

Departamento de Geología

Trabajo de Diploma

Para Optar por el Título de

Ingeniero Geólogo

**TÍTULO: Percepción del riesgo sísmico del sector este
del municipio de Moa**

Virgen Yamiskie Batista Samé

Moa, 2019

Departamento de Geología

Trabajo de Diploma

Para Optar por el Título de

Ingeniero Geólogo

**TÍTULO: Percepción del riesgo sísmico del sector este
del municipio de Moa.**

Autora:Virgen Yamiskie Batista Samé

FIRMA.....

Tutor:Ing. Arian Jiménez García FIRMA.....

Moa, 2019

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo: Virgen Yamiskie Batista Samé

Autora de este trabajo de diploma y el tutor, Ing. Arian Jiménez García declaramos la propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Virgen Yamiskie Batista Samé

Ing. Arian Jiménez García

PENSAMIENTO

“Para andar en un terreno, lo primero es conocerlo”

José Martí

DEDICATORIA

A mi madre Noemis Samé Herrera, por su educación amor y comprensión; por su apoyo incondicional, además por siempre creer en mí.

A mi familia por siempre apoyarme y ayudarme en todo lo necesario.

A mi novio Hortencio López Bento Ricueno.

A todos mis amigos que de una forma u otra me ayudaron a dar este gran paso en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar los más profundos agradecimientos a todas aquellas personas que de una forma u otra colaboraron en mi formación y en la realización de este trabajo.

- ✓ A mi madre que ha sabido guiarme siempre y ayudarme en todo momento de mi vida, que me ha apoyado siempre.*
- ✓ A mis tías, primas que siempre han estado presentes en cada momento de mi vida.*
- ✓ A Santiago López Ramírez, por darme su amor incondicional como padre.*
- ✓ A mi novio Hortencio López Bento Rícueno por ayudarme siempre y por compartir conmigo estos momentos tan importantes en mi vida.*
- ✓ A mis amigas incondicionales Dayana Urgelles Columbie y Rocio de la Rosa Márquez.*
- ✓ A mi tutor Arian Jiménez García, por haberme ayudado tanto y por su entrega y dedicación conmigo.*
- ✓ Al claustro de profesores del Departamento de Geología por su dedicación en cada una de las clases impartidas en el transcurso de todos estos años.*

Por favor, son tantos a los que agradecer, aunque no los mencione en estas líneas. Sepan que les estoy agradecido por siempre.

A todos muchas Gracias.

RESUMEN

El presente trabajo titulado Percepción del riesgo sísmico del sector este del municipio de Moa, aporta elementos para la percepción y la reducción del riesgo sísmico de desastres mediante la profundización en el conocimiento de que tienen los habitantes de las zonas, bajo la influencia de los fenómenos como los terremotos, en la ciudad de Moa en particular. Para realizar la investigación nos apoyamos de diversas fuentes, donde se emplean métodos de recopilación, procesamiento de la información, interpretación y representación de los resultados obtenidos. El trabajo de campo se realizó con los Consejos Populares ubicados en la parte este del municipio de Moa, donde se realizan encuestas para conocer el nivel de percepción que existe en estas áreas. Como resultado, se obtuvo un mapa de intensidad sísmica de esta zona, que a partir de su interpretación permitió conocer el grado de percepción de los habitantes en caso de un sismo de gran intensidad.

ABSTRACT

The present work entitled Perception of the seismic risk of the sector of the municipality of Moa, contributes elements for the perception and the reduction of the seismic risk of disasters by means of the deepening in the knowledge of those who have the inhabitants of the zones, under the influence of the phenomena. earthquakes, in the city of Moa in particular. To carry out the research, we rely on diverse sources, using methods of compilation, processing of information, interpretation and representation of the relevant results. The work in the field was carried out with the advice. As a result, a seismic intensity map of this area was obtained, which obtained a degree of perception of the inhabitants in the case of a large earthquake

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Marco teórico conceptual	3
Percepción del riesgo:e.....	4
Estado del arte	8
CAPITULO 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA DE LA REGIÓN Y DEL ÁREA DE ESTUDIO.	13
1.1 Introducción.	13
1.2 Ubicación geográfica.....	13
1.3 Marco geológico regional.	13
1.4.Características tectónicas de la región.	15
1.5Zona de llanuras.....	17
1.6Zona de montañas.	17
1.7 Geomorfología.	18
1.8Hidrografía.	22
1.9Caracterización morfotectónica.	24
1.10 Zonas sismo generadoras del Oriente cubano.	27
1.11 Vegetación	31
1.12 Clima.....	32
1.13 Geología.	32
1.14 Características del área de estudio.	35
1.14.1 Características ingeniero-geológicas regionales.....	35
1.14.2 Clasificación ingeniero geológica y geotécnica de los suelos.....	35
1.14.3Características del fondo habitacional.	35
1.15 Sismología.	39
1.16 Marco sismo tectónico.	42
1.17 Caracterización de fuentes sísmicas (parámetros sismológicos).....	45
1.18 Escalas sísmicas.....	47
CAPITULO 2.MATERIALES Y MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.	50
2.1 Introducción.	50
2.2 Recopilación de la información y revisión bibliográfica.....	51
2.3 Procesamiento de la información.	51

2.4 Software utilizado.....	54
2.5 Métodos.	54
2.5.1 Implementación del Sistema de Información Geográfica (S.I.G).....	55
CAPITULO 3.ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS.	57
3.1 Introducción.	57
3.2 Evaluación de la percepción sísmica en la parte Este del Municipio de Moa.	57
3.2.1 Análisis de las encuestas realizadas.....	58
3.3 Análisis de la intensidad sísmica registrada.	67
3.4 Relación entre intensidad sísmica y efecto de sitio.	70
Conclusiones	71
Recomendaciones	72

INTRODUCCIÓN

Los desastres naturales son eventos catastróficos causados por la naturaleza o los procesos naturales de la Tierra y su gravedad se mide en la pérdida de vidas, pérdidas económicas y la capacidad de la población para la reconstrucción. Uno de los desastres naturales que causan mayor número de víctimas y cuantiosas pérdidas económicas son los terremotos, el ruido que los acompaña las violentas sacudidas y los efectos secundarios que producen en el terreno, tales como deslizamientos de laderas, hundimientos, cambios en el régimen de las aguas subterráneas, pueden hacer cambiar en segundos una ciudad y convertirla en escombros. Cuba por sus condiciones geográficas y geotécnicas es escenario de este fenómeno, unido a esto está la poca percepción que posee la población sobre este tema. Los terremotos, sismos o temblores de tierra, originados por la liberación súbita de la energía acumulada durante los procesos de deformación de la corteza terrestre, no constituyen eventos aislados a nuestro país.

El peligro sísmico de Cuba representa una particularidad interesante y que al mismo tiempo hace que su estudio sea complejo para algunas áreas, esto consiste en que en nuestro archipiélago hay presente dos formas de génesis: de entre placas y de interior de placa. De la primera el ejemplo más directo se corresponde con la zona de fallas Bartlett-Caimán de categoría 1, que es la responsable de algunos de los terremotos ocurridos en nuestro país. El 28 de diciembre 1998 Moa se estremeció bajo un sismo de magnitud 5.6 en la escala Richter(R), este movimiento provocó más de 500 réplicas. Hasta el 4 julio de 1999 se reportaron 16 eventos perceptibles y fueron registrados por nuestra red de estaciones 437 temblores de diferentes rangos energéticos. Hasta el 4 julio de 1999 se reportaron 16 eventos perceptibles y fueron registrados por nuestra red de estaciones 437 temblores de diferentes rangos energéticos. La actividad sísmica después de las series de terremotos de los años 1998-1999 ha continuado de manera significativa en la región del nordeste holguinero, esta es una de las zonas sísmicas más activas del país, prueba de esto es que durante el año 2005

se registraron un total de 101 sismos, de ellos uno de 3.7 de magnitud en la escala de Richter, el de más alta energía registrado en ese año en todo el país.

Durante el sismo de Haití de enero 2010, Moa fue sacudida por una réplica con una magnitud de 5.4R. En enero y febrero 2016 varios sismos ocurridos en la cercanía de Santiago de Cuba, Guantánamo e Imías provocaron movimientos sísmicos de más de 5 R en el territorio.

Terremotos moderados e incluso pequeños, pueden tornarse catastróficos cuando ocurren en lugares con altas concentración de población e infraestructura no preparadas para recibir este impacto. De acuerdo al grado de estudio geodinámico existente en esta región han sido causadas por las fuerzas que ejerce la Placa Norteamericana sobre el extremo oriental de Cuba.

Cuando los pobladores de una localidad desconocen las amenazas sísmicas donde viven y su percepción frente al riesgo sísmico inducido por este es baja, se generará un aumento de la vulnerabilidad y se eleva las potencialidades de un desastre ante la ocurrencia de un terremoto (Alfaro, 2017).

Por ello se hace necesario el estudio del riesgo sísmico en áreas con altas susceptibilidad y peligro de ocurrencia de los mismos.

Situación problemática: la poca percepción en la población ante un fenómeno sísmico.

Problema de la investigación: la necesidad de realizar un estudio que permita evaluar el nivel de percepción del riesgo en la población del municipio Moa y la intensidad sísmica generada en el área por el terremoto ocurrido los días 6 y 7 de octubre del 2018 en Haití.

Objeto de estudio: el sector este del Municipio Moa.

Campo de acción: percepción sísmica de la población de la parte este del municipio de Moa.

Objetivo general: evaluar la percepción del riesgo de la población en el sector Este del municipio de Moa y la intensidad sísmica generada en el área por el terremoto ocurrido los días 6 y 7 de octubre del 2018 en Haití.

Objetivos específicos

- Realizar encuestas de percepción del riesgo e intensidad sísmica a la población del sector Este del Municipio Moa, generada en el área por el terremoto ocurrido los días 6 y 7 de octubre del 2018 en Haití.
- Evaluar la relación entre intensidad sísmica y efecto de sitio.
- Realizar el mapa de intensidad sísmica del área de estudio.

Hipótesis: si se evalúa los factores de percepción e intensidad sísmica permitirá generar una cartografía que facilite la toma de decisiones ante fenómenos de igual o mayor magnitud en la región.

Resultados esperados.

Con la culminación de la presente investigación se estima obtener un mapa de intensidad sísmica del área de estudio que permita la toma de decisiones ante fenómenos de igual o mayor magnitud en la región.

Factores de impacto de la investigación.

- Económicos: nos permite saber las localidades con mayor riesgo ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud. Además sabemos en qué localidades del municipio de Moa se debería hacer mayor énfasis en mejorar las construcciones de las viviendas al conocer el tipo de suelo existente en esta.
- Sociales: aumento del conocimiento de la población sobre la percepción del riesgo, mejorar la preparación de los habitantes ante la ocurrencia de un sismo en estas localidades.

Marco teórico conceptual

En los últimos años, la percepción de riesgo se ha convertido en un tema importante para los tomadores de decisión. El estudio de la percepción del riesgo involucra un exámen de conciencia de las personas, en base a sus emociones y comportamiento con respecto a las amenazas y vulnerabilidades existentes. La necesidad de informar y comunicar los riesgos de desastres, en particular los sísmicos, presenta grandes dificultades a los profesionales y directivos dedicados a la gestión de la reducción del riesgo. Éste proceso debe perfilar una intervención

estratégica para priorizar áreas y/o zonas críticas de riesgo en correspondencia a los contextos del territorio y la localidad, con el fin de facilitar la toma de decisiones de la gestión y la reducción del riesgo, la planificación del desarrollo municipal, la planificación de las operaciones del sistema de defensa civil de la localidad. Actualmente la EIRD de Naciones Unidas (2009) define la gestión del riesgo de desastres como el “proceso sistemático de utilizar directrices administrativas, organizaciones, destrezas y capacidades operativas para ejecutar políticas y fortalecer las capacidades de afrontamiento, con el fin de reducir el impacto adverso de las amenazas y la posibilidad de que ocurra un desastre.

Percepción del riesgo: el concepto de la percepción está centrado en la función psíquica que permite al organismo, a través de los sentidos, recibir y elaborar las informaciones provenientes del exterior y convertirlas en totalidades organizadas y dotadas de significado para el sujeto” (Javier, 2016). En otras palabras, es el proceso seguido por la información proveniente del medio, desde que la capturamos con los sentidos, la evaluamos, clasificamos, distribuimos en nuestro sistema nervioso central hasta que producimos una reacción, y eventualmente, la archivamos para recuperarla después. Con todo, “la percepción del riesgo es difícil de entender. Varios factores influyen en ella, pero algunos de los modelos sugeridos para abordarla han fallado porque explican solo una pequeña fracción de ellos” (Lennart, 2002).

La percepción del riesgo es la **habilidad de detectar, identificar y reaccionar** ante una situación de riesgo mientras conduces. Una situación de riesgo es aquella que lleva al conductor a estar alerta ante un imprevisto que le puede obligar a tomar una decisión: reducir la velocidad, frenar, cambiar de dirección.

El estudio de la percepción del riesgo debe verse como una necesidad en la gestión local de la reducción del riesgo de desastres sísmico, debido a que en una comunidad el riesgo es construido a partir de lo social, en donde este admite identificarlo, entenderlo y reproducirlo como el riesgo; cuando es entendido, esto posibilita la autogestión comunitaria en la medida en que las personas desarrollen acciones concretas para afrontar su situación de riesgo en su comunidad

¿Qué se podría hacer para evitar la intranquilidad y el miedo en la apreciación del sismo? Educar a los individuos sobre los potenciales riesgos es sin duda un requisito para que estos apoyen inversiones en prevención y tomen decisiones óptimas desde el punto de vista social. Raramente los gobiernos e instituciones comprenden la necesidad de tomar en consideración e incluir en sus presupuestos e inversiones la reducción del riesgo de desastres. Como tampoco aparece en los presupuestos de los gobiernos la eliminación de la vulnerabilidad existente. La percepción social del riesgo sísmico se relaciona con una construcción de pensamiento humano, habiendo un resultado social y distinto de acuerdo con los contextos experimentados por individuos o comunidades que generan múltiples interpretaciones del evento (Alfaro, 2017).

La valoración de la percepción social del riesgo sísmico requiere un análisis integrado de los dos sistemas que conforman la gestión por la reducción del riesgo de desastre sísmico: la peligrosidad, su exposición y vulnerabilidad. Hay distintos enfoques sobre la percepción, uno de ellos es el que se refiere a la forma en que un individuo interpreta y valora los posibles efectos y peligros de un riesgo. La percepción social de los episodios naturales otorga grado al impacto que causa un hecho natural de rango extraordinario.

Clasificación de los terremotos.

Los terremotos se clasifican como sigue a continuación:

Según la intensidad.

En macrosismos y microsismos, los primeros son sensibles para el hombre, observables en una superficie más o menos extensa; los segundos, al contrario, son perceptibles nada más que por aparatos especializados.

Según la ubicación de las placas.

- Sismos interplacas: en las profundidades, donde los bordes de las dos placas rígidas de la Litosfera se presionan una contra otra, existe una actividad sísmica intensa. Muchos de los grandes sismos que ocurren en el mundo, así como los de menor intensidad, ocurren en las zonas de cizalladuras o de corte entre dos placas, es decir, la oceánica de subducción y la continental de arco de islas.

- Sismos intraplaca, dentro de la placa oceánica: los sismos de gran profundidad y profundidad intermedia ocurre generalmente en una zona que se llama Zona de Benioff. Este es el plano por donde la corteza oceánica subduce debajo de la corteza continental.
- Sismos intraplaca, dentro de la placa continental: en la placa continental también se encuentra zonas de debilidad llamadas fracturas fallas geológicas, o sea, zonas que han experimentado desplazamientos o movimientos de un bloque con relación a otro. Las zonas de la placa continental que se encuentran más cerca de la zona de contacto con la placa oceánica, están más propensas a una acumulación de esfuerzos debido a la subducción de la placa oceánica debajo de la continental.

Intensidad sísmica: las escalas de magnitud sísmica se usan para describir la fuerza o el "tamaño" general de un terremoto. Estos se distinguen de las escalas de intensidad sísmica que clasifican la intensidad o gravedad de la sacudida del terreno (temblor) causada por un terremoto en un lugar determinado.

Escala sismológica de Richter: también conocida como escala de magnitud local (ML) es una escala logarítmica arbitraria que asigna un número para cuantificar la energía que libera un terremoto.

Escala sismológica de Mercalli: es una escala de doce grados desarrollada para evaluar la intensidad de los terremotos a través de los efectos y daños causados a distintas estructuras.

Terremoto: un terremoto, también llamado sismo, seísmo, temblor, temblor de tierra o movimiento telúrico, es un fenómeno de sacudida brusca y pasajera de la corteza terrestre producida por la liberación de energía acumulada en forma de ondas sísmicas. Los más comunes se producen por la actividad de fallas geológicas.

Efecto de sitio: los efectos de sitio son modificaciones en amplitud, duración y contenido frecuencial que experimentan las ondas sísmicas cuando llegan a la superficie. Entre más flácido sea el tipo de suelo que exista bajo la estación, mayor será la amplificación (Meaza, 2006).

Isosistas: una forma de representar gráficamente los niveles de intensidad de un sismo es a través de mapas de isosistas, los cuales representan curvas con igual nivel de intensidad a partir de observaciones de un evento en particular. La escala de intensidades utilizada es la Mercalli Modificada (MM).

Riesgo: es la probabilidad que una amenaza (sismo, erupción volcánica, deslizamiento, inundación, incendio forestal) se convierta en desastre. La vulnerabilidad o las amenazas, por separado no representan peligro. La interacción de los factores amenaza y vulnerabilidad constituyen el riesgo, es decir una mayor posibilidad que ocurra un desastre con graves consecuencias económicas, sociales y ambientales.

Desastre: es el resultado de la acción devastadora de una amenaza en la comunidad; está en relación al tipo de amenaza y a la capacidad de resistencia y de respuesta de las personas. Es necesario identificar la posibilidad de un desastre para prevenirlo, es decir, evitar poner en riesgo la vida de los miembros de la comunidad, la familia, los bienes o el ambiente. Para esto es necesario contar con planes de emergencia comunitarios y familiares.

Vulnerabilidad: se define como el grado de pérdidas que un determinado elemento o conjunto de elementos experimenta como consecuencia de un fenómeno natural de magnitud dada. Aunque se utilizan diferentes escalas, se puede expresar en una escala normalizada que varía desde 0 (sin daños) hasta 1 (pérdida total) (Zarzosa, 2017).

SIG: un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés [GeographicInformationSystem]) es una integración organizada de *hardware*, *software* y *datos geográficos* diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión (Milan, 2010).

ArcGIS: es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG.

Método de interpolación: el método de interpolación es un método científico lógico que consiste en determinar cada una de las variables en las formas en las que se pueden reproducir y cómo afectan al resultado(Villatoro, y otros, 2008).

Estado del arte

De acuerdo a las investigaciones realizadas, se observa lo siguiente:

Reyes, 2017evalúa la vulnerabilidad sísmica del reparto Rolando Monterrey ante la ocurrencia de un sismo, y se confecciona el mapa de las zonas de mayor vulnerabilidad sísmica. Para realizar la investigación se apoyan de diversas fuentes, la cual emplea métodos de recopilación, procesamiento de la información, interpretación y representación de los resultados obtenidos y así poder estimar la vulnerabilidad mediante una planilla confeccionada por el CENAIIS. Como resultado, se obtuvo un mapa de vulnerabilidad sísmica del reparto, que a partir de su interpretación permitió conocer el grado de fragilidad de las edificaciones en caso de un sismo de gran intensidad.

Alfaro, 2017evalúa la vulnerabilidad sísmica del reparto Rolando Monterrey ante la ocurrencia de un sismo, y se confecciona el mapa de las zonas de mayor vulnerabilidad sísmica. Para realizar la investigación se apoyan de diversas fuentes, la cual emplea métodos de recopilación, procesamiento de la información, interpretación y representación de los resultados obtenidos y así poder estimar la vulnerabilidad mediante una planilla confeccionada por el CENAIIS. Como resultado, se obtuvo un mapa de vulnerabilidad sísmica del reparto, que a partir de su interpretación permitió conocer el grado de fragilidad de las edificaciones en caso de un sismo de gran intensidad.

Peña, 2018realiza una microzonación sísmica del sector urbano de Moa en función del comportamiento sismo resistente de los suelos. Para el cumplimiento de este objetivo se aplica un procedimiento que parte del análisis detallado de las condiciones ingeniero geológicas como base para la identificación de los escenarios de peligro sísmico. Los parámetros empleados en la microzonación sísmica están basados sobre un sistema de bases de datos y de información geográfica, que permite la actualización constante del grado de estudio sísmico de

la zona de estudio. Los resultados alcanzados permiten dividir el sector urbano de Moa en tres zonas de amplificación. Cada una de ellas es caracterizada desde el punto de vista ingeniero-geológico y de sus propiedades dinámicas. En particular, la zona 1 presenta los parámetros dinámicos más favorables para la amplificación de las ondas sísmicas. La microzonación sísmica obtenida constituye una herramienta de consulta en el futuro ordenamiento urbano de Moa.

Zaldívar, 2012 analiza los mapas geológicos y tablas de datos históricos para obtener la información necesaria sobre los parámetros a emplear para el cálculo del riesgo y la vulnerabilidad sísmica del sector Atlántico, Miraflores y Vivienda Checa del municipio Moa. Se caracterizan los principales problemas constructivos y se determina el riesgo sismotectónico y se confecciona el mapa de vulnerabilidad y riesgo. Se emplea la metodología del riesgo sismotectónico de González Vallejo y Skipi (1981), dando como resultado la confección del mapa de riesgo sísmico del sector.

Infante, 2001 plantea que en Moa además de los riesgos que existen debido al propio desarrollo minero metalúrgico, el que genera a su vez el crecimiento poblacional, el medio ambiente se encuentra expuesto a las amenazas de los procesos tectónicos, los que se ponen de manifiesto como movimientos lentos más o menos continuos en el tiempo o por la actividad sísmica y que se realizan a través de las fallas que cortan las rocas. Los riesgos originados por estos mecanismos pueden afectar a todo el medio ambiente, ya sea natural, construido o social y a partir del conocimiento de la posición que ocupan las estructuras tectónicas y la tendencia actual de los desplazamientos en la región, pudieron determinarse los principales sectores de riesgo y dividirse el área en cuatro zonas según el grado de vulnerabilidad.

Infante, 1998 realiza esta investigación con el objetivo de profundizar en el conocimiento geológico tectónico del territorio de forma tal que permita establecer los sistemas de estructuras activas y bloques morfotectónicos, caracterizar los movimientos tectónicos contemporáneos y su incidencia en los sectores de máximo riesgo de origen tectónico.

Condori, 2015 realiza una investigación en los terrenos aledaños de la Laguna Piuray ubicada en el departamento de Cusco, donde se tiene proyectado la construcción de un complejo deportivo y recreativo con la particularidad de que se encontraría sobre depósitos naturales de suelos que contienen diatomeas (suelos diatomáceos) los cuales se caracterizan por tener propiedades físicas y mecánicas singulares, que no siguen las correlaciones obtenidas y aceptadas para la mayoría de los suelos. Las diatomeas son ejemplos sobresalientes de materiales naturales micro y nanoestructurados que pueden afectar las propiedades de los suelos, que tienen en cuenta sus características únicas, se realizó el estudio geotécnico en el lugar donde se proyecta la construcción del complejo, que consistió en la inspección técnica del terreno, ensayos de campo y muestreo de suelos para los ensayos de laboratorio, con el fin de establecer las condiciones físicas mínimas del suelo para ser tomadas en cuenta en el diseño de las cimentaciones.

