro porque sus sismos de máxima magnitud son tan fuerte que estando alejada la fuente, es capaz de sacudir a toda la costa del Pacífico, destruir varias ciudades simultáneamente y los datos anteriores lo corroboran (sismo de 1898 p. e.), además puede producir maremoto (septiembre, 1992). Los datos recopilados hasta la fecha sobre la sismicidad en Nicaragua indican que la mayor actividad telúrica se ha manifestado en la faja del Pacífico, poca en la norte y central, y casi nula en la región del Atlántico.

Pronóstico

El pronóstico sísmico y volcánico, así como, el desarrollo de alarmas sísmicas es una medida de Mitigación, que ha atraído recientemente mucha investigación por el potencial que representa, el poder evacuar en el menor tiempo a la población.

En casos en donde existen datos históricos, es posible aplicar estadísticas a pesar de las limitaciones inherentes de estos datos; el resultado ha sido el reconocimiento de tendencias de comportamiento sísmico que tienen aplicación por lo general para el establecimiento de planes de Mitigación que conlleven al reforzamiento de líneas vitales de tal manera que los esfuerzos para disminuir la Vulnerabilidad ante los sismos o actividad volcánica no sean hechos en forma generalizada, sino en los sitios que se consideren más susceptibles de sufrir sus efectos en los

próximos años.

En contraste al Peligro Sísmico primario causado por la sacudida del suelo, el peligro secundario causado por los tsunamis y erupciones volcánicas ha cosechado importantes éxitos en el campo del pronóstico y los sistemas de alerta. El sistema de alerta para tsunamis del Pacífico se organizó en 1948 con sede en Hawai y posteriormente otro en Alaska y el Pacífico noreste; estos sistemas reciben información de 30 estaciones sismográficas y 70 mareógrafos alrededor de la Cuenca del Pacífico.

Las alertas de tsunami actualmente se realizan a dos niveles en la Cuenca del Pacífico. El primer nivel dá alarmas a todos los países de la Cuenca para tsunami que pueden abarcar todo el Pacífico; inmediatamente después de un sismo de magnitud mayor a 7.0 grados; se establece un monitoreo de las mareas cerca del epicentro. Si se detecta alguna alteración se establece una alarma de tsunami.

El propósito de la Alerta es que dentro de un período menor de una hora, todas las comunidades costeras que se encuentran bajo riesgo mas allá de los 750 Km de distancia de la fuente puedan ser notificadas y se pueda pronosticar la llegada de la primera Onda del tsunami con una exactitud de 10 min. Resultados de estudios, reflejan que existe tiempo para anunciar la alarma y tomar las medidas de evacuación.

Estos sistemas han sido comprobados eficazmente, ya que antes de establecerse el Servicio Regional en 1952 unas 6000 personas murieron por tsunami en Japón, pero desde la utilización de estos sistemas de alerta para tsunamis, sólo 215 personas han muerto en unos 20 tsunamis, ya que este sistema regional ha producido alarmas con el efecto deseado, fundamentalmente, salvaguardando vidas.

A pesar de todo, muchas costas continúan sin protección local, en especial en los países pobres que no pueden pagar sistemas sofisticados. Nicaragua es uno de ellos, sin embargo con la experiencia vivida en 1992, se ha dado inicio un proyecto sobre Alerta para tsunami, el cual actualmente, esta siendo provado, y es probable que el próximo tsunami en nuestras costas, sea monitoreado para evitar muertes humanas.

La información recolectada por la Red Sísmica Nacional de 1975 a 1982 muestra la existencia de una zona donde no se liberó un temblor de relevancia, en el período de muestreo, (Figura 8). En 1979 estudiosos del Servicio Geológico de Estados Unidos tomaron como base toda esta información y ubicaron un sitio de silencio sísmico para Nicaragua frente a León y Chinandega; *esta zona probablemente (afirmaron) sea la generadora de un terremoto de $M > 7.0$ en el futuro*; sin embargo en esa ocasión no se retomó la advertencia, y no hubo ningún preparativo para este pronóstico. *Anexo I.*

