

República Dominicana
Universidad Tecnológica del Cibao Oriental

Universidad Estatal



Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales
Escuela de Ingeniería en Geología

Trabajo de Grado para optar por el Título de Ingeniería en Geología

Título:

**Evaluación de la Industrialización, Reservas y Tecnificación de las Rocas Coralinas
en la República Dominicana**

Sustentado por:

Luis Manuel Peña Herrera

Jean Carlos Medrano

Asesor:

Ing. Rolando Muñoz Mejía

Los conceptos emitidos en
este Trabajo de Grado son de
la exclusiva responsabilidad
de los sustentantes del
mismo.

Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez

Año académico 2016-2017

INDICE

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

RESUMEN

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación.....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Hipótesis:.....	6
1.4.1. Hipótesis alternativa.....	6
1.4.2. Hipótesis nula.....	6
1.5. Variables e indicadores	7
1.5.1. Alcances y límites	7
1.6. Alcance.....	7
1.7. Definiciones de términos.....	8
1.8. Marco Conceptual	12
1.8.1. Situación geográfica.....	12
1.8.2. Aspectos Hidrogeológicos	13
1.8.3. Clima.....	15
1.8.4. Marco geológico	15
1.8.5. Tectónica.....	17
1.9. Geomorfología	17

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Introducción	19
-------------------------	----

2.2.	Reserva de la caliza coralina	19
2.2.1.	Factores que afectan a las reservas mineras.....	21
2.3.	Componentes químicos	21
2.4.	Propiedades físicas de la caliza coralina.	22
2.5.	Técnica de extracción en bloque de Caliza Coralina	24
2.5.1.	Métodos de extracción de Rocas ornamentales	24
2.6.	Potencial minero.....	27

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1.	Introducción	28
3.2.	Diseño de investigación	28
3.3.	Tipo de investigación	28
3.4.	Enfoque de investigación	29
3.5.	Técnicas e instrumentos	29
3.6.	Procedimientos	30
3.7.	Análisis y presentación de los resultados	31

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1.	Reserva de la caliza coralina	32
4.2.	Componentes químicos de la caliza coralina.	33
4.3.	Propiedades físicas de la caliza coralina	34
4.3.1.	Indicadores macroscópicos de la caliza coralina para su industrialización	34
4.4.	Técnica de extracción en bloque de Caliza Coralina	35
4.4.1.	Equipos utilizados para la tecnificación	42
4.4.2.	Levantamiento de equipos y maquinarias por empresas de industrialización de roca coralina en cantera y en planta.....	47
4.5.	Potencial minero.....	49
4.5.1.	Producción de la coralina.....	49

4.5.2.	Exportación de la coralina	50
4.5.3.	Precio	51
4.5.4.	Demanda nacional de caliza coralina.....	52
CAPÍTULO V		54
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS		54
5.1.	Introducción	54
5.2.	Reserva de la Caliza Coralina	54
5.3.	Componentes químicos	55
5.4.	Propiedades físicas de la caliza coralina	55
5.5.	Técnica de extracción en bloque de caliza coralina	56
5.6.	Potencial minero.....	57
Conclusión		58
Recomendaciones		60
Referencias bibliográficas.....		61
Anexos		63

Título:

Evaluación de la industrialización, reservas y tecnificación de las rocas coralinas en la
República Dominicana

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por ayudarnos a alcanzar nuestros objetivos, por darnos las fuerzas necesarias para cumplir la meta propuesta y por ser luz en los buenos y malos momentos.

A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO)

Por haber ofertado la carrera de Ing. en geología y darnos la oportunidad de incursionar en ella.

A nuestros profesores/as

Por compartir sus conocimientos y experiencias. Gracias a cada uno de ellos por el tiempo dedicado y por sus enseñanza.

A las empresas: CORALDOM Coral Stone, Boriquen Coral Stone, Caribbean Coral Stone, La Ensenada, Coralina del Este, Romana Coral Stone, La Dirección General de Minería,

Por abrir sus puertas para el desarrollo la investigación realizada, por el trato dado y facilitar la información, gracias a ellos se pudo cumplir con los objetivos planteados.

A nuestro asesor el Ing. Rolando Mejía

Por sus consejos y por sus experiencias brindadas, por ofrecer su mano amiga para la realización de este proyecto de investigación, sin duda alguna un gran maestro, amigo y colaborador, gracias a Dios por haberlo puesto en nuestro camino para la asesoría de esta investigación.

Luis Manuel Peña Herrera

Jean Carlos Medrano Mejía

DEDICATORIA

Para mis Padres

Por su amor, trabajo, sacrificio en todos estos años y por ayudarme con todos los recursos necesarios para estudiar; gracias a ustedes he llegado hasta aquí y convertirme en lo que soy, una persona de bien en la sociedad. Mi madre aunque no tuve la oportunidad de compartir a tu lado en la última etapa de mi carrera, sé que desde el cielo estuviste guiando mi camino, brindándome esa fuerza y fortaleza necesaria para salir adelante, sé que Dios te tiene en un lugar muy especial. Mi querida Mamita cuanta falta me ha hecho, aunque no estés físicamente siempre vas a vivir en mi corazón.

A mis hermanos

Por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar como profesional. Principalmente a mi hermanita y melliza *Luz María* quien ha sido y es mi mayor motivación, inspiración y felicidad, *Pedro Pablo* y *María Altagracia* quien en ausencia de mi madre ha sido como una segunda madre ayudándome bastante con recursos económicos para costear mis estudios, los quiero mucho de verdad, gracias.

A mis compañeros de clases

Luis Ángel Mosquea, Rosa María Adames, Roberto Martes, Auridy Severino Díaz, Dainel Burgos, José Enmanuel Solano, Ezequiel Contreras, Denny Saldivar, Soribel Martínez, Jean Carlos Medrano, Albert Belén Manzueta, Harold Rojas Ortiz, Berenice Matías Marte, Joel Muñoz Salazar, Luz Liliana Lizardo Genao, Roque Sierra, Armando

Suárez, Heriberto Urbano, Jorge Luis Reyes, por todos los momentos que pasamos juntos, por la tareas que juntos realizamos, por todas las veces que a mí me explicaron, gracias y por la confianza que en mi depositaron.

A mi novia

Yudelka por sus palabras y confianza, por su amor y brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente. La ayuda que me ha brindado ha sido extremadamente importante, estuviste a mi lado inclusive en los momentos más tormentosos. No fue muy simple finalizar con éxito este proyecto, sin embargo, fuiste muy motivadora, me ayudaste hasta donde te era posible. Muchas gracias amor, te amo.

A mis familiares

Rafael Peña Batista, Jesús Reynaldo, Nelson, Félix, Ovidio Rodríguez, Luis David, Cristino Peña, Justo Peña, Negrito Peña, Inocencio, Fernando, Brao, y a todos aquellos que de una forma u otra colaboraron conmigo, gracias por apoyarme en aquellos momentos cuando más los necesitaba.

A mis amigos

Luis Ángel Mosquea, Roberto Marte, Alexander Rodríguez, Eddy Josué gracias por nunca decirme que no, siempre que los necesitaba estaban presente, nunca pusieron barreras para ayudar en algo. Este logro es de ustedes gracias hermanos.

Luis Manuel Peña Herrera

DEDICATORIA

A mis padres

Corpa Mejía y Máximo Medrano por su esfuerzo, dedicación y confianza depositada en mí, por inculcarme los principios y valores que me han hecho.

A mi abuela

Ana Berta Evangelista por su incondicional apoyo, por siempre estar ahí conmigo sin importar las circunstancias, por el cariño brindado y agradecido de Dios por darme ese gran soporte.

A mi primo

Ariel Rodríguez por ser un amigo incondicional, por brindarme su mano amiga y estar ahí en los buenos y malos momentos, gracias por todo.

A mi tía

Catalina Mejía por las atenciones brindadas de forma desinteresada.

A mis hermanos/as:

Jonathan, Michael, Madelyn, Jennifer porque aparte de hermanos amigos, personas de bien con quienes puedo contar. Porque en ellos veo el reflejo de mí y el resultado del buen trabajo educativo de nuestros padres y familiares.

A mis compañeros

Denny Alt. Saldivar, Rosa María Adames, Juan Félix Contreras, Dainel Burgos, Roberto Francisco Marte y a todos los demás. Por su ayuda, colaboración y buenos consejos.

A mi compañero de trabajo de grado

Luis Manuel Peña por el trabajo en equipo, esfuerzo y que a pesar de las circunstancias y adversidades salimos adelante en este proyecto.

Jean Carlos Medrano Mejía

RESUMEN

Evaluación de la industrialización, reservas y tecnificación de las rocas coralinas en la República Dominicana

Esta Investigación se realizó con el objetivo de evaluar la industrialización, reserva y tecnificación de las rocas coralinas en los distritos mineros San Andrés de Boca Chica, Distrito de Bávaro y La Romana. El diseño desarrollado fue no experimental, del tipo descriptivo-exploratorio con un enfoque mixto. De acuerdo a la investigación, las conclusiones a las que se llegaron fueron las siguientes:

- Se cuantifico que en los tres distritos minero de San Andrés Boca Chica, La Romana y Bávaro existen una reservas evaluada de 96,507,901.80 M³ . También se pudo contactar que el distrito minero de San Adres Boca Chica es el más importante ya que posee la mayor cantidad de reservas, en el mismo se encuentran la mayor parte de la empresa que industrializan la caliza coralina (CORALDOM Coral Stone, La Ensenada, Caribbean Coral Stone, Boriquen Coral Stone) y de acuerdo a la memoria geológica de Boca Chica existen indicios de recursos de caliza coralina por lo que se puede seguir aumentando esta reservas.
- En la caliza coralina se determinó que para la industrialización principalmente no se busca un elemento químico presente sino más bien el compuesto de carbonato calcio (CaCo3) que es el mineral de la caliza (calcita). Con los elementos lo que si se toma en consideración que el hierro no sobrepase el 3% en su contenido, que no alga presencia de azufre, ya que esto afectaría la calidad de la caliza entiéndase cambio de color debido a la presencia de óxido.

- Para la industrialización de la caliza coralina las empresas toman en cuenta las siguientes propiedades físicas: color e indicadores macroscópicos, en ese mismo orden el color identifica su calidad en tres tipos A, B Y C donde la tipo A se considera de primera calidad, la tipo B de calidad intermedia y la tipo C no se industrializa, el color viene dados por la presencia de hierro.
- En cuanto a los indicadores macroscópicos se deben identificar las presencias de corales porque el mismo es un atractivo para la caliza coralina y eleva su calidad y su demanda, que tenga una porosidad baja, que sea de un color claro de blanco a crema, que tenga buena consistencia y poca grieta y también un indicador positivo es que la capa superficial sea de tierra negra.
- Se determinó que el sistema de extracción en bloque de caliza coralina más factible es el sistema de extracción en cuadrícula 3*3 con una dimensiones de 5.40 de anchos por 4.20 de largos y 3 metros de espesor ya que este tiene un rendimiento mayor diarios lo que reduce el costo de producción y disminuye 6 horas de operación.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En indagaciones anteriores al estudio en la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), se pudo verificar que no existen estudios realizados sobre, Evaluación de la Industrialización, Reserva y Tecnificación de las Rocas Coralinas en la República Dominicana, pero en el país se han realizado estudios estratigráfico, arrecifales y sedimentológico entre otros, los cuales se han tomado en cuenta por su pertinencia los siguientes:

De acuerdo a la Dirección Nacional de Minería (2014), la Roca Coralina, su mercado es básicamente la construcción para elementos decorativos, aglomerantes, revestimiento de superficies como protección o decorarlas, por sus propiedades físicas de no calentarse al estar expuestas al sol y no tener una superficie resbaladiza se colocan alrededor de piscinas, y en los últimos años se ha estado utilizando como pisos semi-pulidos en interiores.

La coralina desde el año 1986 hasta el 2010, tuvo una gran demanda en la zona hotelera del Este de la República Dominicana, ya que la misma presentó un crecimiento en la oferta de alrededor de unas 900 habitaciones pasando para 2010 a una cantidad aproximada de 21,000. Y aún esta zona del país se mantiene siendo la que posee la mayor oferta actual de habitaciones.

En (2010) el Dr. Juan Carlos Braga Alarcón del Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la Universidad de Granada realizó un Estudio Titulado “Cartografía Geotemática de la República Dominicana: Calizas de Plataforma y Facies Asociadas del Plioceno y Pleistoceno Inferior (Fms. Yanigua y Los Haitises) en la Zona Oriental de la República Dominicana”, con el fin de tratar en detalle las características sedimentarias de las calizas y de los depósitos lateralmente equivalentes que afloran alrededor de la Cordillera Oriental, de los relieves de transición entre ésta y la Cordillera Central y al sureste de ésta última. Donde se describen las litologías y facies, edades de las Formaciones (Fms.) Yanigua y Los Haitises, el modelo sedimentario, Evolución sedimentaria y Paleogeografía de las Fms. Yanigua y Los Haitises, estas informaciones son vital al momento de evaluar una zona con potencial para ser explotada industrialmente hablando.

