

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TABLA DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Planteamiento del problema	10
1.2. Objetivos.....	11
1.2.1. Objetivo General	11
1.2.2. Objetivos Específicos	12
1.3. Ubicación y vías de acceso	12
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Ambientes y procesos costeros.....	13
2.1.1. Perfil costero	13
2.1.2. Clasificación de las costas	15
2.1.2.1. Bahías.....	16
2.1.3. Hidrodinámica costera	17
2.2. Técnicas de exploración geológica submarina	21
2.2.1. Muestreo submarino	21
2.2.2. Métodos geofísicos	22
3. MARCO GEOLÓGICO	24
3.1. Contexto geomorfológico y climático	24
3.2. Periodos de glaciación y cambios del nivel del mar	28
3.3. Geología de la zona.....	30
3.3.1. Unidades intrusivas	30
3.5. Edad del depósito	36
4. METODOLOGÍA	37
4.1. Análisis granulométrico y estratigráfico.....	37
4.2. Sonar de barrido lateral y prospección sísmica.....	38

4.2.1. Preparación previa.....	38
4.2.2. Obtención de los datos	40
4.2.3. Trabajo de los datos obtenidos	46
5. RESULTADOS	50
5.1. Estratigrafía y granulometría	50
5.2. Sonar de barrido lateral y perfilador sísmico	55
5.2.1. Transectas definitivas	55
5.2.2. Sonar de barrido lateral.....	56
5.2.3. Perfilador sísmico (SBP)	62
6. DISCUSIONES	75
6.1. Unidades estratigráficas	75
6.2. Caracterización del fondo marino.....	81
6.3. Caracterización sismoestratigráfica.....	83
6.4. Preservación del sitio GNLQ1	87
7. CONCLUSIONES.....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a. Ubicación del sitio GNLQ1-Quintero. b. Perfil de batimetría de la zona. Obtenido de López et al., 2016.....	10
Figura 2. Mapa topográfico de Chile y de la zona de estudio. Escala 1:30.000.000 y 1:100.000 respectivamente. Elaboración propia.....	12
Figura 3. Rutas desde Santiago (azul) y desde Valparaíso (verde) hasta la zona de estudio. Escala 1:1.000.000. Elaboración propia.....	13
Figura 4. Ilustración de cada una de las zonas del perfil costero. Obtenido de Ibarra y Belmonte (2017).	14
Figura 5. Terminología asociada a las olas cercanas a la costa. Los círculos muestran el movimiento orbital del agua a medida que la ola avanza. Obtenido de Waters, 1992.....	18
Figura 6. Comportamiento del agua en la zona de inundación o swash zone. Beach drift se refiere a la deriva de la playa. Obtenido de Waters, 1992.....	18
Figura 7. Corrientes costeras (longshore currents) y de resaca (rip currents) a lo largo de una costa. Las corrientes costeras fluyen paralelamente a la costa y transportan sedimentos lateralmente. Las corrientes de resaca canalizan el agua y sedimento de regreso al océano. Obtenido de Waters, 1992.	19

