

IDENTIFICACIÓN PREVIA Y CLASIFICACIÓN DE HÁBITATS POR TELEDETECCIÓN MEDIANTE SONAR DE BARRIDO LATERAL EN EL ÁREA LIC DE ALBORÁN. ALMERÍA.



TOMO I. MEMORIA TECNICA

CONSULTOR



GEHYM

Geotecnia, Hidrogeología
y Medio Ambiente, S.L.

C/ Barrancas, 14 - 45112 Burguillos de Toledo - TOLEDO. Tel. 925 - 39 32 82. Fax: 925 - 39 33 52

MAYO 2011

AENOR



Gestión
Ambiental

UNE-EN ISO 14001
GA-2010/0483

IDENTIFICACIÓN PREVIA Y CLASIFICACIÓN DE HÁBITATS POR TELEDETECCIÓN MEDIANTE SONAR DE BARRIDO LATERAL EN EL ÁREA LIC DE ALBORÁN.

MEMORIA TÉCNICA.



TOMO I

IDENTIFICACIÓN PREVIA Y CLASIFICACIÓN DE HÁBITATS POR TELEDETECCIÓN MEDIANTE SONAR DE BARRIDO LATERAL EN EL ÁREA LIC DE ALBORÁN.

MEMORIA TÉCNICA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. OBJETIVOS.....	10
3. ENCUADRE FISIOGRÁFICO.....	11
3.1. MARCO GEOGRÁFICO DEL ESTUDIO.....	11
3.2. CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS.....	14
3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS Y CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA.....	15
3.4. MARCO GEOLÓGICO DE LA ZONA.....	17
3.4.1. GEOLOGÍA GENERAL DEL MAR DE ALBORÁN.....	17
3.4.2. GEOLOGÍA DE LA ISLA DE ALBORÁN.....	20
4. TRABAJOS DE CAMPO Y EQUIPOS UTILIZADOS.....	23
4.1. RETÍCULA O CUADRÍCULA DE LEVANTAMIENTO.....	23
4.2. EQUIPOS UTILIZADOS.....	24
4.2.1. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GPS DIFERENCIAL.....	24
4.2.2. SOFTWARE DE NAVEGACIÓN Y POSICIONAMIENTO.....	26
4.2.3. SONAR DE BARRIDO LATERAL BIFRECUENCIA DIGITAL.....	27
4.2.4. SISTEMA DIGITAL DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	29
4.2.5. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO INTEGRAL DEL USBL.....	29
4.2.6. WINCHE.....	30
4.2.7. DRAGA SHIPEK.....	31
5. DOMINIOS MORFOLÓGICOS.....	33
5.1. DOMINIO NORORIENTAL.....	33
5.1.1. LITORAL.....	34
5.1.2. PLATAFORMA CONTINENTAL.....	34
5.1.3. TALUD CONTINENTAL.....	39
5.2. DOMINIO SUROCCIDENTAL.....	51

5.2.1.	PLATAFORMA CONTINENTAL.....	51
6.	INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA.....	56
6.1.	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO.....	56
6.2.	INVESTIGACIÓN MORFOLÓGICA.....	57
6.2.1.	CALIBRACIÓN Y CORRECCIONES.....	57
6.2.2.	PROCESADO DE LOS DATOS.....	58
7.	ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LAS MUESTRAS.....	63
7.1.	INTRODUCCIÓN.....	63
7.2.	ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO.....	63
7.2.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	63
7.2.1.1	PARÁMETRO ESTADÍSTICOS.....	67
7.2.2.	CONTENIDO EN CARBONATOS.....	69
7.2.3.	ANÁLISIS MINERALÓGICO.....	70
7.3.	CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA.....	72
8.	INSPECCIÓN MEDIANTE VÍDEO REMOLCADO.....	78
9.	GEOMORFOLOGÍA DEL SUSTRATO.....	81
9.1.	SUSTRATO ROCOSO.....	82
9.2.	BLOQUES, GRAVAS Y ARENAS.....	87
9.3.	GRAVAS.....	88
9.4.	ENCOSTRAMIENTOS.....	89
9.5.	ARENAS MUY GRUESAS A GRUESAS.....	90
9.6.	ARENAS MEDIAS Y FINAS.....	91
9.7.	OBJETOS.....	93
9.8.	LAMINARIA.....	95
10.	ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES GEOHÁBITATS.....	96
10.1.	ÁREA NORORIENTAL.....	97
10.1.1.	ANÁLISIS DE PENDIENTES.....	97
10.1.2.	ANÁLISIS DEL SUSTRATO.....	99
10.2.	ÁREA SUROCCIDENTAL.....	102
10.2.1.	ANÁLISIS DE PENDIENTES.....	102
10.2.2.	ANÁLISIS DEL SUSTRATO.....	104
11.	OTRAS INFORMACIONES.....	107
12.	CONCLUSIONES.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reserva Marina Isla de Alborán.	9
Figura 2. Situación general de la zona de estudio.	10
Figura 3. Situación geográfica de la zona.	11
Figura 4. Esquema 3D de la morfología del fondo marino (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2004).	12
Figura 5. Vista desde el suroeste de la Isla de Alborán.	13
Figura 6. Vista aérea de la Isla de Alborán y del Islote de las Nubes.	13
Figura 7. Imagen del paso de las aguas atlánticas al Mediterráneo y la formación de los dos giros anticiclónicos.	15
Figura 8. Imágenes de Meteosat y Ministerio de Medio Ambiente. A: imagen satélite de una borrasca sobre la Isla de Alborán; B: imagen del radar (reflectividades) de la generación de una borrasca en Alborán.	16
Figura 9. Imagen del paso de las aguas atlánticas al Mediterráneo mediante la observación de la temperatura. Las aguas de menor temperatura y atlánticas (tonalidades amarillas) y de mayor temperatura y mediterráneas (tonalidades rojizas oscuras).	17
Figura 10. Esquema de la tectónica y relación de las Cordilleras Bético-Rifeñas con la Cordillera del Rif y norte de Marruecos, con la Cuenca de Alborán.	18
Figura 11. Terremotos en la Isla de Alborán durante los días 5 y 6 de Julio de 2010 (IGN).	20
Figura 12. Mapa geológico de la Isla de Alborán (IGME, hoja 1059).	22
Figura 13. Sistema de señales.	25
Figura 14. Esquema de conexión del DGPS en campaña.	25
Figura 15. Software de posicionamiento y recorridos.	27
Figura 16. Sonar de barrido lateral bifrecuencia digital KLEIN 3000.	28
Figura 17. Sonograma obtenido mediante SBL.	28
Figura 18. Software de adquisición SonarPro 12.	29
Figura 19. Sistema USBL Easytrak y pinger 919.	30
Figura 20. Sistema de posicionamiento.	30
Figura 21. Winche eléctrico CSW-7 y pasteca cuentavueltas digital.	31
Figura 22. Draga Shipek.	32
Figura 23. División de dominios.	33
Figura 24. Entorno litoral de la Isla de Alborán.	34
Figura 25. Plataforma continental.	35
Figura 26. Sumideros de descarga de la plataforma continental.	36
Figura 27. Imagen de cretas de sedimentos del SBL.	37
Figura 28. Fracturas en la zona de la Isla de Alborán.	38
Figura 29. Fracturas en Piedra Escuela.	38
Figura 30. Situación del cañón El Castor en la plataforma.	40
Figura 31. Zona oriental de la plataforma de Alborán.	40
Figura 32. Modelización 3D del Cañón submarino El Castor.	41
Figura 33. Perfil longitudinal del cauce principal.	41
Figura 34. Perfil transversal de cabecera.	42
Figura 35. Perfil transversal curso medio.	43
Figura 36. Tramo inferior.	44
Figura 37. Tramo inferior deposicional.	44
Figura 38. Análisis del talud.	45
Figura 39. Análisis mineralógico de la muestra ALB-3.	47
Figura 40. Cabecera Sistema Cañón Al Boraní.	48
Figura 41. Cabecera Sistema Piedra Escuela.	49
Figura 42. Red paralela de incisión.	50

Figura 43. Dominio suroccidental.	51
Figura 44. Mosaico zona de la microplataforma 1.	52
Figura 45. Mosaico zona de la microplataforma 2.	53
Figura 46. Deslizamientos a favor de fracturas.	54
Figura 47. Zona de deslizamientos a favor de fracturas.	54
Figura 48. Sonograma con reflectividad alta y media uniforme.	60
Figura 49. Sonograma con reflectividades altas.	60
Figura 50. Sonograma de Maërl.	61
Figura 51. Sonograma con distintas reflectividades.	61
Figura 52. sonograma con marcas de arrastre sobre Maërl.	62
Figura 53. Columna de tamices ASTM.	64
Figura 54. Clasificación textural de los sedimentos de GRADISTAT a partir de Folk y Udden & Wenworth.	66
Figura 55. Método logarítmico de los Momentos.	67
Figura 56. Método gráfico logarítmico de Folk y Ward (1957).	67
Figura 57. Nomenclatura descriptiva según McManus.	69
Figura 58. Índice de redondez y esfericidad de Folk y escala de redondez y esfericidad de Zingg (1935).	71
Figura 59. Microscopio óptico.	71
Figura 60. Imágenes de microscopio óptico de una de las muestras.	72
Figura 61. Diagrama de Folk representando el contenido en grava, arena y fango de todas las muestras.	75
Figura 62. Cuadro resumen de los diferentes grupos texturales de las muestras.	76
Figura 63. Síntesis de la distribución sedimentológica de las muestras.	76
Figura 64. Distribución de tipos sedimentarios según la escala de Wentworth de la zona de estudio.	77
Figura 65. Camara de vídeo utilizada para la inspección subacuática.	78
Figura 66. Localización de las inspecciones subacuáticas.	79
Figura 67. Imágenes de la cámara submarina.(I-1: fondos de arena y rodolitos; I-2: fondos de rodolitos y arena junto con laminaria; I-3: fondos con encostramientos; I-4: fondos arenosos con algún rodolito; I-5: fondos arenosos con laminarias aisladas; I-6: fondos de rodolitos).	80
Figura 68. Fragmento del mosaico digital de Piedra Escuela.	81
Figura 69. Plano morfológico general.	82
Figura 70. Afloramiento rocoso en las inmediaciones de la Isla de Alborán.	83
Figura 71. Afloramiento rocoso de Piedra Escuela.	84
Figura 72. Afloramiento rocoso de la zona suroccidental.	84
Figura 73. Sonograma de alineaciones de afloramientos rocosos NNE-SSO y NE-SO.	86
Figura 74. Sonograma de alineaciones de afloramientos rocosos E-W.	86
Figura 75. Sonograma de afloramientos rocosos de escasa entidad.	87
Figura 76. Sonograma mostrando afloramientos de roca rodeados de material constituido por bloques, gravas y arenas.	88
Figura 77. Sonograma de gravas bioclásticas con marcas de arrastre y muestra obtenida en campaña.	89
Figura 78. Sonograma de arenas gruesas a muy gruesas. Se ha marcado con una flecha la dirección de máxima pendiente donde avanzan las crestas sedimentarias marcadas con trazo negro.	91
Figura 79. Sonograma de arenas medias.	91
Figura 80. Relación entre tamaño de grano y velocidad de corriente.	92
Figura 81. Sonograma de tres cabos y objetos.	93
Figura 82. Sonograma de cabo y objeto.	93
Figura 83. Sonograma de cabo flotando.	94
Figura 84. Sonograma de marcas de arrastre a 2 km al sur de la Isla de Alborán.	94
Figura 85. Localización de las zonas con presencia de laminaria.	95
Figura 86. Plano de análisis de pendientes de la zona nororiental.	98

Figura 87. Plano de hábitat generalizado de la zona nororiental.	99
Figura 88. Clasificación de los sustratos usando la MLC para los sonogramas del SBL.	101
Figura 89. Plano del análisis de pendientes de la zona suroccidental.	103
Figura 90. Plano de hábitat generalizado de la zona suroccidental.	104
Figura 91. Clasificación de los sustratos usando la MLC para SBL.	106
Figura 92. Posible localización de un ánfora.	107
Figura 93. Imágenes de detalle.	108
Figura 94. Localización del hallazgo.	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Elipsoide y parámetros de deformación.	26
Tabla 2. Serie de tamices ASTM.	64
Tabla 3. Resultados del análisis granulométrico. las nomenclaturas corresponden a: GR: gravas; Gr: gravilla; AMG: arena muy gruesa; AG: arena gruesa; AM: arena medi; AF: arena fina.	72
Tabla 4. Coordenadas de las filmaciones de vídeo.	80
Tabla 5. Clasificación de estructuras deposicionales.	92
Tabla 6. Clasificación de la pendiente del fondo marino en base a la clasificación de hábitats marinos bentónicos de aguas profundas (Greene et al., 1999).	97
Tabla 7. Tabla resumen del análisis de pendientes.	97
Tabla 8. Tipo de Megahábitat en función de la clasificación de Greene et al, 1999).	100
Tabla 9. Resultados de la clasificación de los sustratos.	100
Tabla 10. Tabla resumen del análisis de pendientes.	102
Tabla 11. Tipo de Megahábitat en función de la clasificación de Greene et al, 1999).	104
Tabla 12. Resultados de la clasificación de los sustratos del área suroccidental.	105

REPORTAJE FOTOGRÁFICO

TOMO II. ANÁLISIS SEDIMENTARIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS

ANÁLISIS MINERALÓGICOS

TABLAS RESUMEN

TOMO III. PLANOS

PLANO 1. GEOMORFOLÓGICO GENERAL. ESCALA 1:100.000.

PLANO 2. GEOMORFOLÓGICOS DETALLA. ESCALA 1:5.000.

PLANO 3. MOSAICO GENERAL. ESCALA 1:100.000.

PLANO 4. GEOMORFOLÓGICOS DETALLA. ESCALA 1:5.000.

PLANO 5. MUESTRAS GENERAL. ESCALA 1:100.000.

PLANO 6. PENDIENTES. ESCALA 1:100.000.

PLANO 7. GEOHÁBITAT. ESCALA 1:100.000.

1. INTRODUCCIÓN.

Una reserva marina se define como cualquier zona marina protegida legalmente con una limitación de usos. Si se completa la definición anterior, se puede hablar de un área para la conservación de especies mediante una explotación sostenida de los recursos pesqueros.

El declive pesquero es directamente proporcional al aumento del impacto antrópico, y se necesitan nuevas herramientas para la sostenibilidad de las pesquerías. Prácticamente los fondos marinos a menos de 1.000 metros están explotados.

Los impactos positivos resultantes de una reserva se alcanzan cuando aumenta la tasa reproductora de la población explotada así como la supervivencia de las especies juveniles, exportación de biomasa que incrementa las capturas y mejoras en la gestión y explotación.

Por todo esto, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino ha encargado a la empresa Geología, Hidrología y Medioambiente S. L. (GEHYM, S. L.) la identificación previa y clasificación de hábitats mediante sonar de barrido lateral en el área LIC de Alborán, provincia de Almería.

La creación de la Reserva Marina se llevó a cabo tras un estudio previo del Instituto Oceanográfico Español en el que se dedujo principalmente dos factores para la creación de la misma:

- Elevada biodiversidad y riqueza pesquera.
- Vulnerabilidad frente a la pesca abusiva, tanto profesional como de recreo, en los últimos años debido a la menor presencia de las fuerzas del Ministerio de Defensa en la isla.

Todo ello conllevó a la creación de la Reserva en 1997 según la Orden Ministerial del 31 de Julio de 1997 (B.O.E. nº 204 del 26 de agosto y B.O.E. nº 233 del 23 de septiembre del año 1998). En esta orden se instalaron varios tipos de reservas, *dos integrales, una marina y una de pesca* junto con la prohibición de la *pesca de arrastre* a menos de 70 metros de profundidad.

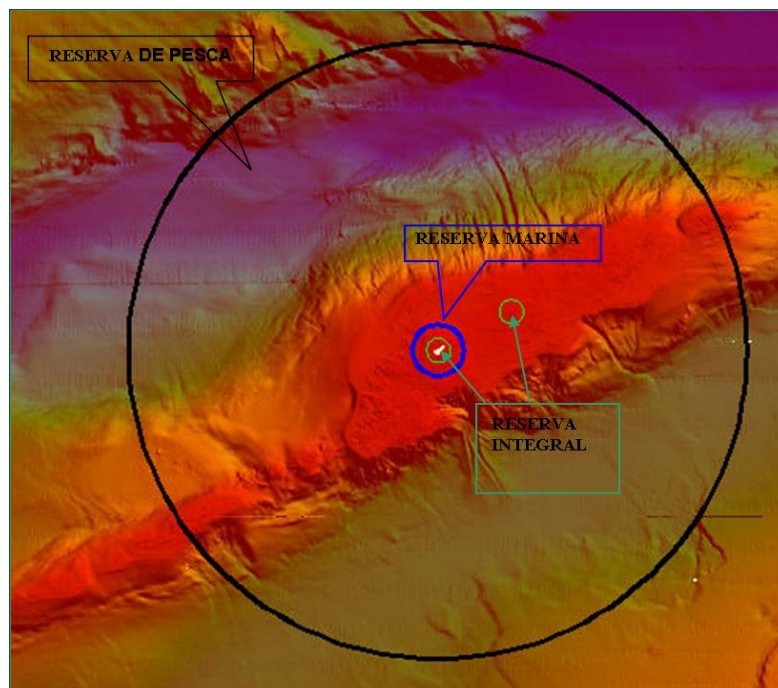


Figura 1. Reserva Marina Isla de Alborán.

La *Reserva de Pesca* ocupa un área de unos 1500 km², mediante un círculo de 12 millas desde la Isla de Alborán. En el interior de este círculo se establece una *Reserva Marina* con un área entorno a 9.4 km² igualmente formada por un círculo de 1 milla desde la Isla de Alborán.

Una de las dos *Reservas Integrales* está ubicada a 0.5 millas alrededor de la Isla de Alborán y otra también circular de 0.5 millas de radio cuyo centro corresponde con las coordenadas 35°57,95'N y 2°58.60'O, situada al nordeste de la isla incluyendo el bajo denominado como "Piedra Escuela".

El valor ecológico de las aguas objetos de estudio recae en la existencia de vegetales marinos en peligro, de los que destacan ocho especies de algas pardas, principalmente *Cystoseira* del orden *Fucales* y las *Laminariales*. También cabe citar la existencia de fondos coralígenos, fondos de *Maërl*, y los bosques de *Dictyopteris membranacea*, de la clase de las *Feofíceas*, así como otras especies de fauna protegida.

Por todo ello se han propuesto las medidas necesarias para mantener su conservación mediante el establecimiento de un régimen jurídico de protección específico para el espacio, obteniéndose así la denominación de **Paraje Natural**, esta propuesta se centra en la Isla de Alborán, islote de la Nube y el fondo marino circundante hasta una profundidad de 200 m.

2. OBJETIVOS.

El objetivo del presente estudio es avanzar en la identificación y caracterización de los diferentes geohábitats existentes en la plataforma sumergida de la isla de Alborán con el fin de que sirva como base técnica fundamental para la definición y desarrollo de planes de gestión, diseño de las acciones de protección particulares de la biodiversidad y ordenación de usos de los recursos naturales de los espacios de la Red Natura 2000 marina.

Los objetivos marcados en este trabajo son los siguientes:

- Levantamiento cartográfico, mediante sonar de barrido lateral, de la plataforma sumergida en el entorno de la Isla de Alborán, determinando sus zonas de interés.
- Caracterización de los diferentes fondos marinos en función de su naturaleza sedimentológica y geológica.
- Realización de planos que constituyan los distintos geohábitats existentes.
- Identificación, delimitación y localización de hábitats de interés.

Para ello se ha realizado una investigación, mediante sonar de barrido lateral, de una superficie aproximada de 27.623 ha, es decir, área cuyo límite superior se sitúa en la Isla de Alborán (0 metros) y el inferior en el entorno comprendido por la isóbata -200 metros en el ámbito del LIC ES6110015.



Figura 2. Situación general de la zona de estudio.

3. ENCUADRE FISIAGRÁFICO.

3.1. MARCO GEOGRÁFICO DEL ESTUDIO.

La Isla de Alborán se sitúa en el extremo occidental del mar Mediterráneo, más concretamente en una zona dominada Mar de Alborán, que adquiere su nombre de la isla. La ubicación geográfica de la isla queda en la vertical supuesta desde Adra (Almería) y Melilla, quedando a 90 km. de la costa meridional española y a 60 km. de Cabo Tres Forcas (Marruecos).