En (2009) Braga, en un informe sobre las Formaciones Arrecifales (Fms.) del Neógeno y Cuaternario de la República Dominicana, en el cual se dan detalles sobre los espesores que alcanzan las terrazas arrecifales en algunas localidades tiene más de 20 metros. Y se describen los diferentes fósiles presentes en las formaciones.

1.2. Planteamiento del problema

La roca coralina en República Dominicana, acorde a informaciones de la Dirección General de Minería (DGM), está distribuida en tres distritos mineros constituidos por las coralinas de San Andrés de Boca Chica, Distrito de Bávaro y la zona de La Romana. Estas rocas ocupan un sistema de terrazas coralinas que se levantan desde la costa hasta la Cordillera Oriental.

Las memorias geológicas 6271-I (Guerra), 6271-II (Boca Chica), 6371-III (San Pedro de Macoris), 6371-II -(Boca del Soco) y 6471-III (La Romana) reporta que los litotectos existentes en la zona poseen grandes reservas y son susceptibles de aprovechamiento futuro, al menos en las zonas de poca presencia urbana, tal como acontece hoy en día. En cualquier caso, la demanda de caliza coralina depende directamente del dinamismo del sector de la construcción, tanto a nivel urbanístico como de infraestructuras y obras civiles.

El tipo de roca caliza de la llanura costera del Este, se encuentra en terrazas con características que posee la caliza coralina corroborada, a través de las numerosas concepciones mineras existente en el área, es única por su gran presencia de fósiles de corales esto la hace especial y de gran valor económico. En la zona de Boca Chica, grandes cantidades de roca coralina con el pasar de los años ha venido siendo explotada económicamente por diversas empresas del sector privado, entre ellas, CORALDOM Coral Stone, Coralina del Este, Central Romana, Mármoles y Canteras del Caribe, S.A., Marmotech; S.A, Fria Macon, Tecnolites, Caribbean Coral Marbel, La Ensenada entre otras no menos importantes.

Los volúmenes de producción de estas empresas, en la actividad de industrialización que está vinculada a la comercialización imperante se ha centrado en exportación de gran parte de la producción total de Caliza Coralina de cada empresa, esto deja en evidencia que en la República Dominicana solo existe una reducida prácticas orientada al valor agregados de las rocas ornamentales como la producción de subproductos, lo que se traduce en una menor generación de ingresos por parte de esta industria.

La mayor parte de las empresas que están en procesos de explotación de minerales, se encuentran en el municipio de Boca Chica, donde se extraen mayormente rocas calizas coralinas. En el país existen tres proyectos en trámites para explotar rocas ornamentales entre estas las rocas coralinas en Boca Chica.

A pesar de que este tipo roca es usada para la elaboración de cornisas, columnas, molduras, cenefas, fuentes, grabados y todo tipo de artesanía o escultura. La piedra coralina es común en ambientes tropicales caribeños, en terrazas y exteriores de los hogares y residencias de campo o playa. En la República Dominicana, no se cuenta con los estudios requeridos para la evolución de su industrialización y durante muchos años, el uso de la coralina en El Caribe se limitó casi exclusivamente a la elaboración de monumentos y su exportación.

Por lo cual surge la motivación de desarrollar un estudio detallado en estos depósitos en los distritos mineros de San Andrés de Boca Chica, Bávaro y la zona de la Romana, con la finalidad de evaluar el potencial de las reservas existentes y en el área de investigación. La investigación se realizó en base a las siguientes interrogantes:

- 1- ¿Cuáles son las reservas de la caliza coralina de los distritos mineros San Andrés de Boca Chica, Distrito de Bávaro y La Romana?
- 2- ¿Cuáles son los componentes químicos que se necesitan en la caliza coralina para su industrialización?
- 3- ¿Qué propiedades físicas debe tener la caliza coralina para su comercialización?
- 4- ¿Cuál es la técnica más factible para la extracción en bloques de la caliza coralina?
- 5- ¿Cuál es el potencial minero de la caliza coralina existe en los distritos mineros San Andrés de Boca Chica, Distrito de Bávaro y La Romana?

1.3. Justificación

El presente trabajo de investigación tiene una gran importancia para el sector económico de la República Dominicana, específicamente el sector minero dentro de la industria no metálica.

Los resultados que fueron emitidos por este trabajo ayudaron a que se incorporen nuevos proyectos, identificando las diferentes reservas de rocas coralinas, su demanda y sus respectivos procesos de industrialización asumiendo sus características naturales las cuales hicieron posible el aprovechamiento óptimo de las reservas, representando un impacto en el mercado desde el punto de vista de las exportaciones.

El estudio de la caliza coralina que se propone fue de suma importancia para la evaluación de las reservas de este valioso producto. Los resultados fueron de gran valor para la República Dominicana, tanto por el impacto económico que trajo consigo, como, para la industrialización de la misma (Mejía, 2011).

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la industrialización, reservas y tecnificación de las rocas coralinas de los distritos mineros San Andrés de Boca Chica, Distrito de Bávaro y La Romana.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Cuantificar la reserva de la caliza coralina de los distritos mineros San Andrés de Boca Chica, Distrito de Bávaro y La Romana.
- b) Determinar los componentes químicos que se necesitan en la caliza coralina para su industrialización.

- c) Identificar las propiedades físicas que debe tener de la caliza coralina para su comercialización.
- d) Determinar la técnica más factible para la extracción en bloque de caliza coralina.
- e) Evaluar el potencial minero de la caliza coralina en los distritos mineros San Andrés de Boca Chica, Distrito de Bávaro y La Romana.

1.4. Hipótesis:

1.4.1. Hipótesis alternativa

Se supone que la República Dominicana tiene un alto potencial minero de caliza coralina, que se puede extraer en bloque.

1.4.2. Hipótesis nula

Se supone que la República Dominicana no tiene un potencial minero de caliza coralina debido a que los bancos de coralina tienen presencia de fallas, diaclasas y bolsones de arcilla lo que dificulta la obtención de bloque.

1.5. Variables e indicadores

Variables	Indicadores
Reserva de la Caliza Coralina	– Densidad de la caliza coralina – Área de canteras – Espesor de canteras – Volumen de la caliza – Tonelaje
Componentes químicos	– Carbonato de calcio (CaCO_3) – Calcio (Ca) – Magnesio (Mg) – Azufre (S) – Hierro (Fe)
Propiedades físicas de la Caliza Coralina	– Presencia de fósiles – Porosidad – Alteración – Color – Materia orgánica – Presencia de arcilla
Técnica de extracción en bloque de Caliza Coralina	– Corte de bloque de 1.8m*3m – Corte de bloque en cuadrícula de 5.4m*10m – Equipos
Potencial minero	Industrialización – Producción de la coralina – Exportación de la coralina – Precio – Demanda

1.5.1. Alcances y límites

1.6. Alcance

Campo: Geología

Área: Minería no metálica

Aspecto: Industrialización de la Caliza Coralina en la República Dominicana.

Delimitación especial:

Esta investigación se realizó en el campo de la minería no metálica, específicamente en los distritos mineros de San Andrés de Boca Chica, Distrito de Bávaro y la zona de La Romana.

Delimitación temporal:

Esta investigación se realizó desde el mes de febrero del 2016 hasta diciembre del mismo año.

Alcance investigativo:

El producto de esta investigación es aportar un estudio detallado sobre el potencial minero de caliza coralina que existe actualmente en área, para la industrialización de la misma en la República Dominicana.

1.7. Definiciones de términos

Análisis químico: se ocupa de la parte práctica de separar, identificar y determinar la composición relativa de cualquier muestra de materia. (Campillo, 2012).

Área: es la medida de la cantidad de la superficie, por lo que el área de un polígono es un número, que está relacionado con la unidad de medida buscada (Kula, 1980).

Caliza Coralina: son esqueleto calcáreo de los corales que forman los arrecifes de coral. Este esqueleto con el tiempo sufre diagénesis y se convierte en caliza. La Piedra Coralina

se presenta en varios colores, cada uno de ellos con distinta densidad y dureza (González et al., 2011).

Calizas: es una roca sedimentaria compuesta casi en su totalidad por carbonato de calcio (CaCO_3) generalmente calcita, pero pueden contener pequeñas cantidades de otros minerales. (Klein et al., 1959)

Contenido de carbonato: para determinar carbonatos en una muestra sólida o líquida, se puede hacer cualitativamente una prueba con ácidos minerales, que transforman los carbonatos en ácido carbónico y éste, por ser muy inestable, se descompone en dióxido de carbono y agua produciendo así una efervescencia. Al cuantificar carbonato de calcio, si se trata de una muestra que sólo contiene esta sal cálcica, puede utilizarse una valoración con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA); pero tratándose de una muestra de suelo o de rocas el calcio detectado con EDTA puede no sólo provenir del carbonato de calcio, sino de algunos otros compuestos de este metal como CaO , etc que podrían estar presentes. Para calcular el contenido de carbonato de calcio se puede utilizar un método indirecto, agregando un exceso de HCl de concentración conocida a la muestra y titulándola con NaOH , con fenolftaleína como indicador. Al conocer el exceso, obtenemos la cantidad de ácido que reaccionó con el carbonato de calcio y se utiliza en la fórmula para calcular el porcentaje de éste presente en la muestra. (Hernández, 2000).

Corte de bloque de 1.8m*3m: son corte que se realizan en la cantera en el sistema de extracción tradicional con un diámetro de 1.8 metros de ancho por 3 metros de espesor

este corte por lo general se realiza con una máquina de hilo diamantado. (CORALDOM Coral Stone)

Corte de bloque en cuadrícula 3*3 de 5.4m*4.2m: el sistema de extracción por cuadrícula 3*3 son corte de un diámetro de 5.4 metros de ancho y 4.2 metros de largo en cual se extrae un bloque de 9 block. (CORALDOM Coral Stone)

Costos de producción: son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. En una compañía estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el costo de producción indica el beneficio bruto. (Zugarramurdi, 1998).

Densidad: la densidad es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, y puede utilizarse en términos absolutos o relativos. La densidad absoluta o densidad normal, también llamada densidad real, expresa la masa por unidad de volumen. Cuando no se hace ninguna aclaración al respecto, el término «densidad» suele entenderse en el sentido de densidad absoluta. La densidad relativa o aparente expresa la relación entre la densidad de una sustancia y una densidad de referencia, resultando una magnitud adimensional y, por tanto, sin unidades (Berbel, 2010).

Densidad: la densidad es una propiedad elemental y fundamental de los materiales, relacionada con la naturaleza de sus constituyentes y la porosidad existente entre ellos. La densidad (ρ) se define como la masa (M) por unidad de volumen (V), y se expresa en Kg/m³: $\rho = M / V$. (IUPAC, 1994).

Diagramas de flujo: Es la representación gráfica de las operaciones sobre los datos a través de todas las partes de un sistema de procesamiento de información.(Joyanes et. Al 1996)

Espesor: es el ancho o grosor de una veta, estrato u otros; medido perpendicularmente o normal al buzamiento y el rumbo. (Ministerio de Minas y Energía, 2013)

Fm: estas siglas son la abreviatura en geología de la palabra Formación.

Porosidad: en este caso se considera únicamente la porosidad (n) como una propiedad física, es decir como un parámetro numérico, denominado también volumen poroso (IUPAC, 1994). Se define como el volumen ocupando los espacios vacíos (Vv) por unidad de volumen de roca (V), y se expresa en porcentaje: $n = (Vv / V) \times 100$.

Rocas industriales: las rocas industriales constituyen junto con las menas metálicas, los denominados recursos minerales, una parte económicamente muy importante de los recursos naturales. Las rocas y minerales industriales presentan una amplia diversidad de usos, así como unos grandes intervalos de variación en precios, volumen de extracción, tipología de explotación (García et al 2004).

Rocas ornamentales: se define como la piedra natural que ha sido seleccionada, desbastada o cortada en determinada forma o tamaño con o sin una o más superficies elaboradas mecánicamente (Olguín et al., 2015).

Travertino: es una roca calcárea sedimentaria de depósito químico con estructura vacuolar, marcadamente laminada (Olguín et al., 2015).

Volumen: es una magnitud métrica de tipo escalar definida como la extensión en tres dimensiones de una región del espacio. Es una magnitud derivada de la longitud, ya que se halla multiplicando la longitud, el ancho y la altura.

1.8. Marco Conceptual

1.8.1. Situación geográfica.

El área de investigación está situada en el sector meridional de la República Dominicana, inmediatamente al este de la capital de Santo Domingo, esta afecta a las hojas geológicas a escala 1:50.000 de Boca Chica (6271-II), La Romana (6471-III) mayor parte de su cuadrícula está ocupada por el mar Caribe, de modo que el territorio emergido configura una franja de anchura variable, de la que sobresale de forma notoria Cabo Caucedo (Ver anexo, fig.1 y fig.1.1).