Figura 8. a. Draga. b. Sacatestigos de caja o box corer. c. Rastra. d. Sacatestigos tubular o gravity corer. Imágenes obtenidas del libro “Geología Marina de Chile”, Capítulo 2 (Díaz-Naveas & Frutos, 2010).	21
Figura 9. Distintos equipos utilizados para el estudio de la geología y geofísica submarina. Imagen obtenida del libro “Geología Marina de Chile”, Capítulo 2 (Díaz-Naveas & Frutos, 2010).	23
Figura 10. Algunas características geomorfológicas observadas en la zona de estudio. El punto rojo representa la ubicación del sitio GNLQ1. Imagen satelital Landsat. Escala 1:100.000. Modificado de Vargas y Ortega, 2008.....	24
Figura 11. Circulación de corrientes marinas superficiales y profundas de la bahía de Quintero. Obtenido de Escobar et al., 1971.	26
Figura 12. a. Patrón de circulación de corrientes marinas superficiales en llenante y vaciante de la bahía de Quintero, propuesto por Bakovic y Balic (1984). b. Modelo de circulación superficial de las aguas de la bahía de Quintero, propuesto por Malet y Andrade (1991).	26
Figura 13. Recorte de la carta náutica de la bahía de Quintero, escala 1:40.000. Autor: capitán de corbeta don Luis Pomar, 1876.	28
Figura 14. Perfil batimétrico de la bahía de Quintero. Obtenido de Carabias et al., 2014.....	28
Figura 15. Mapa de la bahía de Quintero que muestra el avance de la línea de costa hacia el continente a lo largo de los años desde hace 16.000 años atrás. Obtenido de López et al., 2015.	29
Figura 16. Hoja Quillota-Portillo, escala 1:250.000 (modificado de Rivano et al., 1993). El cuadro rojo corresponde a la zona de estudio, la que se muestra con mayor detalle en el recuadro negro.....	34
Figura 17. Características texturales y sedimentológicas de las unidades definidas para el testigo T1. Modificado de Vargas y Ortega (2008).	35
Figura 18. Mapa satelital (imagen Landsat) de la zona de estudio donde se muestran las isóbatas de la bahía y las transectas propuestas a recorrer durante la primera campaña de terreno, asociadas a quebradas y esteros cercanos. Las líneas blancas continuas indican las transectas escogidas y las líneas segmentadas representan las quebradas que rodean la bahía. Escala 1:100.000. Elaboración propia.	39
Figura 19. A la derecha se puede ver una imagen satelital Landsat de la zona de estudio. El cuadro rojo encierra el área más acotada abarcada durante la segunda campaña de terreno. A la izquierda se observa la grilla propuesta a recorrer con el SBP durante la segunda campaña de terreno. Escala 1:100.00 y 1:25.000 respectivamente. Elaboración propia.	40
Figura 20. a. Lancha utilizada para la toma de los datos. b. Cabina de la lancha equipada. c. Pantalla que muestra la transecta a recorrer (se utiliza para poder manejar la lancha sobre la transecta definida previamente). d. Visualización de los datos sísmicos en tiempo real (Hypack-2017). Imágenes propias.....	41
Figura 21. a. Equipo SB-424 en la lancha. b. Polea instalada en el mástil de la lancha. c. SB-424 siendo sumergido lentamente. Imágenes propias.....	42
Figura 22. Diagrama del funcionamiento de los equipos utilizados (perfilador SB-424 y sonar de barrido lateral). La fórmula utilizada para los cálculos corresponde al método clásico, marcado con un rectángulo rojo. Imagen obtenida del software Hypack-2017.	43

Figura 23. Esquema explicativo del alcance de cada subparámetro de la ganancia (TGV). Elaboración propia.	44
Figura 24. Imágenes del sonar de barrido lateral, su instalación en la lancha y siendo lentamente sumergido. Imágenes propias.	45
Figura 25. Esquema explicativo del uso del sonar de barrido lateral. La línea punteada representa las transectas recorridas previamente por el SBP. Las flechas de color celeste corresponden a las transectas recorridas por el sonar (una desde la orilla y la otra hacia la orilla), ambas distanciadas por aproximadamente 20 m. El ancho de las flechas corresponde al rango total o área barrida por el sonar, en este caso fueron 38 m por cada lado. La zona de color más oscuro representa el solapamiento de ambas áreas. Elaboración propia.	45
Figura 26. Corrección del fondo marino de las imágenes obtenidas por el sonar de barrido lateral utilizando el software Hypack. La línea azul representa el fondo marino, los puntos rojos corresponden al fondo corregido manualmente. Imágenes obtenidas del programa Hypack-2007.	47
Figura 27. Comparación de datos sísmicos sin filtro y con filtro. Se puede ver como la imagen se aclara y se obtiene más información. En el recuadro se especifican los parámetros utilizados. Imágenes obtenidas del software SeiSee.	48
Figura 28. Comparación de datos sísmicos con ruido y sin ruido. En las imágenes con zoom se puede notar que las líneas que corresponden a ruido, destacadas en amarillo, son pares de trazas idénticas. En los recuadros se especifican los parámetros utilizados en ambos casos. Imágenes obtenidas del software SeiSee. .	49
Figura 29. Imagen del testigo T5 donde se pueden distinguir 5 unidades estratigráficas. A la izquierda se muestra una tomografía del testigo, donde se notan mejor los cambios texturales. A la derecha el testigo está cortado por la mitad y abierto, y se pueden notar mejor los colores de cada unidad. Elaboración propia.	50
Figura 30. Mapeo estratigráfico de la tomografía del Testigo T5. Las líneas negras continuas indican los límites de las unidades. La línea negra punteada delimita las 2 subunidades dentro de la Unidad 1. Las figuras amarillas corresponden a algunos de los huesos encontrados en la Unidad 2 y las líneas blancas señalan algunas estructuras internas (aglomerados) de la unidad 3. Elaboración propia.	51
Figura 31. Gráfico que muestra el porcentaje de cada moda presente en cada cm del testigo T5. Elaboración propia.	52
Figura 32. Gráfico de frecuencias de cada tamaño de grano presentes en el primer tramo del testigo T5 (primeros 13 cm). La flecha indica la única moda presente. Elaboración propia.	53
Figura 33. Gráfico de frecuencias de cada tamaño de grano presentes en el segundo tramo del testigo T5 (desde el cm 14 al 18). Las flechas grises corresponden a las modas más destacables y las azules a modas presentes solo en algunos cm del testigo T5. Elaboración propia.	53
Figura 34. Gráfico de frecuencias de cada tamaño de grano presentes en el tercer tramo del testigo T5 (desde el cm 19 al 70). Las flechas indican las modas. Elaboración propia.	54
Figura 35. Las líneas blancas representan las transectas recorridas por el sonar de barrido lateral, nombradas de L1 a L7. El punto rojo representa la ubicación del sitio GNLQ1. Los puntos azules corresponden a las ubicaciones aproximadas de las imágenes de las estructuras más representativas encontradas a lo largo de cada	