Rodríguez, 2003 presenta una síntesis del catálogo de sismos perceptibles (1528 - 1990), obtenido y preparado al mismo tiempo como base de datos para PC. Este catálogo está suficientemente documentado y permite extender los períodos de tiempo que se analizan, limitados normalmente por la información instrumental. Complementan este resultado ejemplos del Atlas de Isosistas de Terremotos perceptibles con epicentro en el archipiélago cubano y cuya utilización para caracterizar la atenuación sísmica en el territorio nacional, en cuanto a intensidad, es prácticamente imprescindible para la realización de estimados de Peligrosidad Sísmica. Se muestra también, el análisis teórico - experimental de la Ley de Atenuación de la Intensidad Sísmica de las Antillas Mayores y sus principales parámetros asociados a las Zonas Sismogénicas del país, los cuales se modelaron a partir de los mapas de isosistas de terremotos perceptibles y fuertes. Balanqué, y otros, 2011 presentan resultados de la reevaluación del régimen sísmico de las zonas sismoactivas al sur de la ciudad de Santiago de Cuba con la información recopilada durante 45 años, (1965 a 2009), este tiene como criterios principales la ubicación espacial de los terremotos, magnitudes, profundidades y curvas de descarga energética. Se introduce en el cálculo el análisis con la información recopilada por la red de estaciones sismológicas existente en la etapa

anterior a la implantación de la tecnología digital (1965 – febrero/1998), que amplía el período de tiempo y se analizan los ajustes producto de los cambios de la cobertura del sistema durante la etapa.

García, 2019 explora las diferencias en la percepción del riesgo que presentan los habitantes de la ciudad de Mexicali, a partir de la clasificación de información obtenida mediante una encuesta que involucra variables relacionadas con el tipo de peligro, las características sociales de los sujetos, la vía de adquisición del conocimiento y las acciones preventivas que se realizan. Entre los resultados se obtuvieron cuatro grupos perceptuales: dos extremos (amplificadores y atenuadores) y dos intermedios (de percepción focalizada o selectiva), cuyas características particulares ameritan ser consideradas en materia de prevención de desastres.

Villatoro, 2008 realiza la investigación con el objetivo de comparar los interpoladores Kriging y el IDW (Inverse Distance Weighting), por ser los más utilizados en los estudios de análisis de la variación espacial, en un área de 2 467 m² se procedió a georeferenciar 61 puntos a una distancia de 3,5 m entre sí. Se tomó muestras de suelo a una profundidad de 0-15 cm en cada uno de los puntos. El programa GS+ para Windows se usó en los análisis de variogramas, interpolación y validación cruzada. Con valores de pH, Ca, CICE y P del suelo, se procedió a las interpolaciones. Con el Kriging se calculó los semivariogramas y también se determinó que el modelo esférico fue el de mejor ajuste. Como medidas de precisión se calculó el promedio absoluto del error (PAE) y el promedio del cuadrado del error (PCE); y, como medida de efectividad, el estimado de efectividad de predicción (E). Aunque ambos interpoladores tuvieron un desempeño similar, el Kriging fue superior al predecir de una mejor manera la variación de pH, Ca, y CICE, mientras que el IDW lo fue con el P predicción.

Hernández, 2013 realiza la investigación en la ciudad de San Cristóbal a causa de un sismo de intensidad 8 en la escala de Mercalli, en 1880, que devastó gran parte de la ciudad y sus zonas aledañas. La evaluación morfotectónica del sector contiguo a la zona sismogénica más cercana, demostró indicadores del carácter activo de la falla Pinar. A partir del antecedente sísmico y la condición estructural

potencialmente peligrosa, según la situación morfotectónica imperante, se realizan estudios detallados. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo establecer la zonación sísmica, en función de la respuesta dinámica de las condiciones ingeniero-geológicas del emplazamiento de la ciudad de San Cristóbal.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2003 este trabajo trata sobre una nueva versión del Manual de la CEPAL se describe la metodología para realizar la evaluación de los efectos económicos, sociales y ambientales de los desastres, que se clasifican en daños directos e indirectos, y en efectos macroeconómicos y globales. El manual no se ocupa de describir el origen de los desastres ni las acciones emprendidas durante la fase de la emergencia o asistencia humanitaria, por cuanto ello cae dentro de la esfera de acción de otros organismos y entidades. Se considera que esta segunda versión representa el avance de un esfuerzo inconcluso que continuará enriqueciéndose con la experiencia y los aportes de los usuarios del propio manual al aplicarlo a situaciones concretas, siempre cambiantes y novedosas.

CAPITULO 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA DE LA REGIÓN Y DEL ÁREA DE ESTUDIO.

1.1 Introducción.

En el presente capítulo se exponen las características ingeniero geológicas del municipio de Moa, donde se muestran algunos aspectos importantes sobre las características socioeconómicas, hidrogeológicas, climáticas, la vegetación, el relieve, la geología, la tectónica y la hidrogeología.

1.2 Ubicación geográfica.

El municipio de Moa tiene una extensión territorial de 732.6 km². Se encuentra ubicado en la provincia Holguín, al noroeste de Cuba oriental. Limita al este con el municipio Baracoa, separados por los ríos Jiguaní y Jaguaní; por el sur limita con el municipio guantanamero de Yateras; por el oeste con los municipios de Frank País y Sagua de Tánamo y por el norte con el estrecho de Bahamas en el Océano Atlántico. Próximos a sus costas se encuentran los cayos Moa Chico y Moa Grande situados frente a la Ciudad de Moa y Cayo del Medio en la Bahía de Yamanigüey. (ver Figura 1)



Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del este del municipio de Moa.

1.3 Marco geológico regional.

La geología regional de Moa-Baracoa se caracteriza por la presencia predominante de la asociación ofiolítica representada esencialmente en los

complejos máficos, ultra-máficos y en menor grado por el complejo oceánico, raramente se reporta la existencia del nivel de tectónicas ultramáficas. Además de las litologías de la asociación ofiolítica están presentes las secuencias del arco volcánico del Cretácico, las que se encuentran en contacto tectónico con las ofiolitas. Secuencias flyschoides y con características olitostrómicas representadas por las formaciones Mícara y La Picota respectivamente, complementan el marco geológico regional. En la faja Mayarí -Baracoa se incluye la región de Moa - Baracoa en la cual, como es conocido, existe un predominio de los complejos del fundamento melanocrático, aunque también se manifiestan litologías vulcanógenas de los complejos oceánicos tal como ha sido reportado por (Quintas, 1989) al estudiar las secuencias volcánicas del valle del río Quibiján en Baracoa. En ese sentido, Quintas señala: son lavas de color verde oscuro y negro, a veces amigdaloidales (capas de 3 - 4 metros), lavas brechas basálticas, lavas basálticas, lavas presentando textura en almohadillas (pillow lavas"). Las litologías del fundamento melanocrático están separadas de las litologías vulcanógenas - sedimentarias del arco volcánico del Cretácico por fallas regionales y locales, por tal razón, los contactos entre ambas unidades son tectónicos, lo que constituye una particularidad de la geología en la región de Moa -Baracoa.

Se ha podido demostrar que en las litologías del complejo ofiolítico en la región de Moa -Baracoa predominan las texturas brechosas, por lo que se considera por varios autores que las litologías afloradas, dado su alto grado de fracturación, representan una gran brecha (Iturralde-Vinent, M., 1994). El resto de las litologías de los cúmulos ultramáficas está representado por dunitas serpentinizadas, dunitas enstatíticas, wehrlitas y lherzolitasserpentinizadas y en menor grado peridotitas plagioclásicas.

El complejo cumulativo máfico está representado por gabros normales, gabros olivínicos, gabro- noritas y noritas (Fonseca, E. et al., 1991). Como litología más joven y cortante al resto de las litologías máficas y ultramáficas se tiene a los diques de gabro-pegmatitas los que presentan grandes cristales de enstatita y anortita, es más numeroso cuando se asocian a la mineralización cromífera.

1.4. Características tectónicas de la región.

El sistema de fallas más antiguo se origina durante el cese de la subducción e inicio del proceso compresivo de sur a norte del arco volcánico cretácico y que culminó con la colisión entre el arco insular y la margen pasiva de la Plataforma de Bahamas. Bajo estas condiciones compresivas ocurre el emplazamiento del complejo ofiolítico a través de un proceso de acreción, por lo cual las fallas de este sistema se encuentran relacionado con los límites internos del complejo y de este con las secuencias más antiguas. Según Proenza, (1998) considera que fue desarrollado entre el Campaniense Superior-Paleoceno Inferior. Las fallas de este sistema no constituyen límites principales de los bloques tectónicos activos en que se divide el territorio actual y aparecen frecuentemente cortadas y dislocadas y enmascaradas por las dislocaciones más jóvenes, así como por las potentes cortezas de meteorización desarrolladas sobre el complejo ofiolítico.

El segundo sistema cronológico está constituido por fallas de dos direcciones: noreste y norte-noroeste son las más abundantes y de mayor extensión, y constituyen los límites principales de los bloques morfotectónicos. Su origen se considera asociado a los procesos de colisión y obducción del arco volcánico cretácico sobre el margen de Bahamas, existe una transición de las condiciones compresivas iniciales, en expansivas durante el reajuste o relajamiento dinámico, por lo que el comportamiento final de estas estructuras es de carácter normal. Tiene en cuenta el proceso que les dio origen, su edad es considerada en su fase final como Eoceno Medio con dudas.

Las principales estructuras representativas de este sistema serán caracterizadas a continuación tomadas de Infante, (1998).

Falla Los Indios: se extiende desde la parte centro meridional del área al oeste de Cayo Chiquito, atravesando hacia el norte la Bahía de Cananova y reflejándose dentro de la zona nerítica marina a través del desplazamiento de la barrera arrecifal y los depósitos litorales. En varios puntos esta estructura aparece cortada y desplazada por fallas de dirección norte-noreste. Su trazado es en forma de una

línea curva cóncava hacia el oeste-sudoeste con un rumbo que oscila entre los 10° y 30° oeste en los diferentes tramos que la conforman.

Los criterios que permitieron identificar esta estructura son: alineación de cursos fluviales y tramos rectos de ríos y líneas de costa, contactos bruscos entre dos litologías diferentes, como por ejemplo entre los gabros y la Formación Sabaneta y entre esta y las serpentinitas, desplazamiento de la línea de costa, barrera arrecifal y zonas pantanosas de hasta 0.7 km, cambio brusco de valores morfométricos a ambos lados de la alineación, desplazamiento de formas de relieve como ocurre en la zona de premontañas bajas ligeramente disecionadas, que en el sector occidental de la falla tiene una extensión de hasta 2.5 km y de solo 1 km en el oriental, indicando un mayor levantamiento y por ende una mayor erosión.

Falla Cayo Guam: su dirección es $N15^{\circ}W$ y se extiende desde la parte alta del río Cayo Guam hasta Punta Yagrumaje. Aparece cortada y desplazada en varios tramos por fallas de dirección noreste y sublatitudinales.

Los criterios que la identifican son: alineación fluvial con ríos de cauces profundos y formación de barrancos, los que en ocasiones aparecen cortados y desplazados por otras estructuras, desplazamientos de líneas de costas y zonas geomorfológicas en el rango de 1.5 a 2.5 km, valores morfométricos bruscos y diferentes a ambos lados de la fractura, estando en el bloque occidental los máximos valores de isobasitas desplazados hacia el norte respecto al oriental, límite brusco y alineado de zonas pantanosas, intenso cizallamiento en la zona de fractura, variaciones bruscas del agrietamiento entre ambos bloques de falla, variaciones hipsométricas entre ambos bloques de fractura, límites alineados de depósitos Cuaternarios, anomalías gravimétricas negativas máximas en el gráfico lineal de Bouguer, la componente horizontal de los movimientos de falla en el periodo neotectónico es indicado por los criterios geomorfológicos en sentido norte-noroeste para el bloque occidental y sur-sudeste para el oriental (ver Figura 2).

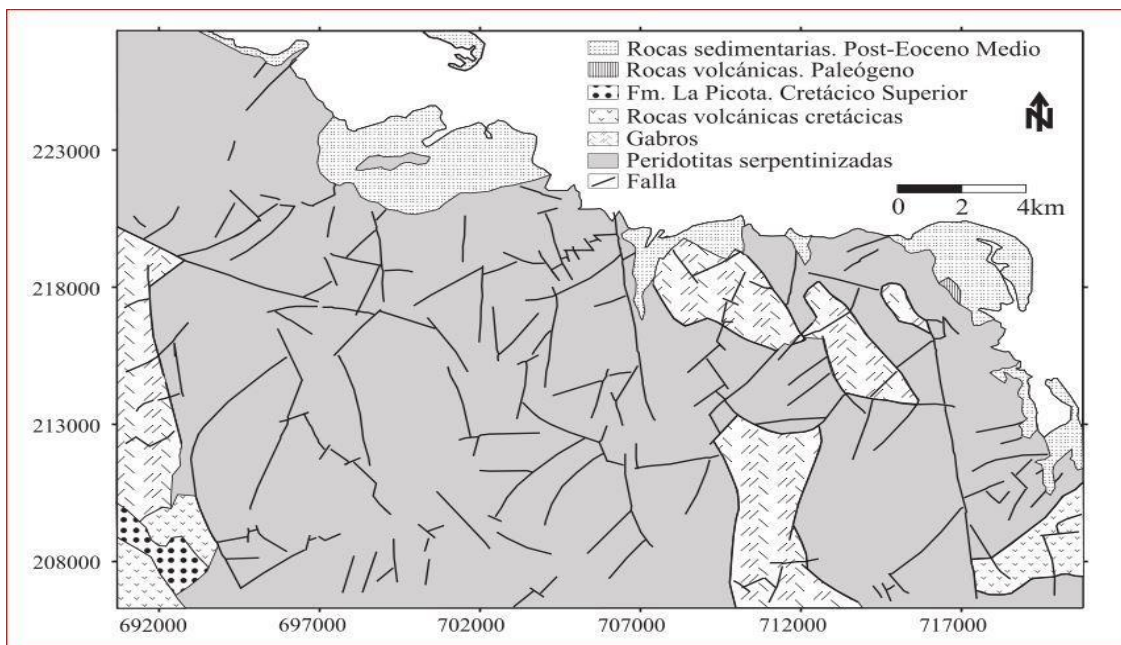


Figura 2. Mapa geológico-tectónico esquemático del macizo ofiolítico de Moa (modificado por Quintas, 1989).

Características geomorfológicas de la región.

1.5 Zona de llanuras.

Se desarrolla en toda la parte norte de la región ocupando la zona comprendida desde la barrera arrecifal hasta los 100-110 m de altura hacia el sur. La formación de estas llanuras está relacionada con la acción conjunta de diferentes procesos morfogénicos que en ella han actuado, predominando los procesos fluviales y marinos (Infante, 1998). La zona de llanura fue clasificada en tres subtipos:

1. Llanuras acumulativas marinas.
2. Llanuras fluviales clasificadas en acumulativas y erosivo-acumulativas
3. Llanuras acumulativas palustres parálidas.

1.6 Zona de montañas.

Según (Infante, 1998), esta zona geomorfológica es la más extendida dentro de la región ocupando toda la parte sur y central, además del Cerro de Miraflores y las zonas nordeste y noroeste del poblado de Cananova.

Teniendo en cuenta esos parámetros la zona de relieve de montaña fue clasificada en cuatro subtipos:

1. Zona de premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas.
2. Zona de submontañas y premontañas ligeramente diseccionadas.
3. Zona de montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas.
4. Zona de montañas bajas diseccionadas.

Conjuntamente con estas zonas, aparecen en la región formas menores del relieve o elementos del paisaje, algunas originadas por acciones antrópicas; que constituyen elementos importantes en la caracterización geomorfológica regional.

El relieve predominante en el área de estudio es de llanuras. La misma presenta un relieve ligeramente ondulado de tipo erosivo denudativos, con cotas absolutas que varían desde 8.0 hasta 19.0 m.s.m, desarrollado sobre las rocas de la Asociación Ofiolítica del Mesozoico, en este caso sobre serpentinitas y peridotitas serpentinizadas. Hacia la parte central del área y hacia Sureste, las variaciones del terreno presentan por lo general pendientes suaves, inferiores a 5%, equivalente a 2.9 grados, aumentando hacia el Noreste y Oeste hasta alcanzar más de 11 % equivalente a 6 grados, en correspondencia con el comportamiento del relieve, de tal forma que los puntos de máximas pendientes coinciden con las máximas cotas absolutas.

La red hidrográfica de la zona está conformada por algunos arroyos que corren con una dirección predominantemente de Sur a Norte (hacia el mar), que no cruzan el área de investigación. En la misma, el escurrimiento superficial y subterráneo está condicionado por la existencia de pequeñas vaguadas originadas por las mismas oscilaciones del terreno hacia las partes más bajas.

1.7 Geomorfología.

Geomorfológicamente la región está caracterizada por su complejidad y diversidad, existen pantanos litorales y llanuras, pero con un predominio de un relieve de pre-montañas perteneciente a las cuchillas Sagua –Moa –Baracoa. La región se encuentra enclavada dentro del contexto de Cuba Oriental, al igual que el relieve cubano en general es el reflejo de la alta complejidad geológico estructural resultante de la acción de procesos compresivos durante la etapa Mesozoica y el

Paleógeno (Infante, 1998) a los cuales se han superpuesto desplazamientos verticales, oscilatorios, diferenciados e interrumpidos, así como la separación en bloques del territorio.

Se distinguen en la región muchas morfoestructuras originadas por los procesos geodinámicos que se iniciaron a fines del Mesozoico continuaron hasta el Paleógeno, a consecuencia de los cuales se formó el sistema de escamas tectónicas que caracteriza al complejo ofiolítico y que son parcialmente enmascaradas por una vigorosa reestructuración neotectónica. Genéticamente el relieve de la región está clasificado dentro del tipo de Horst y bloques que corresponden a los cuerpos de rocas ultrabásicas elevadas en la etapa neotectónica a lo largo de dislocaciones antiguas y rupturas nuevas, poco o ligeramente diseccionados. (Infante, 1998), en su estudio morfo-tectónico de la región clasificó el territorio en dos zonas geomorfológicas fundamentales: la zona de relieve de llanura y la zona de relieve de montañas, con las características generales siguientes:

Zona de Llanuras: se desarrolla en toda la parte norte del área ocupando la zona comprendida desde la barrera arrecifal hasta los 100-110 m de altura hacia el sur. Entre los tipos de llanuras se encuentran las fluviales, marinas y parálicas.

Las llanuras acumulativas marinas se ubican entre la barrera coralina y el litoral llegando a formar parte en algunos sectores de la zona litoral como ocurre en el extremo noreste de Cayo Moa Grande, Punta de Río Moa, Quemado del Negro, Punta del Mangle y Punta Guárico de Yamanigüey y se caracterizan por una pobre actividad erosiva. Los valores de pendientes predominantes son de 0° a 3° y sólo en pequeños sectores aislados y en la estrecha franja que bordea la barrera pueden llegar hasta 6° y 9° . Las llanuras fluviales se clasifican en acumulativas y erosivo- acumulativas en dependencia del proceso que predomine en su morfogénesis, ocupando estas últimas una posición hipsométrica superior.

Las llanuras fluviales acumulativas se desarrollan en toda la franja norte del área, entre la línea litoral al norte, hasta los 100-110 m de altura hacia el sur, en la zona

correspondiente a la base del escalón inferior de las tierras emergidas y en las que se encuentran los cauces inferiores y desembocaduras de los ríos Moa, Cayo Guam, y Quesigua. Sus pendientes no sobrepasan como promedio los tres grados.

Las zonas de llanuras fluviales erosivo-acumulativas se localizan en los valles de los ríos Cananova, Cabaña y Centeno, así como en la zona comprendida entre Quesigua y Cupey. En estas zonas la superficie topográfica pierde su regularidad al aparecer sectores de hasta 90 de pendiente, condicionando la existencia de procesos erosivos.

Asociada genética y espacialmente con las llanuras fluviales y marinas y en la zona de intersección entre ambas, aparecen llanuras acumulativas palustres parálidas ocupando sectores con pendientes de cero a tres grados, donde predominan procesos acumulativos de sedimentos típicos de zonas pantanosas de color oscuro y olor fétido, anegadas en agua, el mangle es la vegetación predominante.

Zona de Montañas: es la zona geomorfológica más extendida dentro del área de las investigaciones, ocupando toda la parte sur y central.

El relieve de montaña fue clasificado en cuatro subtipos: premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas, submontañas y premontañas ligeramente diseccionadas, montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas y montañas bajas diseccionadas.

La zona de premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas constituye la zona de transición gradual de las llanuras fluviales acumulativas y erosivo-acumulativas a las montañas bajas, como ocurre en la parte nordeste del área de la Mina Moa, aparece sólo como un sector aislado en Playa la Vaca al sur de Punta Cabagán, donde está bordeada por llanuras fluviales. Esta zona se caracteriza por presentar elevaciones de poca altura que llegan en el área a valores máximos de 182m y

cimas aplanadas por los propios procesos denudativos. Para esta zona las pendientes llegan hasta los 12^0 .

La zona de submontañas y pre-montañas ligeramente diseccionadas se localiza en el área comprendida entre Cañamazo y Calentura, aparece en sectores aislados en las localidades de Cananova, El Cerro y Yamanigüey con elevaciones y cerros relativamente aislados de cimas redondeadas con pendientes variables que pueden alcanzar hasta los 15^0 .

La forma de relieve que mayor área abarca es la zona de montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas y a ella están asociados los mayores yacimientos ferro- niquelíferos. Los procesos de intemperismo son predominantes y están condicionados no solo por la litología y el grado de agrietamiento de las rocas sobre las cuales se desarrolla, sino también, por la posición hipsométrica que estas ocupan. Al mismo tiempo, al ser las pendientes de bajo ángulo - de cero a seis grados - existe una excelente conservación del producto meteorizado, erosionado sólo en los barrancos y escarpes asociados al sistema fluvial que se encuentra controlado por dislocaciones tectónicas.

La zona de montañas bajas diseccionadas se localiza en los extremos sudeste y sudoeste del área y en el Cerro de Miraflores. Las elevaciones que constituyen esta zona se caracterizan por presentar cimas alargadas de orientación predominantemente nordeste con vertientes de paredes abruptas altamente diseccionadas por los sistemas de fallas que cortan y desplazan tanto las divisorias principales como secundarias.

Las pendientes son altas, predominando los valores mayores de 9^0 con amplios sectores mayores de 15^0 e incluso, mayores de 30^0 en zonas asociadas con fracturas.

Conjuntamente con estas zonas, aparecen en la región un conjunto de formas menores, que constituyen elementos importantes en la caracterización geomorfológica regional, como son las formas cársticas y barrancos como

elementos naturales; y las áreas minadas y presas de cola como elementos antropogénicos.