La mayor parte de su territorio pertenece a la provincia de Santo Domingo, concretamente a los municipios de Boca Chica y Santo Domingo Este, excepción hecha del sector oriental, perteneciente a los municipios de San José de Los Llanos y Guayacanes, provincia de San Pedro de Macorís.

La llanura Costera del Caribe es la más destacada de la República Dominicana, tanto por sus dimensiones (240 km de longitud y 10-40 km de anchura) como por albergar varios de sus principales núcleos de población, como Boca Chica, La Romana y San Pedro de

Macorís, además de Santo Domingo. En un sentido estricto, se extiende al Este del río Haina con una dirección E-O, situándose al sur y al este de la Cordillera Oriental.

Se configura como una monótona planicie que sólo ocasionalmente alcanza más de 100 m de altitud, atravesada en sentido N-S por esporádicos cursos fluviales, pero de notable envergadura: Ozama, Higuamo, Soco, Cumayasa, Chavón y Yuma, de Oeste a Este. Pese a su envergadura, se trata de una región con drenajes deficientes, especialmente en su franja costera, cuya composición carbonatada hace que predominen los procesos de karstificación.

En el ámbito de la hoja cartográfica a escala 1:50.000 número 6271-II correspondiente al municipio de Boca Chica, la fisonomía de la Llanura Costera del Caribe se basa en la existencia de tres superficies principales escalonadas de Sur a Norte, que alcanzan una altitud máxima de 60 m en La Borda; en ellas, se ponen de manifiesto las deficiencias del drenaje superficial, al constatarse la total ausencia de cursos fluviales.

1.8.2. Aspectos Hidrogeológicos

En el cuadro adjunto (Fig. 1.2) se resumen las unidades o agrupaciones hidrogeológicas consideradas en la Hoja, señalándose para cada unidad o agrupación

hidrogeológica su litología predominante, el grado de permeabilidad y, en su caso, las características de los acuíferos que albergan, además de algunas observaciones puntuales.

EDAD	UNIDAD O AGRUPACIÓN HIDROGEOLÓGICA	UNIDADES CARTOGRÁFICAS	LITOLOGÍAS	GRADO/TIPO DE PERMEABILIDAD	TIPOS DE ACUÍFEROS Y OBSERVACIONES
CUATERNARIO	Playas	8	Arenas	Alta por porosidad intergranular	Acuíferos libres de productividad limitada
	Depósitos kársticos y lagunares	5, 9	Lutitas	Baja	Sin acuíferos significativos
	Fm La Isabela	3, 4, 6, 7	Calizas arrecifales	Muy alta por porosidad intergranular y karstificación	Acuífero libre extenso de elevada productividad, que descarga al mar
PLIOCENO- PLEISTOCENO INFERIOR	Fm Los Haitises	2	Calizas arrecifales	Muy alta por porosidad intergranular y karstificación	Acuífero libre extenso de elevada productividad que pueden alimentar a algunos acuíferos cuaternarios
	Fm Yanigua	1	Margas con intercalaciones de calizas	Baja	Sin acuíferos significativos

Fig.1.2 Aspectos hidrogeológicos

Las unidades y agrupaciones consideradas se ajustan a las siguientes tipologías:

Formaciones porosas, que constituyen acuíferos de permeabilidad muy alta y productividad alta. Son los conjuntos calcáreos plio-pleistocenos (Fms. Los Haitises y La Isabela), afectados por una intensa karstificación.

En la zona de Boca Chica y la caleta, los niveles estadísticos están muy próximos al nivel medio del mar y, pocas veces están por encima de la cota 1 m.s.n.m., lo que explica la importancia y extensa cuñas de instrucción salina existentes en toda la zona, donde el gradiente hidráulico en muchos tramos es inferior al 0.1%.

Generalmente los abatimientos del nivel freático son mínimos para grandes volúmenes de extracción de agua, lo que evidencia el gran potencial del acuífero, aunque la

explotación de este acuífero se ve limitada por el alto riesgo de intrusión salina antes referido.

1.8.3. Clima

En el área de estudio está afectado por un típico clima tropical con temperaturas anuales medias que varían entre 25° y 26°C, medias máximas de 30°-31°C y medias mínimas de 20°-21°C, observándose en cualquier caso un efecto suavizador del océano ante los cambios de temperatura.

En cuanto a las precipitaciones, sus valores anuales medios son de 1.000-1.500 mm, con valores máximos de 1.600-1.700 mm y mínimos de 700-800 mm, observándose en todos los casos un aumento de Este a Oeste; en cualquier caso, estas pluviometrías sufren variaciones irregulares en función de la frecuencia de llegada de tormentas tropicales y huracanes.

Ya que la mayoría de los afloramientos están constituidos por calizas muy karstificadas pertenecientes a las Fm. Los Haitises y La Isabela, la escorrentía se resuelve de forma subterránea, sin que existan manifestaciones de escorrentía superficial. No obstante debido a la climatología de la zona, son posibles los encharcamientos e inundaciones rápidos en zonas localizadas.

1.8.4. Marco geológico

La hoja Boca Chica refleja fielmente las características geológicas del dominio en el que se incluye, la llanura costera del Caribe. La estructura geológica de ésta se basa en la presencia de plataformas marina pliocena de tipo construcción arrecifallagoon (Fms. Los

Haitises-Yanigua), elevada a comienzos del Cuaternario. La emersión y consiguiente retirada de la línea de costa hacia el sur, dio lugar a la migración de las construcciones arrecifales cuaternarias (Fm La Isabela), con elaboración de superficies de aterrizamiento asociadas (ver anexo Fig.1.3)

Dentro de este contexto general, Boca Chica posee una magnífica representación de las Fms. La Isabela y Los Haitises, si bien la Fm Yanigua aflora exigua y deficientemente, en el sector nororiental.

Entre los sedimentos cuaternarios, cabe destacar los de origen kárstico, desarrollados a expensas de los materiales calcáreos de las formaciones citadas.

Aunque el ascenso de la plataforma y la consiguiente retirada del mar son interpretados en el contexto de una elevación de la región relacionada con fenómenos de envergadura geodinámica, son inexistentes las estructuras superficiales que respondan a deformaciones tectónicas, si bien diversos métodos geofísicos han señalado la presencia en profundidad de la Zona de Falla de La Española, siguiendo un trazado de noroeste a este.

Por otra parte la Hoja de La Romana (6371-III) se localiza en el sector Suroeste de la Llanura Costera del Caribe, espectacular planicie bajo cuya cobertera sedimentaria plio-cuaternaria se ocultan las estructuras de dirección NO-SE de las cordilleras Central y Oriental. El espesor de esta cobertera sedimentaria es variable, pudiendo señalarse como cifra orientativa los más de 600 metros atravesados por los sondeos efectuados en el ámbito de San Pedro de Macorís (Valladares et al., 2006), que también han señalado una profundidad superior a 1.000 m para los materiales del basamento mesozoico-paleógeno.

Entre ambos conjuntos se constata la existencia de una serie sedimentaria de algo más de 300 m de potencia, atribuida con reservas al Mioceno.

1.8.5. Tectónica

En la Hoja de la Romana, la expresión de trazas estructurales es relativamente restringida, tres fallas principales pueden distinguirse en base de la expresión de la topografía. Se trata de la falla de Bayahibe, la falla de La Isla Catalina, y de Santa Cruz de Gato que atraviesan de Este a Oeste la hoja de La Romana y se prolonga de una parte y otra por las hojas de Boca el Soco al Oeste y Boca de Yuma al este (Figura 10). Estas fallas desplazaron los depósitos de la Fm Los Haitises y/o Isabela y han funcionado desde el Plioceno.

Mientras que en la Hoja Boca Chica, aunque no se han identificado estructuras superficiales de origen tectónico, es indudable la existencia de una tectónica activa durante el Cuaternario. El ascenso de la plataforma carbonatada pliocena no es justificable únicamente por variaciones del nivel del mar, sino que debe enmarcarse en un proceso de envergadura geodinámica que se refleja en el ascenso de La Española y el consiguiente incremento de su superficie.

1.9. Geomorfología

El relieve de la zona está condicionado en gran medida por la naturaleza y la disposición de los materiales que la conforman. El condicionante fundamental de la morfoestructura observable deriva principalmente de la fisonomía de la plataforma arrecifal establecida en la Llanura Costera del Caribe durante el Plioceno, de forma que el

antiguo lagoon (Fm Yanigua) pasaría a ser una depresión endorreica separada del mar Caribe por el umbral constituido por la antigua barrera arrecifal (Fm Los Haitises).

Por otra parte, las morfologías condicionadas por la distinta resistencia ofrecida por los materiales aflorantes a la erosión, o litoestructurales, consisten fundamentalmente en superficies estructurales degradadas o ligeros retoques erosivos generados a techo de niveles calcáreos de la Fm Yanigua y, con mucha mayor extensión, de la Fm Los Haitises. En este caso, se trata de la superficie superior de la Llanura Costera del Caribe, que alberga las cotas más elevadas de la llanura en la región, llegando a alcanzar puntualmente +100 m, si bien son más frecuentes valores de +60 m en la parte meridional.

Aunque parece evidente su carácter estructural, es probable que también haya sufrido la acción de la morfogénesis marina-litoral durante su formación.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Introducción

En el presente capítulo se presenta la plataforma teórica utilizada para la investigación, donde se tomó como parámetros las variables de la investigación, en las generalidades de la industrialización de la caliza coralina. Tomando en cuenta que el propósito de la investigación que es evaluar la industrialización, reservas y tecnificación de las rocas coralinas de los distritos mineros San Andrés de Boca Chica, Distrito de Bávaro y La Romana.

2.2. Reserva de la caliza coralina

Para que un recurso minero llegue hacer reserva debe cumplir con los siguientes factores tales como: que tenga la mena considerable para que haga rentable el yacimiento y que cumpla con todos los aspectos legales desde todos los puntos de vista (sociales, ambientales y económicos).

La cubicación de reservas de un yacimiento consiste en establecer de forma numérica los principales parámetros de la explotación: tonelaje (o volumen) del material explotable, ley media y ley de corte, así como el valor económico total de estas reservas. Para ello, se parte de datos puntuales, que en general proceden de sondeos mecánicos, que se extrapolan a datos reales, se multiplican por la potencia para obtener volúmenes, que se multiplican a su vez por la densidad para obtener tonelaje de todo uno, y por los contenidos (leyes) para

obtener el tonelaje del mineral o elemento de interés minero que vamos a obtener Annels ((1991). En la valoración económica hay que tener en cuenta este tonelaje, pero afectado por el rendimiento de la planta de tratamiento (que nos define la proporción del elemento que queda inaprovechado debido a pérdidas en el proceso de concentración), y en su caso, el precio que nos pagarán en las plantas metalúrgicas por la tonelada del concentrado que podamos conseguir en el lavadero. También hay que conocer los contenidos en elementos que puedan añadir valor comercial a nuestra producción, o que puedan afectar negativamente a éste.

Esta cubicación, además de por lo datos puramente geológicos, está afectada por otros factores, como el geométrico (mayor o menor continuidad de la mineralización el en yacimiento, que puede hacer que determinadas zonas queden inaccesibles a la explotación), y por el tipo de minería que se pretende llevar a cabo: no es lo mismo la explotación subterránea que la a cielo abierto, como diferencias más acusadas. En cada caso, el planteamiento económico-minero puede ser diferente, puesto que, por ejemplo, en la explotación a cielo abierto, a menudo el hecho de que la explotación de una zona rica pueda obligar a desmontar una zona con mineralización pobre puede hacer rentable la explotación de esta zona, que en otras condiciones sería subeconómica.

Una cuestión siempre importante es el análisis de las perspectivas de futuro del valor económico de la producción. Es un dato siempre interpretativo, no podemos "conocer el futuro", saber qué oscilaciones van a poder tener los precios de los minerales, metales o rocas a lo largo de la vida prevista para nuestra explotación minera, ni de qué oscilaciones va a tener el dólar, principal divida en que se produce su cotización. No obstante, es necesario tener alguna indicación en ese sentido: conocer las perspectivas de mercado de

nuestro producto, que no sean negativas de antemano, pues ello afectará negativamente a este dato del valor económico de la producción Jimeno, (1996).

2.2.1. Factores que afectan a las reservas mineras

El factor que afecta más directamente a las reservas mineras son las fluctuaciones de las cotizaciones de los metales. Por ejemplo, en un contexto de precios bajos el volumen de reservas se reduce, ya que se extraerán únicamente aquellas reservas rentables Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, (2011). La paradoja es que esto se da sin que el yacimiento sufra modificación alguna. En consecuencia, con precios más bajos habrá menos reservas y la vida útil de la mina será menor. El volumen de reservas también puede verse afectado por el incremento de costos indirectos (tributos, por ejemplo) Así, una excesiva y creciente carga tributaria encarece el producto, por lo que se tendría que extraer aquellas reservas que permitan obtener ganancias. En este caso, estaríamos exigiendo una mayor ley de corte al yacimiento, como consecuencia de un encarecimiento en los costos, lo que puede frenar el inicio de algunos proyectos mineros debido a que ya no serían económicamente rentables.