transecta (las que se detallan en las Figuras 37 a 42). Imagen satelital Landsat. Escala 1:40.000. Elaboración propia.	55
Figura 36. Las líneas blancas representan las transectas recorridas por el SBP durante la segunda campaña de terreno. El punto rojo representa la ubicación del sitio GNLQ1. Imagen satelital Landsat. Escala 1:25.000. Elaboración propia.	56
Figura 37. Estructuras observadas a lo largo de la transecta L1.	57
Figura 38. Estructuras observadas a lo largo de la transecta L2.	58
Figura 39. Estructuras observadas a lo largo de la transecta L4.	59
Figura 40. Estructuras observadas a lo largo de la transecta L5.	59
Figura 41. Estructuras observadas a lo largo de la transecta L6.	60
Figura 42. Estructuras observadas a lo largo de la transecta L7.	61
Figura 43. Mapa de la zona de estudio que muestra la ubicación aproximada de las estructuras y características antes mencionadas. Las líneas blancas representan cada una de las transectas recorridas. (Las isóbatas corresponden a los 5, 10, 20 y 50 m de profundidad respectivamente, desde la orilla hacia lo más profundo). Imagen satelital Landsat. Escala 1:35.000. Elaboración propia.	62
Figura 44. Perfiles del fondo marino. Transectas perpendiculares a la línea de costa (A1-A4).	63
Figura 45. Perfiles del fondo marino. Transectas paralelas a la línea de costa (B1-B5). Las D indican la presencia de leves depresiones a lo largo de cada perfil.	64
Figura 46. Interpretación de reflectores encontrados a lo largo de la transecta A1. Los recuadros rojos representan las zonas donde se ubican. Las líneas amarillas, rojas y celestes representan los reflectores 1, 2 y 3 respectivamente.	66
Figura 47. Interpretación de reflectores encontrados a lo largo de la transecta A2. La flecha negra indica la ubicación aproximada del sitio de interés GNLQ1. Las marcas verticales negras representan la ubicación y longitud de los testigos T1 y T5. La línea punteada señala el lugar de intersección de la transecta A2 con la B3.	67
Figura 48. Interpretación de reflectores encontrados a lo largo de la transecta A3.	68
Figura 49. Interpretación de reflectores encontrados a lo largo de la transecta A4.	69
Figura 50. Interpretación de reflectores encontrados a lo largo de la transecta B1.	70
Figura 51. Interpretación de reflectores encontrados a lo largo de la transecta B2.	71
Figura 52. Interpretación de reflectores encontrados a lo largo de la transecta B3. La línea punteada señala el lugar de intersección de la transecta B3 con la A2.	72
Figura 53. Interpretación de reflectores encontrados a lo largo de la transecta B4.	73
Figura 54. Interpretación de reflectores encontrados a lo largo de la transecta B5.	74
Figura 55. Unidades sedimentológicas definitivas para el testigo T1. Se define una nueva Unidad 2. Las antiguas unidades 2 y 3 pasan a llamarse 3 y 4 respectivamente (solo cambian sus nombres). Modificado de Vargas y Ortega (2008).	76
Figura 56. Unidades estratigráficas definitivas para el testigo T5 con sus respectivas subunidades. Sobre la tomografía (a la izquierda) se observa el mapeo estratigráfico antes detallado. Elaboración propia.	77
Figura 57. Correlación de testigos T1 y T5. Elaboración propia.	78
Figura 58. Mapa de las estructuras sedimentarias y afloramientos encontrados en la zona de estudio. Se agregaron flechas que indican la dirección del oleaje, según la orientación de las óndulas y ondulitas. Escala 1:35.000. Elaboración propia.	81

Figura 59. Imagen que abarca una zona mayor al área de estudio. A la izquierda se puede notar la presencia de valles y cañones submarinos. (Tierra: imagen satelital multiespectral Landsat, océano: combinación de modelo gravimétrico y medidas de sonares de fondo). Escala 1:400.000. Elaboración propia..... 84

Figura 60. Reflectores y unidades sísmicas presentes en las cercanías del sitio GNLQ1. Los rectángulos negros representan los testigos T1 y T5. Las marcas blancas en cada testigo indican los límites de las unidades estratigráficas presentes en cada uno. Elaboración propia. 85