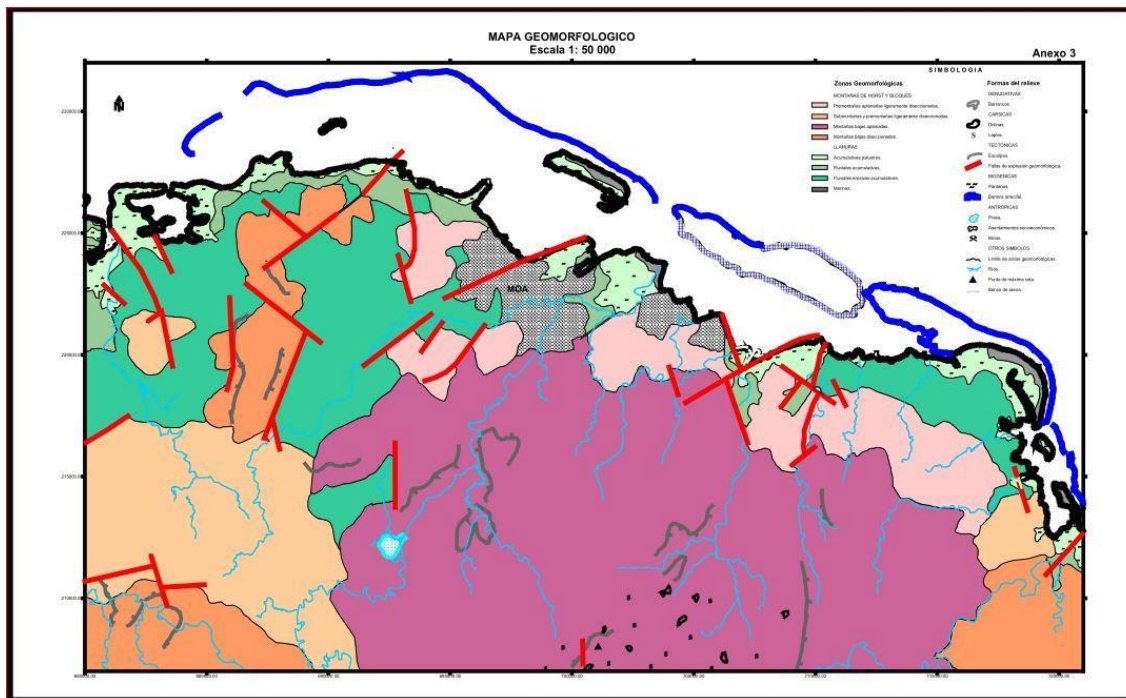


Figura 3. Mapa geomorfológico (Modificado de Rodríguez A. 1998)

1.8 Hidrografía.

Debido al régimen de precipitaciones, particularidades hidrogeológicas regionales, características de las rocas acuíferas y parámetros hidrogeológicos existentes en el territorio, lo identificamos como una zona de elevada complejidad hidrogeológica. Se ha establecido para la región, la existencia de cinco complejos acuíferos fundamentales, a partir de la caracterización del tipo de rocas presentes, así como, de su capacidad para el almacenamiento en mayor o menor grado de aguas subterráneas, los mismos son descritos a continuación:

Complejo acuífero de las ofiolitas: se extiende en dirección noroeste-sudeste, al oeste del río Moa. Litológicamente se encuentra constituido por serpentinitas alteradas, peridotitas serpentinizadas y piroxenitas. La capacidad acuífera ha sido poco estudiada; su profundidad de yacencia es de 1.3 - 12 metros. El coeficiente de filtración (K) oscila entre 1 - 14.7 m/día, el gasto de aforo (Q) entre 1.2 - 4 L/s.

Complejo acuífero de los sedimentos costeros: se extiende por casi todo el norte del municipio, formando una franja estrecha que presenta dimensiones de 1 - 2 Km. de ancho. El relieve es costero con cotas de 0 - 2m sobre el nivel del mar; su edad se corresponde con el Cuaternario. Su composición litológica integrada por depósitos arcillosos contiene fragmentos angulosos de composición múltiple. Las rocas acuíferas se asocian a calizas organógenas, en menor escala sedimentos no consolidados, así como, depósitos arcillo-arenosos con fragmentos angulosos de composición variada. Predominan aguas cársticas y de grietas, y en algunos casos intersticiales. Por lo general tienen interrelación hidráulica con el agua de mar. A una profundidad comprendida entre los 1 - 5 m yace el nivel freático. El coeficiente de filtración (K) de estas rocas alcanza valores hasta los 268.4 m/días, el gasto (Q) es aproximadamente de 14 L/seg.

Complejo acuífero de los sedimentos aluviales: se extiende en dirección norte-sur formando una franja ancha en su parte inferior, y estrecha en la superior, ocupando prácticamente la totalidad de las terrazas de los ríos más importantes, así como, los valles de sus afluentes. Constituido por gravas, arenas, cantos rodados y arenas arcillosas, con 15 m de potencia aproximadamente, estos sedimentos son de edad cuaternaria y se caracterizan por su alta capacidad para el almacenamiento de agua. El coeficiente de filtración (K) varía de 13 - 290 m/días, mientras que su gasto de aforo (Q) oscila entre 2 - 57 L/seg. Estas aguas yacen a una profundidad comprendida entre los 1 - 5 m.

Complejo acuífero de las lateritas: se extiende por casi toda la zona ocupando gran parte del área. Su composición litológica se corresponde con potentes cortezas de intemperismo, representando a un acuitardo, debido al predominio de aguas capilares y de potencias considerables de lateritas que alcanzan los 30 m, con un marcado desarrollo de procesos de capilaridad, donde los ascensos capilares de las aguas pueden alcanzar alrededor de 20 m. Las precipitaciones atmosféricas son la fuente principal de alimentación de estas aguas.

En la figura 4 se muestra la profundidad de yacencia de las aguas del sector urbano de Moa. En ello se corrobora el alto nivel freático que presentan estos acuíferos en los sedimentos cuaternarios, Vinardell Peña R 2018.

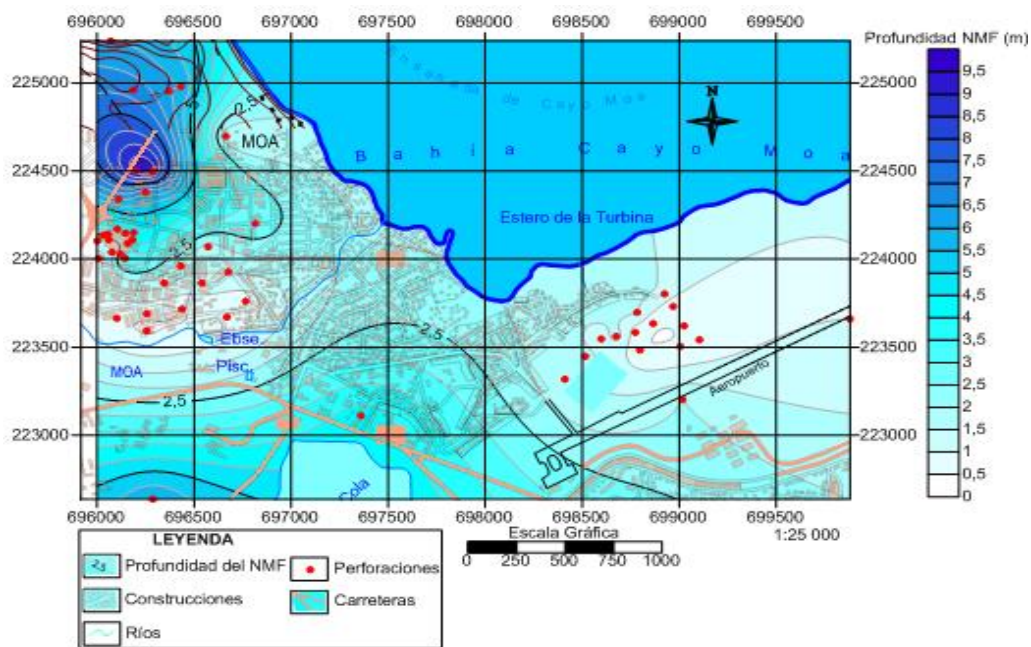


Figura 4. Mapa de profundidad de yacencia del nivel freático. (Vinardell Peña R 2018)

1.9 Caracterización morfotectónica.

El área de estudio presenta desarrolladas dos zonas geomorfológicas, claramente delimitadas:

Los sistemas de fallas descritos, en conjunto con los movimientos diferenciales de las estructuras geológicas, sus estilos tectónicos y la morfología desarrollada por la acción de los procesos exógenos durante el desarrollo geológico de la región, han determinado la formación de bloques morfotectónicos representados en la figura 10, los cuales se diferencian entre sí por características típicas, las cuales enumeramos a continuación. La caracterización de los mismos fue tomada de la tesis doctoral de Rodríguez A. (Infante, 1998)

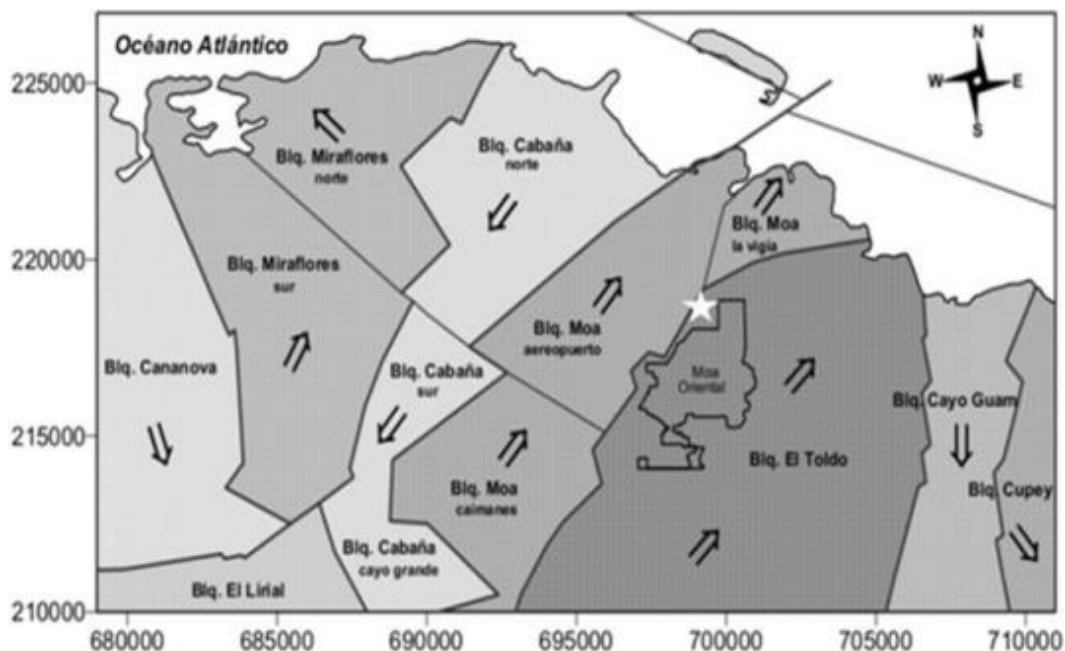


Figura 5. Esquema morfoestructural de Moa (Rodríguez A. 1998)

Bloque Miraflores. Ubicado en la parte noroccidental del área tiene como núcleo el Cerro de Miraflores y las laderas occidentales norte y nororientales del mismo. Se caracteriza por sufrir movimientos pulsantes, con tendencia al desplazamiento nortnoreste con un mayor levantamiento de su parte oriental y que a su vez se encuentra dividido en dos sub-bloques que mantienen esa tendencia general de los movimientos horizontales y verticales pero que, además, se mueven entre sí con un movimiento rotacional izquierdo - anti horario - del sub-bloque norte respecto al sur.

Bloque Cabaña. Situado al este del bloque Miraflores, con orientación noreste desde la localidad de Zambumbia hasta Cayo Moa Grande, y en su porción meridional, en la zona Cayo Grande-Caimanes Abajo, mantiene una dirección noroeste.

Geológicamente el basamento sobre el cual se sustenta la morfología de este bloque está conformado por las tobas de la formación Santo Domingo, las rocas del complejo ofiolítico y sedimentos parálicos y fluviales en la zona aledaña al litoral.

El relieve es de llanuras erosivas y erosivo-acumulativas las que hacia el sur transicionan a submontañas ligeramente diseccionadas con divisorias de

configuración arborescente. El drenaje es de densidad moderada a alta con predominio de redes dendríticas exceptuando los cauces primarios del río Cabaña cerca de la zona de intersección con el río Moa, donde aparecen redes enrejadas. Los valores morfométricos que para este bloque se comportan con gran variabilidad evidencian una intensidad mínima de levantamiento relativo respecto a los bloques laterales con una disección vertical máxima de 100 m/km^2 en la parte centro-septentrional, disminuye hasta 90 m/km^2 hacia el norte y 40 m/km^2 hacia el sur. Para el bloque los valores máximos del nivel de base de erosión para el segundo y tercer orden se alcanzan hacia el sur con 200m y 150m respectivamente, formándose cierres de isobasas de carácter muy local al suroeste y noreste de Caimanes Arriba y hacia el norte, en la zona de Playa la Vaca.

Este bloque se encuentra cortado por la falla Cananova presentando valores morfométricos diferenciados entre el sub-bloque norte y sur, desplazándose el sub-bloque norte según el plano de fractura en dirección noroccidental.

El sentido fundamental de los desplazamientos horizontales de este bloque es suroccidental y en cuanto a los movimientos verticales existen diversos criterios contradictorios puesto que si bien es cierto que en la superficie actual abundan los rasgos del relieve y valores morfométricos que lo señalan como un bloque de mínimo ascenso o de descenso relativo en la actualidad, la constitución geológica de su superficie, dada mayoritariamente por las rocas cretácicas de la formación Santo Domingo y el complejo ofiolítico hacen suponer que esta tendencia no ha sido permanente desde el Mioceno Medio cuando se inicia el levantamiento general del territorio oriental y muy por el contrario, se comporta como una ventana tectónica, donde las formaciones terciarias y cuaternarias han tenido muy poco desarrollo o fueron erosionadas, lo que sólo se justifica por una tendencia predominante al levantamiento.

Bloque Moa. Ubicado en la parte centro occidental de la región, entre los bloques Cabaña y El Toldo con los cuales contacta a través de las fallas Cabaña y Moa, extendiéndose de norte a sur en forma de franja cóncava hacia el este. Está subdividido en cuatro sub-bloques: Calentura, Caimanes, Aeropuerto y La Vigía.

La componente fundamental de los desplazamientos horizontales está orientada al nordeste.

1.10 Zonas sismo generadoras del Oriente cubano.

Zona sismogénica oriente (Bartlett-Caimán).

Esta zona sismogénica está asociada a la falla transcurrente Bartlett - Caimán que se encuentra al Sur de Cuba oriental, presentando una dirección predominante de Este a Oeste. Constituye el límite entre las placas de Norteamérica a la que pertenece Cuba y del Caribe a la que pertenecen las islas de Jamaica, La Española y Puerto Rico, entre otras. Se considera una falla transcortical con una extensión de más de 1000 Km y un ancho de 100 -150 Km aproximadamente, con una profundidad de más de 50 km (Arango, 1996). Esta estructura constituye además un límite de morfoestructuras del sistema tectónico global y presenta un contraste topográfico muy significativo (+ 8000 m) entre los megabloques de la cresta y la Hoya de Caimán. A esta zona se asocia la más los de la cresta y la Hoya de Caimán.

A esta zona se asocia la más alta sismicidad de todo el territorio cubano incluye los terremotos de mayor intensidad de la historia sísmica del país. En particular, de los 28 sismos catastróficos conocidos con epicentro en el archipiélago cubano, 22 se han producido en dicha zona (Rodríguez, 2003); de estos, 20 corresponden a la zona cercana a Santiago de Cuba y dos a la zona cercana a Cabo Cruz - Pílon. De los sismos señalados en Santiago de Cuba, los de 1766 ($M = 7.6$ Richter) y de 1852 ($M = 7.3$) produjeron 9.0 grados MSK de intensidad en la ciudad del mismo nombre. De los reportados en la zona de Cabo Cruz - Pílon, el mayor ocurrió el 25 de mayo de 1992 ($M = 7.0$) produce intensidades de 7.0 grados MSK en esa zona. La alta actividad tectónica de esta zona también se manifiesta en los altos gradientes de las velocidades de los movimientos neotectónicos, especialmente en la región de la Sierra Maestra. La magnitud máxima estimada que puede esperarse para la zona es de 8.0 Richter en el sector conocido como Oriente 1 (Comisión Ad Hoc, 1991).

Zona sismogénica Cauto – Nipe.

La zona sismogénica Cauto - Nipe está asociada a una zona de fractura de dirección Suroeste – Noreste, que parte de las inmediaciones de Niquero – Cabo Cruz, sigue por todo el borde Norte de la Sierra Maestra hasta la Bahía de Nipe prolongándose en el mar. Esta estructura, según investigaciones geólogo-geofísicos realizadas en ella, se representa como una falla normal hacia el lado de la depresión Cauto Nipe, con ángulos de buzamiento de 60 - 80 grados. Su extensión alcanza los 270 km. 42 aproximadamente con una profundidad media de 30 km. El ancho de esta estructura se estima entre los 20 y los 30 km. La liberación de la energía en esta estructura se ha puesto de manifiesto con la ocurrencia de terremotos de 5.0, 7.0 y 8.0 grados de intensidad en la escala MSK, este es uno de los sismos más importantes, los que han afectado a la ciudad de Bayamo (Rodríguez, 2013) en los años 1551 (8.0 grados MSK) y 1624 (7.0 grados), así como otros dos ocurridos en 1987 y 1988 (ambos de 5.0 grados MSK). Desde el punto de vista morfotectónico esta zona constituye un límite del sistema tectónico de interplacas, sirve de límite de macrobloques morfotectónicos con contrastes geomorfológicos a ambos lados de estos. La sismicidad de esta zona se puede considerar como no homogénea, distinguiéndose varios sectores con mayor concentración de epicentros. La magnitud máxima estimada que puede esperarse para la zona es de 7.0 Richter (Comisión Ad Hoc, 1991). Es de destacar que, desde el punto de vista de la peligrosidad sísmica, se consideran zonas activas de importancia locales, a distancias medias y lejanas. Sin embargo, desde el punto de vista de la actividad sísmica manifestada en la historia sísmica conocida de estas estructuras durante, prácticamente 500 años, la estructura activa Sabana 1 se ha destacado particularmente en su sector Moa – Baracoa y la estructura

Cauto – Nipe en su sector Bayamo – Cabo Cruz; por lo que, de forma práctica, la mayor incidencia sobre esta zona tiene una correlación significativamente alta con la zona Oriente.

Zona sismogeneradora Purial.

En cuanto al trazado coinciden aproximadamente todos los autores, pero manifiestan discrepancias en cuanto a su potencialidad. Variando el mismo entre 4,9 y 6,5 grados de magnitud Richter. 43 La magnitud máxima estimada que puede esperarse para la zona es de 6.5 Richter (Comisión Ad Hoc, 1991).

Zona sismogeneradora Baconao.

Existe discrepancia respecto a su potencialidad y trazado por lo que algunos autores la consideran una sola que se extiende transversalmente desde la costa sur hasta la norte Chuy, T. J y Álvarez, J.L. (1995): (1997), mientras que Obera (1985) la considera en 2 ramas independientes, pero sólo hasta su intersección con Cauto - Nipe. En la Figura 7 solo se representa esta parte, aunque se siga el trazado de la Comisión Ad Hoc (1991). La magnitud máxima estimada que puede esperarse para la zona es de 7.0 Richter (Comisión Ad Hoc, 1991).

Zona sismogeneradora Sabana.

La zona sismogeneradora Sabana es la porción Oriental de la estructura conocida como Norte Cubana que tiene una extensión total de casi 1000 km. La dislocación se establece en muchos perfiles sísmicos transversales a lo largo del talud Norte Cubano los que detectaron desplazamientos de hasta 300 m de salto vertical. La estructura se encuentra dislocada por las fallas s internas del territorio cubano con dirección Caimán SO-NE y NS. Generalmente se detectó como un escalonamiento de fallas normales con dirección NE separados de 10-15 km. Su edad se considera postmiocénica. Esta estructura constituye un límite del sistema tectónico interplacas y presenta un contraste significativo entre el borde nororiental del megabloque cubano y la depresión submarina de sutura del Canal Viejo de Bahamas. La sismicidad de esta zona es bastante significativa en volumen, distribuyéndose fundamentalmente 44 en los lugares de intersección con las fallas que la cortan de dirección SO-NE, lo cual hace que se diferencien tres sectores:

- Un sector oriental que se prolonga al este desde la Bahía de Nipe, que se diferencia por su expresión geomorfológica fundamentalmente y que se relaciona con la falla Sabana. Un sector central desde la Bahía de Nipe hasta Nuevitas.
- Un sector occidental que se extiende hacia el oeste desde la Bahía de Nuevitas. Todos los autores coinciden en su trazado a todo lo largo de la costa norte cubana; pero no en cuanto a su potencialidad, variando la misma entre 5,3 y 7,0 de magnitud Richter. La sismicidad de esta zona es bastante significativa en volumen, distribuyéndose fundamentalmente en los lugares de intersección con las fallas que la cortan de dirección SO-NE. La magnitud máxima estimada que puede esperarse para la zona es de 7.0 Richter (Comisión Ad Hoc, 1991).

Zona sismogeneradora Santiago - Moa.

Esta zona sismogeneradora está asociada a una fractura de dirección SO-NE con una extensión de 150 km aproximadamente. Se expresa claramente en los campos físicos, sobre todo en los mapas gravimétricos, dislocando incluso a la falla Oriente y probablemente a la falla Sabana. La actividad sísmica de esta estructura se manifiesta fundamentalmente en la intersección con las fallas que la cortan transversalmente de dirección NO-SE. En superficie se reflejan claramente sus extremos (Cuenca de Santiago y Graben Sagua). Esta zona tiene un ancho de 7 a 15 km. y una profundidad entre 25 y 30 km. con movimiento lateral – vertical (Arango, 1996). Geomorfológicamente se plantea como un límite de morfoestructura de decena de kilómetros de extensión, es límite también de bloques y mesobloques morfotectónicos indistintamente, reflejándose su actividad en las diferencias de altura de la superficie de nivelación (20 - 45 m) y en el carácter y tendencia de los movimientos neotectónicos. La magnitud máxima estimada que puede esperarse para la zona es de 5.0 Richter (Comisión Ad Hoc, 1991).

Zona sismogeneradora Cauto-Nipe o Nipe Guacanayabo.

La zona sismogeneradora Cauto - Nipe o Nipe - Guacanayabo está asociada a una zona de fractura de dirección SO-NE, que parte de las inmediaciones de Niquero - Cabo Cruz, sigue por todo el borde Norte de la Sierra Maestra hasta la Bahía de Nipe prolongándose en el mar. Esta estructura es también conocida como falla Cauto por algunos. La falla Cauto, según investigaciones geólogo-geofísico realizado en esta zona, se representa como una falla normal hacia el lado de la depresión Cauto Nipe (340grados), con ángulos de buzamiento de 60 - 80 grados. Su extensión alcanza los 270 km. Aproximadamente con una profundidad media de 30 km. El ancho de la zona de falla se estima entre los 20 y los 30 km., presentando un movimiento lateral vertical. La potencialidad sísmica de esta zona es menor que la anteriormente descrita, aunque no deja de ser importante. La liberación de la energía en esta estructura se ha puesto de manifiesto con la ocurrencia de terremotos de 5.0, 7.0 y 8.0 grados de intensidad en la escala MSK, este es uno de los sismos más importantes que han afectado a la ciudad de Bayamo (Rodríguez, 1999) en los años 1551 (8. grados MSK), 1624 (7.0 grados) y dos en 1987 y 1988 (ambos de 5.0 grados). Desde el punto de vista morfotectónico esta zona constituye un límite del sistema tectónico de interplacas, sirve de límite de macrobloques morfotectónicos con contrastes geomorfológicos a ambos lados de estos. La sismicidad de esta zona se puede considerar como no homogénea, distinguiéndose varios sectores con mayor concentración de epicentros. La magnitud máxima estimada que puede esperarse para la zona es de 7.0 Richter (Comisión Ad Hoc, 1991).