2.3. Componentes químicos

La caliza la caliza es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO_3), generalmente calcita. También puede contener pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hematita, siderita, cuarzo, etc., que modifican (a veces sensiblemente) el color y el grado de coherencia de la roca.

El carácter prácticamente mono mineral de las calizas permite reconocerlas fácilmente gracias a dos características físicas y químicas fundamentales de la calcita, es menos dura que el cobre (su dureza en la escala de Mohs es de 3) Nichols (2009).

Formación de la caliza Por su aspecto blanco son muy distinguibles. Las calizas se forman en los mares cálidos y poco profundos de las regiones tropicales, en aquellas zonas en las que los aportes detríticos son poco importantes. Dos procesos, que generalmente actúan conjuntamente, contribuyen a la formación de las calizas.

Ubicación de la caliza en la clasificación de las rocas las rocas se clasifican en Ígneas, Metamórficas y Sedimentarias. La caliza se ubica dentro de la clasificación de rocas sedimentarias, como lo es también conglomerados, brechas, areniscas, limonitas, dolomitas, pedernal, evaporitas, turbas, lateritas. Origen químico Esquema del proceso de formación de grutas y cuevas con estalactitas y estalagmitas en regiones calcáreas, debido a la química del Carbonato cálcico. El carbonato de calcio se disuelve con mucha facilidad en aguas que contienen gas carbónico disuelto (CO_2), debido a la alta solubilidad del bicarbonato cálcico, como compuesto intermedio. Pero para el caso contrario, en entornos en los que aguas cargadas de CO_2 se liberan bruscamente a la atmósfera, se produce generalmente la precipitación del carbonato de calcio en exceso (Nichols, 2009).

2.4. Propiedades físicas de la caliza coralina.

Las propiedades físicas de las rocas ornamentales son de gran importancia, pero es su apariencia, belleza y prestigio lo que en primer lugar gobierna en su comercialización. Los

principales factores que normalmente influyen el mercado pueden ser agrupados en dos conjuntos, los que afectan al mercado interior y los del mercado exterior o exportación.

El mercado interior está influenciado por el clima económico particular, el cual gira alrededor del volumen de la industria de la construcción, muy variable en escaso intervalo de tiempo, fuerza principal del sector de las rocas ornamentales. Otros factores que intervienen en el desarrollo comercial de estas rocas son los avances técnicos en los usos de las piedras y las expectativas de productos acabados de alta calidad.

El mercado exterior está afectado por una amplia gama de factores, de entre los cuales, los más importantes son: la política internacional, las condiciones económicas, los precios de la energía y los concernientes al medio ambiente.

En la actualidad, uno de los grandes competidores de este sector se encuentra precisamente en los productos artificiales, sobre todo la cerámica, que aumenta su cota ya mayoritaria en el mercado de la construcción y relega a la Piedra Natural a un plano más secundario, pues la principal ventaja de los productos industriales son las derivadas de su uniformidad y la posibilidad de controlar su proceso de fabricación, lo que permite producciones masivas.

Sin embargo, existen otros muchos puntos positivos que inciden en el desarrollo y aplicación de las rocas ornamentales en el campo internacional y, entre ellos, se encuentran:

- El redescubrimiento de la piedra natural como elemento esencial en la
- Construcción, con el consiguiente incremento en la demanda.

- El desarrollo técnico que da lugar a un mayor número de aplicaciones de estas rocas.
- La ampliación de mercados internacionales, sobre todo en mercados nuevos.

2.5. Técnica de extracción en bloque de Caliza Coralina

La técnica de extracción de bloque de caliza coralina consiste en extraer un volumen de bloque por el método tradicional de longitudes de 1.80 metros de anchos por 1.40 metros de largo por 3 metros de espesor, sin embargo el método de extracción por cuadrícula 3*3 consiste en extraer un bloque de un volumen de 5.40 metros de ancho por 4.20 metros de largo por 3 metros de espesor donde posteriormente se le dan diferentes cortes con la máquina de hilo diamantado para luego sacar el tamaño establecido por la empresa.

Las técnicas de arranque de rocas ornamentales raramente se emplean de manera individualizada dentro de una explotación, siendo habitual la coexistencia de al menos dos de ellas. (Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2007).

2.5.1. Métodos de extracción de Rocas ornamentales

2.5.1.1. Método Finlandés

La expresión “método finlandés” define, por sí misma, todo un sistema dentro de la industria de rocas ornamentales. Surgió por la necesidad que tenían los explotadores de canteras finlandesas de incrementar de forma económica y eficaz su capacidad de extracción de bloques para competir en los mercados internacionales (Finlandia es el mayor exportador mundial de granito). Uno de los elementos que más ha contribuido al

desarrollo del método finlandés fue la aplicación de la energía hidráulica a la perforación en todas las fases de la extracción, sustituyendo los antiguos sistemas neumáticos de utilización manual por otros completamente mecanizados que permitían la racionalización del proceso. (Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2007)

La explotación se basa en la extracción de grandes bloques cúbicos sin dañar el material que lo rodea, lo que requiere una gran cantidad de perforación y, en consecuencia, que la selección del equipo correcto se lleve a cabo de manera a garantizar el menor coste posible por metro perforado, disponer de la capacidad de perforación precisa en todas las operaciones y alta seguridad en el trabajo.

2.5.1.2. Corte con hilo diamantado

Desarrollada en la década de los años 70, esta técnica fue introducida comercialmente en las canteras de mármol de Carrara hacia el año 1978, sustituyendo totalmente a partir de entonces a la de corte con hilo helicoidal. Más aún, el desarrollo alcanzado en estos últimos años, tanto en hilos diamantados como en máquinas motrices, ha permitido la introducción de esta técnica de corte en el campo de las rocas duras y abrasivas como por ejemplos los granitos, consiguiéndose elevados rendimientos.

Los equipos de accionamiento utilizados actualmente son eléctricos y tienen un altísimo grado de automatismo. Están constituidos por un bastidor que soporta tanto el grupo motriz principal como el auxiliar para el desplazamiento a lo largo del carril. El desplazamiento se efectúa gracias a un sistema de piñón - cremallera que permite incluso trabajar en bancos inclinados. Es posible girar la polea motriz hasta 360° para efectuar dos

cortes paralelos desde un mismo emplazamiento. Pueden ejecutar cortes horizontales muy próximos al nivel de la plataforma de apoyo (± 5 cm) y trabajar en superficies con una inclinación máxima del 20 %.

2.5.1.3. Máquina espada (rozadora)

Esta técnica, que procede de la minería del carbón y de las sales potásicas, se ha extendido ampliamente al sector de las rocas ornamentales como consecuencia de los avances logrados en las herramientas de corte (carburo de tungsteno y diamantadas).

Se distinguen los equipos para explotaciones a cielo abierto (montadas sobre carriles) de los equipos para explotaciones de interior (en columnas), aunque actualmente se asiste a un gran desarrollo de unidades híbridas, montadas sobre carros de orugas, que ofrecen amplias prestaciones.

Son equipos que permiten obtener, desde el principio y en la propia cantera, de bloques con las dimensiones finales, sin necesidad de escuadrado y eliminando sucesivas etapas de subdivisión que exigen otras técnicas de extracción. Los equipos tienen elevados rendimientos de corte, pero los útiles de carburo de tungsteno tienen vidas cortas y precisan afilados cada cierto tiempo. Las velocidades de corte y las vidas útiles de corte empleados, dependen de la dureza y la textura de las rocas. En general, es preferible un mayor valor de resistencia a la compresión simple ligado a un bajo contenido en sílice frente al concepto contrario, que daría lugar a una corta duración de la herramienta de corte. (Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2007)

En líneas generales, por debajo de una resistencia a compresión inferior a los 100 MPa, es muy probable alcanzar un rendimiento superior a 10 m²/h, existiendo registros de explotaciones de mármol muy duro con resistencias de las rocas de unos 170 MPa se consiguen rendimientos de 5 a 8 m²/h.

2.6. Potencial minero

La evaluación de los recursos y potencial minero regional, es la estimación de la aptitud que tiene una zona en cuanto a sus posibilidades para desarrollar la actividad minera; basándose para ello en las características geológicas, estructurales, geoquímicas, así como evidencias de prospectos, proyectos y operaciones mineras. Además de ocurrencias minerales y anomalías Vargas (2014).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Introducción

La presente investigación estuvo apoyada bajo los criterios del Manual de Investigación de la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), por lo consiguiente este capítulo, está orientado a la descripción de los componentes metodológicos entre ellos: diseño y tipo de investigación, enfoque de la investigación, métodos, técnicas e instrumentos, procedimientos, resultados esperados y análisis de datos.

3.2. Diseño de investigación

En la elaboración de esta tesis, se optó por un diseño no experimental, puesto que la investigación se realizó sin manipular deliberadamente variables, es decir, se trata de estudios donde no se hacen variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables, solo es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural del objeto de estudio, para posteriormente analizarlos. (Hernández, 2010)

3.3. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo descriptivo-exploratorio, únicamente pretendió medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables con el objetivo de examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. A la vez es de corte transversal,

puesto que se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. (Hernández, 2010).

3.4. Enfoque de investigación

Para cumplir con los objetivos de esta investigación el enfoque utilizado fue mixto, a causa de que para las variables ser medidas y descritas se necesitó de la combinación de los enfoques cuantitativos como cualitativos; por este motivo el diseño apropiado para obtener la correcta interpretación y recolección de los datos, es el enfoque mixto. (Hernández et al, 2010).

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar o eludir” pasos, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase; la misma dependerán del tipo de dato a coleccionar Hernández et al, (2010).

El enfoque cualitativo es una especie de “paraguas” en el cual se incluye una variedad de concepciones, visiones, técnicas y estudios no cuantitativos. Se utiliza en primer lugar para descubrir y refinar preguntas de investigación (Hernández et al, 2010). En el mismo los datos a levantarse son de naturalidad descriptiva, sin instrumentos medibles ni cuantificables.

3.5. Técnicas e instrumentos

Entre la técnica a mencionar para cumplir con los objetivos estuvo la siguiente: Se realizaron análisis químicos de varios elementos como por ejemplos: Ca, Al, Mg, K, C, P, Si y Fe. Los instrumentos para este caso fueron los datos de la prueba de ionización. También se utilizó técnica basada en la observación y los resultados del laboratorio para

determinar la calidad de la caliza coralina. Los instrumentos que se utilizaron fueron: Piqueta, Brújula, Lupa, Rayador entre otros.

Para cumplir con el objetivo de la técnica de extracción de bloque más efectiva, se realizaron dos técnicas, la primera es extracción tradicional de bloques de 1.80mt de ancho por 1.40mt de largo y 3 metro de espesor y una segunda que fue la extracción en cuadrícula 3x3 que consistió en extraer un bloque de 5.40 metro de ancho por 4.20 de largo y 3 metro de espesor. Esta parte de la investigación se realizó en la empresa CORALDOM Coral Stone ubicada en Boca Chica.

3.6. Procedimientos

Levantamiento de información: para el desarrollo de la investigación se realizó una exhaustiva búsqueda de información relacionada con tema, donde se consultaron diversas fuentes (informes de la DGM, memorias geológicas, mapas geológicos escala 1:50,000 y libros), como también la consulta a geólogos y técnicos del área en empresas que se dedican a la extracción de roca coralina.

Levantamiento de campo: Luego de revisada toda la información existente relacionada al tema de investigación se realizaron visitas al campo para reconocimiento del área, se hizo una comparación de información entre componentes químicos, propiedades físicas y mapas geológicos, para luego esa data correlacionarla con la factibilidad económica y potencial minero

Finalmente, se realizó el procesamiento de toda la información recopilada anteriormente, lo cual permitió su análisis, así como la identificación de todos los factores que se necesitan para la industrialización de la caliza coralina.

3.7. Análisis y presentación de los resultados

Se elaboraron tablas compuestas por indicadores que se reflejaron en una hoja de Excel del software Microsoft Office 2013, esta información generó en algunos casos género gráficos de barra, en base al potencial minero (exportación de la coralina, producción de la coralina y precio).

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

El objetivo de este capítulo es presentar los datos y resultados obtenidos de la investigación realizada, los cuales son presentados mediante cuadros, y gráficos de barras para los resultados cuantitativos y los cualitativos se presentan de forma narrativa. La investigación persiguió evaluar la industrialización, reservas y tecnificación de las rocas coralinas.

4.1. Reserva de la caliza coralina

UBICACIÓN	SUPERFICIE M²	RESERVAS M³
San Andrés de Boca Chica	12,627.96	87,637,997.80
Bávaro	500.00	8,000,000.00
La Romana	1,250.00	869,904.00
Total	14,377.96	96,507,901.80

Fuete: Dirección General de Minería (DGM)

En la tabla se muestran las superficies y reservas de caliza coralina de los tres distritos mineros estudiados para determinar su potencial minero, donde San Andrés de Boca Chica es donde existe la mayor reserva con 87,637,997.80 m³, en Bávaro 8,000,000 m³ y la zona de La Romana 869,904 m³, para una totalidad de 96,507,901.80 m³ de reservas otorgadas en la llanura costera del Caribe.