También a través de la información de datos telesísmicos en los archivos de la Red Mundial ubicaron la existencia de esta zona de silencio sísmico desde 1950; en el catálogo de Leeds, (1974) indica que en 1989 sucedió un terremoto de magnitud 7.5. El 1^o de Septiembre de 1992 ocurrió ahí un terremoto (maremoto) magnitud 7.0 grados (Richter), que si bien no causó daños

por la sacudida generó olas grandes (tsunami) de efectos dañinos a la población que habitaba próxima al litoral pacífico

La baja violencia de la sacudida (poco perceptible en tierra firme) no causó daño debido, probablemente al patrón de radiación de la energía sísmica (la energía sísmica no se difunde de modo uniforme), pero fue suficiente para inducir olas altas que dejó más de 100 muertes e impacto severo a la economía del país, aún con su magnitud moderada, como lo reconocen estudiosos de la sismología (Kanamori and Kikuchi, 1993).

En relación a las erupciones volcánicas, éstas en su mayoría no ocurren espontáneamente, sino que son precedidas por una serie de cambios que acompañan el ascenso del magma hacia la superficie, el seguimiento y la medición de estos cambios en forma sistemática y continua es la mejor esperanza de llegar a diseñar sistemas de alarma. Desafortunadamente, tan solo unos 10 a 20 volcanes a nivel mundial se encuentran hoy día suficientemente instrumentados como para tratar de realizar un pronóstico científico confiable.

Los precursores que ocurren en un volcán antes de que entre en erupción son : Cambios en los patrones de actividad sísmica, deformación del suelo, fenómenos hidrotermales como la aparición de fumarolas o el incremento en la temperatura, y finalmente cambios en la composición química de los gases y aguas superficiales.

En el presente no existe una metodología completamente confiable para realizar pronósticos de las erupciones volcánicas, sin embargo, es posible reconocer cuando un volcán se encuentra más activo y comunicarlo a la población a tiempo para que responda a los **planes de emergencia pre-establecidos**. Esto no es siempre tan sencillo según lo indica la experiencia debido a que una crisis volcánica puede durar muchas semanas y existen preguntas sobre el comportamiento futuro del volcán que no siempre pueden responder los científicos.

En Nicaragua a partir del año 1975 se observa instrumentalmente, tanto la actividad sísmica como volcánica, sin embargo, antes de la erupción del volcán Cerro Negro de Noviembre, 1995, y, con la experiencia vivida en 1992, se mantuvo observación constante de los principales volcanes activos de nuestro territorio que conducen a mejores perspectivas que en la década de los años 70'. Debe señalarse que la erupción del volcán Cerro Negro de Noviembre de 1995, fue una actividad vigilada detalladamente por la red sísmica local y a partir del día 18 de Noviembre/95 en los registros analógicos de la estación ubicada en las faldas del Cerro Negro, se registraron alrededor de 62 sismos muy pequeños, seguidos de ruido sísmico, (tremor), aproximadamente a las 08:45 am, el cual a medida que pasaba el tiempo se fue incrementando y, a las 11:42 se dió el comienzo del ruido sísmico (tremor) fuerte que duró hasta las 12:03 pm, siendo estos tremor, las primeras dos explosiones de esta actividad. (Figura 9) Indica lo anterior que, la vigilancia de estos fenómenos son efectivos, para volcanes de este tipo.

Ajustes que modifican el evento

Control Ambiental

Las erupciones volcánicas no se pueden prevenir; no se conoce, además ninguna defensa posible contra los flujos piroclásticos. Las caídas de piroclastos, especialmente de ceniza, pocas veces ponen en peligro la vida de las personas, pero causan grandes daños económicos y no se puede hacer mucho por proteger las cosechas y los reservorios de agua para consumo.

Las coladas de lava con los lahares son los únicos peligros volcánicos sobre los que se puede hacer un control físico, se ha tratado de desviar el rumbo de las coladas de lava por mucho tiempo, con resultados positivos parcialmente.

Diseño Volcano Resistente

Uno de los problemas asociados a las erupciones volcánicas es el colapso de edificios, especialmente aquellos de techo plano como consecuencia del peso de la ceniza mojada; para solucionar este problema se pueden reforzar edificios que de otra manera sufrirían colapso estructural o mejor aún, construirseles techos con un gran ángulo de gradiente.