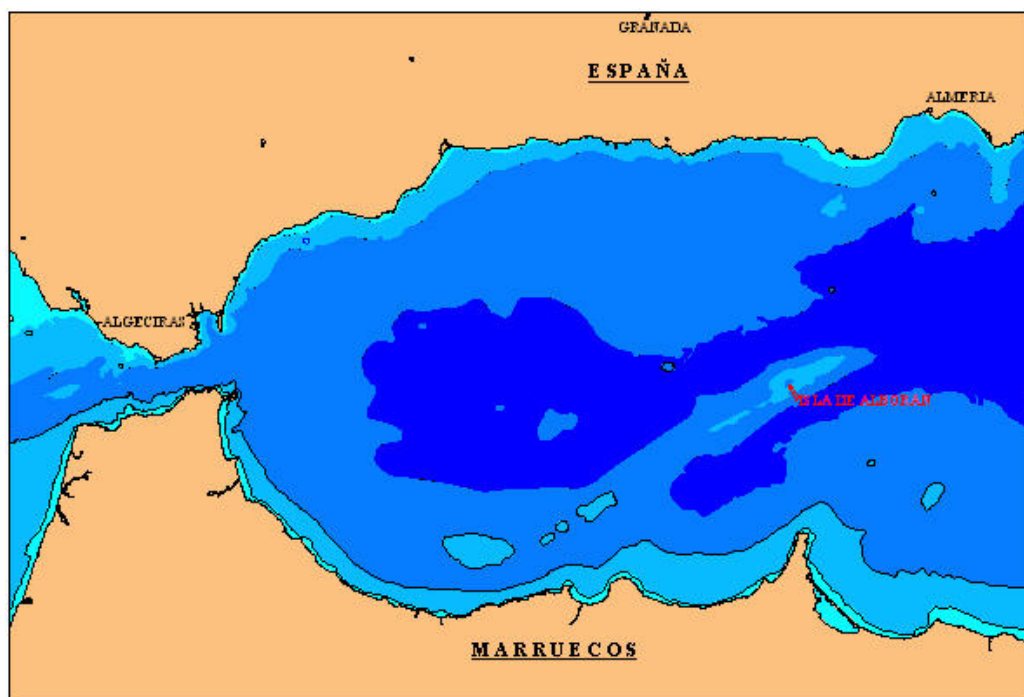


Figura 3. Situación geográfica de la zona.

Presenta una morfología triangular con parte más estrecha orientada al NE y su parte más extensa al SO. La característica morfológica principal de la isla es estar prácticamente rodeada de acantilados que no superan los 15 m. presentando una morfología plana, tipo rasa, con una longitud de 612 m. y una anchura máxima de 274 m.

La única parte de la isla que no está dominada por presencia de acantilados es la parte suroccidental con presencia de pequeñas ensenadas, lugar donde se sitúan las edificaciones existentes.

La Isla de Alborán no es la única protuberancia terrestre que emerge en la zona, encontrándose al noreste un islote rocoso denominado Isla de las Nubes, separado por el canal de Las Morenas de la Isla de Alborán.

Otras de las características fisiográficas son las dos cuencas que se generan a ambos lados de la elevación donde emerge la Isla de Alborán. Todo ello es el resultado de numerosos factores, como el movimiento de placa, corrientes de agua, vulcanismo, diapirismo, etc.

La elevación con dirección NE-SO donde emerge la isla se denomina dorsal de Alborán que separa dos cuenca, la cuenca occidental y cuenca meridional.

La cuenca Occidental queda delimitada por el Estrecho de Gibraltar, plataforma española, parte de la plataforma africana y la dorsal de Alborán.

La cuenca Meridional queda delimitada por la dorsal de Alborán y la plataforma africana como se puede ver en la Figura 4.

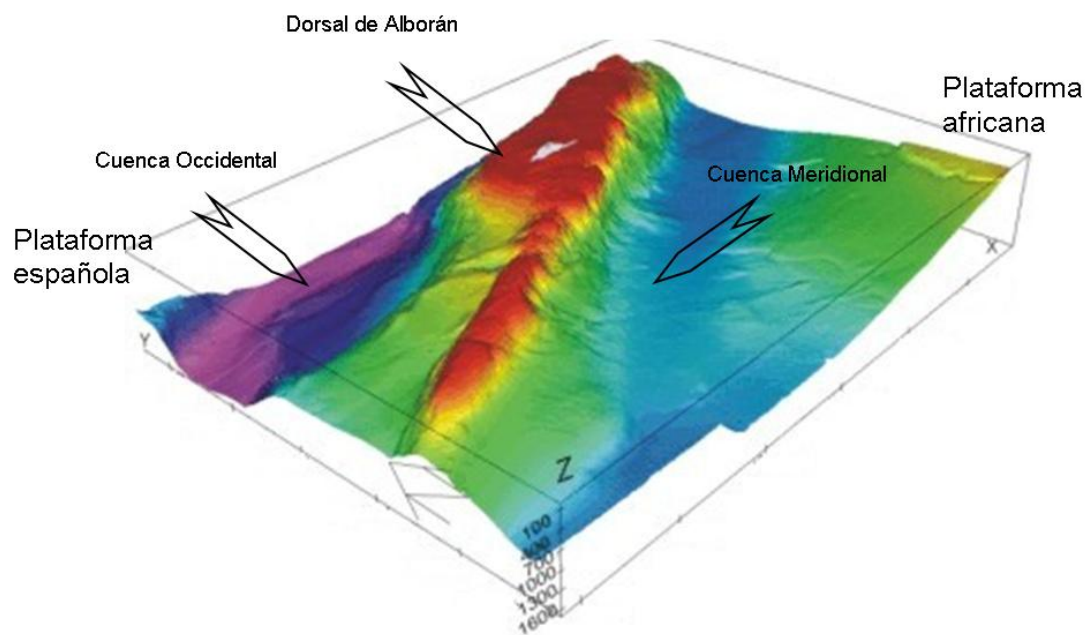


Figura 4. Esquema 3D de la morfología del fondo marino (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2004).

En la imagen siguiente se puede observar la morfología descrita anteriormente, con detalle de las pequeñas ensenadas al suroeste, así como las edificaciones existentes.



Figura 5. Vista desde el suroeste de la Isla de Alborán.

En la zona noreste se encuentra el Islote de las Nubes separado de la Isla de Alborán por el canal de Las Morenas.



Figura 6. Vista aérea de la Isla de Alborán y del Islote de las Nubes.

3.2. CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS.

El Mar de Alborán ocupa un sistema complejo y privilegiado con respecto a las características oceanográficas, que es una de las causas de que se considere zona de interés en cuanto a su ecosistema. En esta zona se unen características oceanográficas del Océano Atlántico como del Mar Mediterráneo formando un sistema de unión de ambos ecosistemas.

El Estrecho de Gibraltar es la zona de confluencia entre las mareas atlánticas caracterizadas por rangos mareales de >1 m. con las mediterráneas que se caracterizan por rangos $<0,5$ m.

Según avanzamos al este, las mareas van disminuyendo en cuanto a rango mareal pasando de atlánticas a mediterráneas, hasta las costas italianas donde se considera una onda estacionaria (García-La Fuente, 1986).

En cuanto al oleaje el mar de Alborán según el M.O.P.T., presenta un dominio de la componente E (levante) y O (poniente), quedando la componente N y S como de carácter secundario. El mar procedente de levante tiene un dominio del mar de fondo (componente "sea") mientras que el mar creado directamente por el viento (componente "swell") predomina en el mar de poniente.

El promedio del mar tipo "sea" es de 0,5 - 1 m. mientras que el tipo "swell" es de 1,5 - 2,5 m. siempre siendo algo mayores en la componente este.

Las confluencias de las masas de aguas tanto atlánticas como mediterráneas en la zona del mar de Alborán son muy importantes como se ha comentado al inicio de este apartado.

En el sector del Mediterráneo, en el que se engloba el mar de Alborán se han determinado tres tipos de masas de agua:

- **Agua superficial atlántica:** presenta temperaturas medias de $12,5^{\circ}$ C, un porcentaje de salinidad entre 36,2 ‰ y 36,6 ‰. Esta masa de agua fluye hacia el este y se encuentra entre 0 y 200 m. de profundidad (Gil, 1990).
- **Agua mediterránea intermedia:** esta masa de agua fluye hacia el oeste entre los 200 y 700 m. de profundidad con salinidades superiores al 38 ‰, y una temperatura media de $13,15^{\circ}$ C (Gil, 1990).

- **Agua mediterránea profunda occidental:** son las aguas más profundas y se encuentran a partir de los 1000 m. presentando valores de salinidad media de 38,4 ‰ y temperaturas de 12,7 ° C (Millot, 1987).

Los movimientos de estas masas de agua se producen dos procesos los cuales dependen de otros factores como cambios de temperatura (estacionales), salinidad y mareas. Las dos masas de aguas mediterráneas fluyen hacia el oeste para salir por el estrecho de Gibraltar hacia el Atlántico, mientras que la masa de agua atlántica fluye hacia el este entrando en el Mediterráneo.

Las aguas mediterráneas intermedias fluyen hacia el oeste ramificándose en las dos cuencas de la Isla de Alborán. Las aguas mediterráneas profundas circulan por el talud africano antes de subir en el estrecho de Gibraltar y unirse con las aguas mediterráneas intermedias, para salir al Atlántico por debajo de las aguas superficiales atlánticas. Esta agua mediterránea sufre un giro con dirección norte bordeando la península Ibérica, al salir al Atlántico.

Las aguas superficiales atlánticas pasan desde el oeste por el estrecho por encima de las mediterráneas y es causante del frente termohalino. Generan dos giros anticiclónicos, uno en la cuenca occidental y otro en la oriental tras pasar el meridiano 3° O (Bryden y Stommel, 1984).

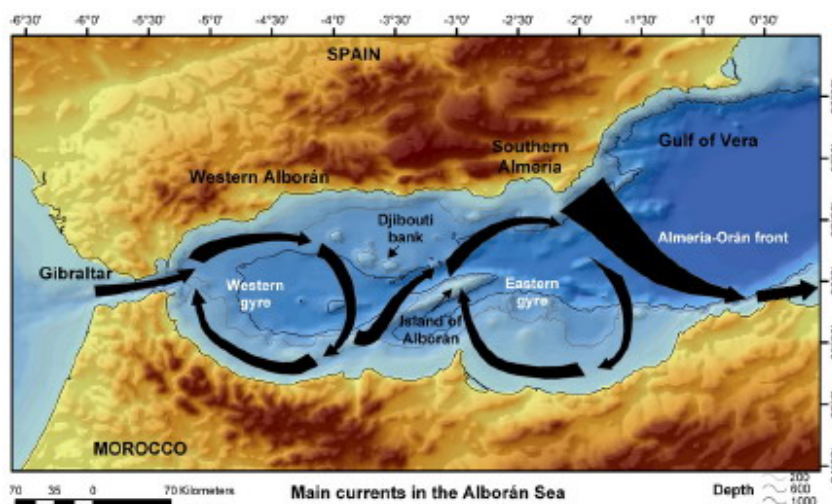


Figura 7. Imagen del paso de las aguas atlánticas al Mediterráneo y la formación de los dos giros anticiclónicos.

3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS Y CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA.

La zona de estudio se caracteriza por un clima muy cálido y seco en verano debido a la influencia del cinturón de altas presiones subtropical. Durante los inviernos, este anticiclón se desplaza hacia el sur, permitiendo que las tormentas de latitudes

medias entren en la región y traigan lluvias al Mediterráneo (Sumner et al., 2001). En otoño se suelen producir lluvias torrenciales en respuesta a tormentas severas generadas localmente por convección atmosférica (Romero et al., 1999). Gran parte de la variabilidad climática interanual en esta zona está ligada actualmente a un modo natural de variación de la presión atmosférica, lo que se conoce como la Oscilación del Atlántico Norte (North Atlantic Oscillation, NAO) que viene determinada por la intensidad y la posición relativas de las bajas presiones en Islandia y de las altas presiones en las Azores.

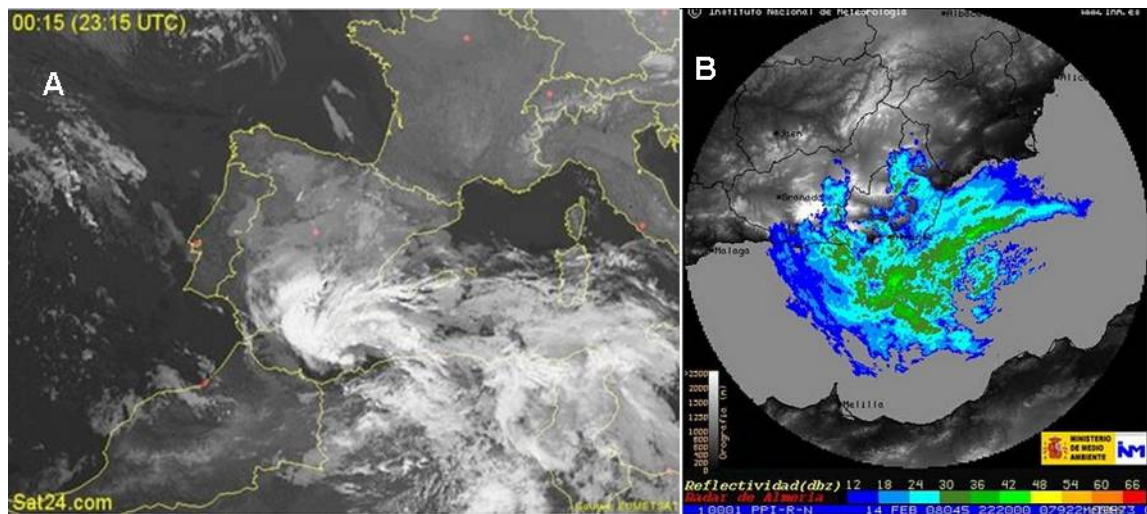


Figura 8. Imágenes de Meteosat y Ministerio de Medio Ambiente. A: imagen satélite de una borrasca sobre la Isla de Alborán; B: imagen del radar (reflectividades) de la generación de una borrasca en Alborán.

La relación entre las masas de aire sahariano y el cinturón de altas presiones de las Azores constituye otra característica meteorológica que define el clima del Mediterráneo. La evaluación de las trayectorias seguidas por las masas de aire y los mapas de isobaras muestran que los vientos saharianos alcanzan la región mediterránea cuando el anticiclón de las Azores está desplazado hacia el oeste y el anticiclón norteafricano está intensificado y centrado sobre Argelia (Rodríguez et al., 2001). El desarrollo de bajas térmicas sobre la Península Ibérica también favorece esa situación a través del intenso calentamiento de la superficie terrestre.

A continuación se muestra una imagen donde se puede apreciar el cambio de temperaturas de las aguas en el paso de las aguas mas frías atlánticas y formar los giros anticiclónicos.

Temperatura Media mensual. Agosto 2005

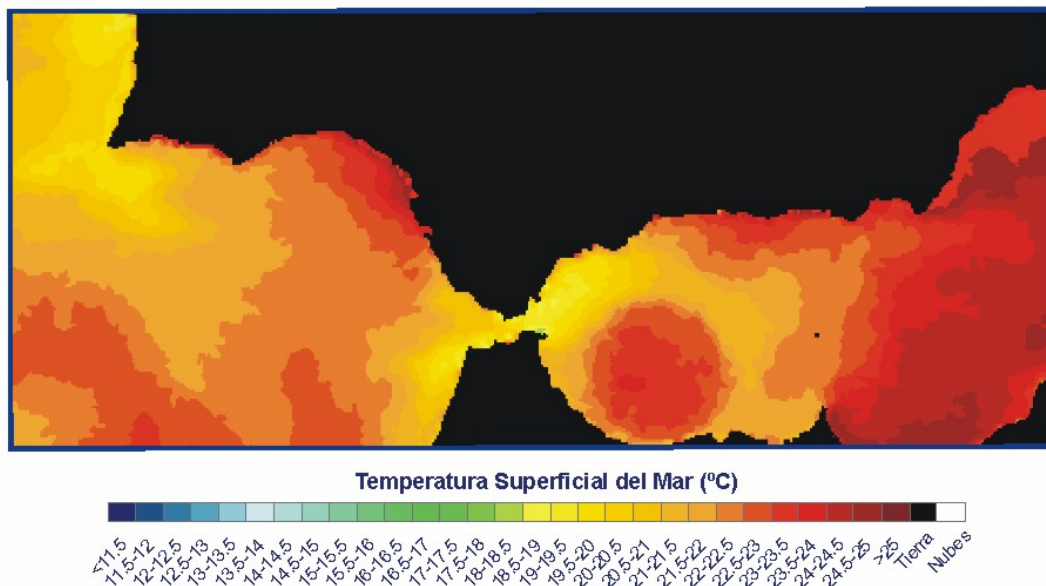


Figura 9. Imagen del paso de las aguas atlánticas al Mediterráneo mediante la observación de la temperatura. Las aguas de menor temperatura y atlánticas (tonalidades amarillas) y de mayor temperatura y mediterráneas (tonalidades rojizas oscuras).

3.4. MARCO GEOLÓGICO DE LA ZONA.

3.4.1. GEOLOGÍA GENERAL DEL MAR DE ALBORÁN.

La geología de la zona ha sido descrita a partir de sondeos y geofísica marina, así como con toma de datos de campo y toma de muestras en la parte emergida de la isla. Se comienza con una descripción global de las cuencas y dorsal de Alborán, para terminar con una descripción de los materiales de la isla.

En un enfoque general la Cuenca del Mar de Alborán se sitúa entre dos sistemas montañosos, Cordillera Bético-rifeña al norte y Cordillera del Rif al sur. Ambas cordilleras presentan unas estructuras divergentes inclinadas hacia el centro de la cuenca, Mar de Alborán.

La Cuenca de Alborán presenta una corteza de tipo continental con un espesor medio de unos 16 km. superpuesta a un manto ligeramente anormal. Se han propuesto dos teorías sobre la geodinámica de la Cuenca de Alborán, la primera de ellas se basa en un modelo geológico de una *subplaca* (Andrieux, 1971) y la segunda como una *zona deformable* situada entre la meseta Ibérica y el borde norte de la placa Africana (Udias, 1976).

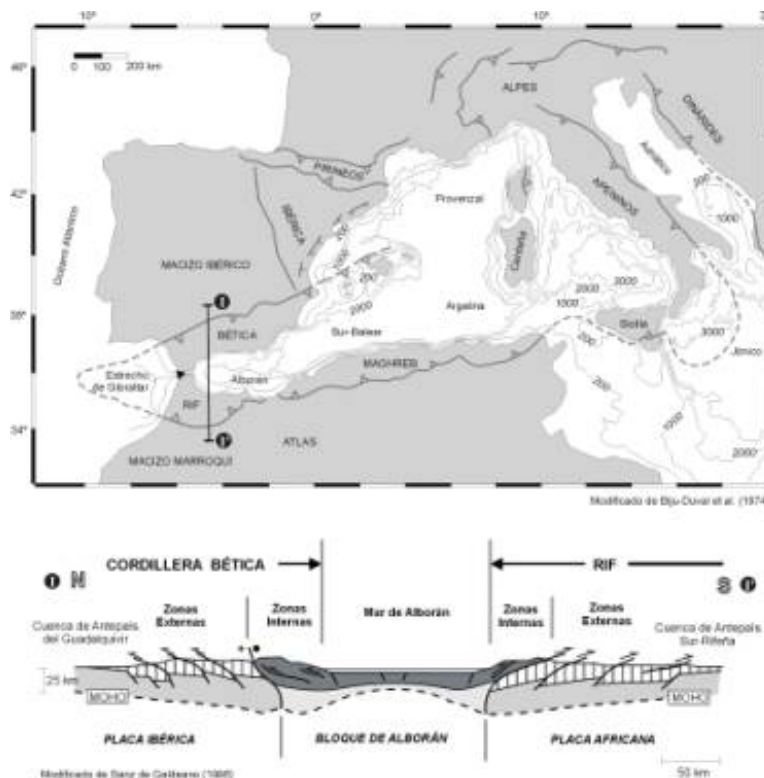


Figura 10. Esquema de la tectónica y relación de las Cordilleras Bético-Rifeñas con la Cordillera del Rif y norte de Marruecos, con la Cuenca de Alborán.

El mar de Alborán queda dividido en dos subcuencas diferentes mediante los “umbrales” norte y sur de Alborán (Olivert, 1973), asociados a fallas normales, cuyo basamento aparece constituido por rocas metamórficas.

Sobre este basamento estudiado a partir de sondeos y geofísica marina, aparecen varias unidades sedimentarias y volcánicas con edades comprendidas entre Mioceno Inferior al Cuaternario, llegando incluso a alcanzar 9000 m. en los depocentros, siendo unos de los mayores depósitos sedimentarios del Mediterráneo occidental (Mulder y Parry, 1977; Comas, 1992).

Como se ha descrito con anterioridad existen dos cuencas separadas por la Dorsal de Alborán, Cuenca Occidental y Cuenca Meridional. Ambas cuencas presentan características sedimentarias muy diferentes.