1.11 Vegetación

El municipio forma parte del sistema montañoso Mayarí-Sagua-Moa-Baracoa, el mismo representa la zona de mayor biodiversidad del país con un 68% de especies autóctonas. El área sur del municipio queda englobada dentro de una reserva de la biosfera declarada por la UNESCO en el año 1998. La vegetación presente en el área es variada, encontrando formaciones vegetales tales como: pinares, bosque en galería, arbustivo y vegetación secundaria. La vegetación de

estos suelos se mantiene por la elevada humedad y por los mecanismos de conservación de los nutrientes que los mismos han desarrollado, predominando el Pino Cubensis y plantas latifolias, endémicas de la región. Debe destacarse que los pinares presentan hojas en forma de agujas, estos tienen alturas que oscilan entre 20 y 30 m, con una cobertura que constituye entre el 80 y el 90 % de la superficie.

1.12 Clima.

La región presenta un clima tropical con abundantes precipitaciones, es una de las áreas de mayor pluviometría del país. La misma se encuentra estrechamente relacionada con el relieve montañoso que se desarrolla en la región y con la dirección de los vientos alisios provenientes del Océano Atlántico cargado de humedad. En su parte norte y central abundan las precipitaciones, mientras una gran sequedad afecta la porción sur, cerca de la costa del Caribe. En esta zona ocurre el mayor contraste climático de Cuba Zaldívar, 2012.

Precipitaciones: según los estudios realizados en el municipio el comportamiento de las precipitaciones se mantiene todo el año por encima de 100 mm. Alcanzando los valores más altos en los meses de octubre, noviembre y diciembre con 336.3 mm.

Temperatura: según observaciones realizadas, se evidencia que los meses más calurosos son desde julio hasta septiembre, lográndose temperaturas de 27,1; 29,0 y 30,5 °C, mientras que los más fríos son enero y febrero, con temperaturas promedios de 22,6 y 23,2 °C respectivamente.

1.13 Geología.

El área de estudio corresponde a la zona urbana del municipio Moa, ubicado en el extremo oriental de la provincia Holguín.

Se enmarca dentro de la región oriental de Cuba, la cual desde el punto de vista geológico se caracteriza por la presencia de las secuencias del cinturón plegado cubano y las rocas del “neoautóctono” (Iturralde-Vinent, 1996; Proenza, 1998). En los macizos rocosos de Mayarí y Sagua-Moa-Baracoa afloran fundamentalmente unidades oceánicas correspondientes a las ofiolitas septentrionales, y a los arcos de islas volcánicos del Cretácico y del Paleógeno (Cobiella, 2000; Iturralde-Vinent,

1996; Proenza, 1998). Las ofiolitas septentrionales en la región de estudio están enmarcadas dentro de la llamada faja ofiolítica Mayarí-Baracoa. Sus principales afloramientos están representados por los Macizo Mayarí-Cristal y Moa-Baracoa. Dentro de las rocas correspondientes a las unidades oceánicas, las ofiolitas septentrionales ocupan la mayor parte del área de investigación y van a estar representadas por el complejo ultramáfico, el complejo máfico y la secuencia efusiva-sedimentaria (Rodríguez, 1998; Proenza, 1998). El complejo ultramáfico está representado por rocas ultrabásicas serpentizadas que afloran en toda la porción central y meridional y están constituidas predominantemente por harzburgitas y subordinadamente dunitas, herzolitas y piroxenitas, que se caracterizan por presentar un color verde oscuro o gris verdoso y por un alto grado de agrietamiento (Quintas, 1989; Rodríguez, 1998; Proenza, 1997). Estas rocas presentan un grado de serpentización variable, haciéndose más intensa hacia los bordes de los macizos. (Infante, 1998)

Las rocas básicas están representadas por gabro olivínico, gabro-noritas, anortositas y gabros normales de diferentes granulometrías. Los cuerpos de gabro tienen una estructura de grandes bloques que se disponen preferentemente en las zonas periféricas del complejo ultramáfico. En la región el más común es el gabro normal de color oscuro algo verdoso con textura masiva o fluidal y afloran siempre asociados a las serpentinitas, aparece en forma de bloques en las zonas de Quesigua-Cayo Guam-Mercedita, y Farallones, Caimanes (Infante, 1998).

Los depósitos cuaternarios constituyen una cobertura prácticamente continua de génesis continental sobre todas las secuencias de rocas más antiguas, presentando pocos cambios diagenéticos y espesor. Los depósitos ubicados en las desembocaduras, cauces y márgenes fluviales están constituidos por bloques, cantos rodados, gravas, arenas, aleurolitas y arcillas derivadas de la erosión fluvial.

Desde el punto de vista tectónico la región se va a caracterizar por la abundancia de estructuras disyuntivas agrupadas en sistemas correspondientes a los diferentes estadios de la evolución geotectónica regional y que mantienen diferentes grados de actividad y reflejo en los rasgos morfológicos y que, de una u

otra forma, han determinado la variabilidad de la serpentización de las rocas del complejo ofiolítico y su disposición superficial actual.

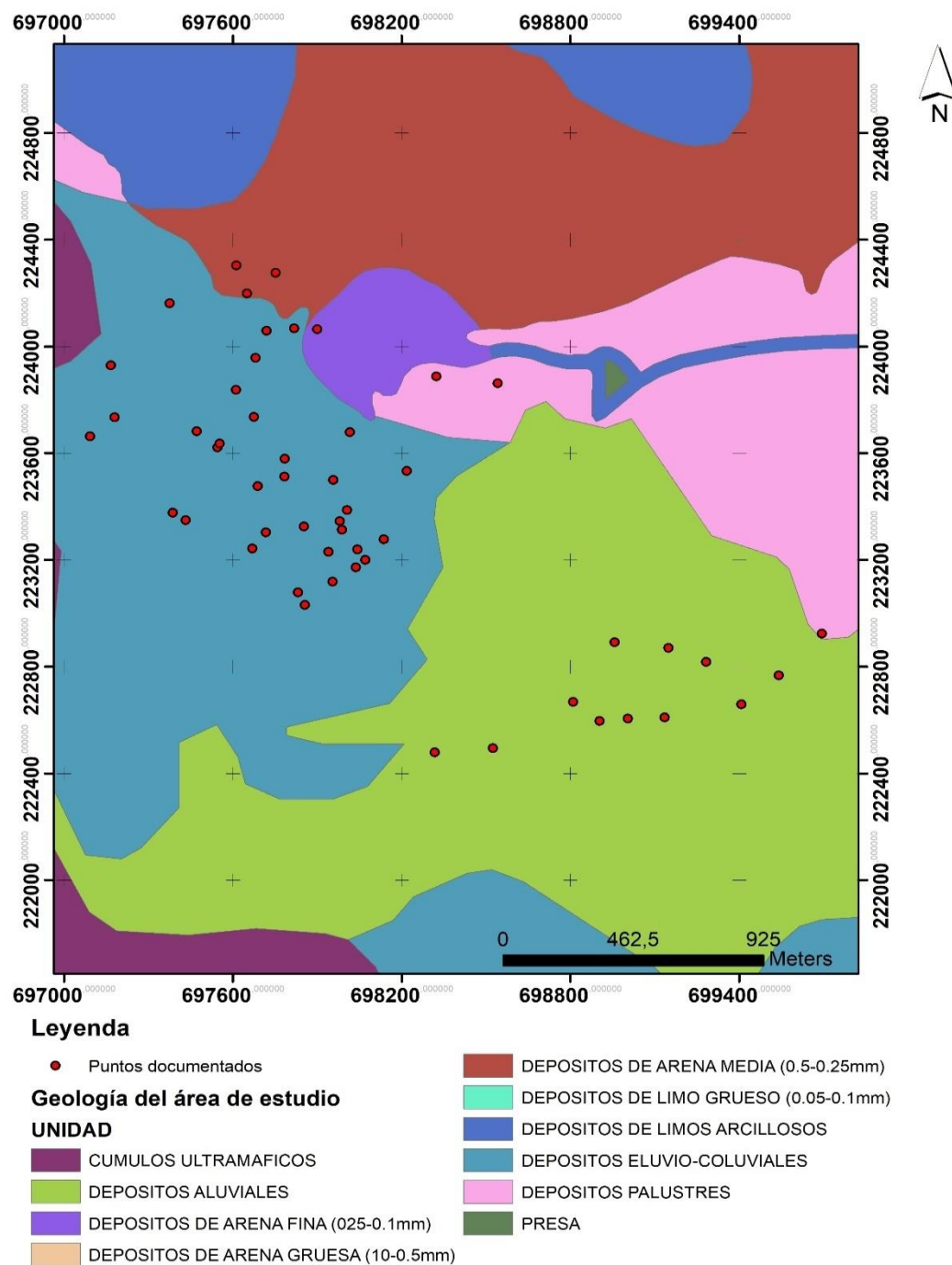


Figura 6. Esquema geológico del área de estudio. Escala original 1:100000. Tomado de I.G.P. 2001.

1.14 Características del área de estudio.

1.14.1 Características ingeniero-geológicas regionales.

Debido a la intensidad con que se manifiestan los procesos de meteorización en el territorio de Moa (predominando el intemperismo químico), se forma la típica corteza lateríticas, a partir de la cual surgen los yacimientos de tipo residual ricos en Ni, Fe y Co. Según Reyes, 2017 la formación y desarrollo de estas cortezas están condicionadas por:

- Existencia de un macizo rocoso de composición ultrabásicas.
- Existencia de un clima cálido y húmedo.
- Presencia de pendientes favorables y que no permiten que el escurrimiento superficial favorezca la erosión y el transporte de los productos de la meteorización.
- Existencia de sistemas de discontinuidades de diversos orígenes.

1.14.2 Clasificación ingeniero geológica y geotécnica de los suelos.

Sedimentos aluviales.

Estos depósitos se relacionan con los materiales aluviales de las terrazas de los ríos Aserrío y Cabaña, constituidos por sedimentos arenosos, areno-arcillosos y conglomerados, estos últimos conforman fragmentos de rocas ultramáficas serpentinizadas (peridotitas y harzburgitas) que clasifican, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), como arena arcillosa con grava (SC), con potencia media de 2 m y limo plástico (MH). El nivel freático se encuentra como promedio a 1,4 m de profundidad. Las arcillas están representadas por montmorillonita y en la parte superior del perfil aparecen materiales orgánicos. (Peña, 2018)

1.14.3 Características del fondo habitacional.

En la parte este del municipio de Moa se encuentran los consejos populares siguientes: Reparto Pueblo Nuevo, Reparto 26 de julio (Haití Chiquito), La Laguna, Los Mangos, Joselillo, La Playa, Oreste Acosta (Reparto Aeropuerto) y Rolo Monterrey, estas localidades conforman el área de estudio para el presente trabajo.

Consejo Popular Rolando Monterrey

El Consejo Popular Rolando Monterrey es una zona periférica de la ciudad de Moa, se halla localizado al este de la ciudad. De acuerdo con los datos del censo de población 2010, el reparto cuenta una población total de 4146 habitantes para un total de 1301 viviendas de las cuales 1173 están en buen estado, 69 en estado regular y 59 en mal estado.

Consejo Popular La Laguna

El Consejo Popular La laguna queda ubicado en la parte este del municipio de Moa. Cuenta con 1489 habitantes y 436 vivienda, de estas 235 casas en buen estado, 132 en estado regular y 69 en mal estado.

Consejo Popular La Playa

El Consejo Popular La Playa está ubicado en la parte este del municipio de Moa, cuenta con 538 habitantes y 526 viviendas, de estas 316 se encuentran en buen estado, 151 en estado regular y 59 en muy mal estado.

Consejo Popular Pueblo Nuevo

El Consejo Popular Pueblo Nuevo se encuentra ubicado en la parte este del municipio de Moa, cuenta con un total de 3193 habitantes y 962 casas, de estas 566 se encuentran en buen estado, 204 en regular estado y 192 en mal estado.

Consejo Popular 26 de julio (Haití Chiquito)

El Consejo Popular 26 de junio (Haití Chiquito), es el que menos habitantes posee entre todos los consejos populares estudiados, se encuentra en la parte este del municipio de Moa con un total de 3402 habitantes y 965 casas de estas 443 en buen estado, 265 en regular estado y 257 en mal estado.

Consejo Popular Oreste Acosta (Reparto Aeropuerto)

El Consejo Popular Oreste Acosta (Reparto Aeropuerto) queda ubicado en la parte este del municipio de Moa, cuenta con 860 habitantes y con un total de 243 casas, de estas 175 en buen estado, 63 en regular estado y 5 en mal estado.

Consejo Popular Los Mangos

El Consejo Popular Los Mangos es el reparto que menos habitantes tiene de los repartos estudiados, con un total de 538 personas. Este se encuentra en la parte

este del municipio de Moa y contiene 163 casas, de estas 90 en buen estado, 39 en mal estado y 34 en mal estado.

Consejo Popular Joselillo

El Consejo Popular Joselillo es el último reparo estudiado, este se encuentra en la parte este del municipio de Moa, con un total de 2203 habitantes y 700 casas, 238 en buen estado, 353 en regular estado y 109 mal estado.

En la Figura 7 se observa el por ciento de habitantes que ocupa cada consejo popular en la región este del municipio de Moa (área de estudio).

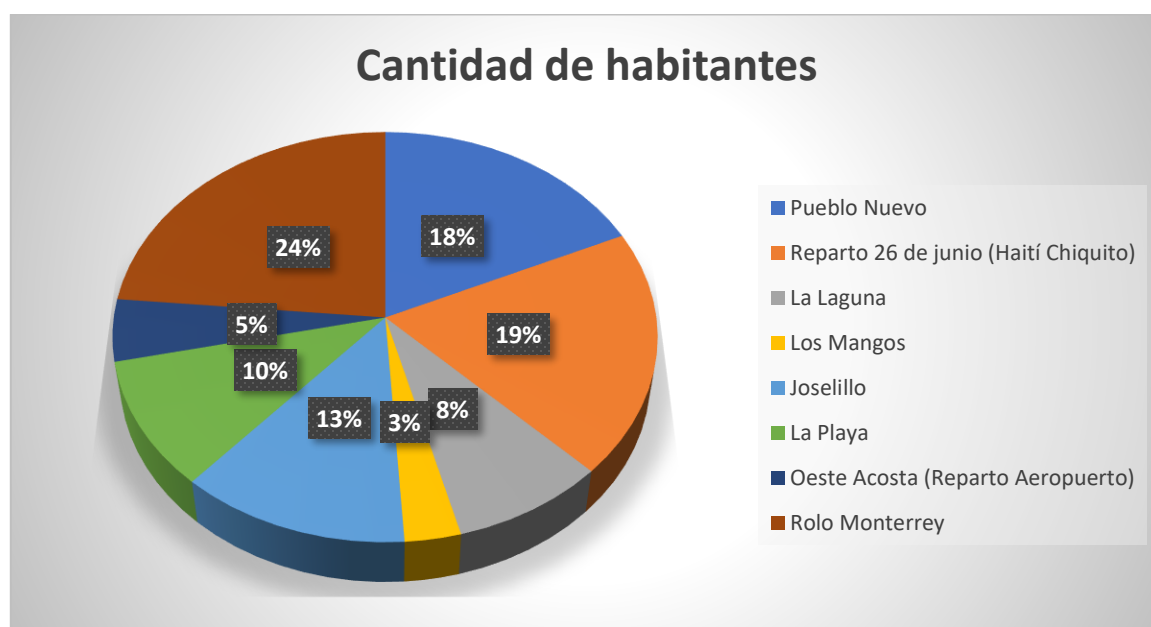


Figura 7. Cantidad de habitantes en los consejos populares del área de estudio.

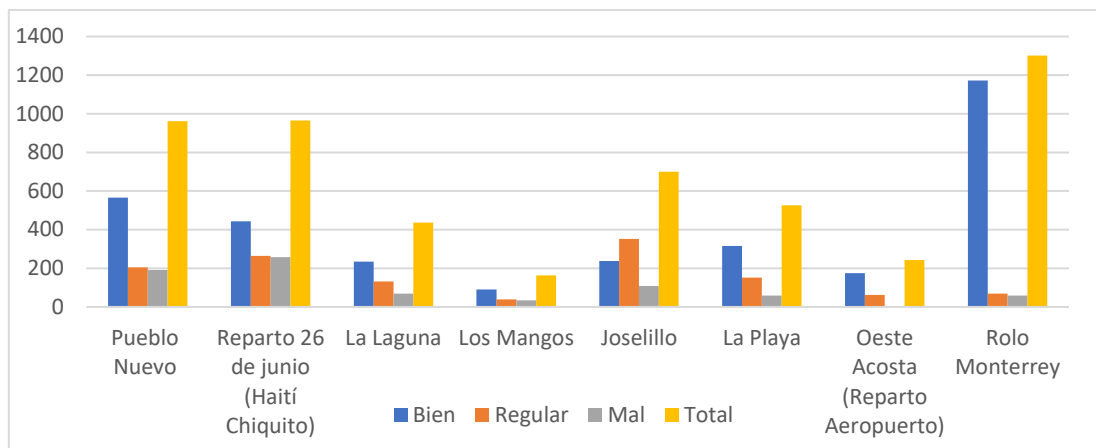


Figura 8. Representación gráfica del estado de las casas por consejos popular.

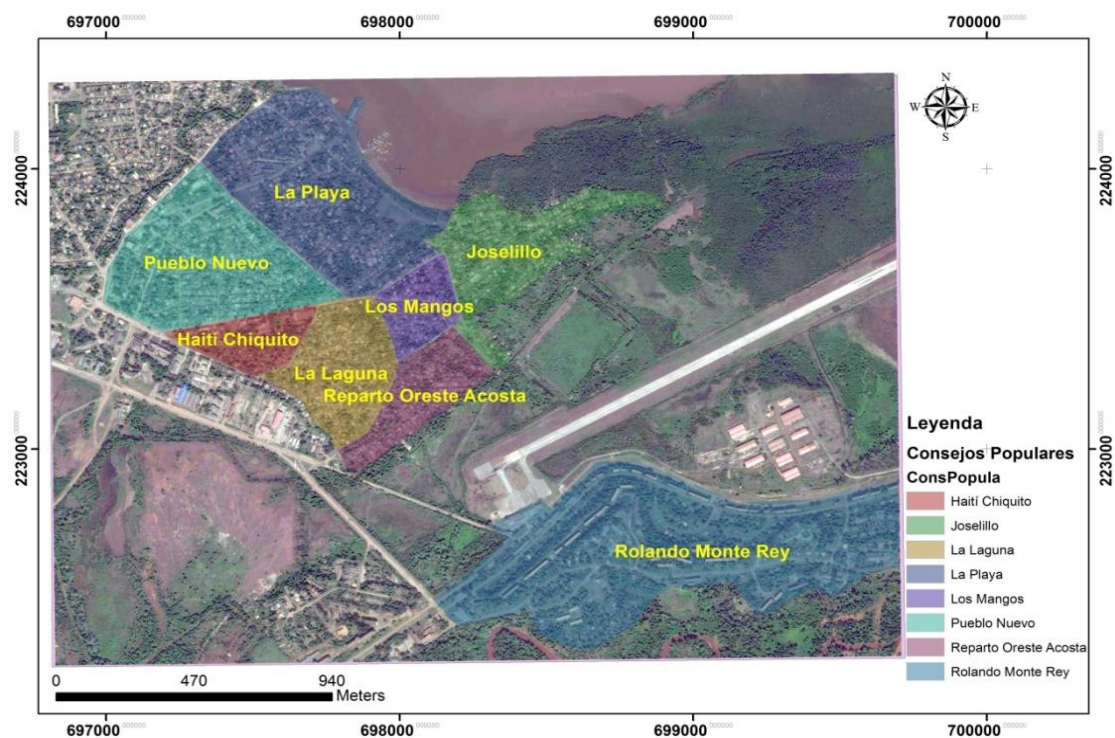


Figura 9 Mapa de los consejos populares del sector Este del municipio de Moa (área de estudio)



Ilustración 1. Consejo Popular Joselillo



Ilustración 2. Consejo Popular Haití Chiquito



Ilustración 3. Consejo Popular Pueblo Nuevo

1.15 Sismología.

La sismología es una rama de la geología, es la ciencia que estudia los sismos: por qué, cómo y dónde se producen los diferentes tipos de sismos, cuándo y con qué frecuencia ocurren. Sismo o terremoto es un movimiento natural de la corteza

terrestre producido cuando esfuerzos en la roca, que se acumulan con el tiempo llegando a deformarla, sobrepasan el límite elástico: entonces la roca se rompe a lo largo del plano de falla y la energía acumulada, ahora liberada por la ruptura, se propaga a través del medio rocoso en forma de ondas sísmicas. Estas ondas son, desde el punto de vista de la física, de tipo elástico, es decir se relacionan con las propiedades elásticas del medio.

Para un estudio de amenaza sísmica, es fundamental describir el comportamiento de las fuentes de terremotos – fuentes sísmicas, estas pueden ser de dos tipos: 1) fallas activas, y 2) zonas sismogénicas, áreas de actividad sísmica reconocida y aproximadamente homogénea Zaldívar , 2012.

Los planos de ruptura o fallamiento donde se generan los sismos presentan cierta inclinación en la mayoría de los casos, si bien se dan casos de planos de falla verticales. En las fallas inclinadas, la roca que se encuentra por encima del plano de ruptura y descansan sobre el mismo, recibe el nombre de bloque colgante, y la que se encuentra por debajo y contiene el plano de falla, se denomina bloque yacente (ver Figura 8). Según el estilo de ruptura, las fallas pueden ser de tres tipos principales:

1. Normales: cuando el bloque colgante se mueve hacia abajo con respecto al bloque yacente.
2. Inversas: cuando el bloque colgante se mueve hacia arriba con respecto al bloque yacente.
3. Laterales o transcurrentes: cuando ambos bloques deslizan uno al lado del otro, sin desplazamiento vertical entre ellos. Estas pueden ser dextrales – cuando el bloque de la derecha —viene hacia un observador situado sobre la falla – o senestrales - cuando es el bloque de la izquierda el que —viene hacia el observador.
4. También se hace referencia a las fallas oblicuas, que presentan una combinación de movimientos relativos horizontal y vertical, por ejemplo: falla normal-lateral, falla inversa-lateral.