Ajustes que Modifican la Vulnerabilidad

El costo de monitorear la actividad de los volcanes y de la planificación pre-desastre es muy bajo comparado con las pérdidas potenciales, la mayoría de las comunidades expuestas a los peligros volcánicos tienen conciencia de tal amenaza. Cuando existe vigilancia de la actividad volcánica y una efectiva preparación, es posible establecer advertencias que permitan la evacuación de la población de los sitios más peligrosos antes de que la erupción ocurra.

La planificación de emergencias en zonas de peligro volcánico está muy bien desarrollada y contiene elementos secuenciales muy bien definidos. La ceniza volcánica puede producir impactos severos en la actividad económica a cientos de kilómetros de distancia del volcán y también afectar severamente el tránsito aéreo de una región, afectando a personas para las que no sea tan obvio estar expuestas a un peligro volcánico.

Nicaragua : "Territorio Vulnerable"

Actividad Sísmica, Erupciones Volcánicas, Inundaciones, Deslizamientos de Tierra y Huracanes /Tormentas Tropicales, son algunos de los fenómenos naturales que pueden originar un Desastre en nuestro país. Estos provocan trastornos en la sociedad debido a las lesiones que causan a los habitantes y los daños a sus bienes, pero estas situaciones no se presentan por azar, sino que se originan en las prácticas sociales; la ubicación de viviendas y otras infraestructura en sitios de alto Riesgo; la degradación ambiental y la falta de preparación de la gente explican en gran parte el problema de los Desastres.

Nuestro país en el borde de la placa Coco tuvo un origen violento cuando la placa Caribe inició su interacción con ésta. El fondo marino sufrió levantamiento y se generaron fallas importantes paralelas a la frontera interplaca y toda una serie de fracturas transversales que permitió el escape de material magmático con derrames lávicos profusos, como materiales piroclásticos expulsados al aire, con mayor alcance en dependencia de la dirección predominante del aire; esta combinación de alsamiento del fondo marino y deposiciones piroclásticas es lo que constituye el suelo nacional actual.

Nicaragua es un país, con alto índice de Vulnerabilidad a Desastres y entre ellos cuenta con una gran variedad de aquellos que tienen su origen en la naturaleza, desde simples inundaciones hasta rarezas como el tsunami (maremoto) ocurrido en 1992. De esta situación dan cuenta los 10,000 muertos y 20,000 heridos del terremoto de Managua de 1972; los 2.8×10^6 afectados por el huracán Joan en Octubre de 1988; los 150,000 afectados por la erupción del Volcán Cerro Negro en Abril de 1992; los 40,500 afectados por el tsunami (maremoto) ocurrido en Septiembre, 1992. Estos mismos Desastres ocasionaron al país pérdidas económicas por $1,650 \times 10^6$ dólares según fuentes de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) de la Organización de Naciones Unidas.

Como podemos observar los eventos naturales asociados a los Desastres, son capaz de generar cuantiosas pérdidas en vidas humanas y daños materiales a la economía; conocerlos y aprender a convivir con ellos es nuestra responsabilidad.

La población nicaraguense a través de su historia a sido atraída para asentar sus viviendas en los litorales marinos, las orillas de ríos, lagos, lagunas, valles y faldas de los volcanes, y, alrededor del 70% de la población habita en el borde Pacífico, sobre una faja angosta del territorio hundida y limitada por fallas longitudinales que limitan la Depresión y que se extienden desde el Golfo de Fonseca hasta Costa Rica, con una longitud promedio de 300 Km y un ancho promedio de 70 Km. Al centro de esta zona de suelo en colapso, encontramos la cadena volcánica cuaternaria y los grandes lagos; existen en los lagos, vestigios del vulcanismo cuaternario -en el Lago de Nicaragua con Madera, Concepción y Zapatera, y en el Lago de Managua, con al menos un cráter sumergido en sus aguas. (Figura 10).

La cadena volcánica es notablemente rectilínea mostrando dos segmentos, uno del Cosigüina al Momotombo, luego la cadena volcánica se encuentra desplazada unos 15 Km al Oeste, para alinearse nuevamente del Masaya al Madera. En esta zona en depresión se generan fenómenos Peligrosos, -Amenazas Naturales reales- por lo cual se define como una zona de debilidad tectónica, debido a su formación geológicamente joven, donde los materiales magmáticos se encuentran mucho más cercanos a la superficie libre de la corteza terrestre, que en otras áreas; con la combinación de actividad sísmica y fallamiento superficial.