La **Cuenca Occidental** presenta grandes depósitos sedimentarios con depocentros de hasta 9000 m., con grandes depósitos del Mioceno Inferior y una sedimentación más escasa en el Plioceno (Martínez del Olmo, 1986). También cabe destacar la presencia de diapirismo en esta cuenca (Campillo, 1992).

En **Cuenca Meridional** se han obtenido menor espesor de sedimentos. Comienza con unos 1200-1300 m. de sedimentos de edad Mioceno, sobre los cuales se

depositan 1800-1900 m. de materiales evaporíticos del Mioceno Superior. En la parte superior aparecen 500-600 m. de materiales Plio-Cuaternarios (Finetti y Morelli, 1973; IGME, 1982).

Los materiales en ambas cuencas del **Mioceno**, se distinguen por varios autores en varios niveles estratigráficos, descritos de forma general como *lutitas y margas con intercalaciones de areniscas y conglomerados*. En el Messiniense se caracteriza por la alternancia de evaporitas, carbonatos y materiales volcánicos como por sedimentos pelágicos.

Cabe destacar una discontinuidad sísmica denominada como "M" en el techo de la unidad del Mioceno Superior (*Messiniense*) (Ryan, 1973; Jurado y Comas, 1992).

En el **Mioceno** se han diferenciado tres periodos con presencia de materiales volcánicos: *Languense-Serravaliense*, *Serravaliense-Tortonense* y *Messiniense* (Jurado y Comas, 1992).

En el **Plioceno-Cuaternario** se ha diferenciado dos subgrupos de materiales (Oliver, 1973; Docherty y Banda, 1996; Chalouan, 1997):

- Lutitas y Lutitas limosas con edad Pliocenas.
- Lutitas con intercalaciones de arenisca y conglomerados con abundantes bioclastos, presentes en la Cuenca Occidental con espesores entre 1500-1300 m. Plio-Cuaternarios.

Los sedimentos **Cuaternarios** se dividen por edades en capas de limos y arenas finas (Pleistoceno) y arcillas y fangos (Holoceno).

En cuanto a la tectónica la Cuenca del mar de Alborán presenta dos direcciones estructurales dominantes ENE-OSO y ONO-ESE (Le Pichon, 1972; Auzende, 1975). Se asocia a movimientos de expansión cortical, dando como resultado la Cuenca de Alborán con edad Mioceno Medio (Comas, 1992).

La tectónica sufrida en esta zona queda plasmada con la creación de fallas normales así como de desgarre, con algunas inversiones de algunas fallas normales (Comas, 1992; Vázquez, 1995; Vázquez y Vegas, 1996; Campillo, 1992).

Observando la morfología de los fondos de la cuenca se han diferenciado tres tipos estructurales según los materiales y direcciones que lo forman y orientan:

- Formados por basamento constituido por corteza continental con direcciones ENE-OSO y ONO-ESE (Campos, 1992; Woodside y Maldonado, 1992).

- Edificios volcánicos con direcciones NE-SO y NNE-SSO, como es el caso de la Dorsal de Alborán (Gierman, 1968; Auzende, 1975).
- Ejes de diapiros NNO-SSE o NNE-SSO (Olivet, 1973; Mulder y Parry, 1977; Campillo, 1992; Comas; 1992; Pérez Belzuz, 1997).

La numerosa actividad sísmica que se produce en zona en la actualidad, da a revelar la importancia de la tectónica en la misma, siendo un sistema tectónicamente activo.

Esta actividad, se produce debido a una convergencia oblicua entre la placa euroasiática con la africana produciendo una subducción al E-SE de parte de la litosfera continental ibérica bajo el arco frontal del dominio de Alborán (Morales, 1999; Vázquez, 2001).

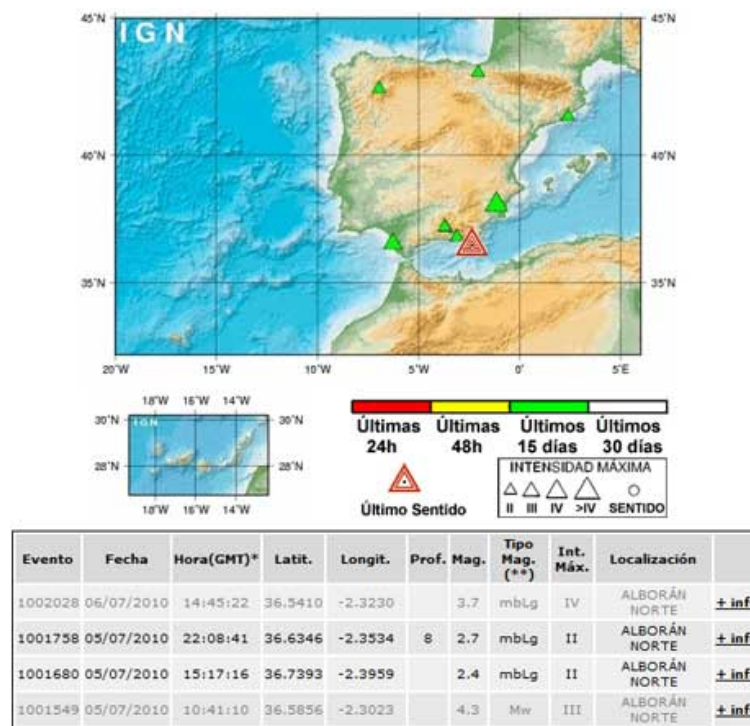


Figura 11. Terremotos en la Isla de Alborán durante los días 5 y 6 de Julio de 2010 (IGN).

3.4.2. GEOLOGÍA DE LA ISLA DE ALBORÁN.

La Isla de Alborán se encuentra ubicada en el extremo septentrional del umbral sur, prácticamente unido a la plataforma africana. El umbral norte puede asumirse como una prolongación de la sierra de Cabo de Gata.

Como se ha comentado en el apartado anterior ambas cuencas presentan unas características diferentes.

La Isla de Alborán se sitúa en la denominada dorsal de Alborán, alto estructural constituido por un basamento de rocas metamórficas y rocas volcánicas de naturaleza andesítica.

El origen de este alto morfológico es debido a dos causas principales, una *estructural* debido a fallas inversas, pliegues y fallas en dirección; y otra *volcánica* con la acumulación de materiales andesíticos en el Mioceno (Fuster, 1965; Bellon, 1976).

Los materiales volcánicos que aparecen en la isla consisten en tobas con bloques de naturaleza andesíticas a basaltito-andesítica. Estos materiales representan los restos de una gran caldera explosiva (Salvater, 1898; Becke, 1899; Fernández Navarro, 1907; Parga Pondal, 1935; Burri y Parga Pondal, 1937; Gaibar-Puertas, 1969; Hernández-Pacheco e Ibarrola, 1970).

Las *tobas* presentan una estratificación muy marcada con dirección ENE-OSO y buzamiento entre 15 y 30° NNE, por lo que el centro emisor estuvo situado al SSE de la isla. Se pueden diferenciar visualmente según la proporción de bloques que presentan, desde amarillentas cuando es escaso en contenido en bloques, hasta gris a negra cuando aumenta el contenido así como el tamaño de los mismos. Son frecuentes los procesos de silicificación de la matriz tobácea, rellenándose de sílice pequeñas fracturas y diaclasas en toda la isla.

Los bloques y cantos como las tobas que los unen muestran cierta similitud con las andesitas piroxénicas de Cabo de Gata.

Existen dos tipos de rocas en esos bloques y cantos presentes en la tobas, *basaltos andesíticos* ricos en fenocristales de clino y ortopiroxenos, y *andesitas* con predominio de cristales de plagioclasa.

El Cuaternario de la Isla de Alborán se caracteriza por la erosión de los materiales volcánicos y su deposición como sedimentos, formando la "rasa" actual.

Los sedimentos de la isla se pueden clasificar en sedimentos marinos y sedimentos continentales.

Los *sedimentos marinos* están formados por terrazas y calizas biodetríticas. Las terrazas marinas aparecen en toda la isla con unos 7.5 m. en la parte oriental y 14.5 m. en la occidental, constituido por un conglomerado con abundancia de materiales volcánicos en una matriz arenosa. La edad se estima en Pleistoceno Medio.

Cubriendo este depósito aparece una caliza oquerosa y detrítica de escaso espesor, formada en la zona intertidal.

Las playas actuales son prácticamente insignificantes, siendo más importante la erosión constituyendo una "rasa actual".

Los *sedimentos continentales* de la isla son arenas eólicas sin cementar, de edad estimada Holoceno.

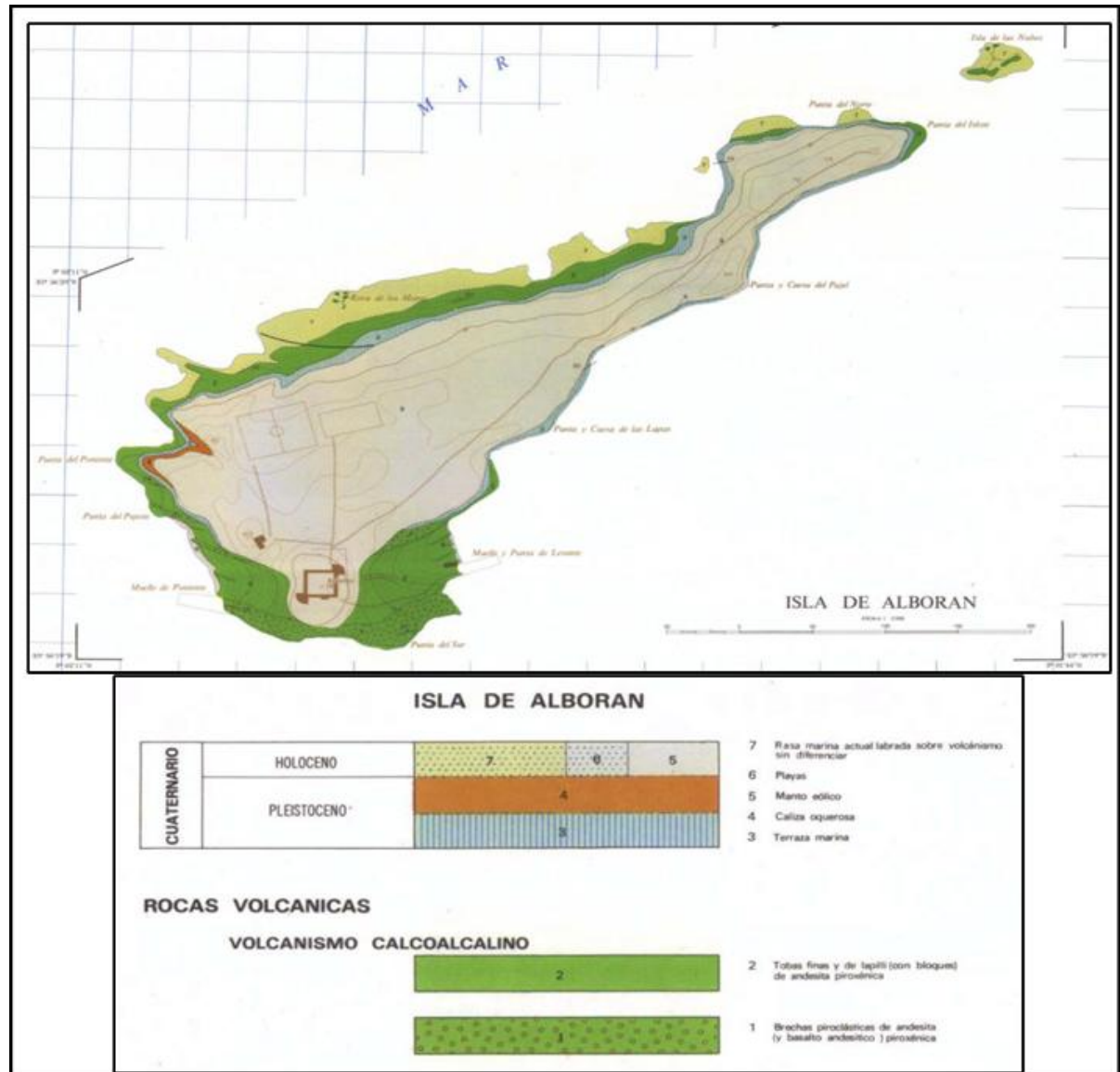


Figura 12. Mapa geológico de la Isla de Alborán (IGME, hoja 1059).

4. TRABAJOS DE CAMPO Y EQUIPOS UTILIZADOS.

La obtención de sonogramas de alta resolución y toma de muestras, está enfocada primordialmente a la caracterización de la zona de estudio tanto desde el punto de vista morfológico como sedimentológico, ya que se puede:

- Determinar las diferentes reflectividades de los materiales.
- Obtener las características del fondo marino.
- Definir las unidades de sedimentos y materiales que puedan ser utilizados, posteriormente, para la identificación de hábitats.
- Detectar en superficie la presencia de rasgos y eventos anómalos relevantes.

4.1. RETÍCULA O CUADRÍCULA DE LEVANTAMIENTO.

Las dimensiones de la cuadrícula del levantamiento geofísico se establecieron con anterioridad al comienzo de los trabajos. Se realizó un pre-plotting de los recorridos a realizar por la embarcación a los cuales fueron aprobados por los responsables del proyecto por parte del Ministerio.

La distribución de los transectos a realizar se hizo en varias fases debido a las características de las morfologías de los fondos.

Como forma de trabajo principal, la frecuencia de 100 y 500 KHz con rango 150 m, se estableció una malla de recorridos perpendiculares a las isobatas con una orientación este - oeste, y una separación entre ellos de 200 metros, distribuidos a lo largo de la zona de estudio. En todos los recorridos de navegación, se operó de manera conjunta todos los equipos empleados en la campaña de campo (sonar de barrido lateral y sistema de navegación).

La zona suroccidental del área de estudio (zona propuesta de ampliación de los trabajos), debido a las características de su relieve, se propuso realizar líneas longitudinales al relieve.

Para completar las zonas de fuerte pendiente, para completar el trabajo hasta la isobata -200 m, se optó por líneas de direcciones aleatorias así como, en la zona de poca profundidad próxima a la Isla de Alborán, se completó con líneas NO-SE.

Las coordenadas están referidas en proyección UTM y geográficas, datum ETRS-89 y huso 30.

En todos los recorridos se registró digitalmente el número de línea, coordenadas y punto de control cada 60 segundos, así como los registros continuos georeferenciados.

4.2. EQUIPOS UTILIZADOS.

Para cumplir los objetivos previstos en el presente estudio se han empleado una serie de equipos seleccionados de acuerdo con las características del trabajo.

- Sistema de posicionamiento GPS Diferencial.
- Software de navegación y posicionamiento.
- Sonar de barrido lateral bifrecuencia digital.
- Software digital SonarPro.
- USBL Applied Acoustics.
- Whinch.
- Barco de apoyo.

4.2.1. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GPS DIFERENCIAL.

Para el posicionamiento y control de navegación de la embarcación, se utiliza el sistema de posicionamiento GPS Diferencial, de la marca Trimble modelo AgGPS 124/132, con una precisión de +/- 1 metro.

El funcionamiento del sistema se basa en la obtención de la posición de la estación móvil, a bordo de la embarcación, a través de las señales captadas de una constelación de satélites y en la corrección inmediata de la posición obtenida mediante corrección con los satélites. La estación móvil a bordo del barco, tiene capacidad para recibir señales de hasta 10 satélites simultáneamente. En la Figura 13, se muestra una representación de los sistemas de señales a modo de ejemplo, con estación diferencial en tierra aunque para nuestro trabajo se ha empleado sistema diferencial mediante satélites.

El equipo utilizado está basado en el sistema global de posicionamiento ONMISTAR. Se trata de un sistema de posicionamiento por satélite que comenzó a estar operativo al comienzo del año 1.990. El sistema GPS Diferencial proporciona situación de alta precisión en tiempo real, utilizando correcciones en las posiciones medidas a través de una cúpula de satélites estacionarios.

Los equipos instalados a bordo de la embarcación envían las posiciones, así como otra serie de datos complementarios, a un complejo paquete integrado de navegación y adquisición de datos en tiempo real, operado por un ordenador que combina diferentes programas para la ejecución de los trabajos de predicción y edición gráfica de los mismos.



Figura 13. Sistema de señales.

Este sistema se completa con un ordenador e impresora mediante los cuales se realiza un control de las derrotas del barco en tiempo real sobre los itinerarios, las líneas planificadas y la impresión de los datos totales.

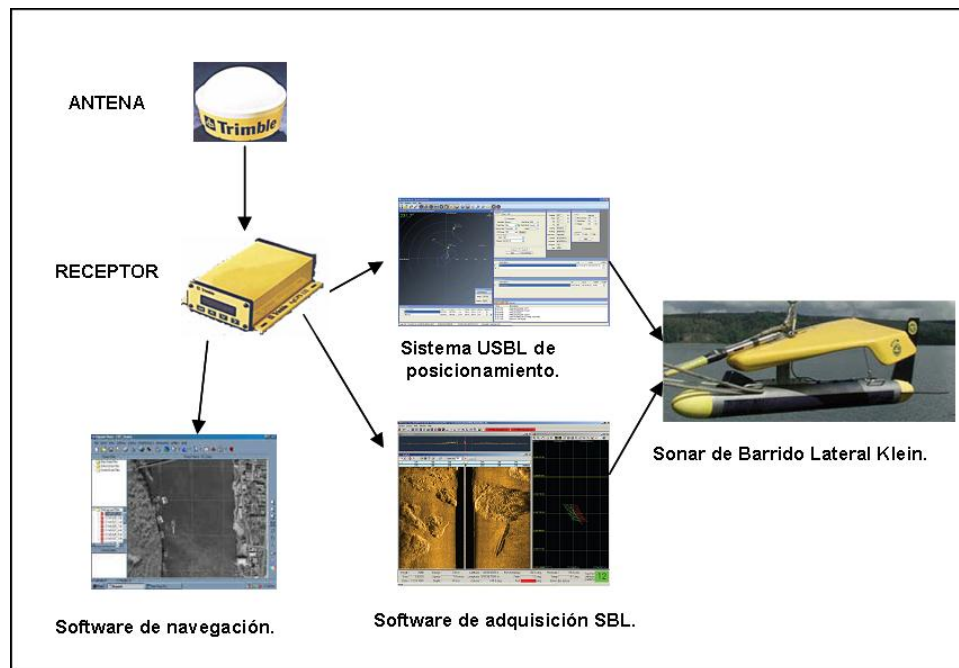


Figura 14. Esquema de conexión del DGPS en campaña.

Las coordenadas presentadas en este informe, están referidas al elipsoide ETRS-89, datum ETRS-89 y proyección plana huso 30 (ver tabla nº 1).

Elipsoide	Elipsoide Eje semi-mayor	Aplastamiento
ETRS 89	6378388	1/297
Parámetros de transformación a proyección plana U.T.M. huso 30		
Latitud de origen	000°00'00.000" N	
Meridiano central	003°00'00.000" W	
Eje X falso	500,000.00 m	
Eje Y falso	0'000,000.0 m	
Factor de escala	0.999	
Factor de conversión	1.000000	

Tabla 1. Elipsoide y parámetros de deformación.

4.2.2. SOFTWARE DE NAVEGACIÓN Y POSICIONAMIENTO.

Se ha utilizado un versátil y sofisticado programa de posicionamiento y navegación, denominado HYPACK por la empresa Coastal Oceanographics, por medio del cual se controlan la calidad del levantamiento y los datos de posicionamiento para trabajos de batimetría y geofísica y otras actividades complejas de posicionamiento.

El software permite que el operador defina el tipo de trabajo a realizarse, como por ejemplo: movimiento de plataformas o embarcaciones, tendido de tubería, levantamientos con sonar de barrido lateral o de otro tipo, así como otras opciones disponibles para establecer los criterios de las diferentes aplicaciones.

El software de navegación HYPACK proporciona la forma de la embarcación, detalles de posición y ruta, en pantallas a color de alta resolución. El operador introduce detalles de indicación de trayectoria, características del fondo marino, así como el plano MDT suministrado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, las cuales pueden verse en pantalla para ayudar al posicionamiento de la embarcación. Los datos de navegación y posicionamiento son revisados y evaluados antes de calcular las posiciones y de que se generen los indicadores de calidad. Puede seleccionarse la opción de grabar en disco los datos brutos para realizar análisis posteriores.

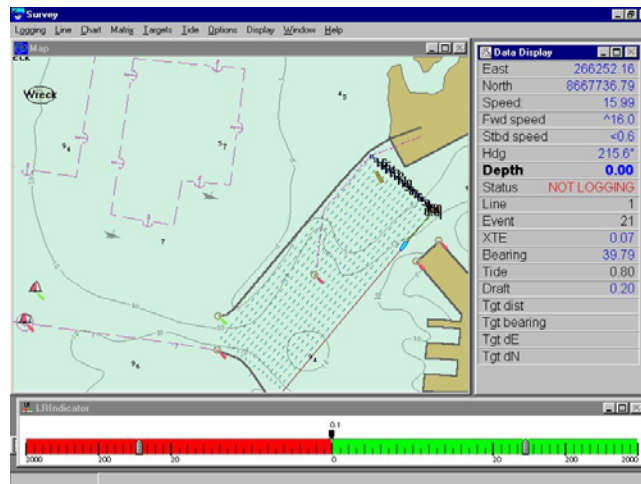


Figura 15. Software de posicionamiento y recorridos.