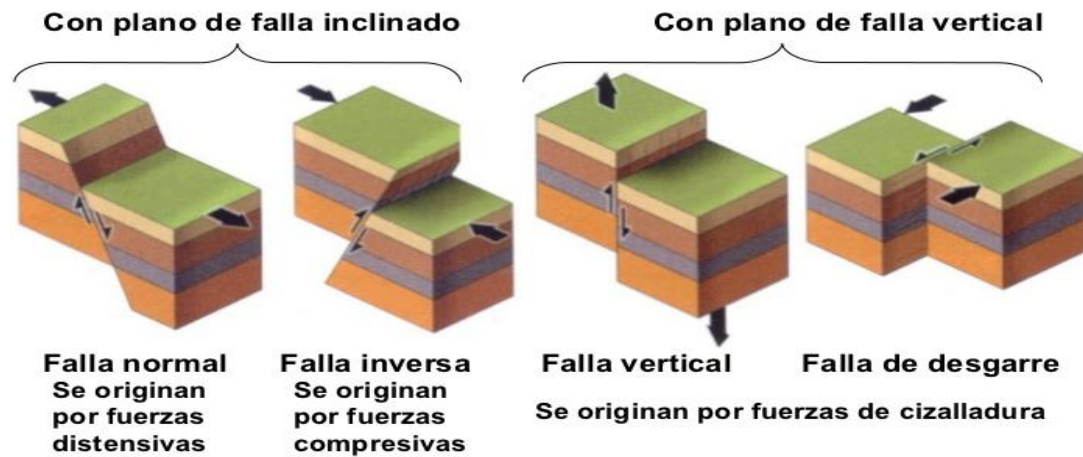


Figura 9. Principales tipos de fallas según el estilo de ruptura.

La ruptura de las rocas de la corteza terrestre ocurre porque están sometidas a Esfuerzos en tensión y en compresión, explicados de manera coherente a través de la tectónica de placas. Dado que las fallas normales se producen bajo régimen de esfuerzos extensivos se conocen también como fallas extensivas, y las fallas inversas, al generarse bajo esfuerzos de compresión, como fallas compresivas.

Las zonas de subducción, es donde se produce el encuentro de dos placas litosféricas que se acercan entre sí con el consecuente hundimiento de la una con respecto a la otra, se pueden considerar un tipo especial de falla compresiva de muy grande escala y capaz de generar rupturas muy extensas y violentas y, por ende, terremotos devastadores(Álvarez, 2005).

La mayor parte de todos los sismos terrestres, y todos aquellos capaces de producir daños notables, son generados por rupturas relacionadas con el régimen presente de esfuerzos tectónicos, es decir, tienen un origen tectónico. Conoce el estado actual de esfuerzos en una región – a partir de estudios de neotectónica, mediciones geodésicas, e información sismológica – se pueden hacer inferencias acerca de la orientación y el estilo de ruptura de las fallas. Estas características de las fallas revisten importancia en el momento de considerar el peligro en un sitio. Cuando el comportamiento de una falla es bien conocido (está —bien caracterizado) y su actividad es significativa, se la puede considerar una fuente sismogénica por sí sola en el estudio de peligro sísmico.

Para evaluar el aporte al peligro sísmico total de fallas muy largas (varios cientos de kilómetros) se las suele dividir en segmentos más cortos de comportamiento sísmico similar, dado que las fallas largas por lo general no rompen en toda su longitud en un sólo evento sísmico, sino que porciones –segmentos – de la misma rompen en varios eventos.

Cuando el comportamiento de una falla en particular o de las fallas de una zona no es bien conocido, pero se sabe que ahí se producen sismos de importancia, se habla de sismicidad zonal. Dentro de una misma área fuente zona sismogénica, se considera una distribución y orientación aleatoria y más o menos homogénea de fallas capaces de generar movimientos de igual magnitud en cualquier punto de la zona.

1.16 Marco sismo tectónico.

La región nororiental de Holguín está caracterizada como una zona donde debe considerarse el peligro sísmico como una premisa de riesgo debido a la actividad sísmica que se ha registrado en sus alrededores. Por tal motivo ha sido objeto de varias investigaciones a partir del 2006 con vista a esclarecer la génesis de la sismicidad y el riesgo asociado a la misma.

La sismicidad en la región de Moa comenzó a manifestarse de manera significativa a partir del 28 de diciembre de 1998 con un sismo de magnitud 5.4 en la escala de Richter, con una intensidad de VI grados MSK en Moa y áreas aledañas que produjo agrietamientos de paredes en viviendas de mampostería y edificios multifamiliares, sentido por toda la población como una sacudida fuerte del terreno. Desde el 28 de diciembre de 1998 hasta diciembre de 1999 se registraron 24 eventos perceptibles y un total de más de 1200 réplicas.

Entre la serie de diciembre del 1998 y Julio del 1999 se registraron 1777 sismos, de ellos 37 perceptibles por la población de Moa. Lo anterior, demuestra la presencia de un proceso tectónico significativo relacionado con la dinámica de la corteza y el basamento en los primeros 30 km de profundidad, tiene en cuenta la energía liberada, la profundidad y la amplitud de la zona de ruptura, determinadas por las características del terremoto principal y las réplicas, conforman esta la

serie de terremotos más energética ocurrida en Cuba después de la serie de terremotos de Cabo Cruz de 1992 (Arango et. al, 2017).

Como antecedente a este sismo, en el período de registro sísmico instrumental se tiene el registro del terremoto ocurrido el 20 de marzo de 1992 con una magnitud de 4.3 en la escala de Richter y una intensidad de VI en la escala MSK a 15 km de la costa al este de la ciudad de Moa, en los 20° 48' de Latitud Norte y los 74° 48' de longitud oeste, frente a la localidad de Cupey, a una profundidad de 5 km. El mismo produjo agrietamientos de paredes en escuelas y edificios de viviendas de esta ciudad; perceptible en toda la provincia Guantánamo y algunos municipios de las provincias de Holguín, Santiago de Cuba y Granma. Este es el primer terremoto de estas características que se registra en las cercanías de Moa.

La falla Oriente (de primer orden) aparece en el borde sur de Oriente, con carácter rumbo-deslizante (transformante) y constituye el límite entre las placas de Norteamérica y del Caribe, por lo que representa el mayor peligro para la región oriental de Cuba, incluye el área de estudio. En ella se señalan 22 reportes de terremotos fuertes (Intensidad ≥ 7.0 MSK-EMS) de un total de 28 que se han producido en toda la historia sísmica de nuestro país. Dos de estos eventos alcanzaron intensidad 9.0 MSK-EMS en la ciudad de Santiago de Cuba y considerables afectaciones en toda la región oriental (Rodríguez, 1999). Los estudios realizados (Chuy et al., 1997) indican que en ella pueden generarse sismos de hasta magnitud 8.0.

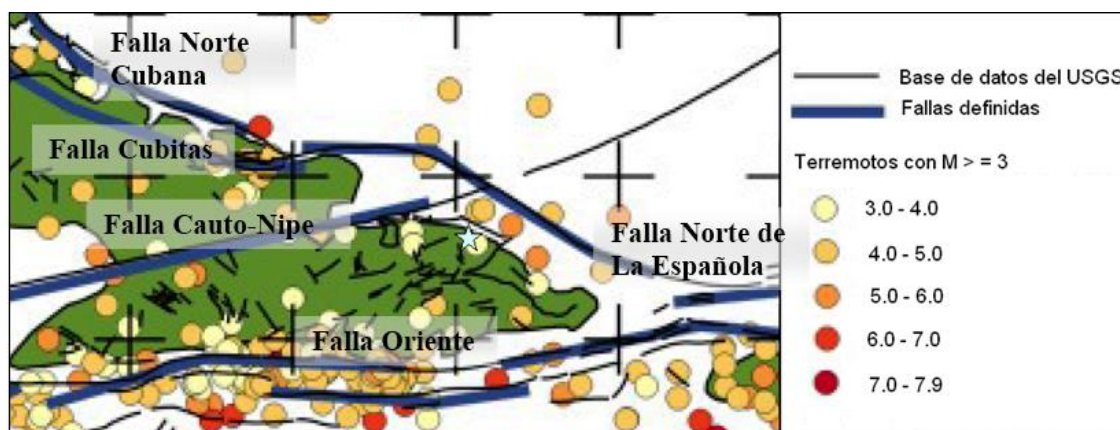


Figura 10. Contexto sismotectónico en el que se ubica la región de Moa, representada por una estrella azul. Se presentan los epicentros de eventos sísmicos 2012-2015 (Arango, et al, 2017).

La información tectónica y sismológica de la región de estudio analizada por especialistas del CENAIIS (Arango et. al, 2017) valida la existencia al norte del extremo oriental de Cuba de una zona de origen de terremotos de 1er orden que es la prolongación hacia el noroeste de la falla Norte de la Española.

La falla Norte de la Española es una falla inversa activa en la cual la placa de Norteamérica penetra por debajo de las microplacas que conforman a la isla de La Española con una velocidad promedio anual aproximada de 20 mm/año (Mann P. et al., 2002). A partir del análisis de la información tectónica y sismológica de la región de Moa, al noreste de la región de estudio (Arango et. al, 2017), llegaron a la conclusión de que al norte de la región oriental de Cuba, específicamente al este de la Bahía de Nipe, a pocos kilómetros de la costa, se evidencia la existencia de la continuidad de la falla Norte de la Española (ver Figura 11) y no la denominada por estudios anteriores como falla Sabana o Norte Cubana.

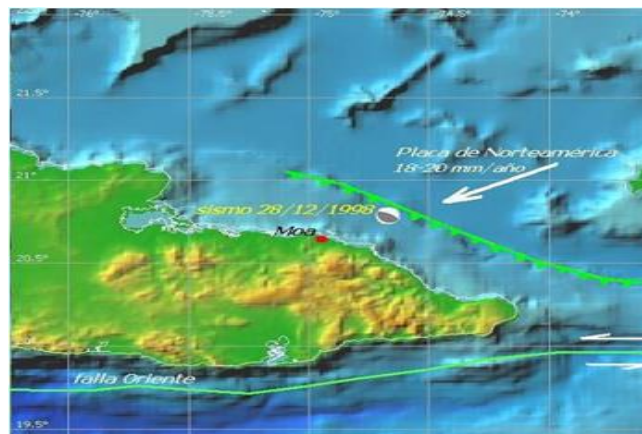


Figura 11. Posible trazado de la falla Norte de la Española por la porción noreste del extremo oriental de Cuba (Arango et al, 2017)

Su ubicación en esta posición permite dar una explicación consecuente con las características geodinámicas regionales a la ocurrencia de terremotos al norte de la región de estudio, como por ejemplo la serie de terremotos del 28 de diciembre de 1998.

La magnitud máxima de los sismos que pueden generarse en esta falla está en el orden de los 7,5 a 8.0 de magnitud Richter tiene en cuenta la velocidad de choque de la placa de Norteamérica y el proceso tectónico predominante. En el norte de

La Española esta misma zona de fallas ha generado sismos de magnitudes máximas de 7.5 a 8.1 Richter(Mann P. et al., 2002).

En la Figura 13 se muestra un mapa con los epicentros de los terremotos registrados por más de 3 estaciones en la región de Moa desde 1965 hasta la actualidad, clasificados por rangos de magnitudes.

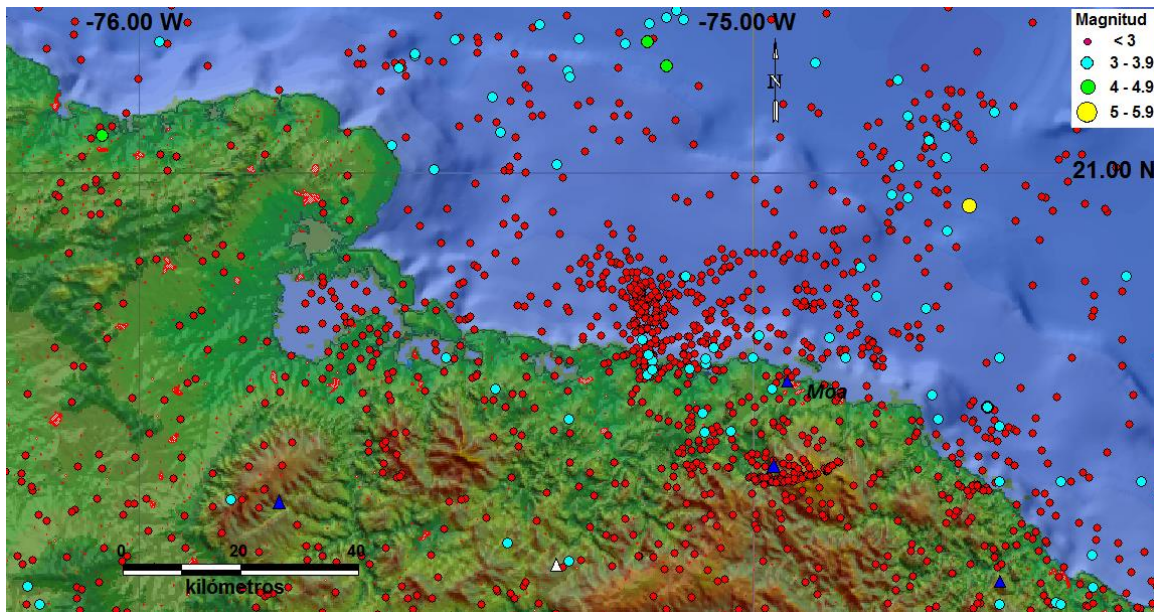


Figura 13. Sismicidad registrada por más de 3 estaciones desde 1965 hasta la actualidad en la región de Moa. Se representan con triángulos azules las estaciones sismológicas situadas en esta región (Arango et al, 2017).

1.17 Caracterización de fuentes sísmicas (parámetros sismológicos).

Mecanismo de ruptura y orientación de la falla La ruptura de la roca que produce el sismo genera ondas de tipo compresional y longitudinal de diversas frecuencias. La llegada al sitio de un tipo u otro de onda depende del mecanismo (estilo) de ruptura de la falla y la distancia y orientación del plano de ruptura con respecto al sitio. Se ha verificado experimentalmente que los sismos productos de ruptura en falla inversa tienden a presentar mayores intensidades que los de falla normal o lateral.

También, cuando el sitio se localiza a uno u otro lado de la falla se suelen registrar mayores intensidades que cuando el sitio se localiza directamente sobre la traza de la falla en superficie(Reyes, 2017).

Profundidades sísmicas.

Los terremotos pueden originarse a profundidades que oscilan entre los 5 kilómetros y los 700 kilómetros. De esta manera, los focos sísmicos se clasifican por su profundidad en, superficiales, a los generados dentro de los primeros 70 kilómetros, intermedios, los que se originan entre 70 y 300 kilómetros, y profundos, aquellos cuyo foco se encuentra a más de 300 kilómetros. La gran mayoría de los terremotos se produce a profundidades inferiores a 100 kilómetros y casi todos los terremotos muy destructivos se originan a poca profundidad.

En general, la distribución de los terremotos no es aleatoria, y se ha comprobado que los terremotos generados a lo largo de las dorsales oceánicas siempre tienen un foco superficial, mientras que los terremotos de foco profundo solo se producen en las regiones situadas tierra adentro de las fosas oceánicas, en el cinturón circum-Pacífico. En las zonas de subducción, donde la asociación entre los terremotos y los bordes de placa es notable, se produce una clara distribución de los terremotos según su profundidad. En el caso de Chile y Perú, donde la placa de Nazca está subducida bajo la placa Sudamericana, los terremotos superficiales se producen cerca de la fosa oceánica, y los terremotos de foco intermedio o profundo se producen hacia tierra adentro. Aunque se han registrado terremotos superficiales de magnitud Richter 8,6, los terremotos de profundidad intermedia no han tenido valores superiores a 7,5 y los de foco profundo no han superado la magnitud de 6,9.

Los terremotos de foco superficial se producen a medida que la placa descendente interacciona con la litosfera situada encima, acumula energía de deformación y fracturándose cuando las rocas alcanzan sus límites de resistencia. Cuanto más desciende la placa en la astenosfera, a mayor profundidad se generan los terremotos, sin embargo, a medida que las rocas descienden se vuelven más dúctiles y genera terremotos más débiles.

Los primeros estudios realizados para conocer la geometría de las placas subducentes fueron realizados por Wadati y Benioff en 1935, los mismos que propusieron que la geometría de la placa dentro del proceso de subducción, tendría su origen, en la presencia de una gigantesca falla de penetración entre dos

cuerpos rígidos. Esta hipótesis es muy cercana a la que actualmente define a una zona de subducción y es conocida como zona de Wadati – Benioff (Reyes, 2017).

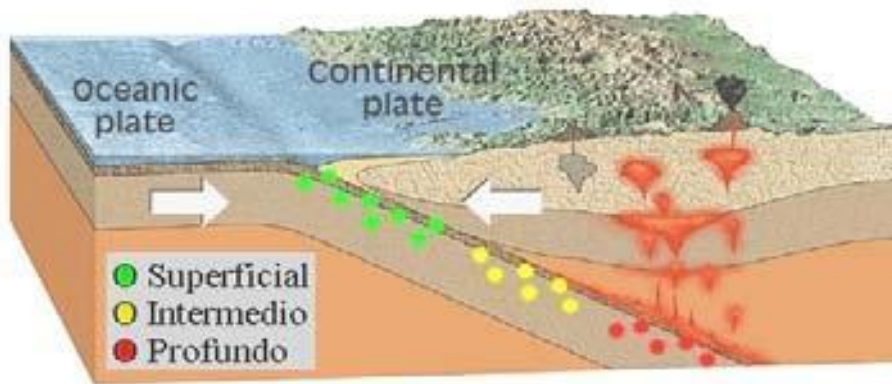


Figura 14 Zona Wadati – Benioff (Tasa, 1998)

Zona Wadati – Benioff (Tasa, 1998).

Por debajo de los 690 kilómetros, se han registrado muy pocos terremotos, debido a que la placa descendente se ha calentado lo suficiente como para perder su rigidez. Los terremotos de foco intermedio se producen de manera similar a los superficiales, porque la placa que desciende se enfría lentamente, manteniéndose rígida hasta unos 300 kilómetros de profundidad. Sin embargo, la causa de los terremotos de foco profundo aún no se conoce con exactitud, aunque su estrecha asociación con las zonas de subducción está bien documentada.

Como las zonas de subducción son las únicas donde las rocas de la corteza se ven obligadas a descender a grandes profundidades, son los únicos lugares donde se pueden producir estos terremotos.

1.18 Escalas sísmicas.

Los sismólogos han diseñado dos escalas de medida para poder describir de forma cuantitativa los terremotos. Una es la escala de Richter —nombre del sismólogo estadounidense Charles Francis Richter— que mide la energía liberada en el foco de un sismo. Es una escala logarítmica con valores medibles entre 1 y 10; un temblor de magnitud 7 es diez veces más fuerte que uno de magnitud 6, cien veces más que otro de magnitud 5, mil veces más que uno de magnitud 4 y de este modo en casos análogos. Se estima que al año se producen en el mundo

unos 800 terremotos con magnitudes entre 5 y 6, unos 50.000 con magnitudes entre 3 y 4, y sólo 1 con magnitud entre 8 y 9. En teoría, la escala de Richter no tiene cota máxima, pero hasta 1979 se creía que el sismo más poderoso posible tendría magnitud 8,5Zaldívar, 2012.

Sin embargo, desde entonces, los progresos en las técnicas de medidas sísmicas han permitido a los sismólogos redefinir la escala; hoy se considera 9,5 el límite práctico. La otra escala, introducida al comienzo del siglo XX por el sismólogo italiano Giuseppe Mercalli, mide la intensidad de un temblor con gradaciones entre I y XII. Puesto que los efectos sísmicos de superficie disminuyen con la distancia desde el foco, la medida Mercalli depende de la posición del sismógrafo. Una intensidad se define como la de un suceso percibido por pocos, mientras que se asigna una intensidad XII a los eventos catastróficos que provocan destrucción total. Los temblores con intensidades entre II y III son casi equivalentes a los de magnitud entre 3 y 4 en la escala de Richter, mientras que los niveles XI y XII en la escala de Mercalli se pueden asociar a las magnitudes 8 y 9. A continuación en la Tabla 1 se describen los efectos provocados habitualmente por un terremoto según su magnitud en esta escala. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que los efectos dependerán también de otros factores como la profundidad a la que se haya producido el movimiento sísmico, la distancia a que nos encontremos del epicentro y, en general, las condiciones geológicas de la zona afectada.

Tabla 1 Escala de Intensidad de MSK.

Intensidad EMS	Definición	Tipos de daños
I	No sensible	No sensible.
II	Sensible levemente	Sensible solamente para poca gente personas en reposo en vivienda.
III	Débil	Sensible adentro para poca gente. La gente en reposo siente una oscilación o temblor leve.
IV	Observado ampliamente	Sensible por muchos adentro y pocos afuera de edificios. Pocas personas se despiertan. Las ventanas, puertas y platos se estremecen.
V	Fuerte	Sensible por casi todos adentro y pocos afuera de edificios. Muchas personas se despiertan. Algunos se asustan. Los edificios tiemblan por doquier. Los objetos colgantes se mecen considerablemente. Pequeños objetos se desplazan. Las puertas y ventanas se abren y se cierran.
VI	Causa Daños leves	Mucha gente se asusta y corre hacia fuera. Algunos objetos se caen. Muchas viviendas sufren daños leves no estructurales, como grietas muy delgadas y la caída de piezas de repello.
VII	Causa Daños	Mucha gente se asusta y corre hacia fuera. Los muebles son desplazados y se caen muchos objetos de repisas. Muchos edificios ordinarios bien contruidos sufren daños moderados; pequeñas grietas en los muros, caída de repello, se caen partes de chimeneas; edificios antiguos pueden mostrar grandes grietas en los muros y fallas en las paredes y tabiques.
VIII	Causa Daños severos	A mucha gente le cuesta mantenerse de pie. Muchas viviendas muestran grietas grandes en los muros. Pocos edificios bien contruidos muestran daños serios en los muros, mientras que las estructuras antiguas pueden colapsar.
IX	Destruutivo	Pánico general. Muchas construcciones endebles colapsan. Aun los edificios ordinarios bien contruidos muestran daños serios: fallas graves en los muros y falla estructural parcial.
X	Muy Destruutivo	Muchos edificios ordinarios bien contruidos colapsan.
XI	Devastador	Casi todos los edificios ordinarios bien contruidos colapsan, aun se destruyen algunos que tienen buen diseño sismorresistente.
XII	Completamente devastador	Casi todos los edificios están destruidos.

CAPITULO 2.MATERIALES Y MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1 Introducción.

En el presente capítulo se describe la metodología aplicada en la investigación para la valoración del riesgo y la percepción sísmica de la población del sector este del Municipio Moa, a partir de la aplicación del método del riesgo sismotectónico de Gonzales Vallejo et al 1981, según las tres etapas principales. Se parte de la revisión de la información de los trabajos precedentes donde se adquiere la información base y se valora a partir del análisis de los datos sísmico y tectónico su influencia en el comportamiento del riesgo sísmico del área con vistas a emplear esta información en futuros trabajos y como referencia de la percepción del área ante un sismo de gran intensidad, así como para tomar las medidas necesarias para su mitigación.

Con esta metodología se logra introducir en el proceso a las personas que conviven en estos consejos populares, y a partir de esto comprender los medios por los cuales estas personas le dan un determinado significado a su entorno, la forma en que la perciben, su realidad, como la viven y como la construyen. Las encuestas tienen como objetivo determinar cuál es la percepción social de los riesgos sísmicos.

La investigación en el área de estudio, se realizó mediante tres etapas fundamentales (ver Figura 15):



Figura 15. Metodología de la Investigación.

2.2 Recopilación de la información y revisión bibliográfica.

En esta etapa se realiza el análisis de la bibliografía existente de la región y área de estudio, de la cual se revisa y recopila la información útil para la investigación. Se hacen búsquedas en el centro de información del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, donde se tuvo acceso a libros, revistas, trabajos de diploma, tesis de maestría y doctorales, además de búsquedas en Internet. Como resultados se obtuvo información referente a la descripción regional desde el punto de vista geológico, ingeniero geológico, de bloques morfotectónicos, tectónico, geomorfológico y el mapa topográfico. En esta etapa se confecciona el marco teórico conceptual de la investigación. De igual manera se adquieren datos referentes a la sismicidad histórica, el número de viviendas y habitantes, actividad Neotectónica y estabilidad de las formaciones geológicas.