Los volcanes activos del arco se yerguen en fallas transversales a la Depresión con rumbo predominante *NW-SE*, lo que incrementa la *Vulnerabilidad* de esta zona, debido a sus suelos aún no compactados, constituidos por productos piroclásticos recientes y alto índice poblacional, con débiles infraestructuras. La sismicidad generada en la Depresión nicaragüense se caracteriza por focos muy superficiales, menor a los 30 Km de profundidad, además por una actividad microsísmica caracterizada por enjambres que se distribuyen a lo largo de los fallamientos

existentes en la zona

Se hace énfasis en la zona de la Depresión nicaragüense en relación a la Vulnerabilidad, fundamentalmente por el alto índice poblacional, sin embargo, en la parte central y atlántica son otros los fenómenos naturales Amenazantes a esas comunidades, como los temidos huracanes e inundaciones, pero que no son motivo de análisis en este estudio.

Lección del Pasado

Managua muestra huellas de vulcanismo intenso, y hasta donde permiten conocer los datos históricos, la sismicidad la ha impactado numerosas veces. Los recuerdos más frescos se asocian al sismo de 1972, con más de 10 mil muertos, pérdidas millonarias en dólares y estancamiento del posible desarrollo nacional. El área urbana está localizada dentro de la franja volcánica que como tal manifiesta actividad a través de focos térmicos y microsismicidad. En ocasiones los sismos alcanzan magnitudes suficientes para causar severos daños, en áreas relativamente reducidas (casco urbano -caso de Managua en 1972; proximidades del Menco, Rivas en 1985). (Segura, 1985).

Los estudios realizados demuestran alto fracturamiento, aproximadamente NS, a través del área urbanizada, lo cual se traduce en nivel de Amenaza Geológica fuerte para la infraestructura domiciliar, y civil en general. (Figura 11). Por otro lado, la recolección sísmica posterior al terremoto destructivo de 1972 indican un nivel sísmico de fondo alto implicando ésto que importantes sistemas de fallas están activas actualmente.

Las destrucciones causadas en Centro América a ciudades importantes por el efecto sísmico manifiesta un factor de Amenaza constante para toda la región; ahora se conoce que la causa de estos fenómenos es la evolución propia del planeta Tierra y que los cambios a escala global duran millones de años. *Tal realidad indica que el impacto por terremotos va a continuar y que el grado de daño dependerá de la profundidad con que conozcamos el problema, de las medidas racionales que desarrollemos en base a ese entendimiento, y, a las previsiones que tomemos con antelación a la ocurrencia del evento, y, del tiempo previo disponible a la inminencia de éste manifestado por un conjunto de premonitores variados.* El esfuerzo de Nicaragua en esa dirección responde a programas a nivel mundial por reducir el impacto de los Desastres Naturales en el dominio nacional, por ello la necesidad de mantener funcionando la Red Sísmica Local, (Figura 12), instrumentación que sirve para el monitoreo de esta actividad.

Situación actual del problema y evolución

El hecho que los sismos tengan repetitividad ha quedado demostrado a través de numerosos estudios realizados en todo el mundo. Precisamente, la serie de sismos destructivos en un mismo sitio permite evaluar aproximaciones de períodos de retorno de estos eventos, y por tanto, tomar en cuenta tal cosa para Prevención de colapso de las construcciones y los daños que conllevan.

Después de 1972 se ha monitoreado significativamente la sismicidad en el área de Managua que manifiesta que las zonas de fractura que la limitan y la atraviezan están, y, representan Amenazas.

La población bajo Peligro de impacto por sismos son todos los habitantes de la capital; es difícil pronosticar, con base a los datos disponibles actuales, dónde estará el epicentro del próximo sismo de severo impacto para la ciudad de Managua, así que, se debe tomar como área de observación y vigilancia toda la superficie de la ciudad; claro que, ésta aseveración como caso particular.