4.2.3. SONAR DE BARRIDO LATERAL BIFRECUENCIA DIGITAL.

Para la realización de los trabajos se empleó un **Sonar de Barrido Lateral Digital Bifrecuencia simultáneas KLEIN 3000**. El SBL es un vehículo submarino en forma de torpedo, equipado con dos transductores que emiten una serie de frecuencias de forma simultáneamente a través del agua, las cuáles, no penetran en el subsuelo pero nos dan información del material existente en el fondo marino, obteniendo imágenes, llamadas sonogramas, representadas en diferentes tonos de grises, que hacen referencia a los diferentes materiales que existen en el fondo, siendo así posible la distinción de los diferentes sedimentos y la posibilidad de interpretarlos. El vehículo remolcado es un dispositivo cilíndrico de diseño hidrodinámico provisto de aletas, que es remolcado detrás de la popa de la embarcación. En su interior, lleva un equipo de dos transductores que emiten, a través del agua, ondas acústicas en forma de abanico en un rango de frecuencias simultáneas de 100 y 500 KHz, cada uno. El reflejo de esta señal, proveniente del fondo, es captado por los mismos transductores, amplificado y transmitido a través del cable de remolque, hasta el registrador, en donde la señal correspondiente se digitaliza, procesa y se visualiza on-line, obteniendo de esta manera lo que se conoce como registro sísmico-acústico. Los sistemas de sonar en realidad no miden profundidad o distancia, lo que miden y representan es el tiempo transcurrido desde que el pulso es emitido a través del transductor al objeto y regresar. La precisión y calidad de los registros del sonar dependen de la posibilidad de medir este tiempo con exactitud. Para obtener la máxima calidad y precisión de los registros, el sonar posee unos sensores que eliminan las distorsiones originadas por la inestabilidad del pez, altura del mismo con respecto al fondo y cambios en la velocidad del barco.



Figura 16. Sonar de barrido lateral bifrecuencia digital KLEIN 3000.

Debido a las profundidades existentes en la zona de estudio, en el SBL se ha instalado un “depresor” con forma de alas de tonalidad amarilla, con el fin de llevar el sonar lo más cerca posible del lecho marino. Este depresor aumenta el peso y añadido al cambio de la hidrodinámica del conjunto, provoca un hundimiento del equipo lo que permite trabajar a grandes profundidades.

Se han utilizado dos tipos de cable en el sonar, el “lightheight” y uno pesado “armoured” para facilitar el hundimiento del sonar a mayores profundidades.

En la imagen inferior se pueden observar un registro obtenido en el trabajo.

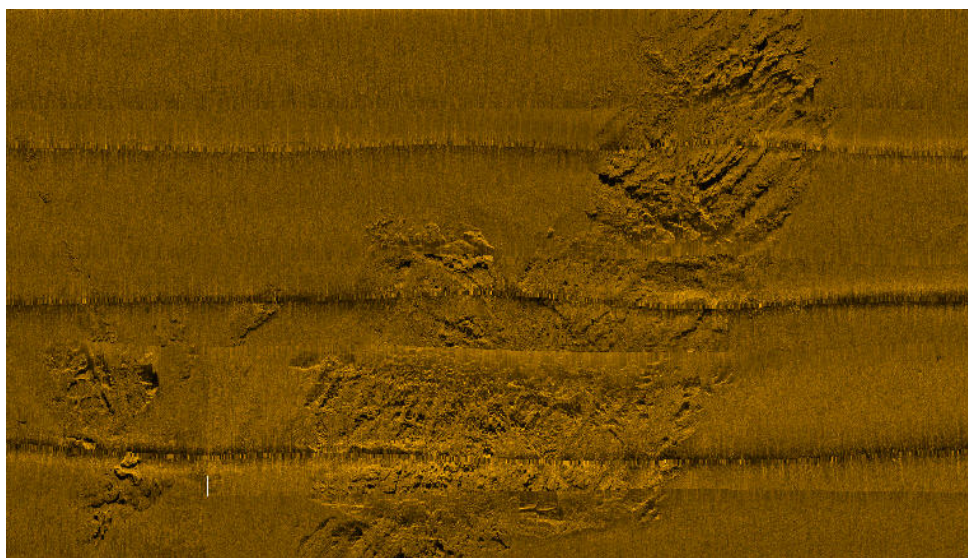


Figura 17. Sonograma obtenido mediante SBL.

4.2.4. SISTEMA DIGITAL DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

Para la adquisición de los datos del SBL, se ha utilizado se ha utilizado el Software **SonarPro 12**. Este programa es un sistema informático de alta precisión el cual nos permite la adquisición de datos digitales de los equipos conectados a él. Este sistema para una mayor precisión va conectado al D.G.P.S. por el cual cada punto digital tiene una coordenada en el sistema geográfico utilizado. Los datos se supervisan en tiempo real mediante una pantalla de ordenador y se almacenan en un disco duro para poder trabajar más cómodamente en gabinete con los datos.

Mientras se observa la pantalla del ordenador, podemos medir tanto longitudes como alturas de objetos con una gran precisión, al mismo tiempo, que se pueden ampliar zonas complejas para su posterior estudio. Con todos los datos, podemos realizar un mosaico de la superficie investigada, previo filtrado, presentando un mapa morfológico en forma fotográfica del fondo oceánico

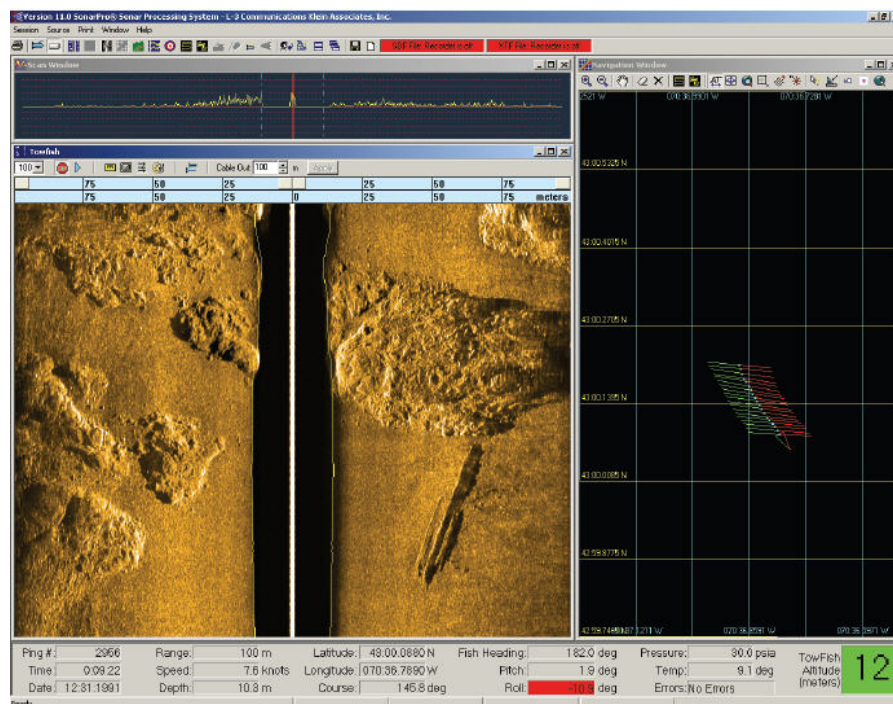


Figura 18. Software de adquisición SonarPro 12.

4.2.5. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO INTEGRAL DEL USBL.

Se ha utilizado el USBL de Applied Acoustic EASYTRAK con un modelo minibeacon de la serie 9000.

Es un sistema de posicionamiento submarino que se basa en la interacción de varios elementos, compuesto por un emisor de profundidad que emite un pulso y es

recibido por un receptor hasta la embarcación. La señal acústica que recibe dependerá del rango, orientación y profundidad.

Posee una alta eficacia a la hora de posicionarse en el fondo y puede ser utilizado en múltiples operaciones submarinas.

El Minibeacon de la serie 900 es un elemento adicional para poder operar con posicionamiento a grandes profundidades, con peso de 2.5 kg. y una duración de 35 horas con batería recargable. Emite con un pulso de 27-33 khz. y recibe a 17-27 khz.

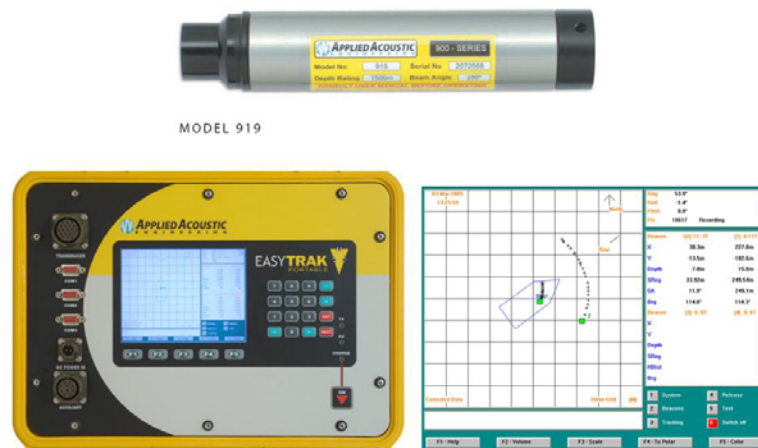


Figura 19. Sistema USBL Easytrak y pinger 919.

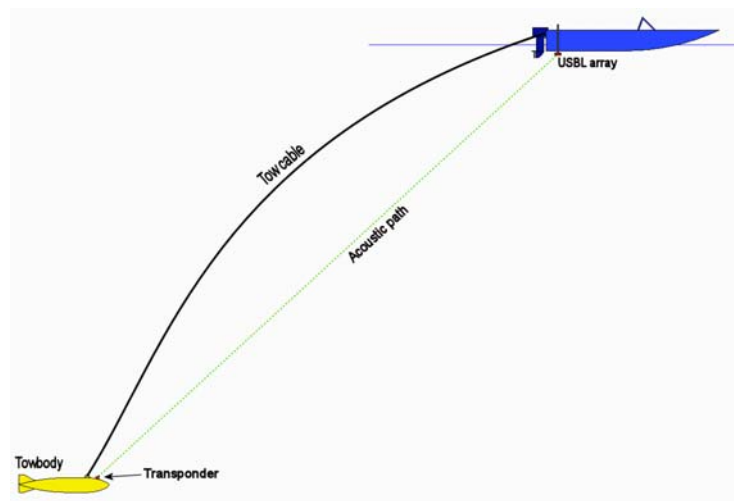


Figura 20. Sistema de posicionamiento.

4.2.6. WINCHE.

Se ha utilizado un winche tipo CSW-7 de A.G.O. Es un winche eléctrico diseñado para su uso en la investigación oceanográfica y geofísica.

Este modelo permite trabajar con equipos ligeros como el sonar Klein 3000 con 300 m. de cable de 8.2 mm. (*armoured*), siendo lo suficientemente ligero para ser transportado fácilmente. Tiene una capacidad del tambor de 1000 m de 0,25" por cable.

Tiene un sistema de anclaje simple mediante cuatro tornillos, lo cual es una ventaja a la hora de montarlo en cualquier tipo de embarcación.

Su manejo es muy simple, llevando instalado un cuentavueltas "Tcount" que nos informa en cada momento del cable que estamos lanzando por la popa de la embarcación (*layback*)



Figura 21. Winche eléctrico CSW-7 y pasteca cuentavueltas digital.

4.2.7. DRAGA SHIPEK.

Debido a la profundidad del área de estudio se empleó una draga SHIPEK, ideal para las profundidades y tipos de sedimentos existentes en el área de estudio.

La draga Shipeck consta de un depósito semicircular el cual se carga de forma invertida mediante un muelle. Este mecanismo al contacto con el fondo marino hace bajar un peso situado en la parte superior que acciona y cierra el depósito semicircular toma la muestra girando y cortando la capa superficial de sedimento. En caso de sedimentos rocosos o gravas es un buen sistema pues debido al ser un muelle el que ejerce la fuerza para tomar la muestra puede cortar o coger sedimentos groseros.

Al girar la parte abierta del semicírculo queda cerrada y hacia arriba lo que hace que en el ascenso de la draga el sedimento no se pierda y se mantenga con la misma estructura que estaba en el fondo marino.



Figura 22. Dragas Shipek.

5. DOMINIOS MORFOLÓGICOS.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de todos los trabajos realizados vamos a definir dos tipos de dominios:

- Dominio Nororiental, esta zona se extiende a lo largo de toda la plataforma nororiental y talud, hasta la cota batimétrica – 200 metros.
- Dominio Suroccidental, definido desde el área de contacto entre los dos dominios, denominado área de microplataformas (definidos en la Tesis de Patricia Bárcenas, 2002) hacia el oeste, con el límite de estudio marcado por la batimétrica – 200 m.



Figura 23. División de dominios.

Se van a definir los diferentes aspectos morfológicos de las dos zonas anteriormente expuestas, siguiendo las clasificaciones propuestas en la actualidad.

5.1. DOMINIO NORORIENTAL.

Dentro de este dominio vamos a describir los diferentes límites fisiográficos existentes y que son las premisas que han definido las dos zonas, ya que en la zona nororiental existe el área litoral que no está definida en el oeste.

5.1.1. LITORAL.

La zona litoral se puede definir como la superficie terrestre y superficie marina afectada por el oleaje y temporales. A su vez se divide en tres subzonas:

- Zona supralitoral, confinada entre el límite superior de la zona de batida y el límite de los temporales.
- Zona interlitoral, acotada entre los límites superiores e inferiores de la zona de batida del oleaje.
- Zona infralitoral, zona situada entre la divisoria del límite inferior de la batida hasta los 20 metros de profundidad (Bárcenas P., 2002)

El litoral de Alborán se limita alrededor de la Isla de Alborán de forma romboidal y caracterizada por el afloramiento rocoso que da origen a la Isla de Alborán.

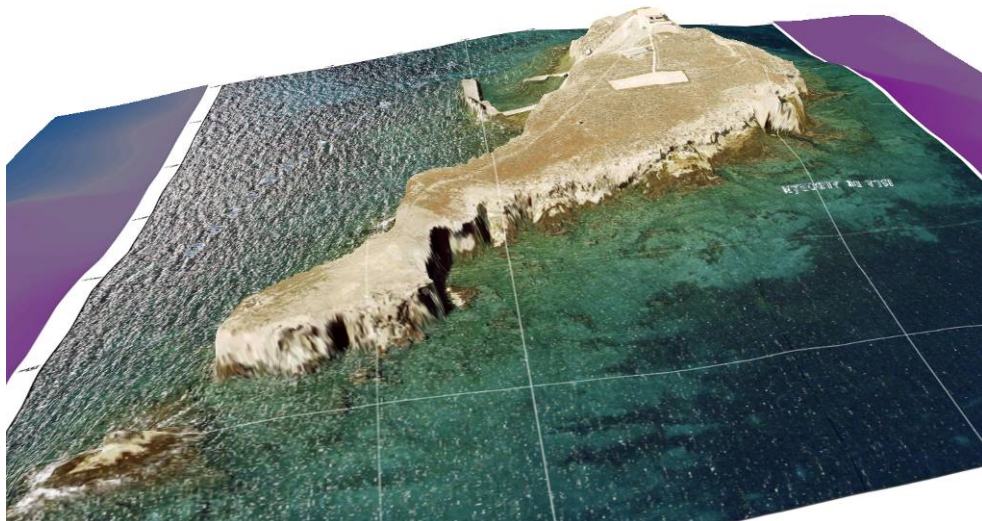


Figura 24. Entorno litoral de la Isla de Alborán.

5.1.2. PLATAFORMA CONTINENTAL.

Los límites de la plataforma continental van desde la zona litoral hasta el borde de plataforma definido en la cartografía adjunta a este informe, el borde se ha detallado a partir del cambio de pendiente que da paso al talud continental.

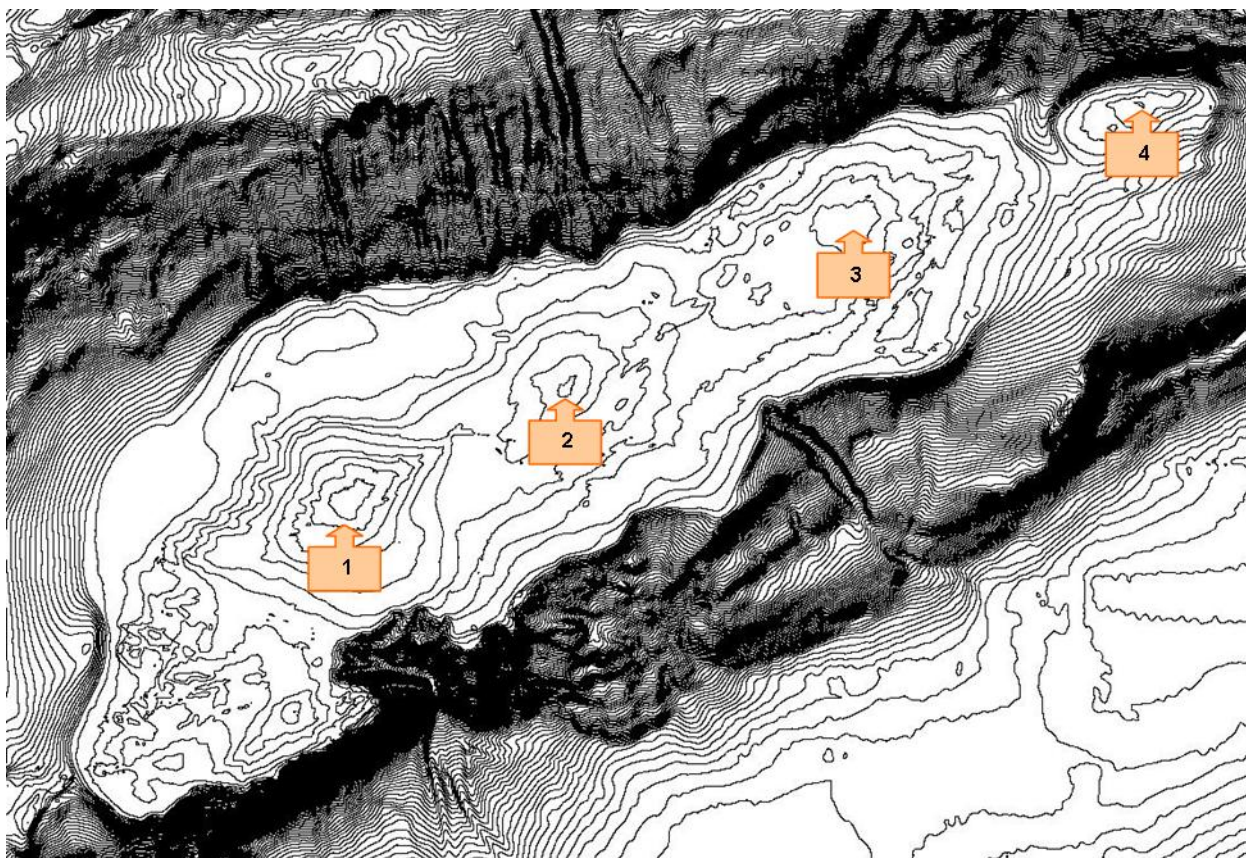


Figura 25. Plataforma continental.

Como se puede observar en la imagen superior en la plataforma aparecen cuatro altos morfológicos que siguen una orientación NE-SW, manteniendo la orientación de la plataforma.

Estos altos tienen un papel importante dentro de la hidrodinámica de la zona. La plataforma tiene una longitud de 32 km. y un anchura que varía de 4.5 km. en la cabecera del Cañón de Piedra Escuela a 9 km. en la plataforma abombada del límite oeste.

En esta plataforma se han definido **escarpes submarinos** como formas de declive abrupto e inclinado del terreno, esta forma geomorfológica posee un origen estructural, tectónico o sedimentológico de tipo erosivo. Con el trabajo realizado no se puede definir el origen ya que no disponemos de sísmica que nos aclararía la causa.

Otros autores como Bárcenas, 2002, definen que en el área, los escarpes submarinos se presentan en los diferentes dominios fisiográficos a diversas profundidades, asociados tanto a procesos erosivos como tectónicos:

- En la plataforma, aparecen escarpes submarinos cuyo origen es únicamente erosivo, en algunos casos con un pequeño cuerpo sedimentario asociado. También se han diferenciado escarpes de origen estructural, ligados a fallas.
- En el borde de plataforma también se han distinguido escarpes submarinos cuyos orígenes son erosivos y estructurales.