2.3 Procesamiento de la información.

Para nuestra investigación se asumió la percepción del riesgo de desastre como expresiones que ofrecen los ciudadanos y las comunidades ante las amenazas, vulnerabilidades y riesgos a que son sometidos, así como el grado de aceptabilidad del mismo. Se elaboró una guía para la entrevista a informantes claves en el territorio, se trata de una lista de componentes claves que deben desarrollar cada entrevistado. La guía de la entrevista permite conocer y recordar que se deben hacer preguntas y se fundamenta en:

Los elementos a examinar en las entrevistas realizadas fueron:

Percepción del riesgo de desastres sísmicos.

1. ¿Cuál de las amenazas naturales considera usted es económicamente más dañino para su territorio en la ciudad de Moa?

Tipo de amenaza natural

Inundaciones	Intensas lluvias
Sequía	Olas de calor
Erosión/acarcavamiento	Deslizamientos
Derrumbes/desprendimientos	Sismos
Vendavales/huracanes	Avalanchas
Otros	

2. ¿Cuál cree usted, el fenómeno o proceso natural que más vida cobro y más daños materiales causó en los últimos años en Cuba, Moa?

Tipo de amenaza natural

Inundaciones	Intensas lluvias
Sequía	Olas de calor
Erosión/acarcavamiento	Deslizamientos
Derrumbes/desprendimientos	Sismos
Vendavales/huracanes	Avalanchas
Otros	

3. ¿Cómo considera usted la ocurrencia de un terremoto de gran intensidad en la ciudad de Moa en el futuro mediano (en pocos años)?

Imposible	Muy probable	Poco probable	Improbable	Ninguna respuesta
-----------	--------------	---------------	------------	-------------------

4. De su percepción y conocimiento, sobre los terremotos que ocurrieron en Moa en los últimos años.

Nunca	En 500 años	En 100 años	En 10 años	Otros
-------	-------------	-------------	------------	-------

5. Independientemente de la respuesta anterior ¿usted está preparado para un sismo?

Si	No	Ninguna respuesta
----	----	-------------------

6. ¿Está usted preparado para enfrentar un desastre natural el cual ocurriría mañana mismo?

Si	No	Ninguna respuesta
----	----	-------------------

7. ¿Cuándo entras a un local, público o privado has pensado como escapar en caso de un sismo?

Si	No	Ninguna respuesta
----	----	-------------------

8. ¿Ahora que estamos en temporada ciclónica sabe usted cómo actuar en caso de huracanes, intensas lluvias?

Si	No	Ninguna respuesta
----	----	-------------------

9. ¿Usted participo en los últimos 10 años en algún simulacro?

Contra sequia	
Contra deslaves	
Contra erosión	
Contra huracanes	
Contra terremotos	
Otros	
Marcar con una X	

10. ¿En caso de un desastre en su ciudad tendría usted agua suficiente de reserva para mantener su familia independiente del sistema de agua potable?

Si	No	Ninguna respuesta
----	----	-------------------

11. ¿Debe de tener la ciudad/municipio reserva de agua potable para su distribución en caso de emergencia/desastres?

Si	No	Ninguna respuesta
----	----	-------------------

12. ¿Cómo evaluaría usted la vulnerabilidad sísmica ante huracanes en su barrio?

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Muy bien
---------	-----	---------	------	----------

13 ¿Usted durante su vida estado afectado o ha vivido un desastre?

Si	No	Ninguna respuesta
----	----	-------------------

14. ¿Después de declarada el estado de alerta por un huracán de gran intensidad, con severas inundaciones deslaves estaría dispuesto a ser evacuado?

Si	No	Ninguna respuesta
----	----	-------------------

15. ¿Considera usted que debe existir el sistema de alerta temprana y obras de mitigación?

Si	No	Ninguna respuesta
----	----	-------------------

16. ¿Conoce usted si alguien, alguna institución se ocupa de estudiar los problemas de los sismos en el territorio? (Puede marcar más de una alternativa)

El gobierno	
Las organizaciones barriales	
Los vecinos	
Nadie	
No sabe	
Otras instituciones ¿cuáles?	

17. ¿Considera que tiene las condiciones para enfrentar los efectos que provoca un sismo de gran intensidad en esta zona?

Si tengo condiciones	No sabe
----------------------	---------

2.4 Software utilizado.

- ArcGIS ver 10.3: ArcGIS es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG.
- Mobile Topographer ver. 9.0.0: La herramienta esencial para el topógrafo profesional.
- SIG: Sistema de Información Geográfica.
- ArcMap

2.5 Métodos.

Método de interpolación: Es un **método** científico lógico que consiste en determinar cada una de las variables en las formas en las que se pueden reproducir y cómo afectan al resultado.

2.5.1 Implementación del Sistema de Información Geográfica (S.I.G).

Estructura del proyecto:

El ArcGIS es el SIG utilizado en la presente investigación y toda la información se localiza en un proyecto, el cual está formado por diferentes documentos como vistas, tablas, diagramas o gráficos y presentaciones de la información integrada en el proyecto se almacena en un archivo con extensión *.mxd.

Vistas (VIEW): en el View se integran los diferentes temas o mapas, y en esencia es una superposición de todos temas que conforman el proyecto.

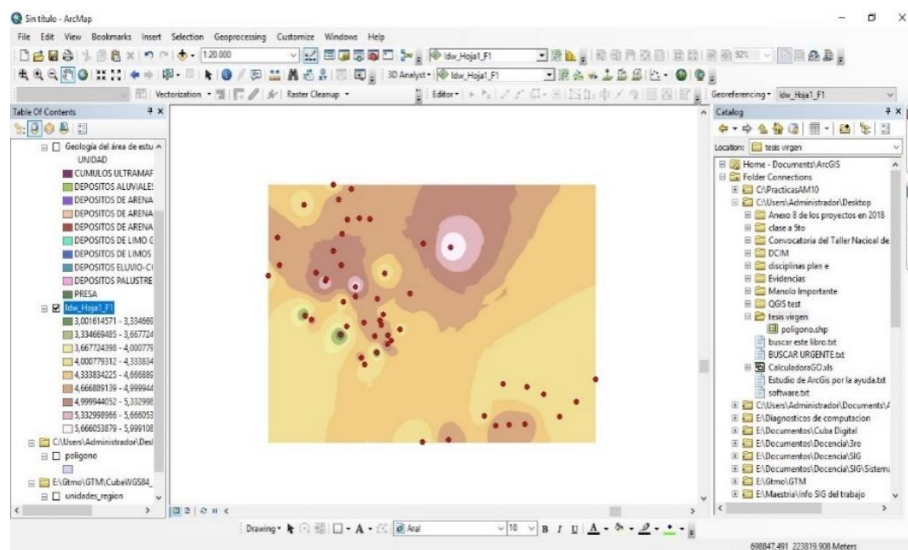


Figura16 Software ArcGis 10.3 imagen del Data View

Tablas (TABLE): las tablas se encuentran asociadas a cada tema y contienen información descriptiva o atributos del mismo. Están formadas por columnas y filas o registros que representan características individuales de cada rasgo y por columnas o campos que definen las características de todos los elementos.

Diagramas y gráficos: Se han utilizado los diagramas para las representaciones gráficas de los datos tabulares y constituyen una forma de visualizar información de atributos, mediante la construcción de diagramas de barras para la caracterización de los mapas temáticos.

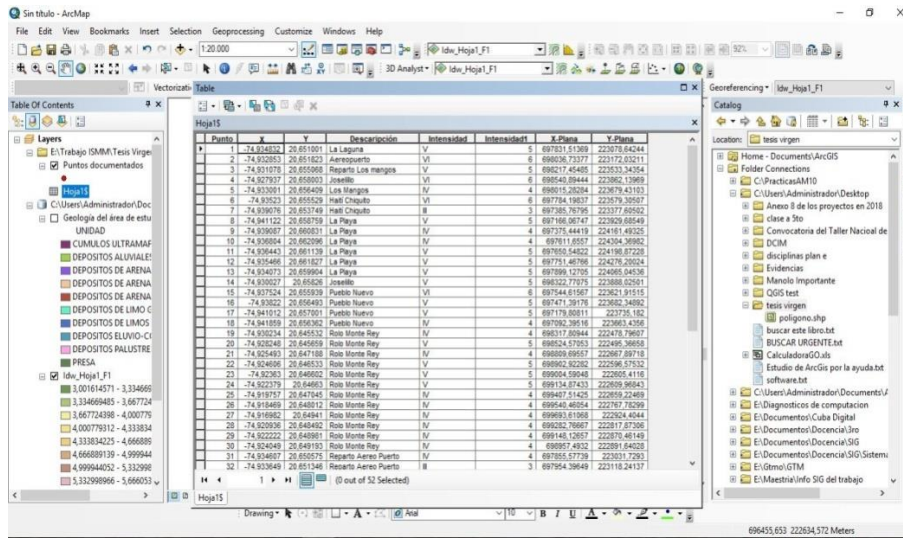


Figura 17 Software ArcGis 10.3 tabla de atributos.

Tabla 2 Factores utilizados en el análisis de la intensidad sísmica.

Factores	Fuente Información	Información del área de estudio
Mapa geológico	IGP (2013)	Formaciones geológicas
Mapa tectónico	IGP	Sistemas de Fallas
Mapa de nivel freático	Vinardell (2018)	Profundidad del agua
Mapa de isosistas	Virgen (2019)	Intensidad Sísmica Generada
Fondo habitacional	Planificación Física	Estado de las viviendas

CAPITULO 3. ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS.

3.1 Introducción.

El objetivo fundamental de este capítulo es evaluar la intensidad sísmica de la ciudad de Moa según toda la información investigada de los repartos estudiados basado en la percepción sísmica del movimiento ocurrido, donde recopilamos información en el campo en cuanto al sistema de preguntas, entrevistas, encuestas a los habitantes y de ahí realizar la geoestadística del área y los mapas de intensidad sísmica.

Con esta metodología se logra introducir en el proceso a las personas que conviven en estos distritos, y a partir de esto comprender los medios por los cuales estas personas le dan un determinado significado a su entorno, la forma en que la perciben, su realidad, como la viven y como la construyen. Las encuestas tienen como objetivo determinar cuál es la percepción social de los riesgos sísmicos.

3.2 Evaluación de la percepción sísmica en la parte Este del Municipio de Moa.

Se realizaron 52 cuestionarios donde se analizaron la percepción del riesgo y la intensidad sísmica de los consejos

Según la muestra analizada se observa un equilibrio en la proporción de género. Las edades de las personas encuestadas fueron entre los 18 y 75 años, el sexo femenino contó con el 52% y el masculino con el 48%.

La evidencia indica que las personas no están conscientes de los riesgos a que están sometidos; subestiman los que reconocen y sobreestiman las capacidades que tienen para enfrentarlos. A menudo, se culpa a otros por sus pérdidas, no se utilizan estrategias preventivas disponibles y confían demasiado en la ayuda humanitaria cuando las necesidades la exigen.

La población de los Repartos Pueblo Nuevo, Reparto 26 de julio (Haití Chiquito), La Laguna, Los Mangos, Joselillo, La Playa, Oeste Acosta (Reparto Aeropuerto) y Rolo Monterrey, ven a los terremotos como la amenaza que económicamente es la más dañina. Por definición, los sucesos extremos son poco comunes. Mientras más

extremo y grave es un suceso, menos común es su ocurrencia. Pero es ahí donde está el error de la falta de preparación para enfrentar este gran evento. De la encuesta realizada se comprueba que los terremotos producen alteraciones emotivas y un incremento de estrés. La práctica de los sismos indica que al ocurrir este fenómeno las personas emiten comportamiento inadecuado, gritan, lloran, y sobreviene el pánico. Un comportamiento adecuado aumenta la probabilidad de sobrevivir en el caso de sismos, pero habrá que tener en consideración la historia personal de la comunidad ante estos fenómenos. Se verifica que los sismos conllevan a ciertas alteraciones psicológicas en los individuos afectados.

3.2.1 Análisis de las encuestas realizadas.

Ante la pregunta ¿Cuál de las amenazas naturales considera usted es económicamente más dañino para su territorio en la ciudad de Moa? De los 52 habitantes encuestados 30 respondieron que la amenaza natural que consideraban más dañina eran los sismos, luego 17 personas los vendavales /huracanes, 5 personas inundaciones y 2 intensas lluvias, (ver Figura 18).

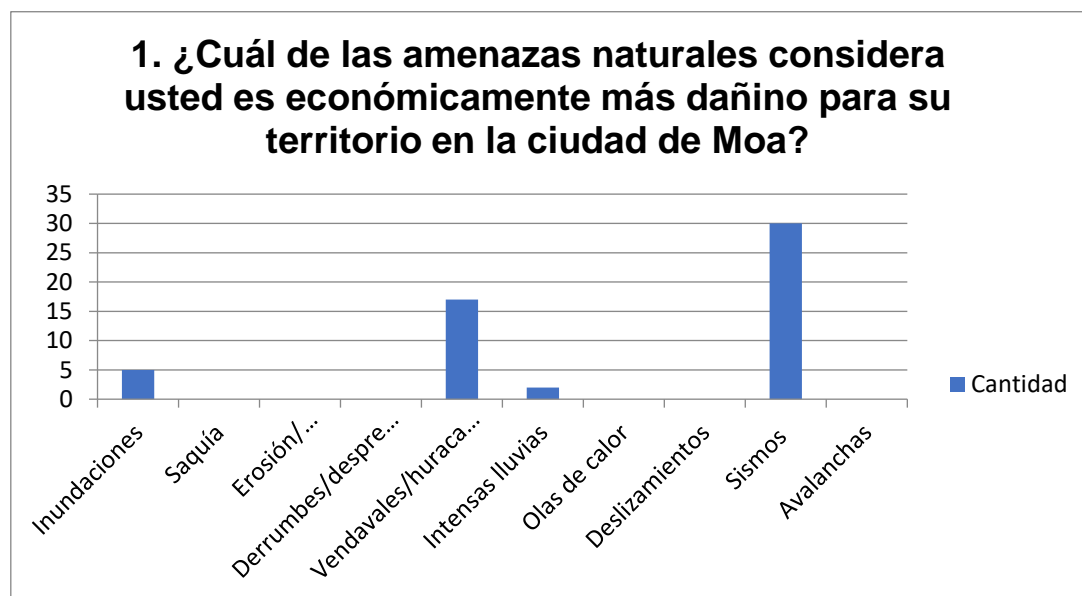


Figura 18 Gráfica de la pregunta 1 de las encuestas realizadas.

Cuando preguntaba a los habitantes ¿Cuál cree usted, el fenómeno o proceso natural que más vida cobro y más daños materiales causó en los últimos años en

Cuba, Moa? Su respuesta seguía siendo la misma, los sismos es la mayor preocupación que tienen los ciudadanos de Moa, (ver Figura19).

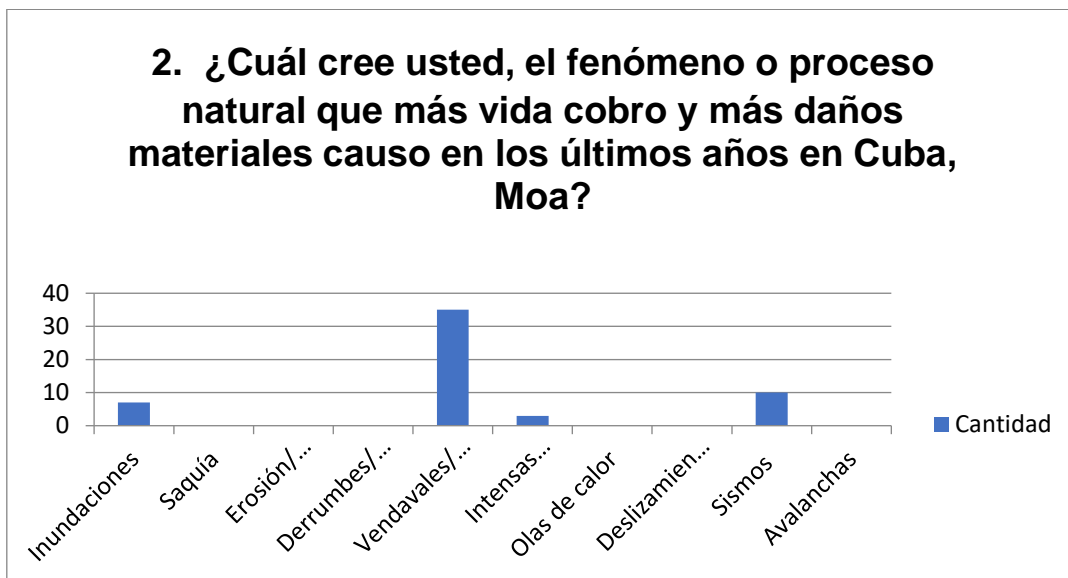


Figura 19 Gráfica de la pregunta 2 de las encuestas realizadas.

La valoración de los repartos ante la posible ocurrencia de un terremoto de gran intensidad indica que más de un 76% opina la posibilidad de la ocurrencia de un terremoto en Moa. Por tal motivo, es probable que algunas personas (la mayoría) consideren la comunidad como una zona de posible amuy probable el sismo de alta magnitud, (ver Figura20).

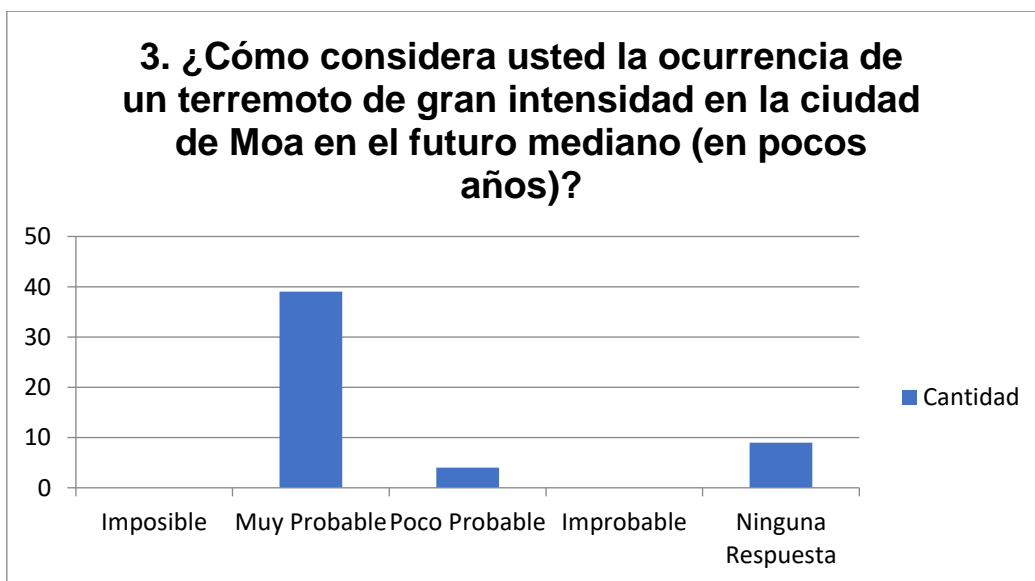


Figura 20 Gráfica de la pregunta 3 de las encuestas realizadas.

A la pregunta de percepción y conocimiento sobre los terremotos que ocurrieron en Moa en las últimas décadas., los habitantes de estos repartos plantean que han estado presentes en un terremoto más del 80%, los que nunca han participado es por su edad, puesto que estos son personas jóvenes, (ver Figura 21).

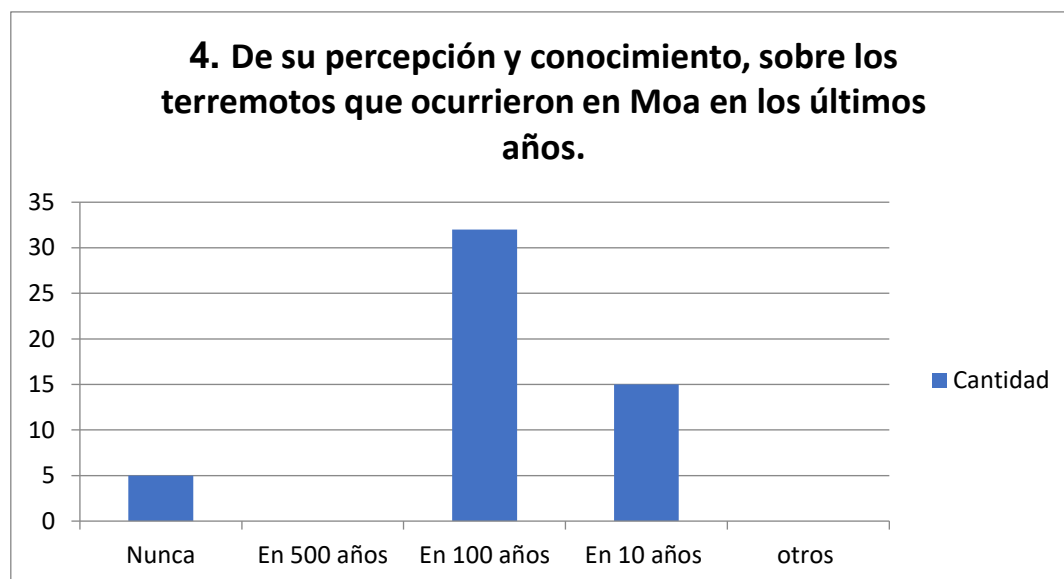


Figura 21 Gráfica de la pregunta 4 de las encuestas realizadas.

La preparación de los repartos encuestados ante un sismo de gran intensidad es muy baja. La no aplicación de los requisitos y exigencias mínimas de medidas sismo resistentes y de su falta de control y supervisión ha sido la causa de innumerables desastres en muchos países donde incluso existes códigos y normas adecuadas de construcción. Hacer evidente el riesgo sísmico y lograrun cambio de actitud en la población es una tarea difícil y exige un cuidado especial, (ver Figura 22).

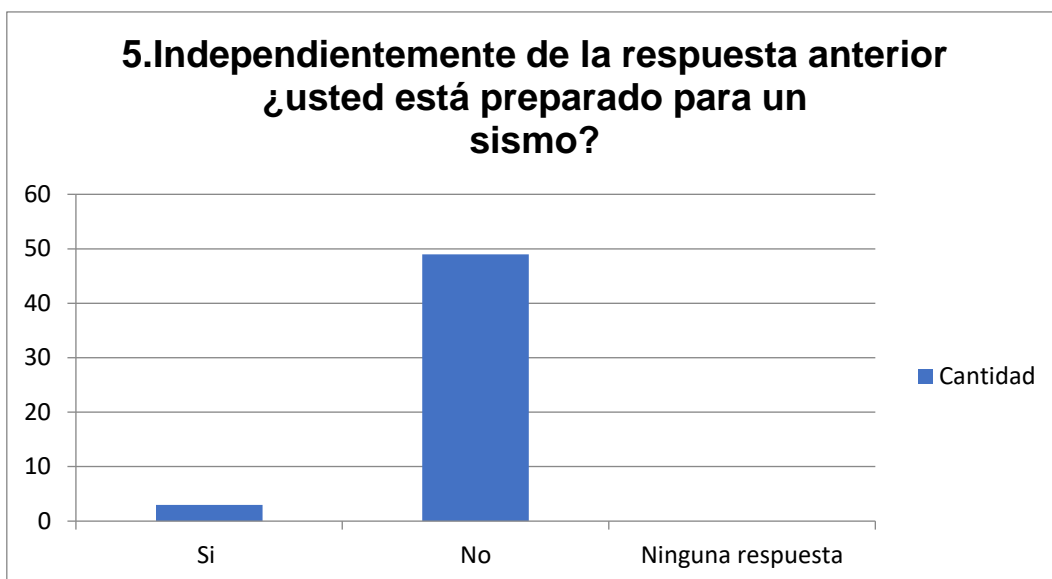


Figura 22 Gráfica de la pregunta 5 de las encuestas realizadas.