4.2. Componentes químicos de la caliza coralina.

Resultados de los análisis químicos de las seis (6) muestra de roca coralina tomadas de bloques extraídos en las diferentes empresas que fueron estudiadas para los fines de este estudio, Los análisis fueron realizado en el Departamento Técnico Ferquido (DTF), Laboratorio de Análisis Químico.

Los valores se expresan en porcentajes y promedios de cada componente químico.

Id de la Muestra	Parámetros del análisis químico				
	Carbonatos (CaCO ₃) %	Calcio (Ca) %	Magnesio (Mg) %	Azufre (S) %	Hierro (Fe) %
M-1 LPH Y JM	94.1	38.4	0.25	----	2.9
M-2 LPH Y JM	96.5	37.4	0.37	----	2.7
M-3 LPH Y JM	97.9	37.8	0.30	----	2.9
M-4 LPH Y JM	96.4	38.4	0.25	----	3
M-5 LPH Y JM	94.1	38.4	0.25	----	2.9
M-6 LPH Y JM	95.5	37.7	0.37	----	2.7
Promedios	95.75	38.02	0.30	0.00	2.85

Fuete: Departamento Técnico Ferquido (DTF) Laboratorio de Análisis Químico.

Las seis muestras de roca coralina analizadas tienen un promedio de Carbonatos (CaCO₃) de 95.75%, el Calcio (Ca) con 38.02%, mientras que un 2.85% de Hierro (Fe), Magnesio (Mg) 0.30%, en ninguna de las muestras se detectó presencia de Azufre (S).

4.3. Propiedades físicas de la caliza coralina

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de la caliza coralina de acuerdo a su color

Caliza coralina	Color	Calidad de la caliza coralina
Tipo A	Blanca	Buena (de primera)
Tipo B	Crema	Intermedia (comerciable)
Tipo C	Roja	Mala (de rechazo)

Caliza coralina Tipo A

La caliza coralina Tipo A es una roca con un alto contenido de carbonato de calcio alrededor de un 95 -97 % y bajo hierro los que la hace que sea de mayor calidad para su industrialización.

Caliza Coralina Tipo B

La Caliza Coralina Tipo B es una roca que como su nombre lo dice el porcentaje de carbonato de calcio no es tan alto como la tipo a tiene alrededor de un 65-70 % de carbonato de calcio y bajo hierro por lo tanto se clasifica como comercial.

Caliza Coralina Tipo C

La Coralina Tipo C es una roca con un porcentaje de hierro extremadamente alto sin embargo bajo en carbonato de calcio por lo que para industrialización se rechaza.

4.3.1. Indicadores macroscópicos de la caliza coralina para su industrialización

Las diferentes empresas que comercializan la caliza coralina en la República Dominicana, toman las siguientes propiedades físicas como indicadores de calidad al momento de clasificar el material para su industrialización.

Indicadores negativos de la coralina para su industrialización	Indicadores positivo de la coralina para su industrialización
Caliza coralina fracturada	Color claro
Caliza coralina porosa	Contenido de fósil
Contenido de arcilla	Caliza de buena consistente
Color rojizo	Poca grieta
Zona de caverna	Tierra negra en la superficie
Tierra roja en la superficie	

Indicadores de la caliza coralina para su industrialización.

4.4. Técnica de extracción en bloque de Caliza Coralina

A continuación se presenta el rendimiento de la máquina de Espada como la de hilo Diamantado ambas utilizadas para el sistema de extracción tradicional de bloques de 1.80mt de ancho por 1.40mt de largo y 3 metro de espesor.

Tiempo promedio de la máquina Espada

Tiempos tomados	Metro lineal/hora
Primer tiempo de corte	2.46
Segundo tiempo de corte	2.49
Tercer tiempo de corte	2.49
Tiempo promedio de corte	2.48

Fuente: Experimento de rendimiento de equipo realizado en la empresa CORALDO Coral Stone. **Nota:** En la empresa CORALDON, el sistema de extracción tradicional consiste en extraer bloque de 1.80 metro de ancho por 1.40 metro de largo y 3 metro de espesor.

El tiempo promedio de corte lineal que realiza la maquina Espada es 2.48 metro lineal por hora si los multiplicamos por 3 metro de espesor la maquina espada corta 7.44 m²/h. Esta máquina trabaja 16 horas diarias, lo que significa que tiene una producción de 119.04 m²/d.

Tiempo promedio de la máquina de hilo diamantado

El corte realizado por la máquina de hilo diamantado en el sistema de extracción tradicional de bloques es de 1.80 metro de ancho por 3 metro de espesor.

Tiempos tomados	Tiempo en mint.	Hora
Primer tiempo de corte	15:22	0.15
Segundo tiempo de corte	15:47	0.2
Tercer tiempo de corte	16:15	0.15
Tiempo promedio	15:61	0.26

Fuente: Experimento de rendimiento de equipo realizado en la empresa CORALDO Coral Stone.

Esta tabla indica los tiempos de corte tomados y el tiempo promedio que dura la máquina de hilo Diamantado para cortar 1.80 metro de ancho por 3 metro de espesor. Donde el tiempo promedio de corte es 15.61 minutos, lo que llevado a horas equivale a 0.26. En base a este dato la producción por hora de la maquina sería igual 20.76 m²/h.

Tiempo promedio de realización de pasante en la técnica de extracción tradicional de bloques 1.80x1.40 con la pistola neumática.

Tiempos promedios que se toma para realizar un pasante.

Pasante 1.80 metro de ancho	
Tiempos tomados	Minuto, segundo
Primer tiempo	5:40
Segundo tiempo	7:05
Tercer tiempo	6:15
Tiempo promedio	6.20 mint
Pasante 1.40 metro de largo	
Primer tiempo	5:26
Segundo tiempo	5:43
Tercer tiempo	5:32
Tiempo promedio	5:33 mint

Los tiempos promedios para realizar pasantes en la técnica de extracción tradicional de bloques 1.80x1.40 con la pistola neumática tanto el ancho como largo arroja lo siguiente: en 1.80 metro de ancho se toma 6.20 minutos mientras que para 1.40 metro de largo dura 5.33 minutos en promedio.

Sistema de extracción por cuadrícula 3x3 de un bloque de 5.40 metro de ancho por 4.20 de largo y 3 metro de espesor.

Tiempo promedio de corte con la máquina de hilo Diamantado en un diámetro de 5.40 metro de ancho por 3 de espesor.

Tiempos tomados	Minuto, segundo	Hora
Primer tiempo de corte	36.40	0.61
Segundo tiempo de corte	40	0.67
Tercer tiempo de corte	36.10	0.60
Tiempo promedio de corte	37.53	0.62

Nota: el sistema de extracción tradicional consiste en extraer bloque 5.40 metro de ancho* 4.20 de largo*3 metro de espesor

El tiempo promedio de corte con la máquina de hilo diamantado en un diámetro de 5.40 metro de ancho y 3 metro de espesor es de 37.53 minutos, esto en horas es equivalente a 0.62. Obtenido este promedio de corte en el bloque, la producción por hora en la técnica de cuadrícula es de 26.13 m²/h.

Nota: Los 26.13 m²/h se obtienes de la siguiente relación $(5.40\text{mt} \times 3\text{mt}) / 0.62\text{h} = 26.13 \text{ m}^2/\text{h}$.

Tiempo promedio de corte con la máquina de hilo diamantado en un diámetro de 4.20 metro de largo por 3 de espesor.

Tiempos tomados	Minuto, segundo	Hora
Primer tiempo de corte	24:35	0.41
Segundo tiempo de corte	24:00	0.40
Tercer tiempo de corte	24:16	0.40
Tiempo promedio de corte	24:51	0.40

Nota: Los 31.50 m²/h se obtienen de la siguiente relación $(4.20\text{mt} \times 3\text{mt}) / 0.40\text{h} = 31.50 \text{ m}^2/\text{h}$.

El tiempo promedio de corte con la máquina de hilo diamantado en un diámetro de 4.20 metro de largo y 3 metro de espesor es de 24.51 minutos, esto en horas es equivalente a 0.40. Sabido este promedio, se obtuvo que la producción por hora en la técnica de cuadrícula para cortar las dimensiones ya mencionadas es de 31.50 m²/h.

Tiempo promedio de realización de pasante en la técnica de extracción de bloques en cuadrícula 3x3 con las dimensiones 5.40x4.20 metros, con la pistola neumática.

Pasante 5.40 metro de ancho	
Tiempos tomados	Minuto, segundo
Primer tiempo	15.35
Segundo tiempo	16.2
Tercer tiempo	16.45
Tiempo promedio	16 mint
Pasante 4.20 metro de largo	
Primer tiempo	12.15
Segundo tiempo	13.37
Tercer tiempo	13.08
Tiempo promedio	12.86 mint

Tiempos promedios que se toma para realizar un pasante en la técnica de cuadrícula 3x3 los resultados fueron los siguientes: en 5.40 metro se toma 16 minutos mientras que para los 4.20 metros tarda 12.86 minutos.

Comparación de los métodos de extracción

Sistema tradicional			
Maquinaria	Hora diaria	Producción por horas	Producción diaria
Máquina espada corte	16	7.44 m ²	119.04 m ²
Máquina de hilo diamantado	10	20.76 m ²	207.6 m ²
Total	26	28. 20 m²	326.64 m²
Sistema de cuadrícula 3x3			
Maquinaria	Hora diaria	Producción por horas	Producción diaria
Máquina de hilo diamantado corte 5.40m	10	26.13 m ²	261.3 m ²
Máquina de hilo diamantado corte 4.20m	10	31.50 m ²	315 m ²
Total	20	57.63 m²	576.3 m²

Con la producción corte por hora de ambos sistemas para la extracción de bloques de caliza coralina se obtuvo la productividad diaria y las horas en operación de la maquinaria. Donde en el sistema tradicional la producción diaria es de 326.64 m²/d, con un 26 horas operacionales, mientras que en el de cuadrícula 3x3 es de 576.3 m²/d, en 20 horas.

4.4.1. Equipos utilizados para la tecnificación

A continuación se presentan las maquinarias utilizada para realizar la extracción de bloques en el método tradicional y el de cuadrícula 3x3. Ver anexos para más detalles de equipos e instalaciones en la industrialización de la caliza coralina.

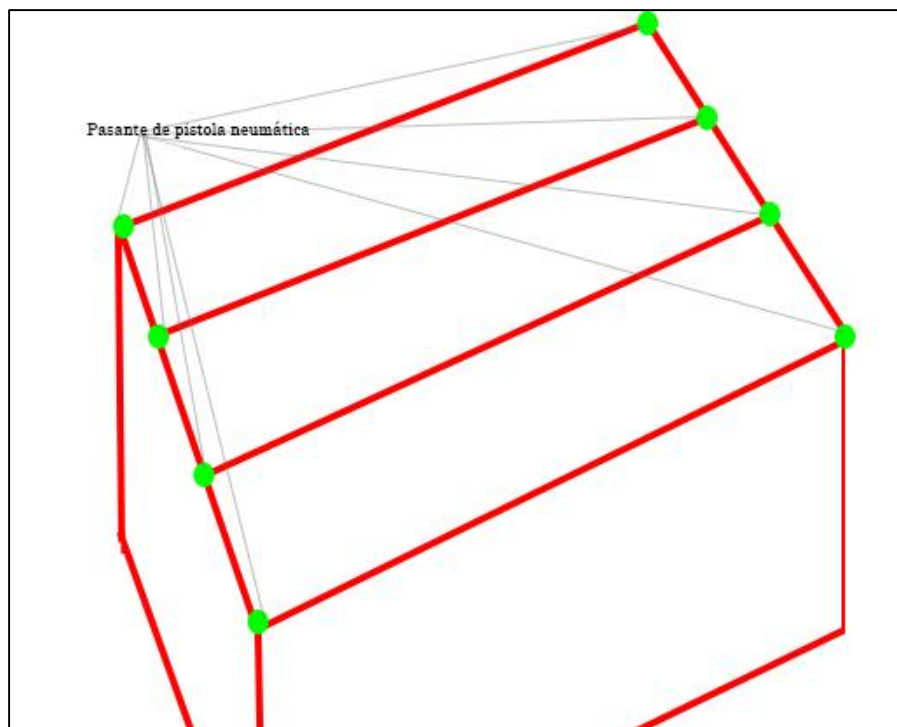
Máquina de cadena o espada en una de las canteras de Caribbean Coral Stone.



Máquina de cadena o espada usada en unas de las canteras de Caribbean Coral Stone.



Vista de la técnica de extracción de bloque en cuadrícula 3x3 en una de las canteras de CORALDOM Coral Stone.



Diseño del técnica de extracción de bloque en cuadrícula 3x3

Máquina de hilo diamantado en una de la cantera de Coralina Del Este.



Máquina de hilo diamantado en una de la cantera de Coralina Del Este.