También con los datos obtenidos en el sonar de barrido lateral y la batimetría suministrada por el MMARM, se han indicado formas erosivas, como las **vaguadas**, resultado de una topografía negativa respecto a lo que le circunda, las longitudes de estas depresiones lineales son variables y están muy relacionadas con los altos estructurales.

La morfología también es muy variada, desde suaves y tendidas a formas abruptas. También están relacionadas con zonas de sumidero respecto a los cañones principales de esta plataforma. Estas zonas son las denominadas:

- Cañón Al Boraní.
- Cañón Piedra Escuela.
- Cañón El Castor.

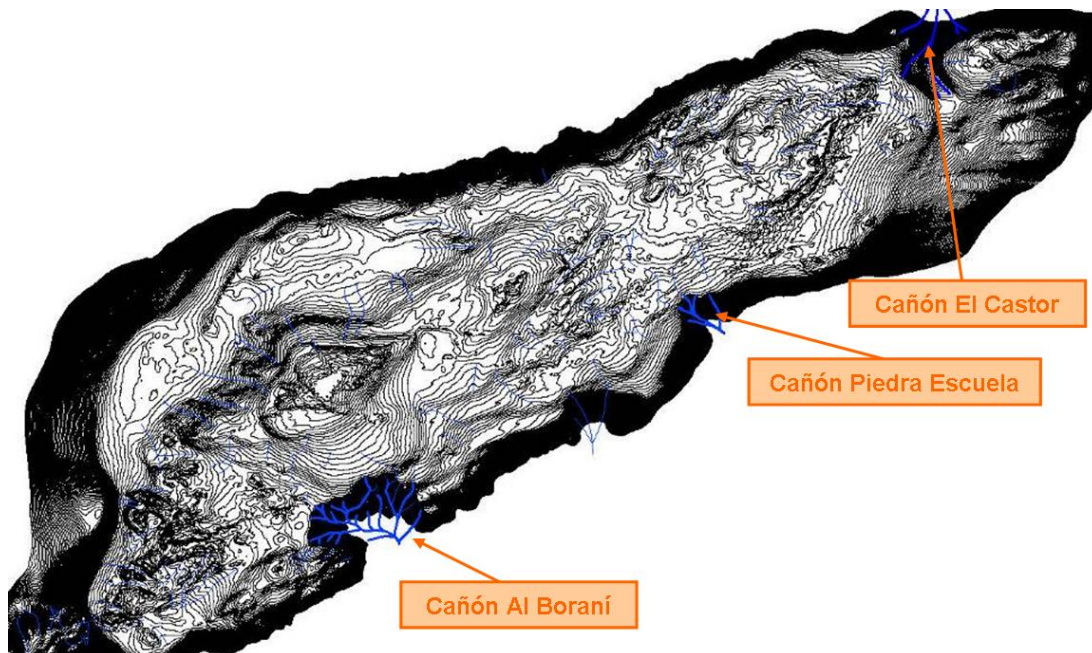


Figura 26. Sumideros de descarga de la plataforma continental.

Estas depresiones lineales de mayor importancia están indicadas en la imagen anterior mediante líneas con un color azul de mayor grosor. El *sistema Al Boraní* se

sitúa al sur de la Isla de Alborán, el *sistema Piedra Escuela* se encuentra el sureste de Piedra Escuela, mientras que el *sistema Castor* se encuentra situado al Noreste de la plataforma. Cuando describamos la morfología del talud entraremos en detalle en los cañones anteriormente expuestos.

En esta área se han visto morfologías deposicionales definidas en la cartografía adjunta como **crestas de sedimento**. Están constituidas por acumulaciones de sedimento de formas onduladas e influidas y dispuestas en la superficie según los patrones hidrodinámicos de la zona, disponiéndose en forma transversal al flujo que las origina. Estas formas deposicionales se pueden presentar en grupo o en forma aislada y con diferentes longitudes.

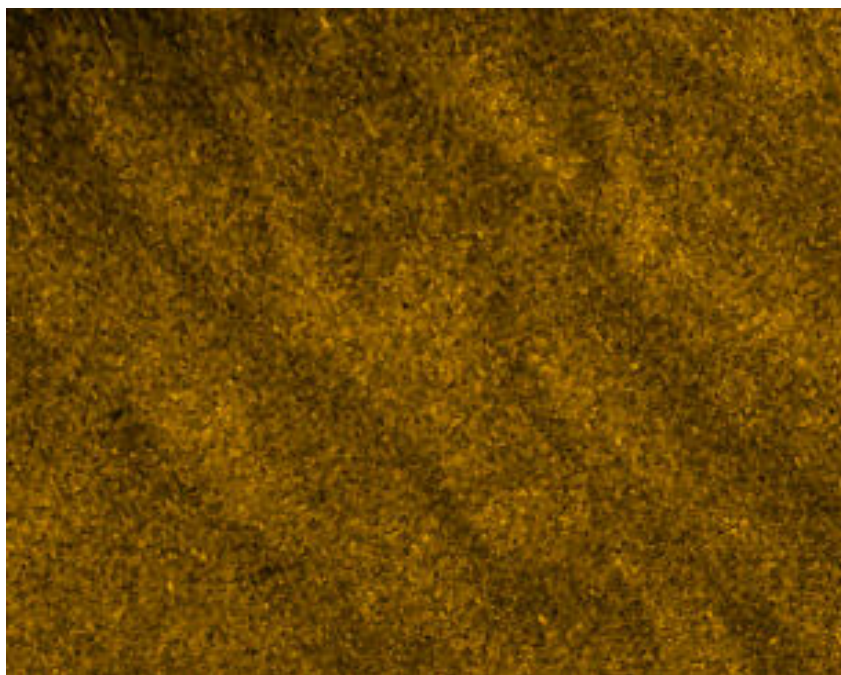


Figura 27. Imagen de crestas de sedimentos del SBL.

Tanto el alto morfológico de la Isla de Alborán, como el alto morfológico de Piedra Escuela, a partir de la interpretación de los sonogramas, se han podido definir direcciones de fractura. Esta morfología de tipo estructural es muy indicativa en estos dos afloramientos rocosos. Se pueden definir fracturas oblicuas a las direcciones principales del afloramiento.

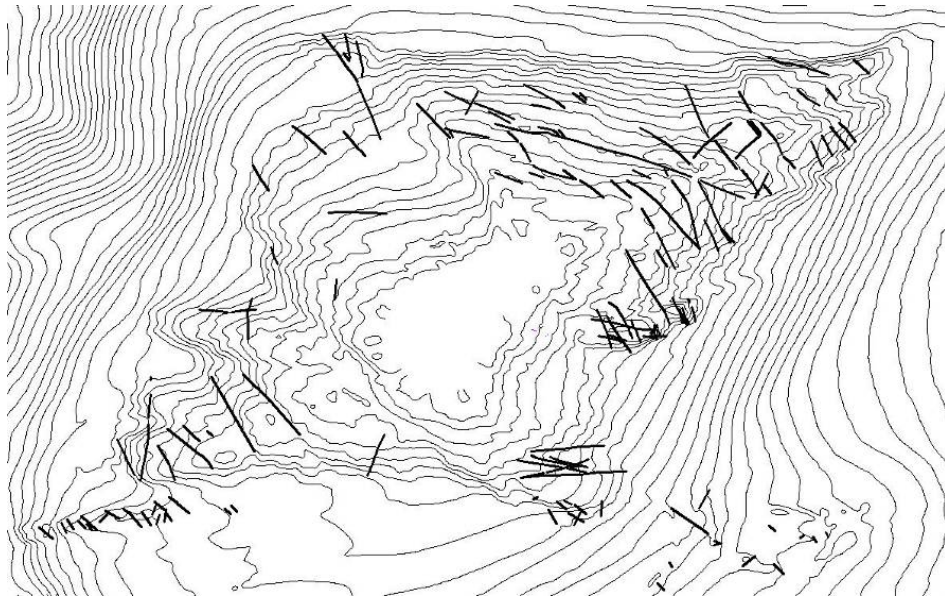


Figura 28. Fracturas en la zona de la Isla de Alborán.

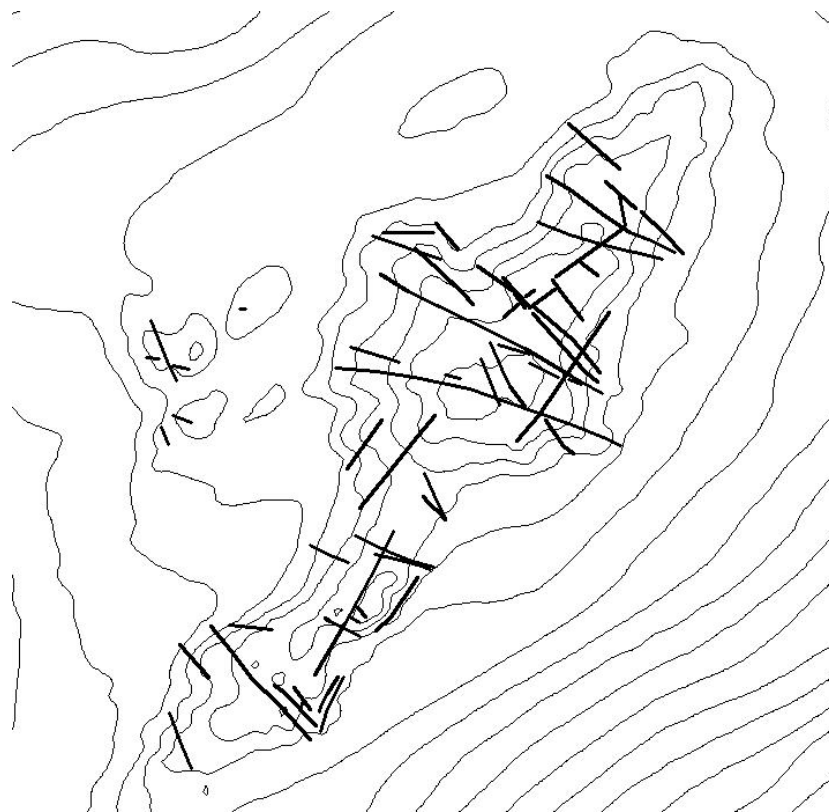


Figura 29. Fracturas en Piedra Escuela.

5.1.3. TALUD CONTINENTAL.

Se define como el área geomorfológica con un gran aumento de la pendiente que se desarrolla en el frente de la plataforma continental. En esta zona los accidentes morfológicos no son muy numerosos, pero sí suelen ser muy marcados y significativos, tanto por su envergadura como por los procesos sedimentarios y dinámicos asociados. (Díaz del Río y Somoza, 1994).

Dentro de nuestra zona de estudio solo analizamos el talud superior, ya que el área prospectada va desde el borde de plataforma hasta la cota batimétrica de 200 metros de profundidad.

Las morfologías existentes se pueden diferenciar en erosivas y sedimentarias. Como erosivas tenemos todas las vaguadas y canales existentes que inciden en el talud. Aquí podemos definir los cañones submarinos que cobran importancia en la zona del talud. Como morfologías sedimentarias se marcan crestas sedimentarias, producto de los movimientos gravitacionales del sedimento a favor de la pendiente y por corrientes.

A continuación vamos a describir las cabeceras de los tres cañones principales de la plataforma, y desarrollar en mayor medida el **Cañón Castor**, ya que existe mayor información cedida por el MMARM y la organización Oceana, junto con la información obtenida en el presente estudio.

Se define un cañón submarino como una morfología cóncava que incide en el talud con formas erosionales tipo "V" o formas erosivo-deposicionales tipo artesa. Son formas de erosión excavadas en el talud. El curso longitudinal y la pendiente de estos cañones dependen de la naturaleza geológica de la plataforma y de sus características tectónicas y estructurales.

El cañón submarino "El Castor" es uno de los tres cañones submarinos de importancia que se desarrollan en la plataforma de Alborán. Este se sitúa en la zona oriental de dicha plataforma.

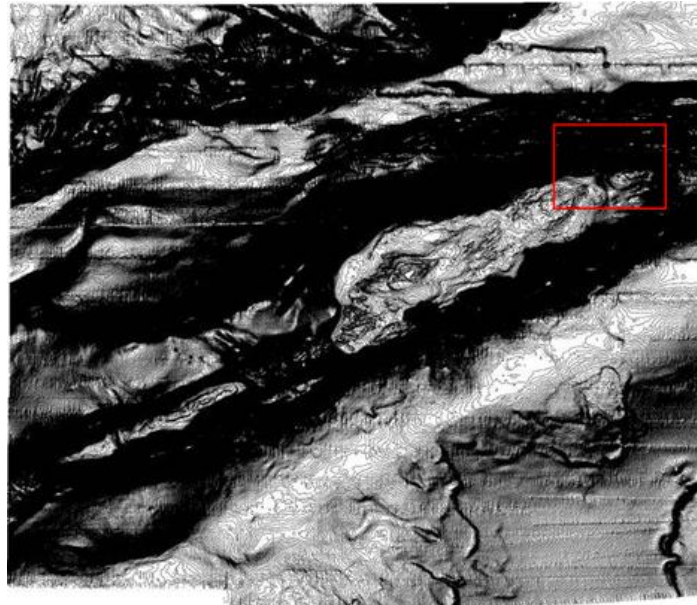


Figura 30. Situación del cañón El Castor en la plataforma.

El Banco de Alborán de origen volcánico se caracteriza por un aislamiento del dominio continental con una orientación NE-SW.

Tanto la plataforma como el talud son atravesados por el cañón Castor que comienza alrededor de los 150 metros de profundidad y continúa hasta los 750 metros, con un perfil transversal en "V".

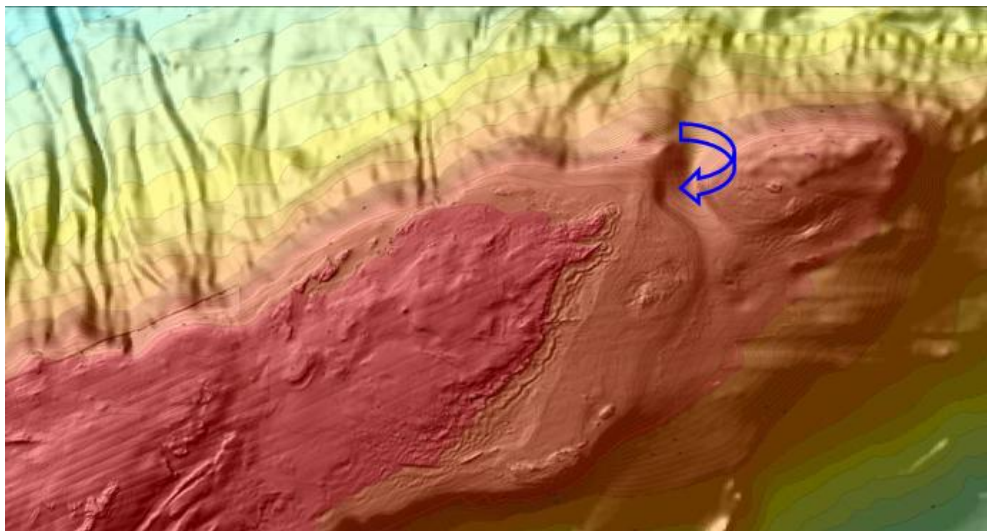


Figura 31. Zona oriental de la plataforma de Alborán.

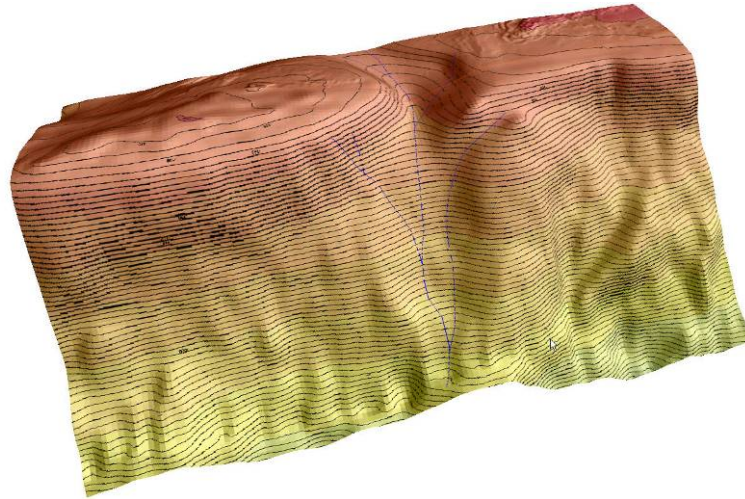


Figura 32. Modelización 3D del Cañón submarino El Castor.

El desarrollo de este cañón se puede definir mediante tres zonas, apoyándose en su topografía y pendiente: cabecera, curso medio, y tramo inferior.

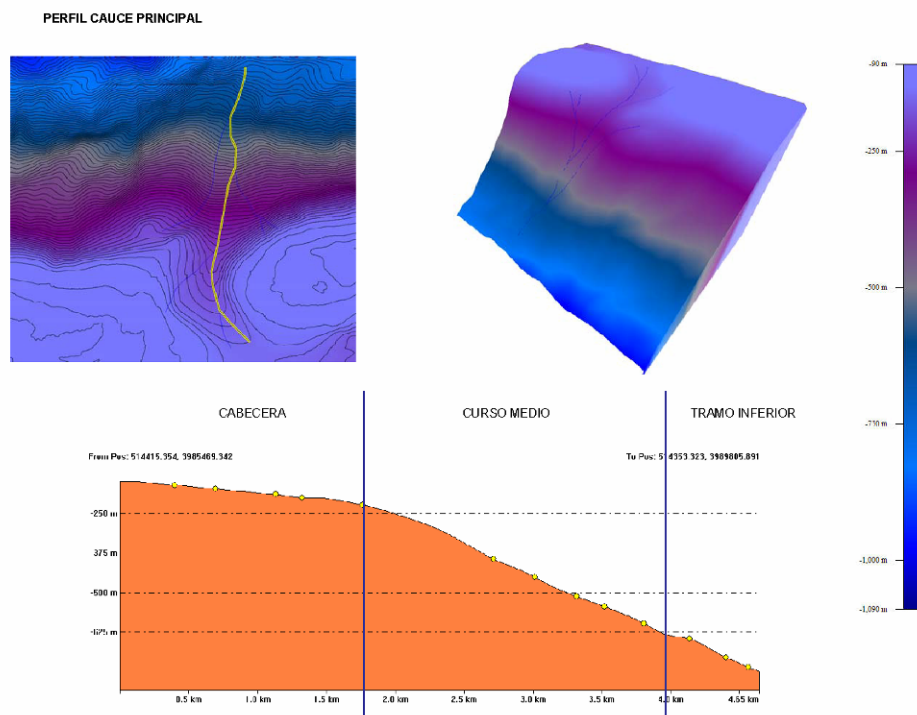


Figura 33. Perfil longitudinal del cauce principal.

El cauce principal posee una longitud de 4,8 km., extendiéndose hasta los 750 metros de profundidad donde aparece su morfología deposicional.

En el curso medio se pueden diferenciar dos vertientes que se unen al sistema erosivo del cañón.

- **Cabecera.** Ésta se abre en forma de embudo desde la plataforma a una profundidad de 150 metros. Esta depresión posee una orientación SE-NO, que irá girando conforme se acerca al borde de plataforma, tomando una nueva dirección NE-SO.

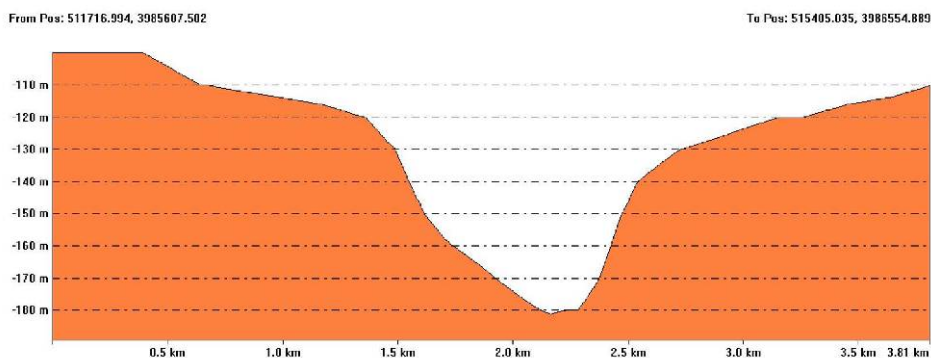
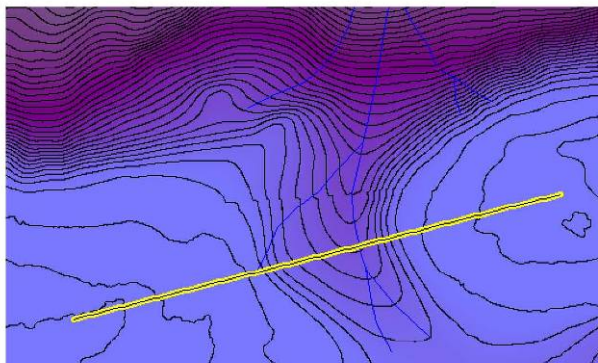


Figura 34. Perfil transversal de cabecera.