La gran mayoría de la población no está preparada para enfrentar un desastre natural que ocurriera mañana mismo, pues ellos no poseen el conocimiento necesario de dónde acudir, ni sabrían que hacer. Es necesario que las personas tomen conciencia de que el riesgo sísmico es posible intervenirlo o modificarlo al reducir las vulnerabilidades y comprender que los fenómenos naturales son amenazas en la medida que los asentamientos humanos son más vulnerables, (ver Figura 23).



Figura 23 Gráfica de la pregunta 6 de las encuestas realizadas.

La gran mayoría de la población no tiene criterio de como escapar en caso de un sismo. Los entrevistados desconocen de este accionar y por tanto los que

construyen las distintas obras, no toman en consideración estas reglas, en cada construcción debería de estar señalizado los lugares por donde se debería de salir en caso de un desastre natural como este, (ver Figura 24).

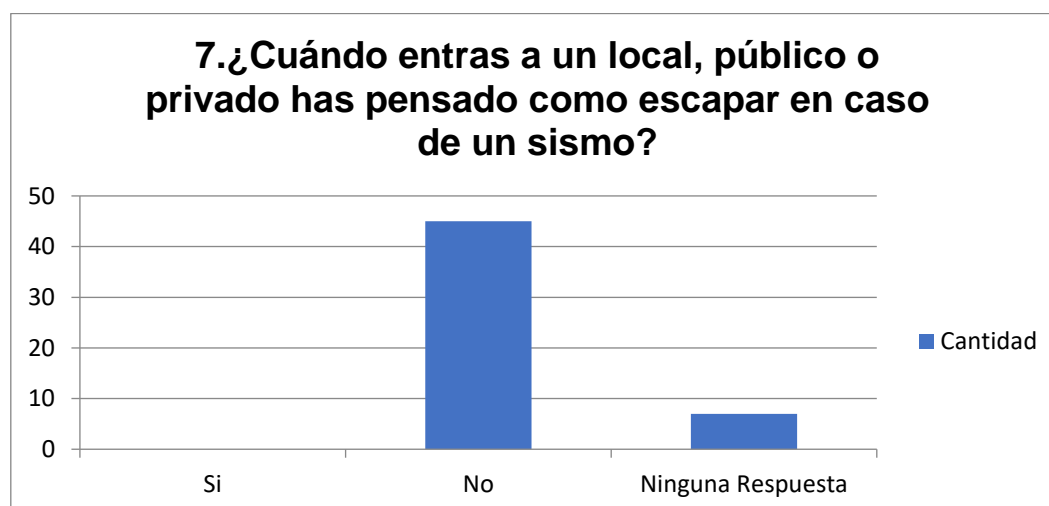


Figura 24 Gráfica de la pregunta 7de las encuestas realizadas.

Ante la pregunta ¿Ahora que estamos en temporada ciclónica sabe usted cómo actuar en caso de huracanes o intensas lluvias?, la población afirma que no sabrían cómo actuar, solo 5 personas de los 52 encuestados opinan que deberían dirigirse a los centros de evacuación previstamente, (ver Figura25).

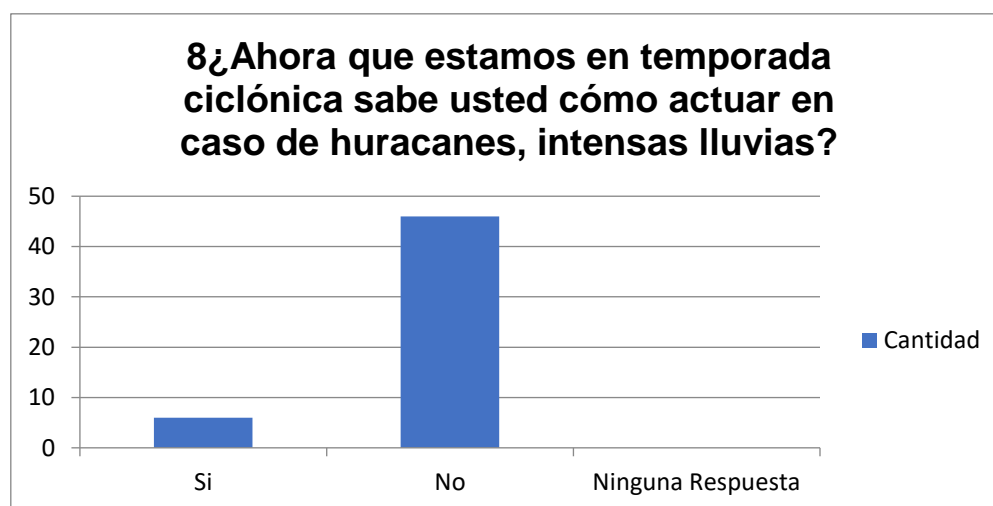


Figura 25 Gráfica de la pregunta 8 de las encuestas realizadas.

Por lo general los profesionales, estudiantes y trabajadores de estos consejos populares manifiestan haber participado en simulacros y movimientos dentro de los “Programas Meteoro” que anualmente se ejecuta por el Consejo de la

Administración Municipal. Sin embargo, otro personal no participa en estos simulacros y poseen poca capacitación antes los problemas de reducción de riesgo de desastres, (ver Figura 26)

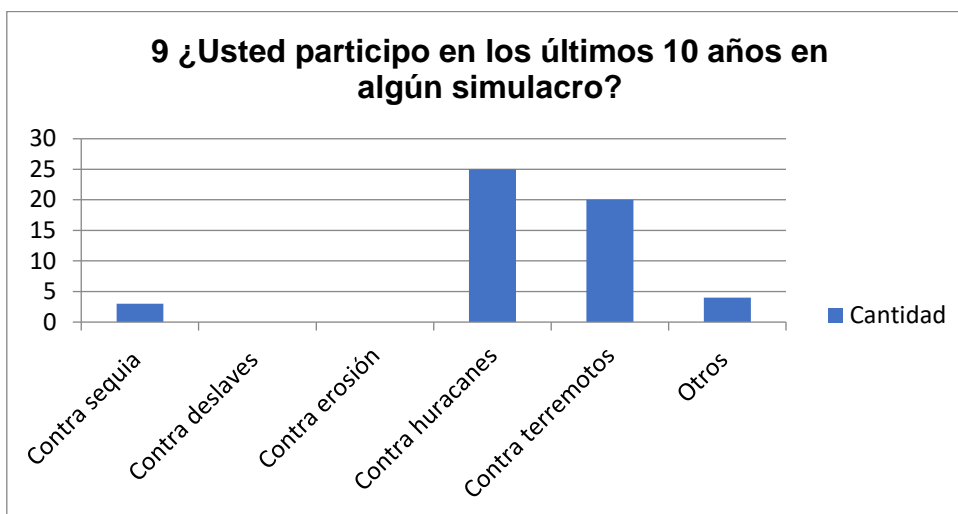


Figura 26 Gráfica de la pregunta 9 de las encuestas realizadas.

Hoy, el agua es una de las premisas para la sociedad moderna, pues se trata de un recurso natural limitado y no renovable. Por tanto, existe una relación entre el agua como recurso de vida y la problemática de riesgo a desastres. En caso de desastres por un sismo de gran intensidad más del 90% de la población tiene duda la capacidad de suministro de agua y su reserva. La falta de agua de consumo humano incrementa el riesgo de contagios de enfermedades causadas por el agua, (ver Figura 27).

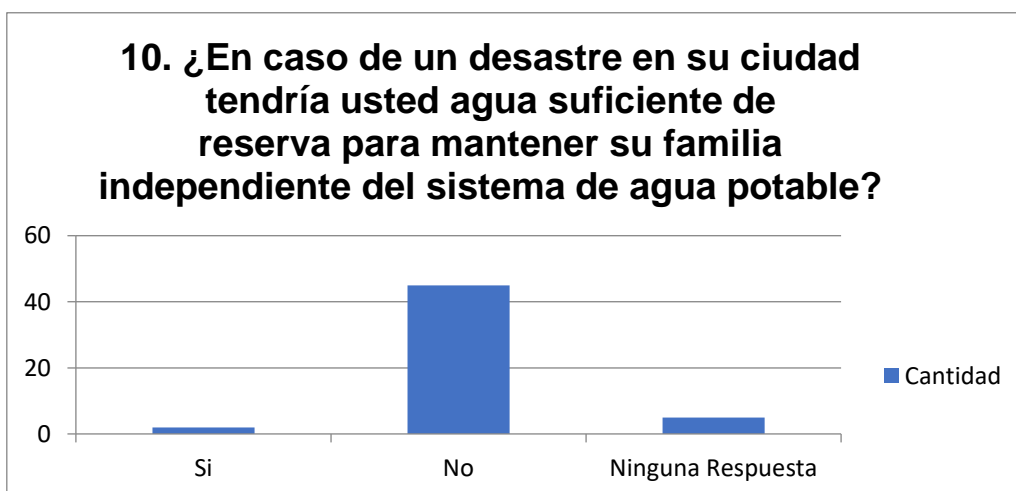


Figura 27 Gráfica de la pregunta 10 de las encuestas realizadas.

Se requiere que de una reserva de agua para caso de un sismo, tanto en los hogares como en el municipio que permite solucionar la escases que produce la roturas de las tuberías, las averías y otros daños mayores durante el sismo, (ver Figura28).

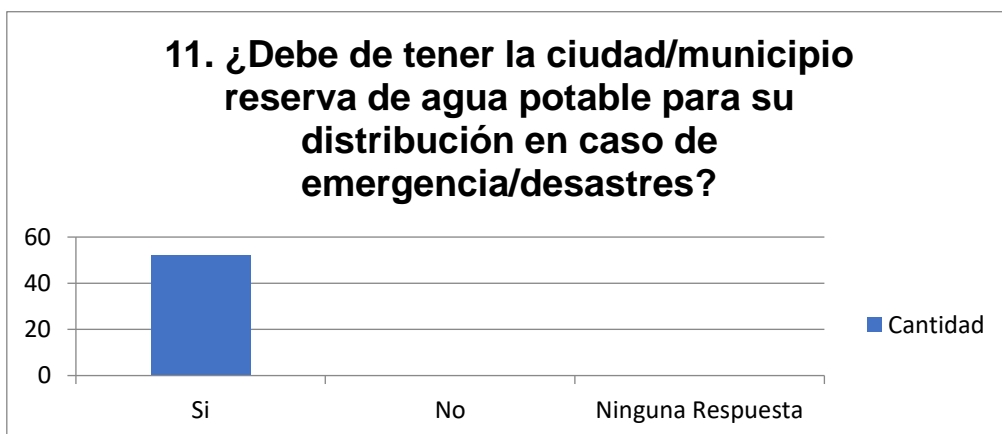


Figura 28 Gráfica de la pregunta 11 de las encuestas realizadas.

La mayoría de los pobladores manifiesta de muy mal, mal y regular la vulnerabilidad sísmica del reparto donde ellos viven, (ver Figura 29).

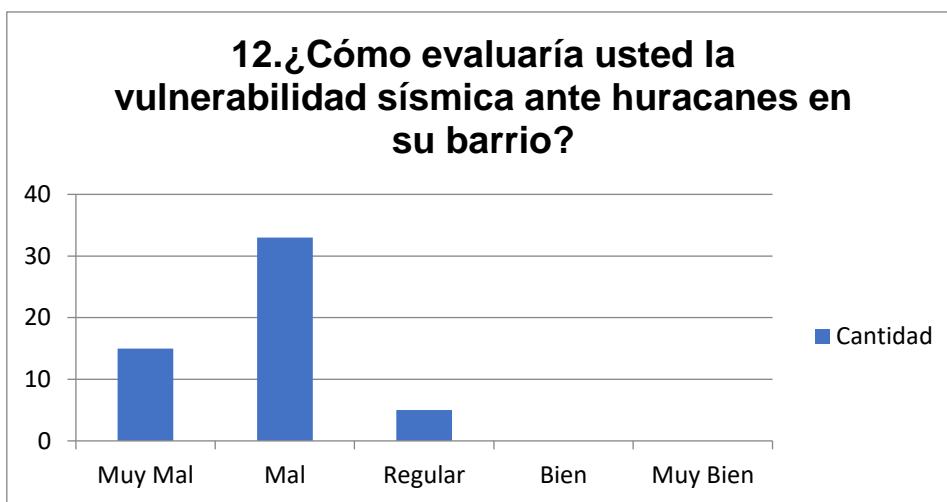


Figura 29. Gráfica de la pregunta 12 de las encuestas realizadas.

La percepción de la ciudadanía de los repartos encuestados afirma que no tienen mucha vivencia ante un desastre ni de tipo sísmico, muchos vivieron el azote del huracán Ike en el 2010 y otros algunos terremotos, pero no recuerdan la fecha de estos. Una conclusión importante es que las comunidades y los damnificados deben tener poder de decidir las prioridades de la recuperación y reconstrucción, (ver Figura 30).

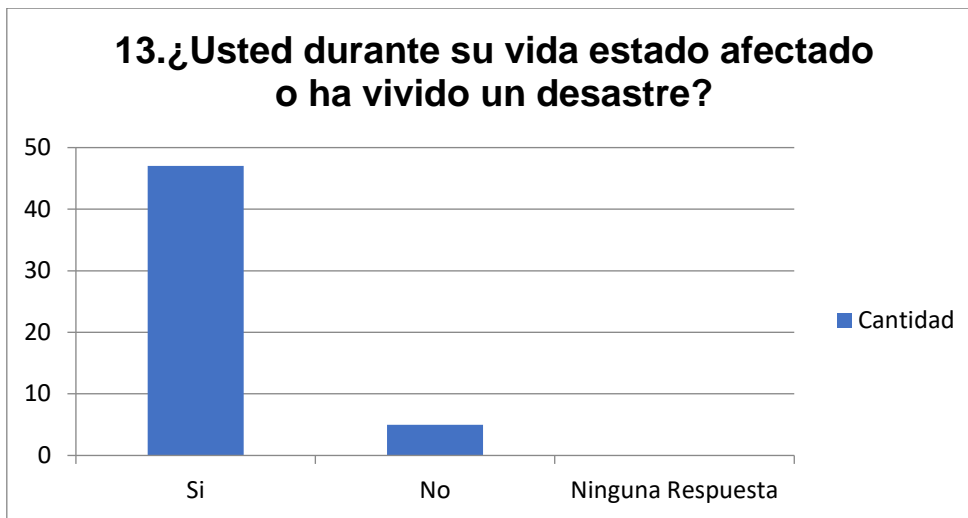


Figura 30 Gráfica de la pregunta 13 de las encuestas realizadas.

El problema de la evacuación es interesante en la población, pues algunos manifiestan que prefieren quedarse en sus casas y no evacuarse, luego el tema de reubicación y reconstrucción es el proceso que no todos los ciudadanos asimilan, (ver Figura 31).

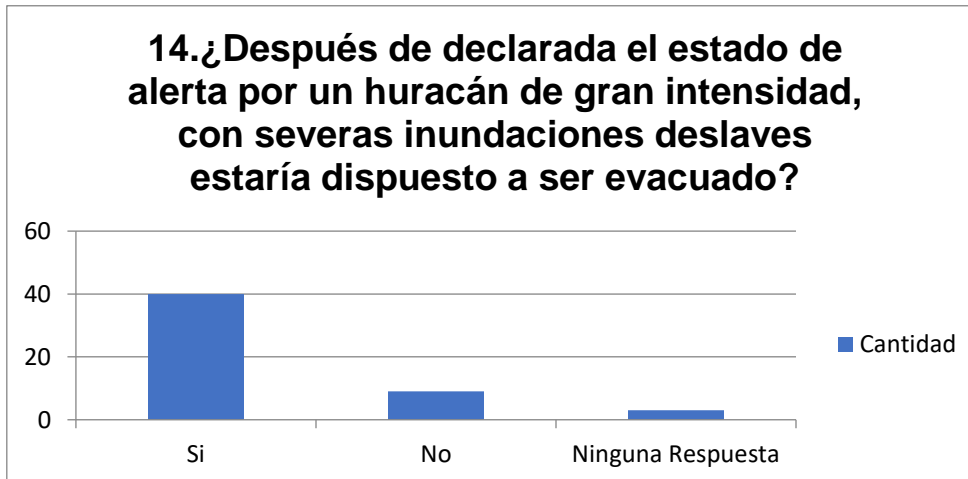


Figura 31 Gráfica de la pregunta 14 de las encuestas realizadas.

La población indica que independientemente de los problemas de comunicación existente se debe establecer un sistema de alerta temprana y obras de mitigación no solo para el caso de los sismos sino de otros procesos y fenómenos que tienen lugar en estos repartos como las inundaciones, los huracanes, las intensas lluvias, ect (ver Figura 32).



Figura 32 Gráfica de la pregunta 15 de las encuestas realizadas.

Se evidencia la poca preparación de la población ante el manejo y gestión de los desastres naturales y sísmicos en particular. Las instituciones gubernamentales, mantienen informada la población pero no como debería ser, citó un habitante del Reparto Los Mangos, aparte de esto, también señalaban las organizaciones barriales como otra forma de información, (ver Figura 33)

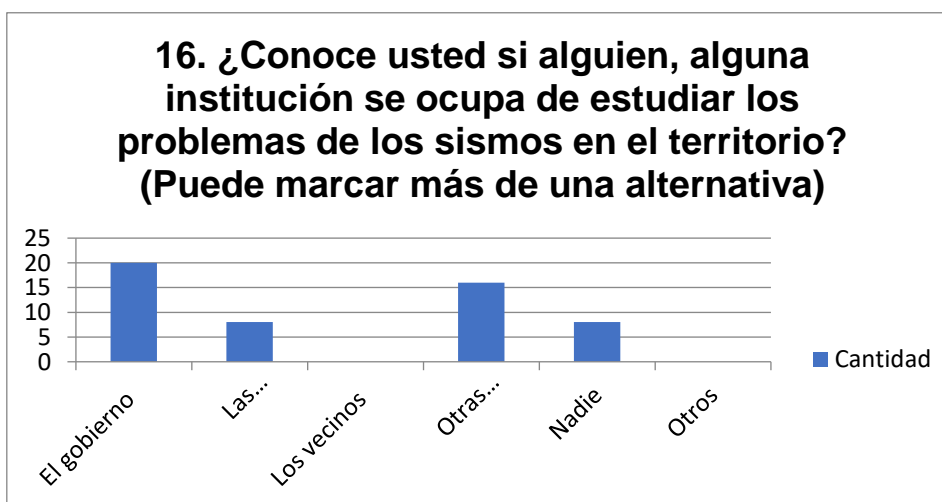


Figura 33 Gráfica de la pregunta 16 de las encuestas realizadas.

No existe un buen nivel de conciencia de la necesidad de autoprotección y autogestión, todos los habitantes manifiestan que no tienen las condiciones necesarias para enfrentar los efectos que provocaría un sismo de gran intensidad. Pues no tienen el conocimiento para enfrentarse a un desastre de gran magnitud como este, (ver Figura 34).

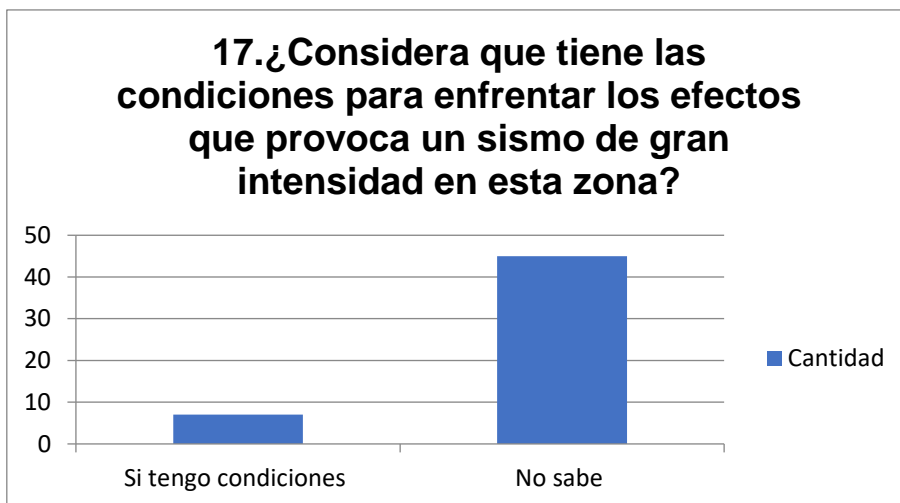


Figura 34 Gráfica de la pregunta 17 de las encuestas realizadas.

3.3 Análisis de la intensidad sísmica registrada.

El análisis para la intensidad sísmica registrada indica que las áreas con mayor grado de intensidad se encuentran en los Consejos Populares Joselillo, Haití Chiquito y Pueblo Nuevo como se observa en la figura 35. Estos elevados valores se deben a una serie de características que están presentes en el área de estudio, entre ellos se encuentran las características de los suelos, el nivel freático, la tipología de las casas, la microzonación sísmica del área, entre otros.

Consejo Popular Joselillo (punto número 4):corresponde al área ocupada por suelos muy blandos tipo fango, arcillas y limos sueltos. Estos sedimentos palustres del cuaternario, se localizan fundamentalmente en la llanura del aeropuerto y parte del litoral costero. La zona resulta especialmente problemática desde un punto de vista de respuesta sísmica, no sólo debido a los efectos de amplificación sísmica (que pueden resultar muy altos), sino también, por el posible desarrollo de fenómenos de licuefacción debido a la profundidad del nivel freático, que por lo general es muy alto (0-1 m).En este Consejo Popular las casas se encuentran en muy mal estados (Ilustración1), son construcciones de maderas que poseen entre 50 y 60 años. Además por este punto también pasa una falla, lo que hace a esta localidad más propensa a sentir con más fuerza los sismos.

Consejo Popular Haití Chiquito (punto número 6): aparecen suelos friables arenosos y suelos muy blandos saturados con zonas donde el nivel de profundidad de yacencia de las aguas subterráneas se ubica entre 2-2,5 m. Son

terrenos que presentan un comportamiento mecánico mixto entre arena gravo limosa y arcillas. Se encuentran fundamentalmente en la parte central del área de estudio. En estas zonas se espera una amplificación alta asociada a los sedimentos aluviales de los cauces de ríos Aserrió y Cabaña y a los depósitos costeros. Por este punto se interceptan 2 fallas (Figura 35) Las casas se encuentran en estado regular.

Consejo Popular Pueblo Nuevo (puntos 15 y 44): esta zona es similar a la anterior, pues los suelos que aparecen son los suelos friables arenosos y suelos muy blandos saturados, ya aquí el nivel de yacencia de las aguas subterránea se ubica entre 2,5-3 m. Este contiene gravas angulosas en forma caótica, contiene además algunos horizontes lenticulares limo arenoso. Por este punto no pasa ninguna falla y las casas se encuentran en buen estado.