La historia sísmica de Nicaragua, consignada en catálogos, que abarcan desde el período poscolonial hasta la actualidad, ponen de manifiesto la incidencia de sismos locales del área de Managua; vale la pena recordar los sismos ocurridos en este siglo en Managua : El de 1931 con epicentro en la Falla Estadio (falla que cruza el Estadio Nacional), el de 1968 en la Colonia Centro Américo con epicentro en la falla del mismo nombre, y el de 1972 con epicentro en la Falla Tiscapa, manifestándose repetidamente las Amenazas inevitables y la Vulnerabilidad, obteniéndose un Riesgo evidente.

Después de transcurridos más de 24 años desde el último terremoto en Managua el período de repetitividad de sismos severos se va reduciendo; es posible que aún queden algunos años (quizás 10) durante los cuales se puede trabajar en la línea de Prevención, Mitigación y Preparación; el impacto a la sociedad capitalina, en este caso, especialmente es preservar la vida humana. En Nicaragua se trabaja en mejorar los reglamentos de construcción e ingeniería y, en la preparación a la población en Educación para casos de Desastres. Su base fundamental para prevenir un nuevo Desastre es justo, en vista de que hasta hoy no es posible Predecir un terremoto, y mucho menos evitar que ocurra, pero si se puede advertir a la ciudadanía que existe una alta probabilidad de que suceda. (*Anexo 2*).

VI.- Orientación Científica y Gestión Pública

Las decisiones que el Gobierno toma, tiene siempre el sello de lo político, lo marca la coyuntura económica y la presión social. Cuando el país ha tenido que enfrentar períodos de emergencias ha salido a relucir que los daños podrían haberse Mitigado y Disminuido con prácticas de control del uso del suelo y medidas Preventivas. Es preocupante ver como nacen de modo repentino los asentamientos humanos, ocupando áreas que no tienen la debida seguridad (Ésto es un simple ejemplo).

La zona del Pacífico es de alto Peligro Sísmico y Volcánico y el grado de Riesgo que pesa sobre la población y las inversiones es el que le asignamos nosotros, situándonos más cerca o más lejos de los focos de Peligro. Es por éso que debe haber confianza e impulso de la investigación, porque el uso racional de los medios físicos surge del análisis medurado y crítico del uso histórico que se a dado a dichos medios y sobre todo de las sugerencias e indicaciones de los especialistas. Las medidas Preventivas y los hallazgos de las investigaciones deben implementarse, llevándose a la práctica y exigiendo más información de los sitios donde no haya. El hombre público debe reconocer, como cualquier mortal, que ignora más que lo que sabe, que la división del trabajo exige que trabajemos articulados como piezas unitarias de la maquinaria estatal.

- Todos los sectores desde políticos hasta el simple ciudadano, deben reconocer que la *Mitigación* de los Desastres debe formar parte integral del *Desarrollo Nacional* y que es responsabilidad de *todos*.

- Una Educación sobre Riesgos implica un éxito económico a largo plazo para toda la comunidad, tomando la Educación como una inversión.

Asimismo, una población informada puede tomar parte activa en las labores y decisiones de las autoridades relacionadas con la prevención de los daños por los desastres naturales y discernir en gran manera sobre la falsedad o verdad de los rumores que usualmente surgen en situaciones de crisis.

Estas debilidades en nuestro país, y la necesidad que la Educación sobre Desastres debe ser parte de la formación integral que recibamos los nicaragüenses a todos los niveles, se motiva a la comunidad estudiantil del Centro Superior de Estudios Militares, en especial, orientar esfuerzos en este sentido. La educación por su influencia en la formación de las personas permite que éstas pueden capacitarse para percibir, interpretar y reaccionar positivamente ante los desastres. Además, promueve la comprensión de la importancia de participar efectivamente en tales actividades

El siglo XX se caracteriza por la amplia difusión que se le ha dado al conocimiento y los resultados de la ciencia que anteriormente estaban reservados a unos cuantos. En el umbral del siglo XXI, debemos intensificar el esfuerzo divulgativo y educativo para garantizar que el ciudadano del futuro participe de la cultura científica en la medida suficiente que le permita comprender e inclusive intervenir en las grandes transformaciones que con seguridad tendrá que enfrentar. **En este sentido la comunidad estudiantil del Centro Superior de Estudios Militares, podría realizar una importante labor, entre otras cosas; la de Promover Investigaciones sobre las diversas Amenazas a que esta expuesto el territorio nacional, Impulsar y Desarrollar Proyectos de Educación en esta línea.**