Se puede ver que la incisión en la plataforma es de gran entidad, alcanzando en el perfil de la figura anterior una profundidad de 60 metros aproximadamente, desde el primer cambio de pendiente, y una anchura de 1,77 km.

Esta sutura posiblemente esté relacionada con la tectónica y morfología estructural de la propia plataforma, a parte de los mecanismos de erosión y deposición, que son indiscutibles.

Las vertientes poseen pendientes en un rango entre 3 y 13°, aumentando según nos acercamos al borde de plataforma y disminuyendo en el eje central a medida que se acerca al origen de la cabecera.

- **Curso medio.** Este toma una dirección NE-SO, con rango de pendientes entre 17 y 11°, en el eje central. Es la parte más abrupta del cañón. El cauce en esta zona, es muy amplio con diferentes vertientes, en la figura anterior se puede ver que las mayores pendientes están en el margen oeste de este tramo. Y con una anchura de casi 1 Km., de la sutura principal.

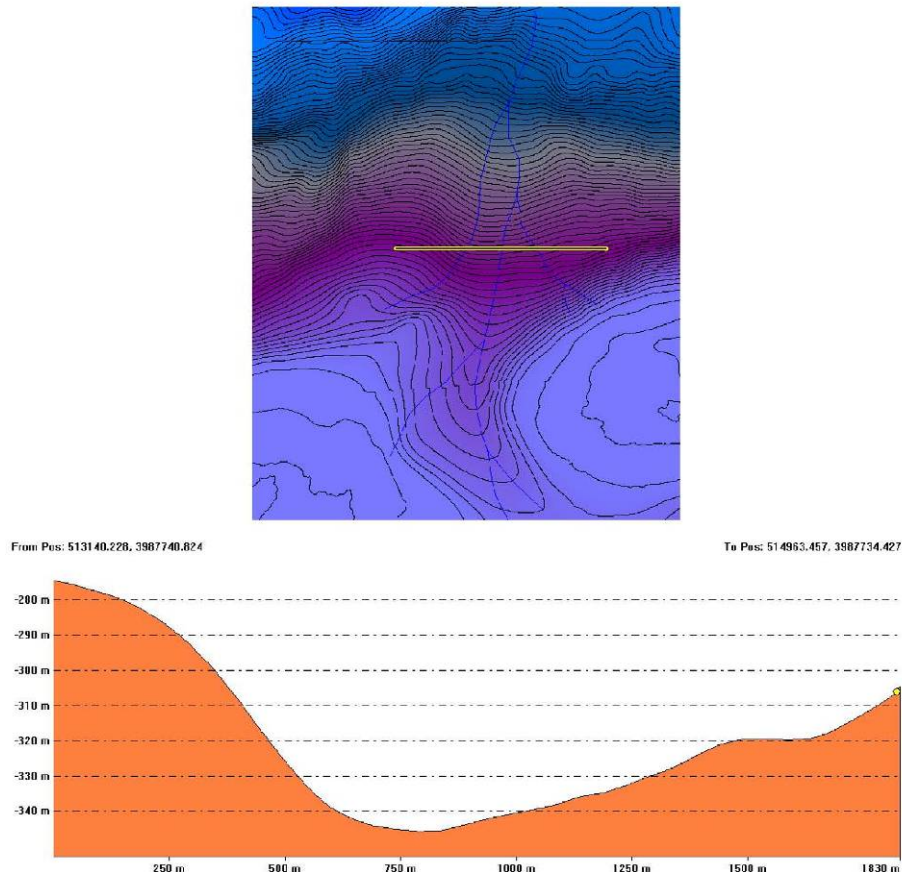


Figura 35. Perfil transversal curso medio.

- **Tramo inferior.** En esta zona se observa el sistema deposicional del Cañón. Se puede ver como las curvas de nivel se separan, y las pendientes bajan, observándose lóbulos deposicionales. Se ha indicado en color rojo una plataforma progradante sobre el talud, indicando la deposición sedimentaria del sistema. En la figura siguiente se puede observar pequeños cauces que inciden y discurren paralelos al cañón. Se distribuyen a levante del cañón dos depresiones lineales paralelas a éste, que se originan a profundidades de 600 a 650 metros, también existen a poniente pero con diferentes orientaciones y con cabeceras superiores.

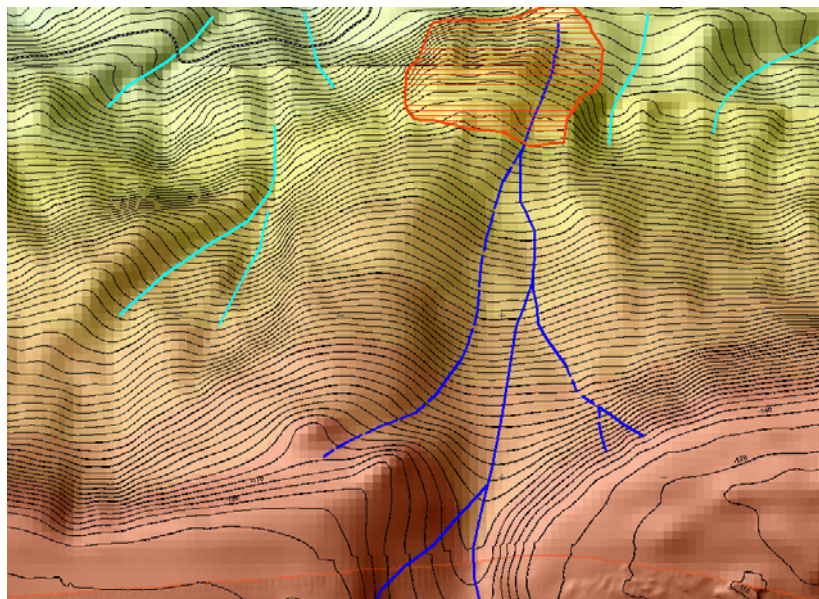


Figura 36. Tramo inferior.

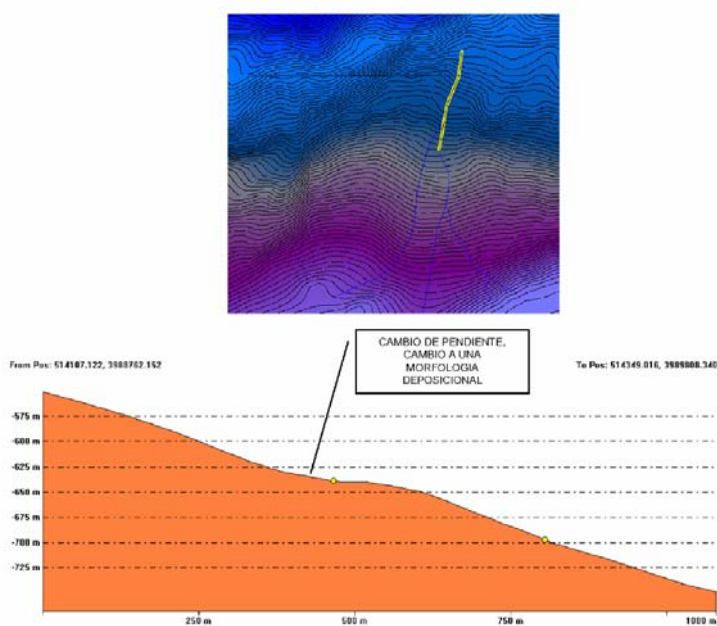


Figura 37. Tramo inferior deposicional.

Como se puede observar en el perfil anterior, aparecen depósitos con geometría de cuña, con una morfología ligeramente convexa, este tipo de materiales, tiene un origen puntual del área fuente, indicando la salida del cañón submarino. Para identificar sedimentológicamente el talud del cañón, nos hemos apoyado en los videos submarinos de Oceana.org y utilizado las muestras realizadas en la zona de estudio.

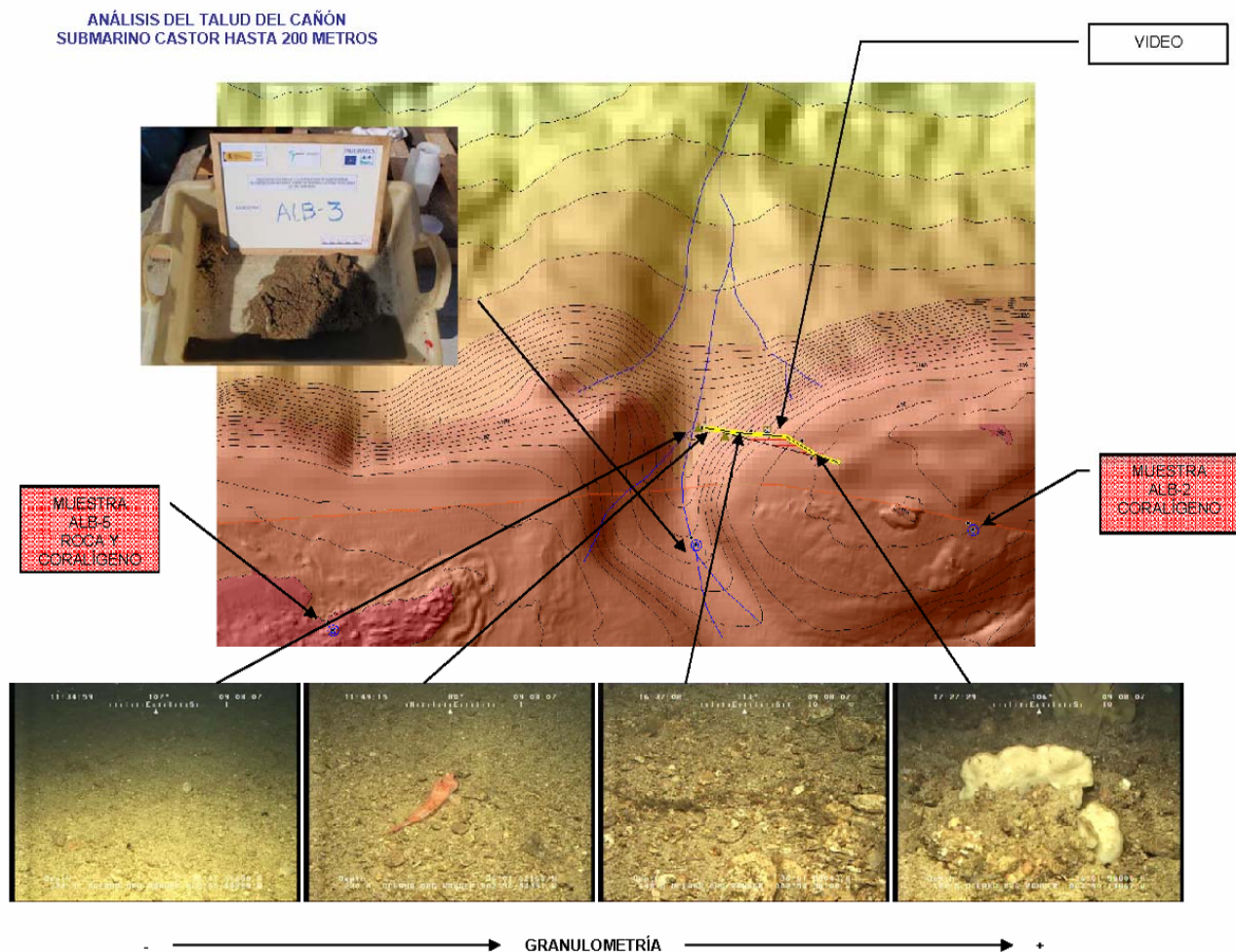


Figura 38. Análisis del talud.

La cobertura sedimentaria del talud es carbonática, formada por arenas medias, gruesas y gravas en los depósitos de pendiente, conforme alcanzamos profundidad la proporción de finos aumenta. Aunque como podemos ver en la siguiente figura la granulometría de la muestra tomada a 176 metros nos da una muestra tipo Arena gruesa con un 0.8 % de fango.

Esta muestra denominada ALB-3, caracteriza la base del Cañón en cabecera.

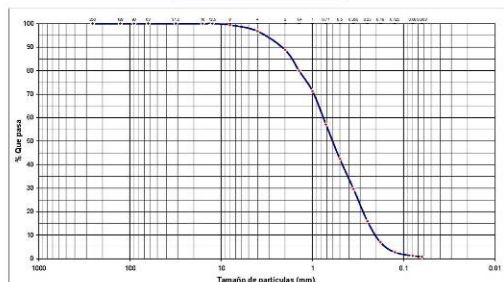
TOMA DE MUESTRAS DE SEDIMENTO POR MEDIO DE CUCHARA SHIPECK.

Muestra: ALB-3

Descripción visual de la muestra: Arena media gruesa con bioclastos

Localización
X: 513932.97
Y: 3986054.65
Profundidad (m): -176

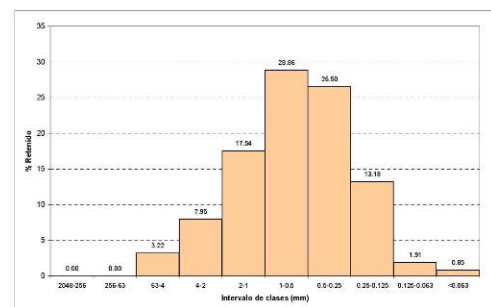
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

	mm	Φ	Clase
Moda	0.605	0.747	AG
D ₁₀	0.201	-1.147	
D ₅₀	0.599	0.739	
D ₉₀	2.214	2.314	
Media	1.046	0.692	
Mediana	0.599	0.739	
Selección	2.568	1.361	
Simetría	0.096	-0.696	
Curtosis	0.983	0.983	

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE TAMAÑO		
% GRAVA	% ARENA	% FANGO
11.2%	88.0%	0.8%



La asociación mineralógica es volcánico-carbonática. En profundidad, el porcentaje de carbonatos aumenta en gran proporción, respecto a clastos volcánicos. En esta muestra los clastos volcánicos no llegan a un 5% del total de la muestra, mientras que cerca de la Isla de Alborán, las muestras superan el 50% de los clastos.

MUESTRA ALB 3



Figura 39. Análisis mineralógico de la muestra ALB-3.

El análisis realizado indica que casi toda la totalidad de los clastos son carbonáticos de origen biogénico, se puede ver que una gran proporción de estos bioclastos son foraminíferos con presencia de Globigerinoides, Spiroloculinas, Elphidium..., se encuentran tanto foraminíferos planctónicos como bentónicos, los demás bioclastos proceden de la plataforma superior ya que se encuentran bastante fracturados y rotos, con restos de erizos, alguna concha, tubos de serpúlidos.

La mezcla en el sedimento de dos tipos de globigerinoides (planctónicos), posiblemente nos pueda indicar que la zona está sometida a una mezcla de agua.

A continuación vamos a describir las cabeceras de los dos sistemas presentes en la zona meridional de la plataforma, denominados como Cañón Al Borani y Cañón Piedra Escuela. (Bárceñas et al.).

El Cañón Al Boraní es el sistema más desarrollado de los tres, ya que posee una estructura en forma de graderío con una trama de canales secundarios bien desarrollados como podemos consultar en la siguiente imagen.

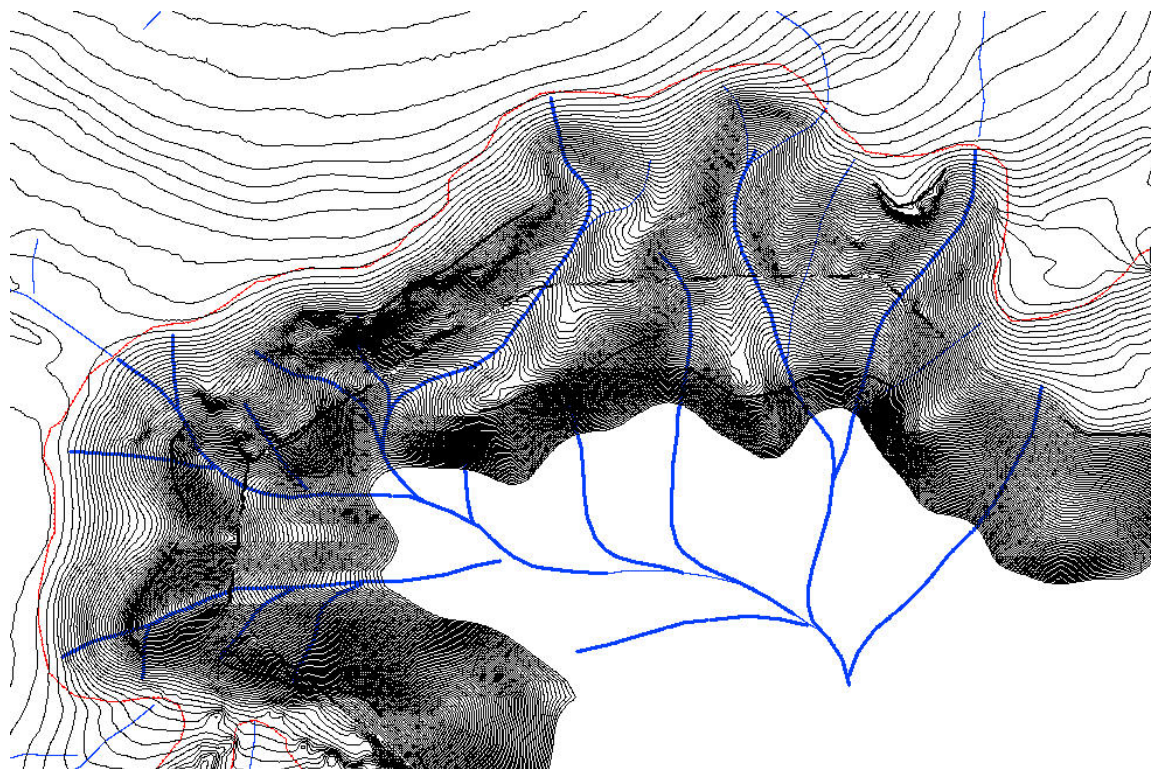


Figura 40. Cabecera Sistema Cañón Al Boraní.

El recorrido del canal principal en el tramo superior adquiere una dirección NO-SE. Existe un gran cambio de pendiente respecto al borde de plataforma, este cambio en la inclinación produce que la red distributaria del canal principal se encaje.

La cabecera tiene una anchura entre 2.5 km. en su zona más estrecha y 2,9 km. en su zona más amplia.

Este sistema abanico posee procesos combinados que en su sinergia crean y estructuran la morfología de cabecera, estos procesos son erosivos, sedimentarios y gravitacionales (deslizamientos), así como estructurales y tectónicos. Se puede consultar en la cartografía la existencia de bastantes afloramientos de roca

El Cañón Piedra Escuela se encuentra al sureste del afloramiento denominado Piedra Escuela y al este de la Isla de Alborán. Se observa un canal central que incide en el talud con una orientación de NO-SE, este canal posee pocos tributarios en cabeza, por lo cual está menos desarrollado que el sistema Al borani, la cabecera alcanza los 1200 metros.

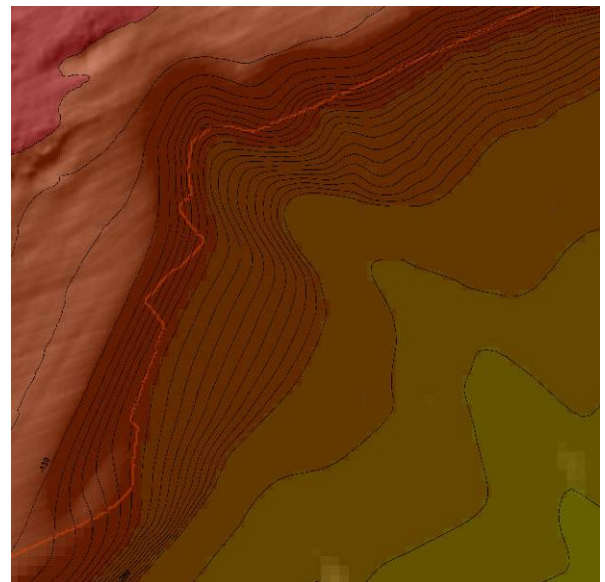
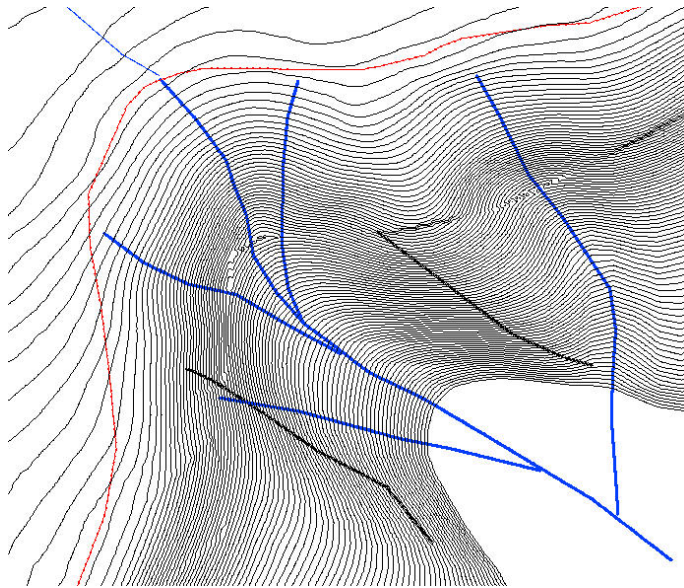


Figura 41. Cabecera Sistema Piedra Escuela.