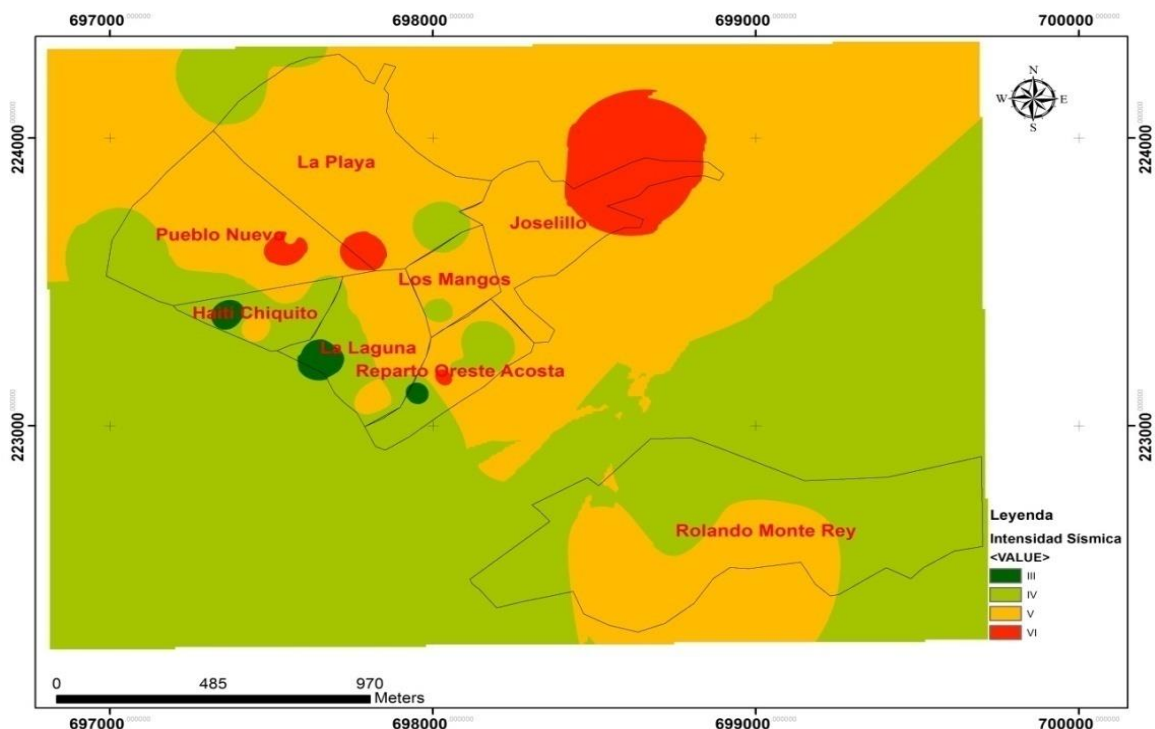


Figura 35. Mapa de intensidad sísmica del área de estudio.

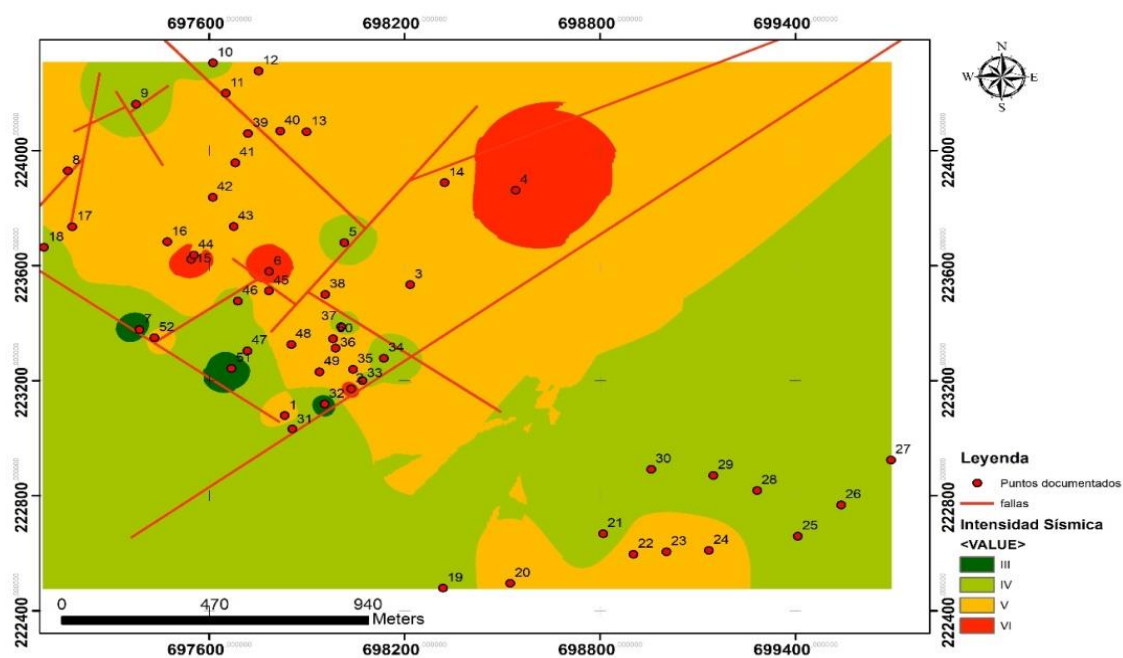


Figura 36. Mapa de intensidad y fallas del área de estudio.

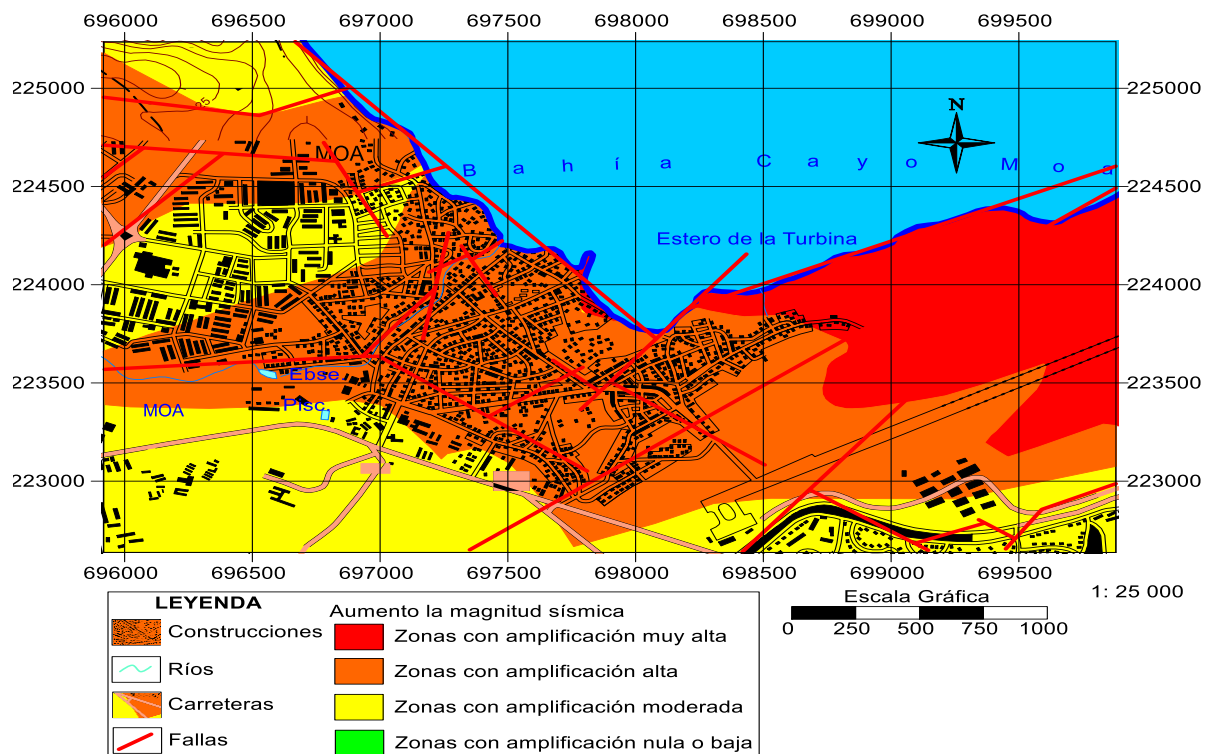


Figura 37 Mapa de microzonación sísmica del sector urbano de Moa. Vinardell Peña 2018

3.4 Relación entre intensidad sísmica y efecto de sitio.

La intensidad sísmica que existe en la parte este del municipio de Moa, es muy alta, pues llega a alcanzar valores entre V y VI en la escala de intensidad sísmica MSK, la relación que tiene esta intensidad sísmica con el efecto de sitio es que las áreas con mayor intensidad corresponden al área ocupada por suelos muy blandos tipo fango, arcillas, limos sueltos y suelos friables arenosos. La variación del efecto de sitios producida únicamente por la variación en la litología del suelo y que estos son constantes, es decir, el comportamiento no lineal del suelo no incide en la magnitud del efecto de sitio.

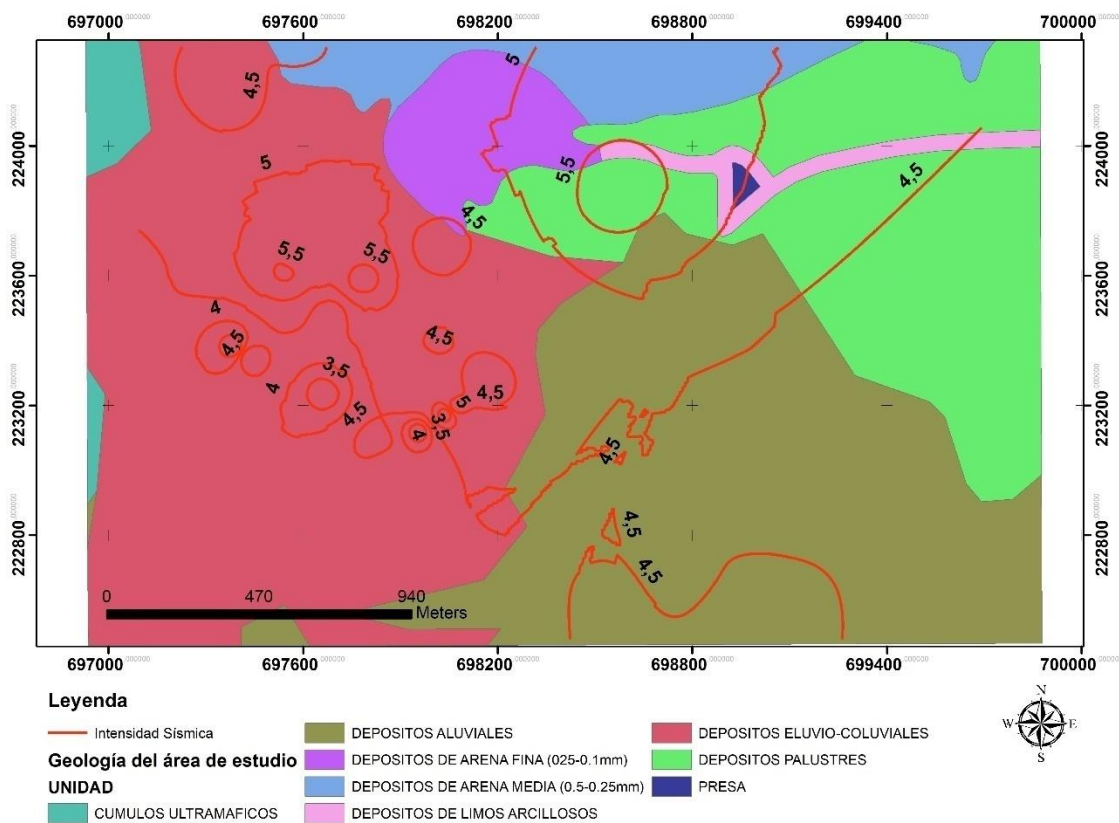


Figura 38 Mapa de intensidad sísmica y geología del área

Conclusiones

1. El análisis de las encuestas determinó que la población del sector este del municipio de Moa posee un nivel de percepción muy bajo, pues no existe un buen nivel de conciencia sobre lo que deben realizar antes la presencia de un fenómeno de gran magnitud. En este sentido, es importante destacar la alta preocupación que poseen frente a la amenaza de un sismo, lo que demuestra que el desconocimiento de su hábitat los hace más vulnerables y, por lo tanto, sería esperable que tengan poca capacidad para gestionarse ante una situación como esta.
2. La intensidad registrada a partir de las encuestas realizadas esta en un rango de 3 a 6 grados en la escala de Mercalli.
3. La relación que existe entre la intensidad sísmica y el efecto de sitio en esta área es que estamos presentes ante una litología de suelos muy flácidos tipo fango, arcillas, limos sueltos y suelos friables arenosos, lo que es favorable para la ocurrencia de una mayor amplificación en el efecto de sitio de esta localidad.
4. Se realizó el mapa de isosistas del área de estudio lo que permitió determinar que las áreas que manifestaron mayor intensidad sísmica son los consejos populares Joselillo, Los Mangos y Haití Chiquito.

Recomendaciones

Realizar un estudio que permita analizar la relación suelo estructura, producto a las condiciones precarias en las que se encuentran muchas casas en el área de estudio.

Realizar actividades que permitan la preparación de la población ante la ocurrencia de fenómenos naturales.

Bibliografía

AGUIAR, Roberto; MORA, D.; MORALES, Enrique. Peligrosidad sísmica de Quito y el método del espectro de capacidad con CEINCI-LAB. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 2015, vol. 20, no 1, p. 1-39.

ALMAGUER CARMENATES, Yuri; GUARDADO LACABA, Rafael. Caracterización ingeniero geológica del perfil de meteorización de rocas ultrabásicas serpentizadas en el territorio de Moa, Cuba. *Minería y Geología*, 2005, vol. 21, no 3.

ASTROZA, Maximiliano, et al. Intensidades sísmicas. *Mw= 8.8 Terremoto en Chile. 27 de febrero de 2010*, 2012, p. 107-126.

BALANQUÉ, José Alejandro Zapata; RODRÍGUEZ, Tomás Jacinto Chuy; RIZO, Ruddy Matos. ESTADÍSTICA DE TERREMOTOS EN EL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CUBA. PARAMETROS PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA.

BAQUERIZO CONDORI, Chistian David. Estudio geotécnico de suelos para la construcción del complejo deportivo Piuray Pampa, distrito de Chincheros Urubamba–Cusco. 2015.

BENITO, B., et al. PELIGROSIDAD SÍSMICA Y LECCIONES APRENDIDAS DE TERREMOTOS RECIENTES EN LA REGIÓN DE MURCIA: IMPLICACIONES PARA EL DISEÑO SISMORRESISTENTE.

BITRÁN, Daniel. *Metodología para la evaluación del impacto socioeconómico de los desastres*. CEPAL, 2009.

CABALLERO, R. Fugarazzo; GADEA, M.; FIGUERES, V. Sismicidad del Paraguay. 29 y 30 de noviembre del 2018 *Universidad Nacional de Asunción*, 2018, p. 82.

CHUY-RODRÍGUEZ, Tomás J.; DESPAIGNE-LONGCHAMP, Griselda; GONZÁLEZ-SIMÓN, Laudiber. Peligrosidad sísmica de la región de Santiago de Cuba. *Minería y Geología*, 2011, vol. 18, no 2, p. 6.

CHUY-RODRÍGUEZ, Tomás J. Macrosísmica de Cuba: su aplicación en los estimados de peligrosidad sísmica. *Minería y Geología*, 2003, vol. 19, no 1-2, p. 8.

CHUY, T. J., et al. Dictamen Conclusivo. Comisión Ad-hoc para la determinación de las Zonas Sismogénicas de la región Oriental de Cuba y zonas aledañas. *Ciencia en su PC*, 1997, vol. 2, no 2.

DE CASO, Estudios. Manual para la Evaluación del Impacto Socioeconómico y Ambiental de los desastres. 2003.

DEULOFEU, DrCIng Eduardo Rafael Álvarez, et al. Gestión del Riesgo ante Desastres Naturales de las Obras Estructurales y Viales de la Provincia de Santiago de Cuba.

FERNÁNDEZ-DIÉGUEZ, L. B. C. IRAYASELIS; GUARDADO-LACABA, RAFAEL; OLIVA ÁLVAREZ, RICARDO Susceptibilidad a la licuefacción de los suelos en la ciudad de Caimanera, Guantánamo. *Minería y Geología*, 2017.

FERNÁNDEZ, Joaquín Antonio Proenza, et al. Cromititaspodiformes en la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba). *Acta geológica hispánica*, 1998, vol. 33, no 1, p. 153-177.

FERNÁNDEZ-DIÉGUEZ, Liuska, et al. Escenarios susceptibles a la licuefacción inducida por sismos de gran magnitud en Santiago de Cuba. *Minería y Geología*, 2016, vol. 32, no 2, p. 53-69.

FRÓMETA-ALFARO, Mileydis; GUARDADO-LACABA, Rafael. PERCEPCIÓN DEL RIESGO: SU ROL ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO, SUS EFECTOS Y LA ADAPTACIÓN. *Revista de Innovación Social y Desarrollo*, 2017, vol. 2, no 1, p. 96-108.

GUARDADO, R., et al. J, Batista, 1998:" Evaluación ingeniero geológica e hidrogeológica del yacimiento Punta Gorda. *Empresa Comandante Che Guevara. Informe de Investigación.*, Moa, vol. 300.

HERNÁNDEZ, Alexis Ordaz; SANTANA, José Ramón Hernández; MOHAMMED, AbdoSaeed. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica para la Ciudad de San Cristóbal. *Avances*, 2015, vol. 17, no 2, p. 155-164.

HERNÁNDEZ ZALDÍVAR, Andro. *Estudio sobre la vulnerabilidad y el riesgo sísmico del sector Atlántico, Miraflores y Vivienda Checa*. 2012. Tesis Doctoral. Departamento de Geología.

HENRÍQUEZ, Carlos; SANCHO, Freddy; VILLATORO, Mario. Comparación de los interpoladores IDW Y Kriging en la variación espacial de pH, Ca, CICE y P del suelo. *Agronomía Costarricense*, 2008.

ITURRALDE-VINENT, M. A. Cuba: el arco de islas volcánicas del Cretácico. *Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. IGCP project*, 1996, vol. 364, p. 179-189.

ITURRALDE-VINENT, Manuel A. Sinopsis de la constitución geológica de Cuba. *Acta geológica hispánica*, 1998, vol. 33, no 1, p. 9-56.

LANTADA ZARZOSA, Maria de Las Nieves. *Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas GIS. Aplicación a la ciudad de Barcelona*. Universitat Politècnica de Catalunya, 2007.

LEY GARCÍA, Judith; ORTEGA VILLA, Luz María; DENEGRÍ DE DIOS, Fabiola Maribel. Diferencias en la percepción de peligros múltiples entre los habitantes de una ciudad fronteriza de México. *Estudios demográficos y urbanos*, 2019, vol. 34, no 1, p. 71-99.

MILANÉS, Celene; PACHECO, Alicia. Asentamientos costeros en la bahía de Santiago de Cuba: estudio de su vulnerabilidad urbana. *Arquitectura y Urbanismo*, 2011, vol. 32, no 3, p. 18-26.

MURILLO, Diego, et al. Comparación de métodos de interpolación para la generación de mapas de ruido en entornos urbanos. *Ingenierías USBMed*, 2012, vol. 3, no 1, p. 62-68.

NEMA-DE ALMEIDA, Rute Dalva; SOTO-SUÁREZ, Milene; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, Mayra Mónica. RIESGO SÍSMICO EN LAS VIVIENDAS INDIVIDUALES MODERNAS DEL REPARTO AMPLIACIÓN DE TERRAZAS EN SANTIAGO DE CUBA. *Ciencia en su PC*, 2003, no 4.

PRIETO-LESCAILLE, Ilsa Martha, et al. EL HURACÁN SANDY Y EL REPENSAR DEL ORDENAMIENTO URBANO ANTE LAS VIVENCIAS DE DESASTRES NATURALES. *Ciencia en su PC*, 2013, no 3.

PROAÑO SALAS, Eduardo Vinicio. Elaboración de un plan de capacitación de riesgos y desastres naturales para estudiantes de instrucción secundaria del Distrito Metropolitano de Quito. 2008.

QUINTAS, Félix. Análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno de la provincia Guantánamo y áreas cercanas. *Moa (Tesis Doctoral)* 145p, 1989.

REGUERA, Jorge L. Cobiella; ESCOBAR, Arturo Hernández; DÍAZ, Niurka Díaz. Estratigrafía y tectónica de la Sierra del Rosario, Cordillera de Guaniguanico, Cuba occidental. *Revista Minería y Geología*, 2000, vol. 17, no 1, p. 5-15.

RODRÍGUEZ-INFANTE, Alina. Estilo tectónico y geodinámica de la región de Moa. *Minería y Geología*, 1998, vol. 15, no 2, p. 37-41.

RODRÍGUEZ-INFANTE, Alina. Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica. *Minería y Geología*, 2005, vol. 21, no 3, p. 39.

RODRÍGUEZ INFANTE, Alina. Geomorfología de la región de Moa. 2001.

RODRÍGUEZ INFANTE, Alina. Peligro sismotectónico en la región de Moa. 2001.

RODRÍGUEZ INFANTE, Alina. *Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica*. 1998. Tesis Doctoral. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geológicas.

RODRÍGUEZ, Tomás J. Chuy. MACROSÍSMICA DE CUBA Y SU APLICACIÓN EN LOS ESTIMADOS DE PELIGROSIDAD SÍSMICA.

RODRÍGUEZ, Tomás J. Chuy. TERREMOTOS SIGNIFICATIVOS DE SANTIAGO DE CUBA: 1766 Y 1852.

RUBIANO, Martha Teresa Martínez. Los geógrafos y la teoría de riesgos y desastres ambientales. *Perspectiva Geográfica: Revista del Programa de Estudios de Posgrado en Geografía*, 2009, no 14, p. 241-263.

SÁNCHEZ SÁNCHEZ, Yumisleidys, et al. Caracterización hidrogeológica e ingeniero geológica del yacimiento Punta Gorda, Moa. 2007.

SILVA REYES, Arianna. *Análisis de la vulnerabilidad sísmica del reparto Rolando Monterrey en el municipio de Moa*. 2017. Tesis Doctoral. Departamento de Geología.

TSIGE, Meaza, et al. Propuesta de clasificación geotécnica del “Efecto Sitio”(Amplificación Sísmica) de las formaciones geológicas de la Región de Murcia. 2006.

TSIGE, M., et al. Los grandes deslizamientos inducidos por los terremotos de El Salvador del 2001: Control litológico y estructural. *Geogaceta*, 2008, vol. 10, p. 1567-5172.

VILTRES-MILÁN, Yexenia; GUARDADO-LACABA, Rafael; ALFONSO-OLIVERA, Lázaro D. Cartografía de la peligrosidad por deslizamientos en el municipio de Mayarí, Holguín. *Minería y Geología*, 2019, vol. 35, no 2, p. 126-146.

VILTRES MILÁN, Yexenia. *Evaluación de riesgos por deslizamiento en taludes y laderas del sector Este del Municipio Moa*. 2010. Tesis Doctoral. Departamento de Geología.

VINARDELL PEÑA, Raquel. *Microzonación sísmica del sector urbano de Moa*. 2018. Tesis Doctoral. Tesis en opción al título de Máster en Geología. Mención Geología Ambiental.