Vista de un bloque cortado con una máquina de hilo diamantado en una de las canteras de CORALDOM Coral Stone.



Extracción de bloque con el sistema tradicional en una de la cantera de CORALDOM Coral Stone.

4.4.2. Levantamiento de equipos y maquinarias por empresas de industrialización de roca coralina en cantera y en planta

LA ENSENADA CxA

Esta empresa inicio sus operaciones en el año 1995, ubicada en Boca Chica, consta con los siguientes equipos en planta: 3 corta-bloques con su descabezadora, 1 badeadora puente, 2 cizalla de cortar piedra rustica, 1 torno para trabajar pieza rustica, 1 mono hilo, 2 burneadora, 2 copiadoras, 2 tombos y 2 plantas caterpillar de 250 kilos y en cantera consta con 5 máquina de hilo, 1 máquina de cadena o espada, 1 pala, 2 gatos hidráulico con capacidad de empujar hasta 200 toneladas, 2 pistola marca Atla Copco con un juego de barra desde 1 metros hasta 7 metros, un perforador neumático y una planta de 125 kilos, sus capacidad promedio de producción es de 4000 metros cuadrados mensuales y un volumen de 400 metros cúbico de bloques mensuales.

CARIBBEAN CORAL Y MARBLE S.A

Esta empresa inicio sus operaciones en el año 1989, ubicada en Boca Chica, cuenta con de los siguientes equipos en planta: 6 corta-bloques, 6 descabezadora y una grúa puente y en cantera consta con 3 máquina de cadena o espada, 2 máquina de hilo, 1 retroexcavadora, 1 compresor, 1 planta, 1 pistola marca Atla Copco con un juego de barra desde un metro hasta 3 metro y 2 pala, sus capacidad promedio de producción es de 20,000 metros cuadrados mensuales.

BORINQUEN CORAL STONE S.A:

Esta empresa inició sus operaciones en el año 2005, ubicada en Boca Chica, consta de los siguientes equipos en planta: 3 corta-bloque, 1 estelar, 4 descabezadora, 1 multidisco, 1 fresa puente y 1 fresa bandera y en cantera consta de 1 compresor, 2 pistolas marca Atla Copco con un juego de barrena desde un metros hasta 7metros, 1martillo, 2 máquina de hilo, 1 máquina de cadena o espada, y 2 pala mecánica su capacidad promedio de producción es de 850 metros cúbico mensuales en cantera.

CORALDOM CORAL STONE

Esta empresa inició sus operaciones en año 2009, ubicada en Boca Chica, consta de los siguientes equipos en planta: 3 corta-bloque, 2 estelares, 1 pulidora, 2 fresas puente, 2 encabezadoras, 2 máquinas CNC, 1 encabezadora multidisco, 1 cortadora paralela y 1 cizalla y en cantera consta de 3 máquinas de cadena o espada, 2 máquina de hilo diamantado, 2 pistola marca Atla Copco con un juego de barra desde 1 metros hasta 5.50 metros, 1 compresor, 1 planta eléctrica, 2 retroexcavadora, 2 pala frontales y 1 camión cama larga, sus capacidad promedio de producción por turno es de 12,000 metros cuadrado y se trabajan tres turnos.

CORALINA DEL ESTE

Esta empresa inició sus operaciones en el año 2013, ubicada en Bávaro, consta de los siguientes equipos en planta: 3 corta-bloques, 5 pulidoras, 1 grúa puente, 3 descabezadoras, 1 cola para transporte de los bloques y en cantera consta de 1drill de perforacion, 1 compresor para el drill, 1 trencher, 2 máquinas de hilo diamantado, 1 pistola con un juego

de barra desde 1 metros hasta 6 metros, 1 compresor para la pistola marca Atla Copco, 1 retroexcavadora, 1 pala frontal, sus capacidad de producción es de 12,000 metros cuadrados si se trabajaran los tres turnos.

ROMANA CORAL STONE

Esta empresa inició sus operaciones en el año 2006 y paro en el año 2011 y luego reabrió en noviembre del año 2014, ubicada en La Romana, consta de los siguientes equipos en planta: 2 cota-bloques, 2 descabezadoras y en cantera consta de 1 máquina de espada, 1 de máquina de hilo, 2 pistolas neumática marca SIG de 24 kilogramos, 1 pala frontal, sus capacidad de producción es de 3,200 metros cuadrados mensuales y de 500 metros cúbicos en cantera.

4.5. Potencial minero

4.5.1. Producción de la coralina

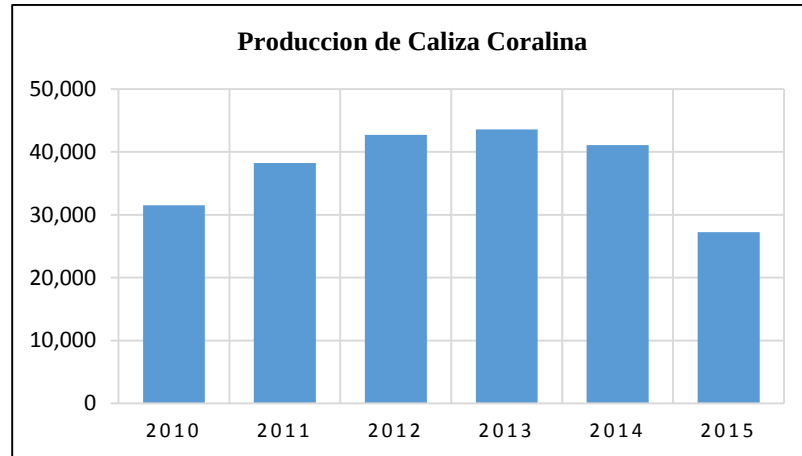
Volúmenes de producción por año de caliza coralina extraída.

AÑO	Producción en MTS³
2010	31,535.90
2011	38,239.56
2012	42,698.88
2013	43,587.76
2014	41,091.19
2015	27,232.59
Total	224,385.88

Fuente: Dirección General de Minería (DGM)

La producción de caliza coralina desde el año 2010 hasta 2015 en la República Dominicana fue de **224,385.88 mts³**, donde en los años de 2012, 2013 y 2014 fueron los

años de mayor producción, destacando que el 2013 fue donde se extrajeron los volúmenes más elevados de caliza coralina.



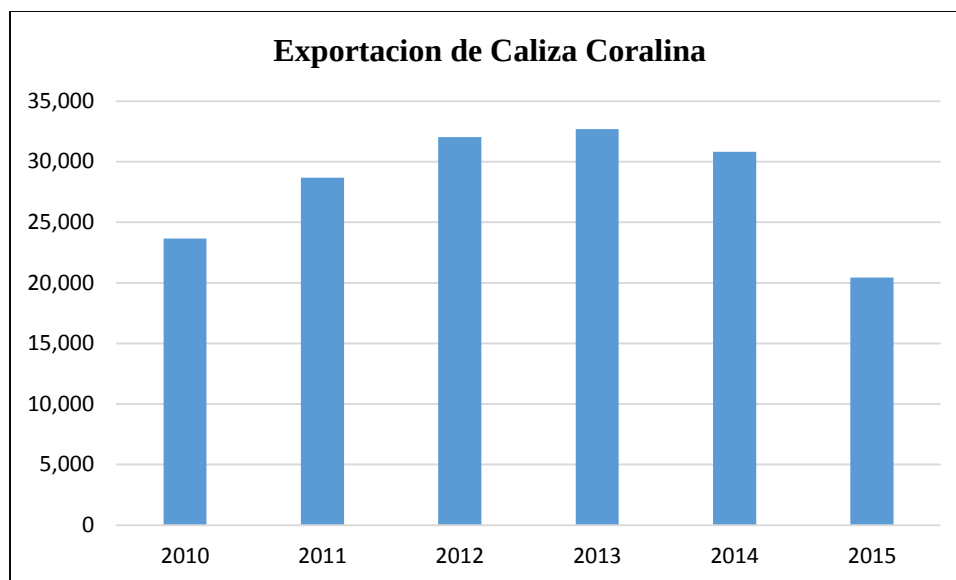
4.5.2. Exportación de la coralina

En República Dominicana las empresas usan para la exportación de caliza coralina el 75% de la producción.

AÑO	Exportación en MTS ³
2010	23,651.93
2011	28,679.67
2012	32,024.16
2013	32,690.82
2014	30,818.39
2015	20,424.44
Total	168,289.41

Fuente: Dirección General de Minería (DGM)

La exportación de caliza coralina para el periodo de 2010 hasta 2015 fue de **168,289.41 mts³**, donde en los años de 2012, 2013 y 2014 fueron los años de mayor exportación. Esto es un valor proporcional.

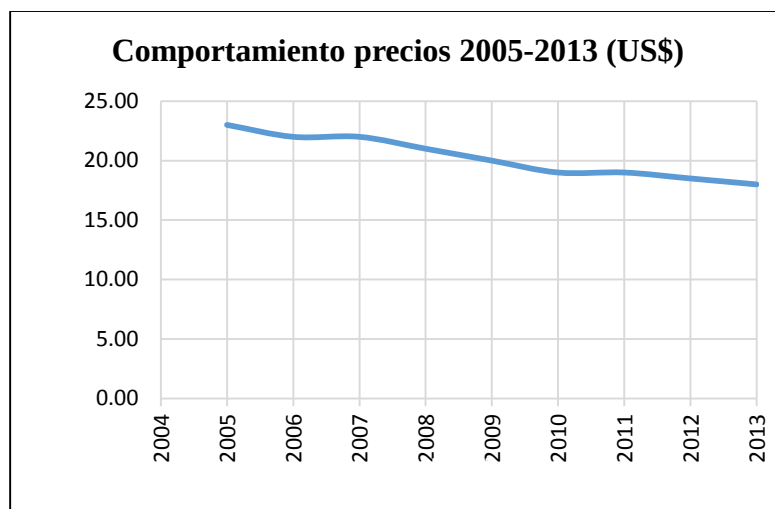


4.5.3. Precio

AÑO	Precio(dls)
2005	23.00
2006	22.00
2007	22.00
2008	21.00
2009	20.00
2010	19.00
2011	19.00
2012	18.50
2013	18.00
Precio promedio	20.28

Fuente: Departamento de Fiscalización de la DGM

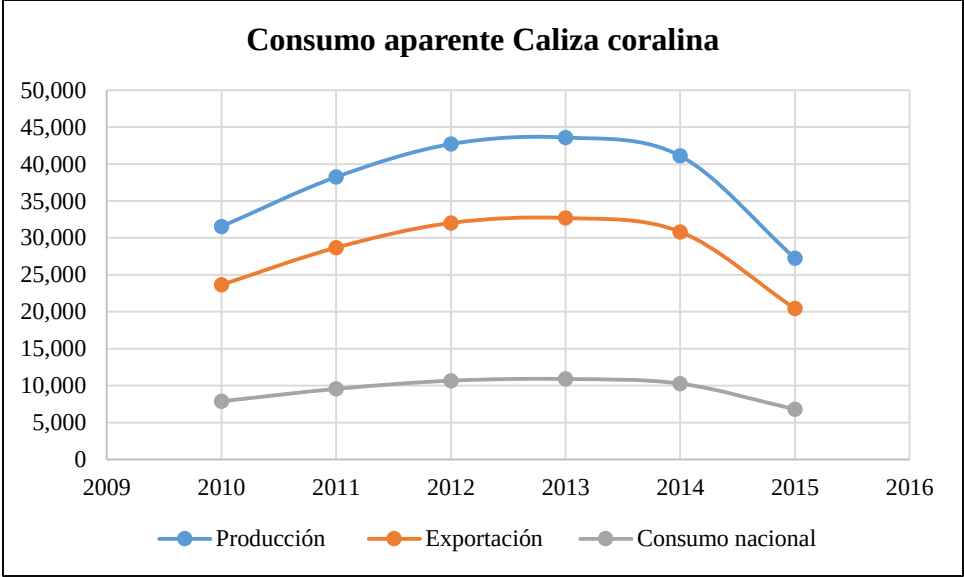
En los años seleccionados para ver el comportamiento del precio de la caliza coralina muestra que en el período 2005-2013, esto tuvo decrecimiento debido a la inflación registrada en la economía nacional para esos años.



4.5.4. Demanda nacional de caliza coralina

AÑO	Producción	Exportación	Consumo nacional
2010	31,535.90	23,651.93	7,883.97
2011	38,239.56	28,679.67	9,559.89
2012	42,698.88	32,024.16	10,674.72
2013	43,587.76	32,690.82	10,896.94
2014	41,091.19	30,818.39	10,272.80
2015	27,232.59	20,424.44	6,808.15
Total	224,385.88	168,289.41	56,096.47

La demanda nacional o consumo aparente de la caliza coralina para el período 2010-2015 en el país fue de **56,096.47 m³**, que representa el 25% de la producción, esta obtuvo su mayor demanda desde 2011 hasta 2014.



CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1. Introducción

En este capítulo se analizan los resultados recopilados. Este análisis se logró en base a los resultados cuantitativos y cualitativos presentados en el capítulo anterior, con el propósito de dar respuestas a las preguntas de investigación.

5.2. Reserva de la Caliza Coralina

El volumen de las reservas de caliza coralina en los distritos de San Andrés Boca Chica, Bávaro y La Romana es de **96,507,901.80 M³**. De estos tres distritos el que posee la mayor reserva es el de San Andrés Boca Chica con 87,637,997.80 M³ lo que representa un 90.81% de las reservas totales, el distrito de Bávaro representa un 8.29% y el distrito de La Romana representa un 0.90%.

Estas reservas pueden aumentar en gran medida ya que de acuerdo a las memorias y hojas geológicas Boca Chica 6271-II, La Romana 6471-III y Boca del Soco 6371-II. Hay indicios identificados en la zona que corresponden exclusivamente a los que son rocas industriales entre ellas caliza coralina.

5.3. Componentes químicos

Los elementos que se toman en cuenta para la industrialización de la caliza coralina son los siguientes: Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe) y también el compuesto químico carbonatos de calcio (CaCO_3) que es un mineral de caliza (calcita), el mismo debe oscilar entre un rango de 90%-100%. Los demás elementos como el hierro, y magnesio son inherentes, también son contaminantes donde el hierro debe de estar en un rango por debajo de un 3% en su contenido, porque al entrar contacto con los agentes atmosféricos ocurre una reacción química de oxidación y esto afecta la calidad de la caliza.

La caliza coralina del área de estudios por los promedios de los elementos químicos obtenidos (ver anexos, tabla de Resultados de los análisis químicos) de los análisis se considera una caliza de primera calidad para su industrialización.

5.4. Propiedades físicas de la caliza coralina

De acuerdo a la pregunta ¿cuáles son las propiedades físicas que debe tener la caliza coralina para su industrialización? las propiedades físicas de la caliza coralina están de acuerdo a su color y indicadores macroscópicos donde para su industrialización la de color blanco es la de mejor calidad, pues no poseen contaminante como la arcilla, porcentaje de hierro, magnesio elevado. La de color crema se considera de una calidad intermedia porque tiene mayor presencia de hierro lo que lleva consigo que al entrar en contacto con el agua se crea el óxido de hierro, y la de color rojo es una caliza que no se comercializa porque sobrepasa el contenido de hierro y arcilla.

De acuerdo a los indicadores macroscópicos que son clasificados en positivos y negativos se toman en consideración los siguientes: la caliza porosa, contenido de arcilla, color rojizo, zona de caverna, tierra roja en la superficie como indicadores negativos y como indicadores positivos se toman en consideración como principal indicador la presencia de fósiles, que en estas zona de la Llanura Costera del Caribe son muy abundantes los framestones (Geister 1982). Otros indicador es la tierra negra en la superficie porque esto es un indicio de que debajo de esa capa existe una caliza tipo A, la poca grieta permite una mejor recuperación de bloque, caliza bien consistente, y el color claro donde si la caliza coralina se encuentran en presencia de uno de los indicadores negativos ya mencionados pasa hacer una piedra comerciables o intermedia o en su defecto se rechaza.

5.5. Técnica de extracción en bloque de caliza coralina

En relación a la pregunta ¿Cuál es la técnica más factible de extracción de bloques de caliza coralina?

De acuerdo con los resultados la técnica más factible de extracción de bloque es el sistema de cuadrícula 3x3 ya que los resultados arrojaron que con dos máquina de hilo diamantado para extraer un bloque de 5.40 de ancho por 4.20 de largo y un espesor de 3 metros se puede cortar 576.3 metros cuadrados por días, mientras que en el sistema tradicional con una máquina espada y una de hilo diamantado la producción diaria de corte es de 326.64 metros cuadrados con un tiempos acumulativo de 26 horas.

Lo que hace una diferencia en tiempo de 6 horas y un aumento de producción de 249.66 metros cuadrados por días.

Debido a que ambas máquinas operan con energía eléctrica se reduce en gran medida el costo de producción ya que trabajan con dos máquinas de hilo diamantado que consumen menos energía que la máquina espada combinada con la máquina de hilo diamantado. También de acuerdo a informaciones de las diferentes empresas cabe resaltar que la adquisición de la máquina espada es muchos más costosa.

5.6. Potencial minero

La producción nacional de losas de coralina y bloques está concentrada en cuatro lugares, uno de ellos es un verdadero distrito minero y es el localizado en San Andrés Boca Chica, donde se centran la mayor parte de canteras, explotándose actualmente.

Los volúmenes de producción de los diferentes tamaños de losas de roca coralina han venido en crecimiento desde el año 2010 hasta el año 2013, donde comienza un decrecimiento leve de la producción, hasta la fecha, algunas de las empresas cerraron sus operaciones, otras se han limitado en sus producción.

Las exportaciones se han realizado a varios lugares y países tanto en América, Europa, siendo la ciudad donde mayor exportación se realiza es Miami en los Estados Unidos de Norte América, otro estado de la unión donde se exporta una cantidad apreciable es Puerto Rico siguiéndole las Islas Vírgenes y centro américa y últimamente se han realizado exportaciones de bloques de coralina a la República Popular China.

Por otra parte en cuanto a importaciones no se conocen importaciones de este material, es decir, caliza coralina que se hayan importado desde cualquier parte del mundo.

CONCLUSIÓN

Analizados y discutidos los resultados de la investigación sobre la Evaluación de la industrialización, reservas y tecnificación de las rocas coralinas en la República Dominicana, se llegó a las siguientes conclusiones:

Se cuantifico que en los tres distritos mineros de San Andrés, Boca Chica, La Romana y Bávaro existe una reservas evaluada de 96,507,901.80 M3 . También se pudo constatar que el distrito minero de San Andrés Boca Chica es el más importante ya que posee la mayor cantidad de reservas. En el mismo se encuentran la mayor parte de las empresas que industrializan la caliza coralina (Coraldom Coral Stone, La Ensenada, Caribbean Coral Stone, Boriquen Coral Stone) y de acuerdo a la memoria geológica de Boca Chica 6271-II, los indicios identificados en la Hoja de Boca Chica corresponden exclusivamente al grupo de las rocas Industriales por lo que se puede seguir aumentando esta reservas.

En la caliza coralina se determinó que para la industrialización principalmente no se busca un elemento químico presente sino más bien el compuesto de carbonato calcio (CaCo_3) que es el mineral de la caliza (calcita). Con los elementos lo que si se toma en consideración que el hierro no sobrepase el 3% en su contenido, que no haya presencia de azufre, ya que esto afectaría la calidad de la caliza, principalmente el cambio de color debido a la presencia de óxido.

Para la industrialización de la caliza coralina las empresas toman en cuenta las siguientes propiedades físicas: color e indicadores macroscópicos. En ese mismo orden el color identifica su calidad en tres tipos A, B y C donde la tipo A se considera de primera

calidad, la tipo B de calidad intermedia y la tipo C no se industrializa. El color viene dados por la presencia de hierro.

En cuanto a los indicadores macroscópicos se deben identificar la presencia de corales porque el mismo es un atractivo para la caliza coralina y eleva su calidad y su demanda, que tenga una porosidad baja, que sea de un color claro de blanco a crema, que tenga buena consistencia y poca grieta, es también un indicador positivo así como la capa superficial sea de tierra negra.

Se determinó que el sistema de extracción en bloque de caliza coralina más factible es el sistema de extracción en cuadrícula 3x3 con una dimensiones de 5.40 de anchos por 4.20 de largos y 3 metros de espesor, ya que este tiene un rendimiento mayor diarios, reduciendo el costo de producción y disminuye 6 horas de operación.

Se pudo evaluar que el potencial minero de la caliza coralina en la República Dominicana a pesar de que existen grandes indicios de posibles reservas, peso su industrialización y exportación depende directamente del sector construcción tanto a nivel nacional como internacional, ya que tanto la producción como la demanda se ven afectado con la inflación económica.

Este tipo de roca coralina por ser una marca país puede ser industrializada y aprovechada económicamente en todo su esplendor si las empresas invirtieran más capital en la elaboración de subproductos.

RECOMENDACIONES

A las empresas que se dedican a la extracción de roca coralina:

La evaluación de los materiales extraído que no cumpla con los estándares para la industrialización de la caliza coralina pero sin embargo posee característica necesaria para la producción de cemento, cal y además podría ser utilizado en área de construcción tanto como relleno y agregado.

La realización de nueva campaña de exploraciones en toda la Llanura Costera Del Caribe ya que esto podría aumentar las reservas de los depósitos ya existente y el posible hallazgo de nuevas áreas económicamente rentable debido a los indicios de recursos mineros de roca coralina que posee la misma.

Al estado:

Por tratarse de una roca marca país y de buena calidad para la construcción que estado dominicano impulse más al uso de esta como elemento principal en revestimiento de fachada, suelo y en los trabajos arquitectónico como se ha venido desarrollando en otros lugares del mundo. La roca coralina ha tenido un mercado mayormente destinado a satisfacer una necesidad en el área turística como el sector de una clase social con mejores recursos económicos.

A los inversionistas tanto nacionales como internacionales:

Incursionar en proyectos de industrialización de caliza coralina; con la instalación de planta procesadora de los sub-producto que se generan de la calza coralina, ya que esto sería un gran aportes a la empleomanía y al economía nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Annels, A.E. (1991). Mineral deposit evaluation: A practical approach. Chapman & Hall. 436 pg
- Bain J. A., (1975) Scientific method in the laboratory assessment of industrial minerals. Proc.1st Industrial Minerals International Congress, London, 8-9 July 1974. Metal Bulletin Ltd, London.
- Barret, W., 1962, Citado por Osiris de León. Calizas para producción de agregado en Boca Chica: Geofitec, S.A. P.14-16.
- Behar, D., 2008, Introducción a la Metodología de la Investigación: Editorial Shalom, p. 40.
- Berbel, R., 2010, Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible.
- Costafreda, J., 2014, Tectosilicatos con características especiales: Fundación Gómez-Pardo Madrid 2011 P. 3-8.
- Deree, T., e tal, 1967, Índice de calidad de la roca, P. 3-7.
- Dirección General De Desarrollo Minero., 2014, perfil de mercado del caolín, p. 1-10.
- Gabb, W, M., 1873, Citado por Osiris de León. Caliza para producción de agregados en Boca Chica: Geofitec, S.A, p.14-15.
- García, A., Cañaveras, J., 2004, Utilización de Rocas y Minerales Industriales: seminarios de la sociedad española de mineralogía. vol.2, P.5-7.
- González, T., Herrera, C., 2011, Litos Recuperado en diciembre del años 2011, www.litosonline.com/es/articles/es/407/la-piedra-coralina.
- Guerrero, C, J., (2001) Rocas calizas: formación, ciclo de carbonato, propiedades. Vol. 5. PP. 1-6.
- Harben, P W., (1995) Industrial Minerals Handy Book. Metal Bulletin, London. 2nd Edition. P. 250-253.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. 2010, Metodología de la investigación: 5ta edición, McGraw-Hill / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, P. 15-25.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P., 2003, Metodología de la investigación: tercera edición, Mc Graw Hill, p. 180-189.
- IUPAC (1994). Recommendations for the characterization of porous solids. Pure & Appl. Chern. 66 (8), 1739-1758.
- Jimeno, C. (1996). Recursos Minerales. Tipología, prospección, evaluación, explotación, mineralurgia, impacto ambiental. Entorno Gráfico S.L. (Madrid). 372 pg.

- Joyanes, L; Rodríguez, L; Fernadez, M; 1996 fundamento de programación; España.
- Klein, C., Hurlbut, C. S., 1959, Manual de Mineralogía: 2da edición. Editorial Reverté, S. A. p. 239-521.
- Kula, W. (1980). Las medidas y los hombres. Madrid: Siglo XXI.
- Kula, W. (1980). Las medidas y los hombres. Madrid: Siglo XXI.
- Magia, O., 2011, Recuperado el 19 de junio del 2011, Hoy.com.do/San-cristobal-y-santo-domingo-com-mayor-extraccion-mineral.
- Morgan D.J., Higley D.E., (2001), Industrial Minerals –Some Basic Concepts; Taller Sobre Minerales Industriales: P.1-6.
- Nichols, Gary (2009). Sedimentology and Stratigraphy, Second Edition; Oxford. Wiley-Blackwell
- Olguín, A., et al., 2015, LAS ROCAS ORNAMENTALES COMO MATERIAL DE REVESTIMIENTO EN EDIFICACIÓN: Universidad Politécnica de Catalunya. P. 1-6.
- Olguín, A., et al., 2015, Las Rocas Ornamentales como Material de Revestimiento en Edificación: Universidad Politécnica de Catalunya. P. 1-6.
- Pérez, A., Lic. Miguel, Cromatografías en Zeolitas naturales cubanas. Revista Tecnología Vol. XVI, mayo, 1986, serie Geológica No. 2, Pág. 43-97.
- Sánchez, P., et al, 1998, Características generales, propiedades, yacimientos y aplicaciones de pirofilita, Boletín de la Sociedad Española de Cerámica. P.1-10.
- Schubert, C., 1980, Citado por Osiris de León. Caliza para producción de agregado en Boca Chica: Geofitec, S.A. P.16-20.
- Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, (2011). Informe Nacional de SNMPE.
- Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros De Minas, (2007). Explotaciones de Roca Ornamental. Diseño de explotaciones y selección de maquinaria y equipos. España
- Vargas, L, (2014), Manual de Evaluación de Recursos y Potencial Minero en el Perú, Dirección de Recursos Minerales.
- Zugarramurdi, A.; Parín, M.; Lupín, H.;1998;Ingeniería Económica Aplicada a la Industria Pesquera; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO); Roma.