No se observan afloramientos de roca en la cabecera, en su superficie se observa un tramo superior sedimentario carbonatado.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la zona norte de la plataforma respecto a la zona sur se diferencia, en la red de incisión. La zona norte se caracteriza por la aparición de una red oblicua a la plataforma y el talud, además de mantener una distribución paralela entre sus canales, lo que nos puede indicar una componente tectónica, probablemente.

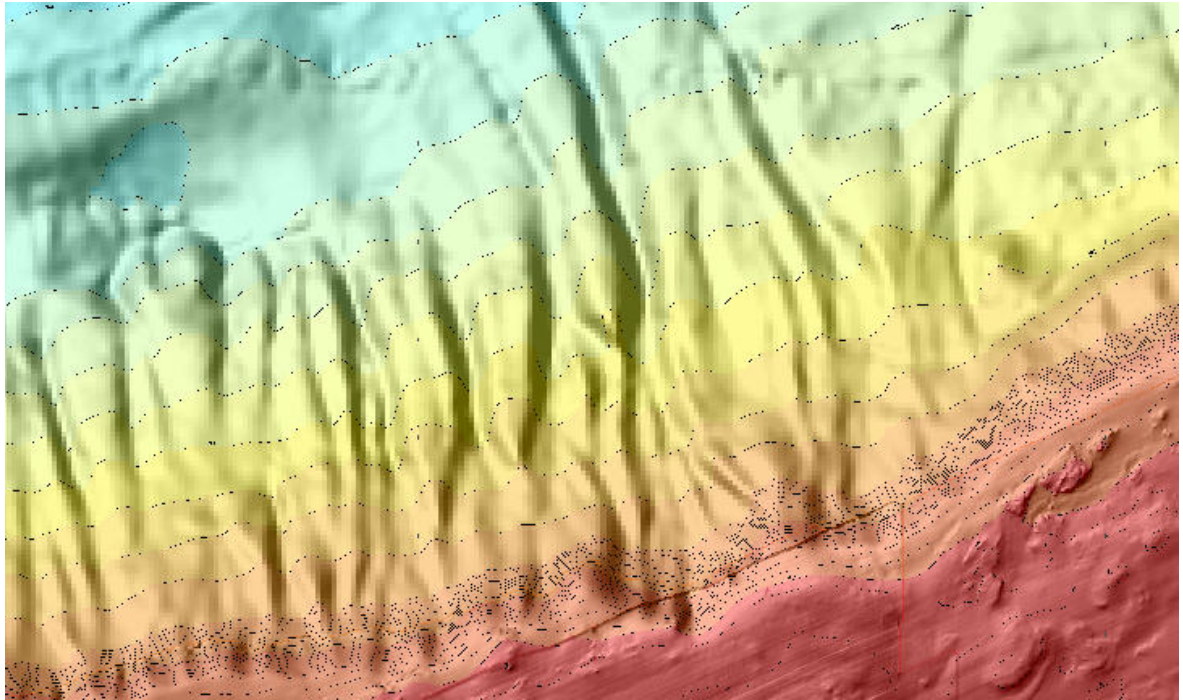


Figura 42. Red paralela de incisión.

5.2. DOMINIO SUROCCIDENTAL.

Esta zona se sitúa al oeste de la zona de estudio. Esta compuesta por tres plataformas aisladas. La morfología general de éstas, se corresponde a dos pequeñas plataformas aisladas a levante y una plataforma externa longitudinal a poniente. Las dos pequeñas plataformas aisladas otros autores las han denominado sector de las microplataformas (Bárceñas et al., 2002).

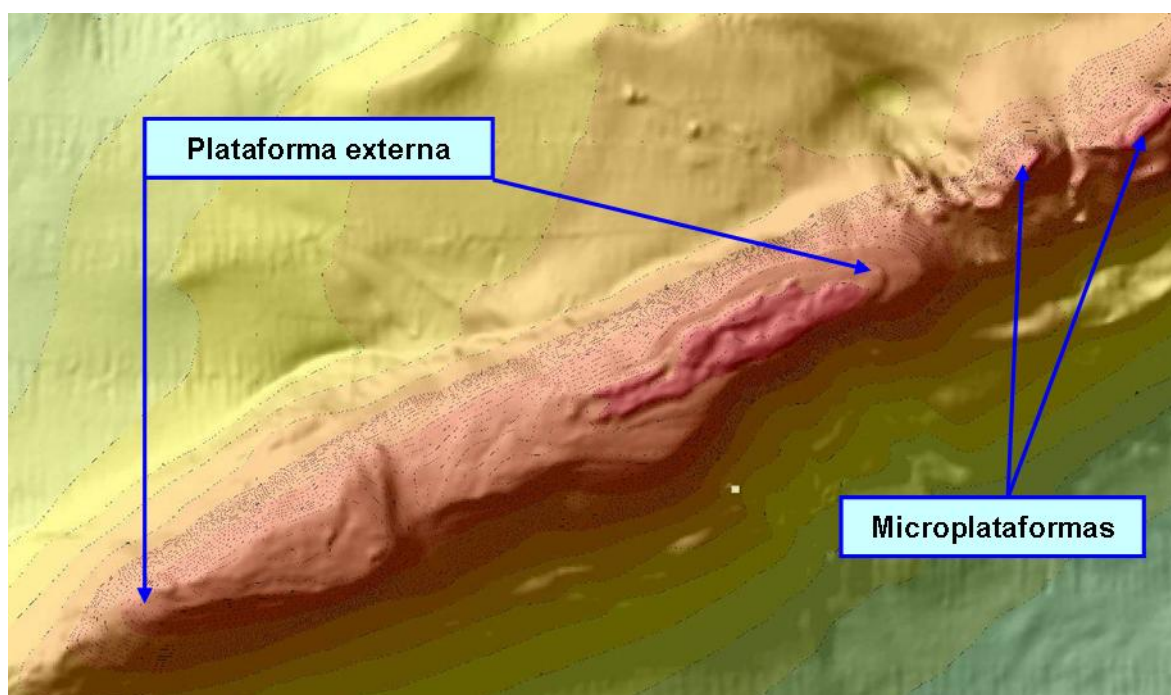


Figura 43. Dominio suroccidental.

La zona de estudio tiene una longitud de aproximadamente 26 km, con una anchura en su mayor extensión de 3300 metros y en su menor extensión de 200 metros, ya que se ha investigado hasta la cota batimétrica -200 metros. En esta zona también se ha realizado un muestreo y se han utilizado videos facilitados por Oceana.

Se ha podido comprobar una composición sedimentaria carbonatada en las muestras.

5.2.1. PLATAFORMA CONTINENTAL.

La plataforma externa se caracteriza por una morfología alargada lineal con una dirección NE SW. Las dos microplataformas y la plataforma externa se encuentran separadas por surcos tanto entre ellas como del dominio nororiental.

La **microplataforma 1**, cercana a al plataforma del dominio nororiental, mantiene una forma alargada y lineal con dirección NE-SW, manteniéndose como un macizo fracturado, rodeado y colmatado con sedimentos.

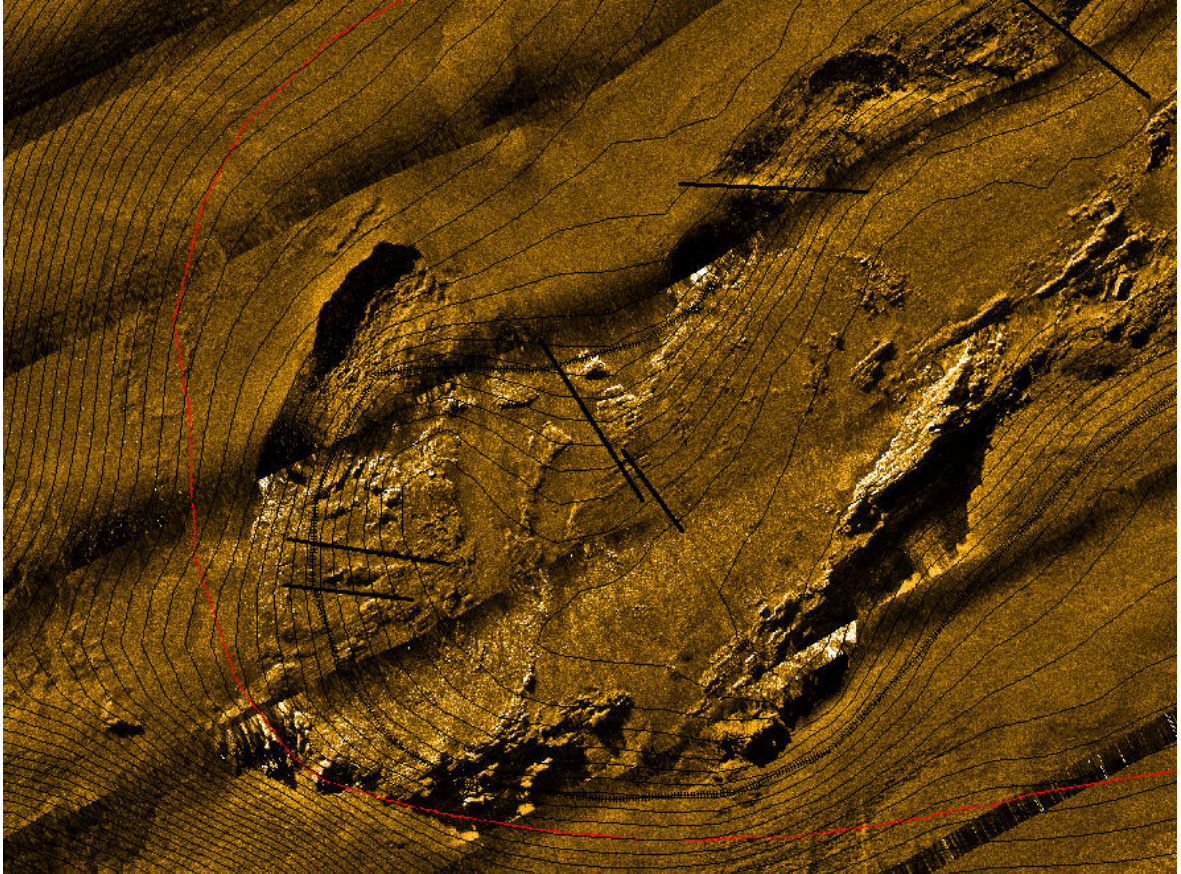


Figura 44. Mosaico zona de la microplataforma 1.

Tiene longitudes de aproximadamente 1,5 km y anchuras variables desde 600 metros en los extremos a un kilómetro en el centro.

La **microplataforma 2**, situada entre la microplataforma 1 y la plataforma externa de poniente, mantiene las características morfológicas y longitudinales, con la misma dirección que la anterior plataforma, sin embargo es de menor entidad.

Las pendientes alcanzadas en el borde de la plataforma son de gran ángulo.

Tiene longitudes de aproximadamente 900 m y anchuras variables desde 350 metros a 450 m.

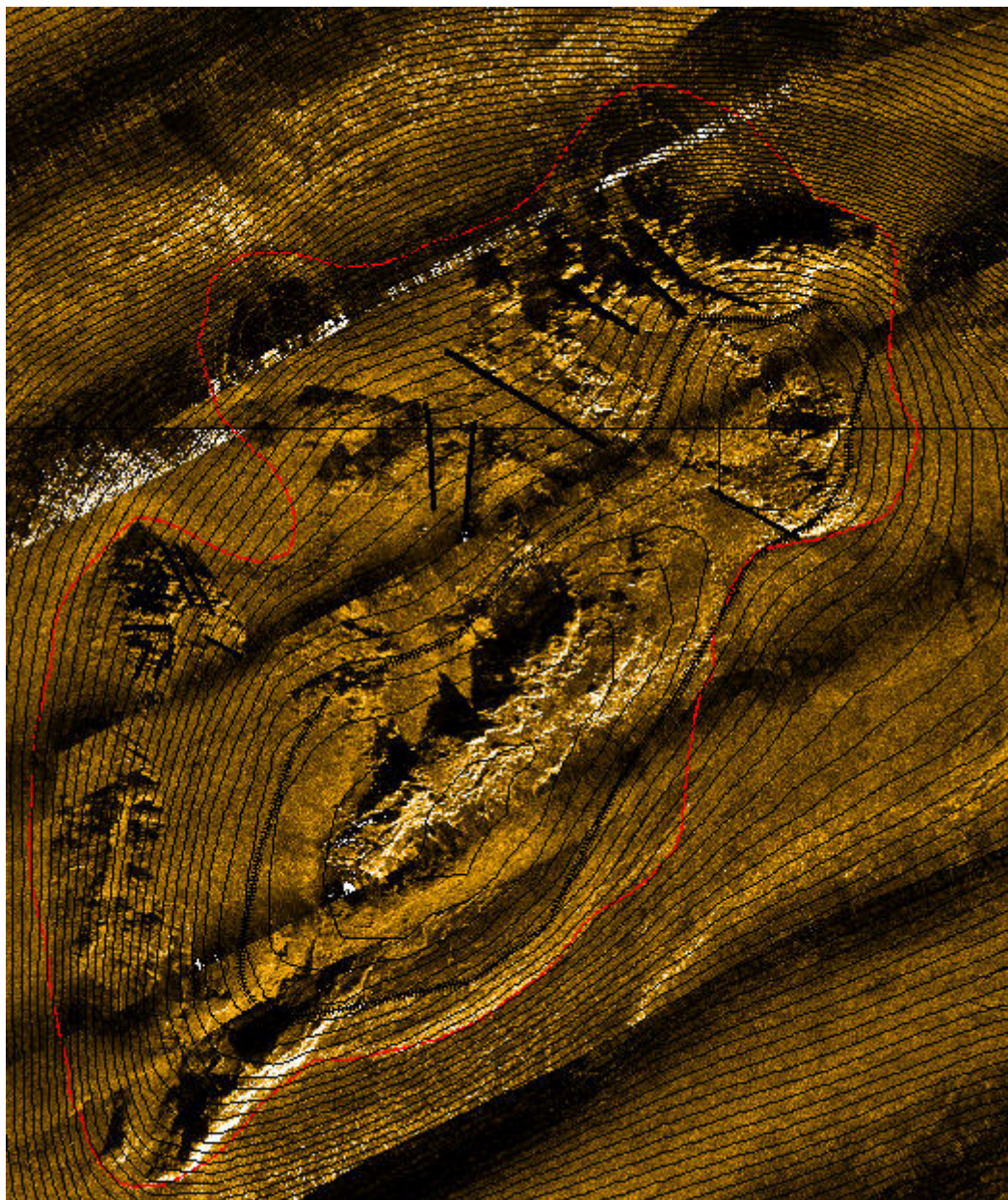


Figura 45. Mosaico zona de la microplataforma 2.

En esta zona se dan los mismos tipos morfológicos que en la zona oriental, quizás aumentando los procesos gravitacionales que se desarrollan mayormente en esta zona debido a la pendiente elevada. Se han diferenciado escarpes, vaguadas, crestas de sedimentos, deslizamiento.

En la **plataforma externa**, se dan movimientos de gravedad y roturas del terreno a favor de las fracturas existentes en la plataforma, como ejemplo vamos a exponer un deslizamiento existente en la zona sur.

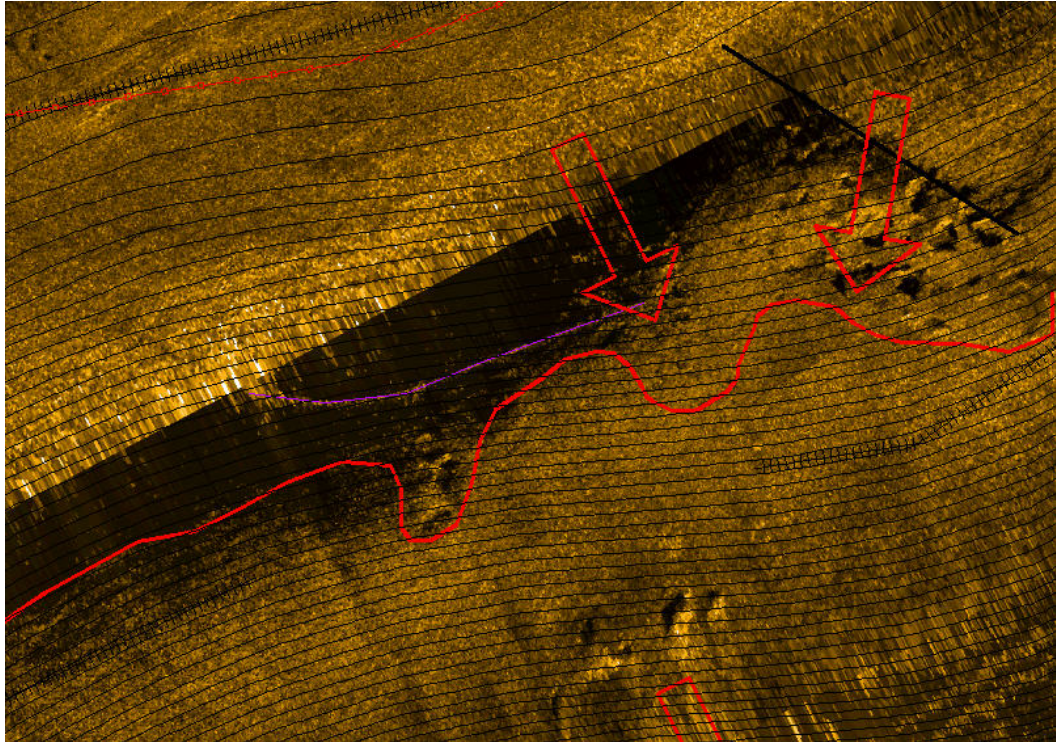


Figura 46. Deslizamientos a favor de fracturas.

Se puede detallar como la fuerte pendiente junto con la dirección de las fracturas, totalmente oblicuas a las curvas batimétricas, producen deslizamientos de gran entidad a lo largo de esta zona.

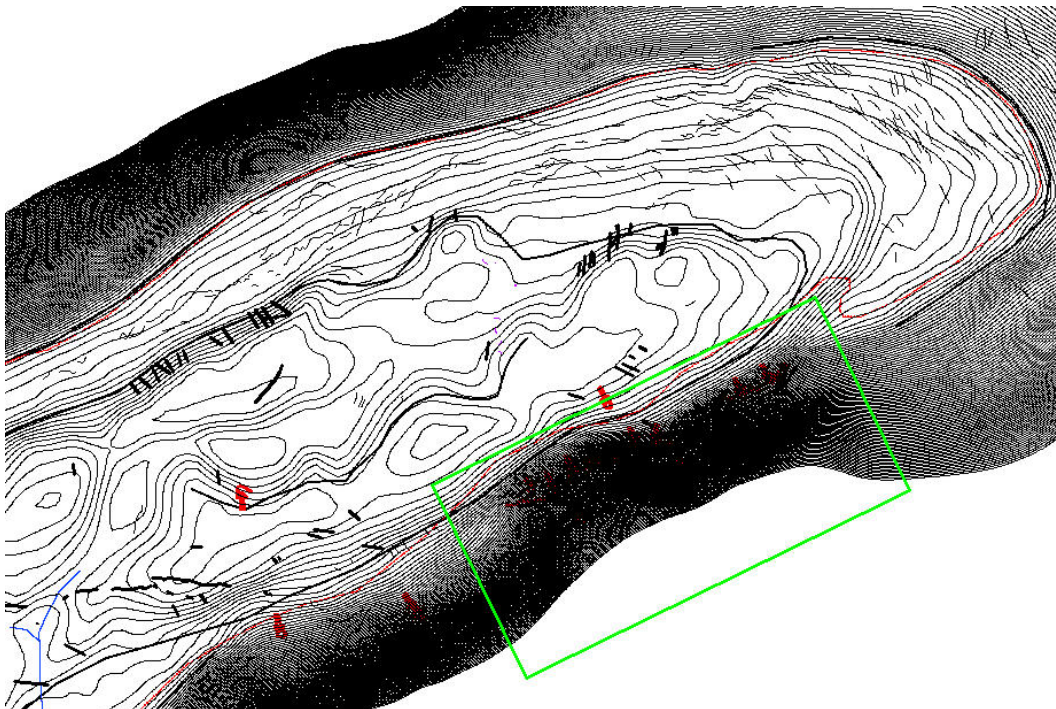


Figura 47. Zona de deslizamientos a favor de fracturas.