ANEXOS

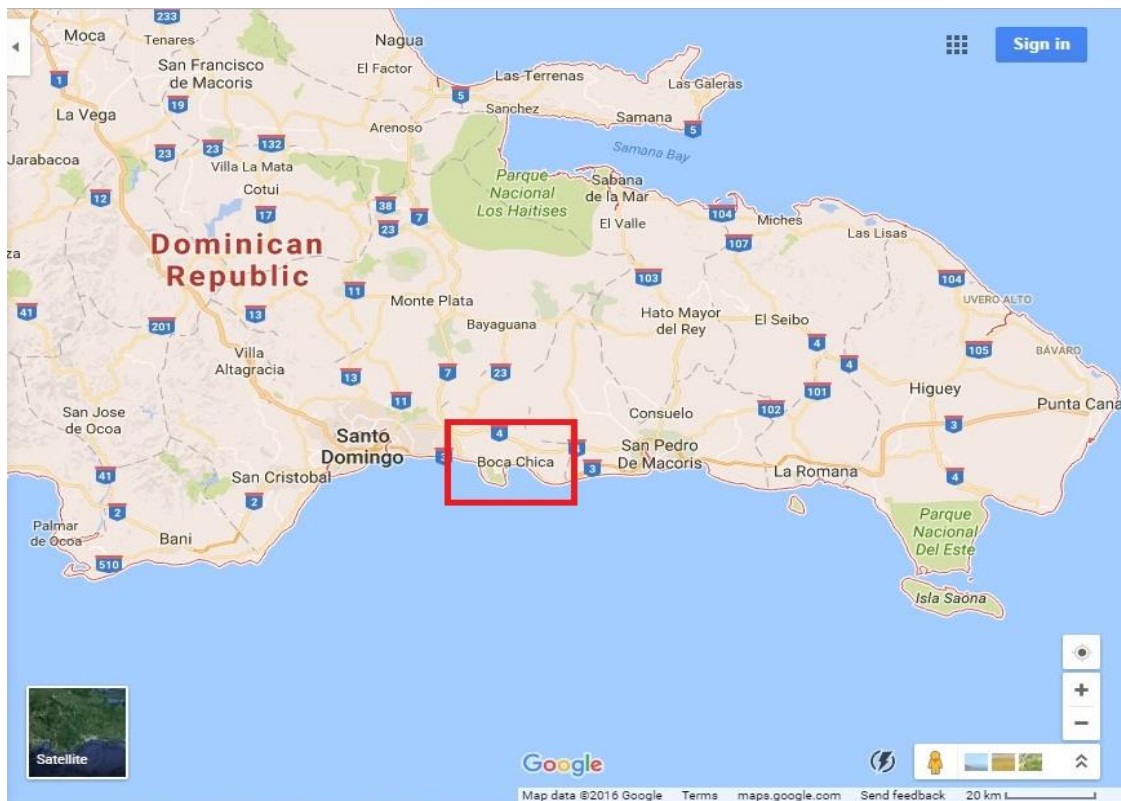


Fig. 1. Representación de contexto del área de estudio.

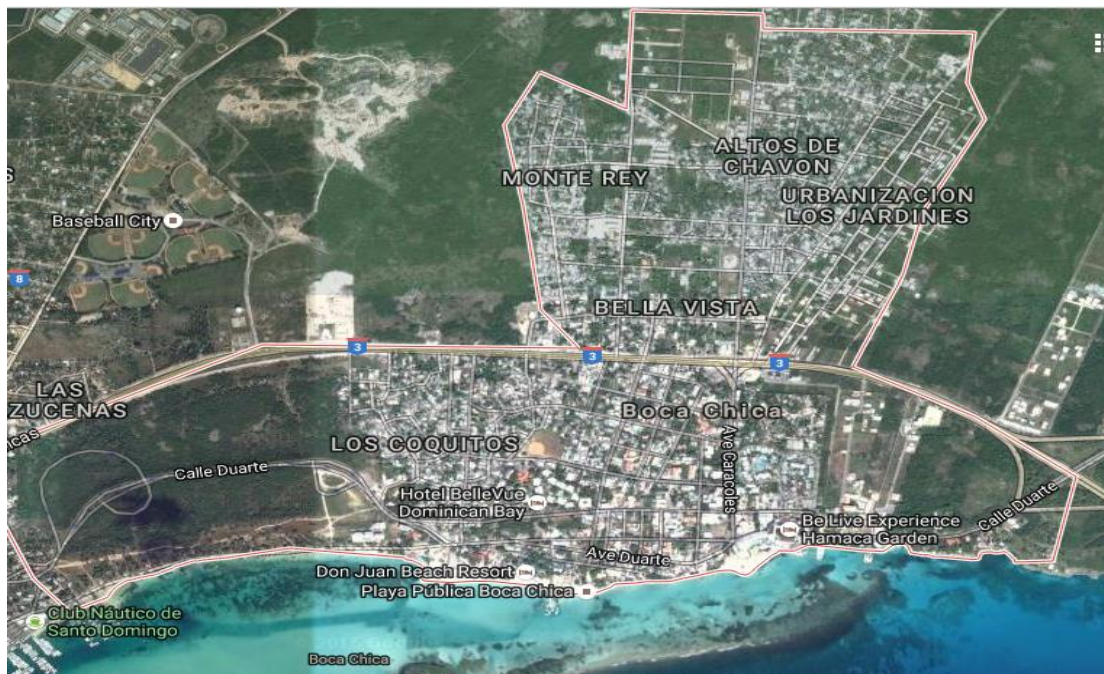


Fig. 1.1 Modelado satelital del terreno

EDAD	UNIDAD O AGRUPACIÓN HIDROGEOLÓGICA	UNIDADES CARTOGRÁFICAS	LITOLOGÍAS	GRADO/TIPO DE PERMEABILIDAD	TIPOS DE ACUÍFEROS Y OBSERVACIONES
CUATERNARIO	Playas	8	Arenas	Alta por porosidad intergranular	Acuíferos libres de productividad limitada
	Depósitos kársticos y lagunares	5, 9	Lutitas	Baja	Sin acuíferos significativos
	Fm La Isabela	3, 4, 6, 7	Calizas arrecifales	Muy alta por porosidad intergranular y karstificación	Acuífero libre extenso de elevada productividad, que descarga al mar
PLIOCENO- PLEISTOCENO INFERIOR	Fm Los Haitises	2	Calizas arrecifales	Muy alta por porosidad intergranular y karstificación	Acuífero libre extenso de elevada productividad que pueden alimentar a algunos acuíferos cuaternarios
	Fm Yanigua	1	Margas con intercalaciones de calizas	Baja	Sin acuíferos significativos

Fig. 1.2 Aspectos hidrogeológicos

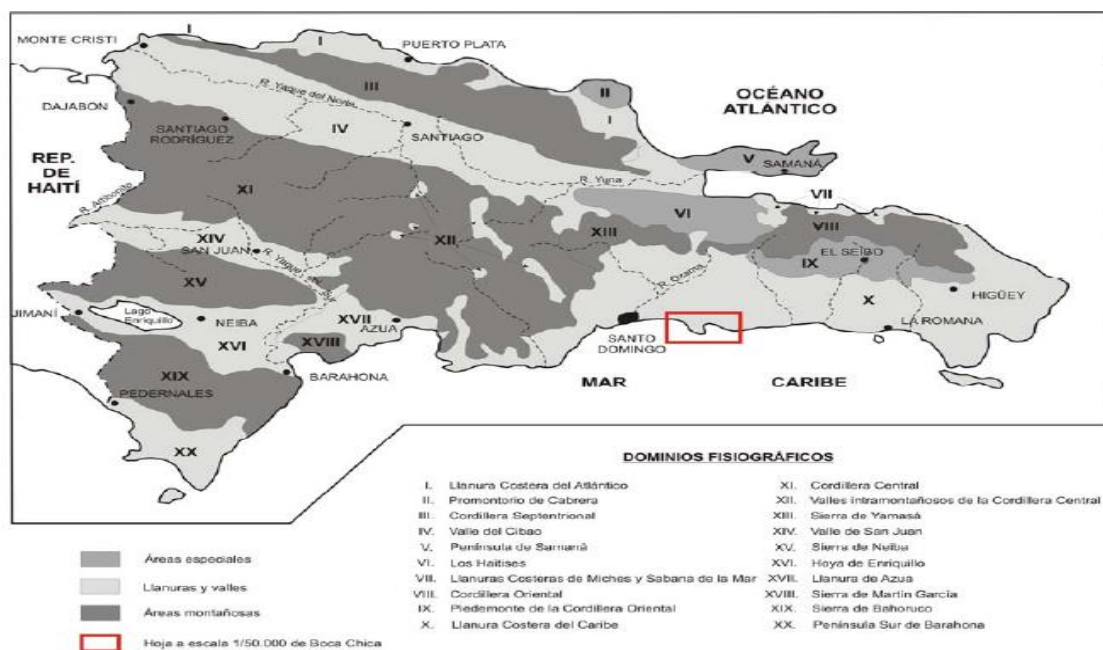


Fig. 1.3 Dominios fisiográficos

Resultados de los análisis químicos de seis muestra de roca coralina realizado en el departamento técnico Ferquido (DTF) Laboratorio de Análisis Químico.

Procedencia: Boca Chica Fecha: 10/11/2016
--

ANALISIS QUIMICO	IDENTIFICACION	M-1 LPH Y JM
	NO. LAB.	
Carbonatos (CaCO₃) Calcio (Ca) Magnesio (Mg) Azufre (S) Hierro (Fe)		94.1
		38.4
		0.25

		2.9
Total (%)		

Procedencia: Boca Chica Fecha: 10/11/2016
--

ANALISIS QUIMICO	IDENTIFICACION	M-2 LPH Y JM
	NO. LAB.	
Carbonatos (CaCO₃) Calcio (Ca) Magnesio (Mg) Azufre (S) Hierro (Fe)		96.5
		37.4
		0.37

		2.7
Total (%)		

Procedencia: Boca Chica
 Fecha: 10/11/2016

ANALISIS QUIMICO	IDENTIFICACION	M-3 LPH Y JM
	NO. LAB.	
Total (%)	Carbonatos (CaCO_3)	97.9
	Calcio (Ca)	37.8
	Magnesio (Mg)	0.30
	Azufre (S)	----
	Hierro (Fe)	2.9

Procedencia: Boca Chica
 Fecha: 10/11/2016

ANALISIS QUIMICO	IDENTIFICACION	M-4 LPH Y JM
	NO. LAB.	
Total (%)	Carbonatos (CaCO_3)	96.4
	Calcio (Ca)	38.4
	Magnesio (Mg)	0.25
	Azufre (S)	----
	Hierro (Fe)	3

Procedencia: Boca Chica
 Fecha: 10/11/2016

ANALISIS QUIMICO	IDENTIFICACION	M-5 LPH Y JM
	NO. LAB.	
Total (%)	Carbonatos (CaCO_3)	94.1
	Calcio (Ca)	38.4
	Magnesio (Mg)	0.25
	Azufre (S)	----
	Hierro (Fe)	2.9

Procedencia: Boca Chica
 Fecha: 10/11/2016

ANALISIS QUIMICO	IDENTIFICACION	M-6 LPH Y JM
	NO. LAB.	
Total (%)	Carbonatos (CaCO_3)	95.5
	Calcio (Ca)	37.7
	Magnesio (Mg)	0.37
	Azufre (S)	----
	Hierro (Fe)	2.7

Levantamientos de equipos utilizados en la industrialización de la caliza coralina



Vista de uno de los corta bloque de la planta de Borinquén Coral Stone.



Corta bloque con su descabezadora en la planta de La Ensenada Coral Stone.



Levantamiento de equipos en La Ensenada Coral Stone.



Fresa puente en la planta de Boriquen Coral Stone.



Pulidora en el área de artesanía en CORALDOM Coral Stone.



Vista de los diferentes corta bloque en Boriquen Coral Stone.



Parte del equipo investigador en levantamientos de equipos en Caribbean Coral Stone.



Vista de un estelar en la planta de CORALDOM Coral Stone.



Equipo investigador en la planta de Coralina del Este observando el resultado final de la coralina apomazada.



Máquina tipo robot que realiza el diseño arquitectónico que se desee.