Toda la zona afectada por el deslizamiento se ha representado en la imagen anterior con un recuadro de color verde, esta área tiene una longitud de casi un kilómetro de longitud, a lo largo del talud de la plataforma.

Como se puede ver también en esta imagen se pueden definir campos de crestas sedimentarias, se ubican en los dos flancos de la plataforma a favor de la pendiente y en las vaguadas entre plataformas.

Poseen forma asimétrica y su flanco más abrupto se dirige hacia mar adentro, siendo formas transversales al flujo que las origina.

Existen crestas de sedimento independientes que se superponen sobre escarpes rocosos o relieves estructurales con pendientes suaves a ambos lados, presentando morfologías onduladas.

6. INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA.

La zona objeto de investigación presenta una superficie de, aproximadamente, 27.600 Ha. Dicha superficie, como se ha comentado con anterioridad, ha sido cubierta mediante la realización de líneas E-O, con una equidistancia entre las mismas de 200 metros. La orientación de las líneas de navegación se ha tomado así por el mero hecho de la orientación de las zonas de estudio. Para completar la zona de la isla de menor profundidad se han realizado líneas oblicuas a las anteriores, con dirección NE-SO. Al igual se realizaron líneas con otras orientaciones para la zona del talud debido a la gran pendiente del mismo.

En conjunto, se han realizado un total de 180 líneas. Estas líneas han sido cubiertas por los equipos utilizados en la campaña, (sonar de barrido lateral y sistema de navegación) cubriendo una totalidad de 1.900 km. lineales.

La realización de los trabajos de campo se realizó en varias fases debido a las condiciones meteorológicas adversas existentes en la zona. Además, se produjeron varias incidencias (cuatro) debido a enganches del sonar de barrido lateral con cabos sueltos y palangres. **Dos de estos enganches provocaron la rotura del sonar.**

6.1. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO.

Previo al comienzo de los trabajos de toma de datos, se procedió a la calibración del sistema DGPS en un Vértice Geodésico Regente de coordenadas conocidas.

Para ello en la zona de estudio, se procedió a localizar un Vértice que cumpliera con dichas características.

Se procedió a la calibración de los DGPS instalando las antenas en el centro de dicho vértice. Se procedió a la toma de datos durante 15 minutos para contrastar la desviación del sistema con respecto a las coordenadas del vértice. Con este criterio, se evitan los errores de posicionamiento y la comprobación de la proyección, con la documentación disponible y la cartografía base.

Una vez conocido del error del sistema, se procedió a la corrección del error, con una exactitud de +/- 0.60 mts., y se procedió a la instalación de los equipos en el barco de trabajo.

6.2. INVESTIGACIÓN MORFOLÓGICA.

Los datos de investigación morfológica se han obtenido mediante un **sonar de barrido lateral bifrecuencia digital Klein 3000**.

Este sistema se basa en la emisión de pulsos con frecuencias de 100 y 500 kHz simultáneas, las cuales no penetran en el subsuelo pero nos dan información del material existente en el fondo marino, obteniendo imágenes, llamadas sonogramas, representadas en diferentes tonos de grises como en tonalidades en color arena, que hacen referencia a los diferentes materiales que existen en el fondo, siendo así posible la distinción de los diferentes sedimentos y la posibilidad de interpretarlos

Este sistema se basa en la emisión de pulsos con frecuencias de 100 y 500 kHz simultáneas, las cuales no penetran en el subsuelo pero nos dan información del material existente en el fondo marino, obteniendo imágenes, llamadas sonogramas, representadas en diferentes tonos de grises como en tonalidades en color arena, que hacen referencia a los diferentes materiales que existen en el fondo, siendo así posible la distinción de los diferentes sedimentos y la posibilidad de interpretarlos.

6.2.1. CALIBRACIÓN Y CORRECCIONES.

La calibración del sonar de barrido lateral se realiza para determinar y comprobar que los datos de reflectividad son los adecuados para la tipología de sedimentos que se encuentran en el fondo marino.

La investigación fue realizada con un sonar de barrido lateral bifrecuencia, por lo que se tuvo que comprobar si las dos frecuencias eran válidas para el rango de investigación propuesto para el proyecto, al tener que realizar una cobertura total de trabajo, y al estar las líneas planificadas a equidistancias constantes, el rango de barrido por canal se proyectó en cada caso para que exista un solape superior al 30%.

Debido a esta condición se utilizó la frecuencia de 500 kHz para una mayor resolución de los datos obtenidos, siempre que el rango de barrido no sea superior a 150 metros.

Una vez determinada la frecuencia de trabajo, se procedió a establecer las correcciones oportunas del sonar con respecto a la antena del DGPS.

La corrección del pez se debe realizar porque está remolcado a una distancia determinada entre el punto de recepción de la señal del sonar y la antena de DGPS. Debido a esto, existe un error lineal, que el sistema SonarPro calcula y soluciona

mediante una corrección de la posición del pez a partir del dato de longitud de cable, denominado layback y la distancia horizontal desde la antena DGPS hasta la posición del cable, denominado offset. Para mayor precisión a la hora de marcar el *layback* se ha utilizado un *Tcount*; instalado en el winche que nos permite saber en todo momento la longitud de cable tirado por la popa de la embarcación.

Se utilizó también el sistema *Pinger* que se basa en un emisor que se encuentra en el pez, junto con un receptor en la embarcación que junto a la señal del DGPS posiciona el pez con mayor precisión, tanto en rumbo como en profundidad.

Para evitar el Offset en campo, situamos el DGPS en la misma posición en la horizontal que el cable largado, es decir, quedaría de la siguiente manera con un valor Offset de cero.

El sistema SonarPro tiene en cuenta el periodo de latencia, esto es debido a que la velocidad del barco aumenta o disminuye según se trabaje a favor de ola o en contra. Si existe una disminución de velocidad, el pez coge fondo y si aumenta el pez sube, este sistema nos permite tener en cuenta este factor y corregirlo a la hora de posicionar el pez.

6.2.2. PROCESADO DE LOS DATOS.

La realización del plano morfológico y mosaico se ha realizado a partir de los datos digitales obtenidos en campo. Se ha utilizado el Software SonarWiz Map 5 para realizar el mosaico.

Los datos fueron procesados en conjunto disponiendo todas las líneas de investigación realizadas georeferenciadas en un mismo plano con un solape determinado. En el procesado se comprobó que las coordenadas emitidas por el pinger, el layback y offset del sonar con respecto al barco habían sido tomados en cuenta durante la adquisición de datos.

El resultado final fue un mosaico digital fotográfico del fondo marino de la zona de estudio a partir del cual se procedió a su interpretación obteniendo como resultado un plano morfológico de detalle de la zona investigada. Dicha interpretación se basa en correlacionar los monogramas con las diferentes texturas del fondo

Para correlacionar los datos acústicos de las imágenes del sonar de barrido lateral con los diferentes materiales del fondo marino es necesario realizar una correcta caracterización de las muestras obtenidas mediante cuchara Shipek, de los registros sísmicos de alta resolución y de las filmaciones de vídeo.

Una vez correlacionados los registros, definimos cuatro patrones sonográficos, los cuales los identificamos como facies acústicas, en función de la intensidad de la señal (reflectividad) registrada en la imagen del sonar y de los análisis de laboratorio obtenidos de las muestras.

- Reflectividad alta, rugosa e irregular (P1). Este patrón nos marca zonas de relieve con alineaciones estructurales y sombras en el lado posterior a la trayectoria del sonar. El relieve puede ser importante o no, interpretándose en función de la sombra obtenida. En nuestra zona de estudio los afloramientos de roca presentan un relieve importante identificándose por la dirección estructural en los monogramas así como plataformas.
- Reflectividad alta-media uniforme (P2). El patrón de reflectividad alta-media uniforme presenta un registro intenso y corresponde a gravas o arenas muy gruesas. Se encuentran asociados a los afloramientos rocosos o en zonas dispersas. Su localización es difusa ya que son materiales asociados al desmantelamiento de los afloramientos rocosos pudiendo tener una textura similar en superficie.
- Reflectividad media-alta (P3). Este patrón tiene una gran extensión en la zona de estudio y tiene una gran uniformidad. Corresponde a arenas las cuales presentan una variación de la reflectividad dependiendo de la fracción gruesa del mismo. Este patrón también presentan cambios bruscos de reflectividad en zonas de alta energía.
- Reflectividad baja-muy baja (P4). Este patrón corresponde a tonos claros en el registro con aspecto homogéneo y sin irregularidades morfológicas apreciables interpretándose como limos fangosos y fangos. Este tipo de reflectividad es nulo o no aparece en nuestra zona de estudio.

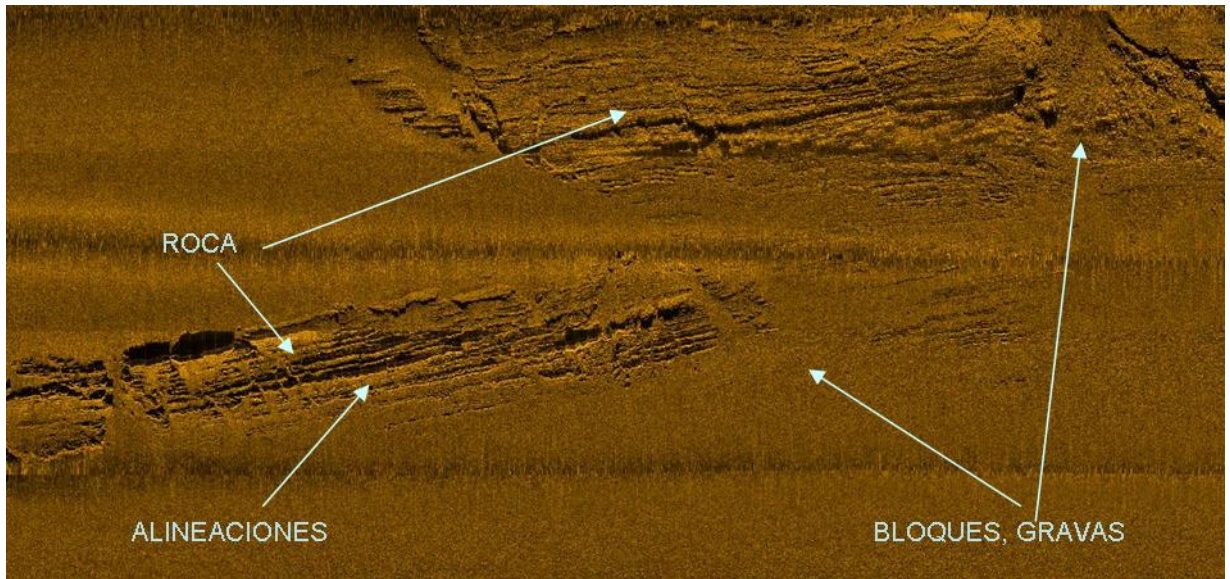


Figura 48. Sonograma con reflectividad alta y media uniforme.

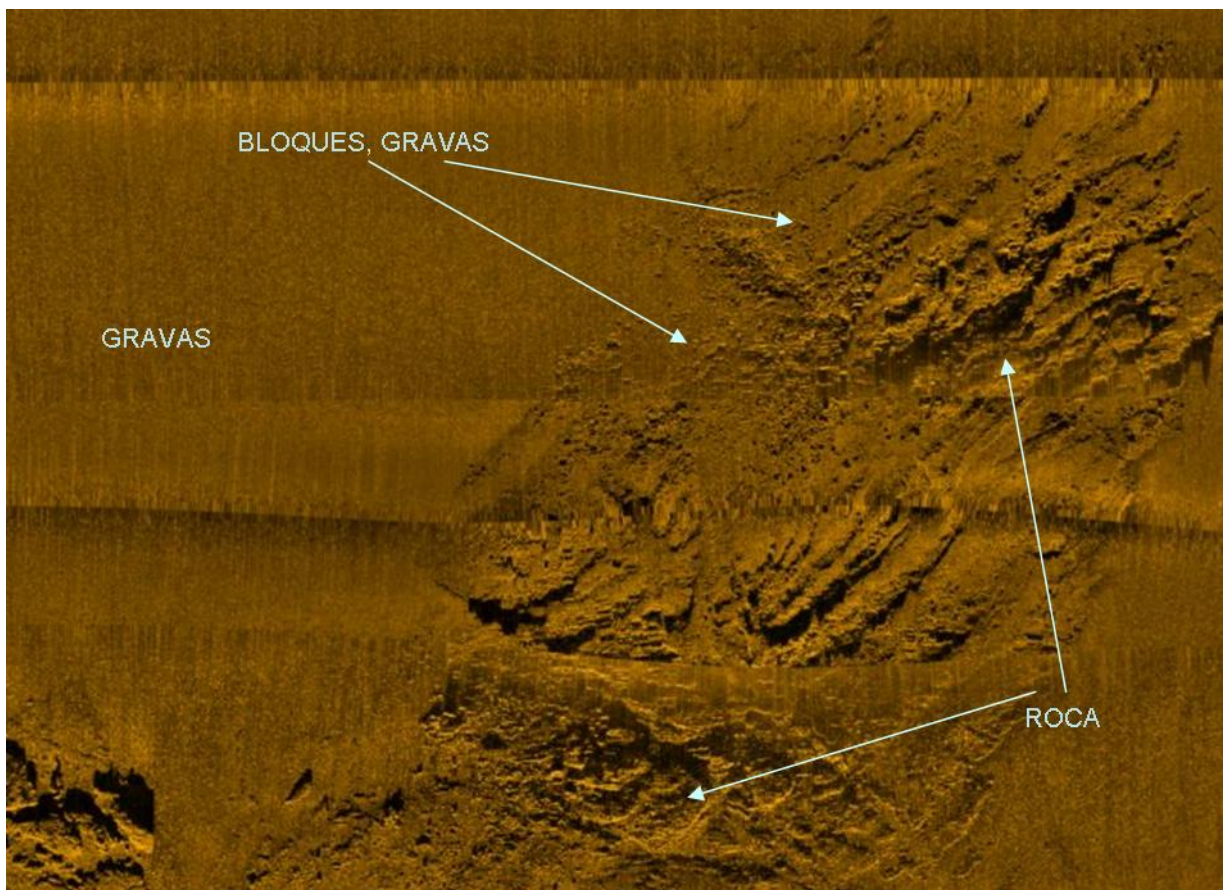


Figura 49. Sonograma con reflectividades altas.

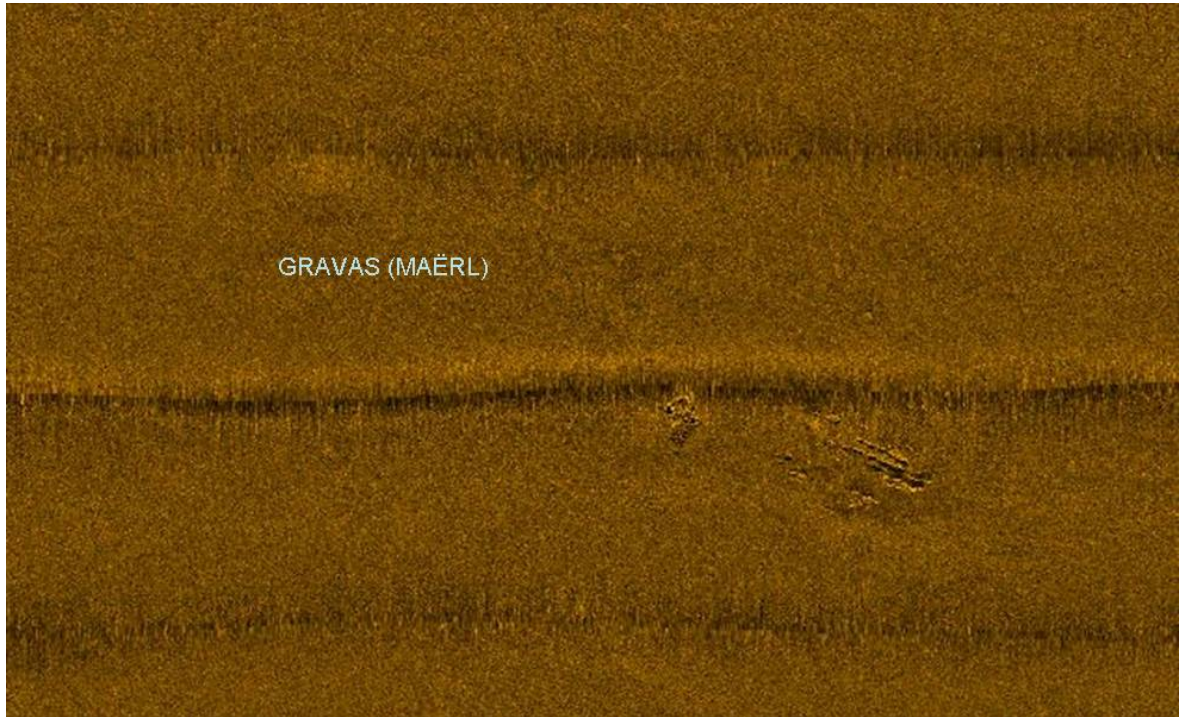


Figura 50. Sonograma de Maërl.

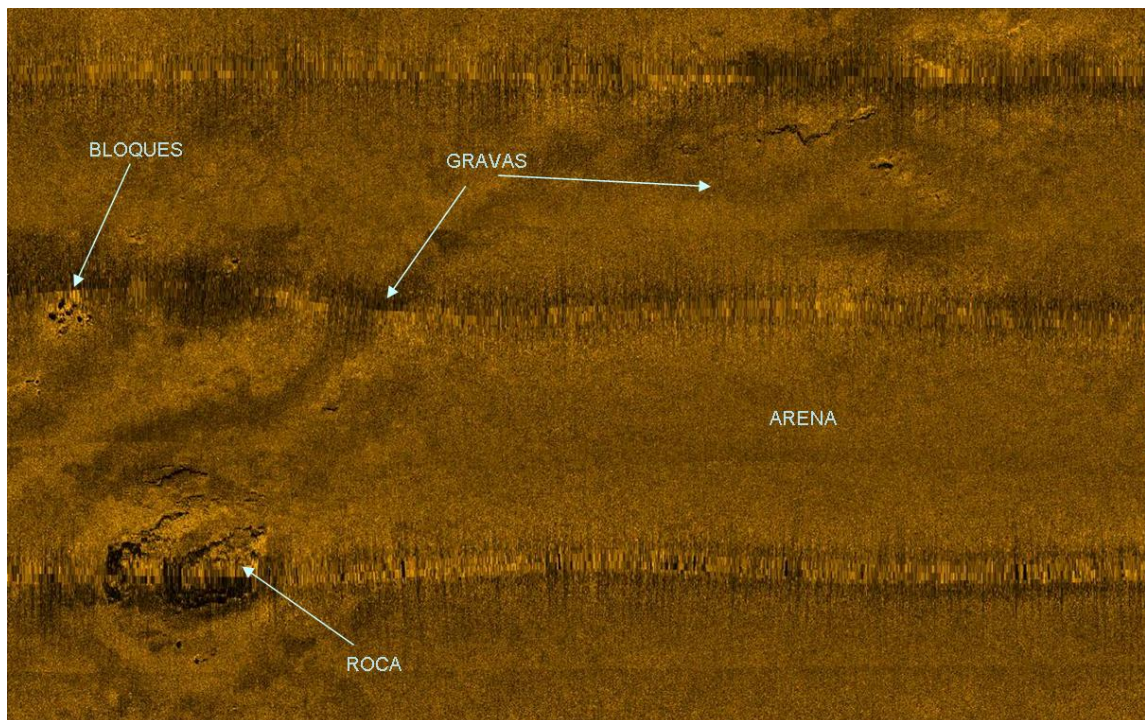


Figura 51. Sonograma con distintas reflectividades.



Figura 52. sonograma con marcas de arrastre sobre Maërl.

7. ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LAS MUESTRAS.

7.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se trata la descripción y análisis de las muestras tomadas en la campaña. En total se han tomado *107 muestras de sedimento* con la draga *Shipeck*. Sobre estas muestras se han realizado los siguientes análisis:

- *Análisis granulométricos* con previo *lavado* de las muestras para así determinar con exactitud el contenido en finos de las mismas.
- Determinación del *contenido en carbonatos* de cada una de las muestras obtenidas.
- *Análisis Mineralógicos* de las muestras representativas tomándose en cuenta los diferentes tipos de sedimento y los hábitats.

Tras el tamizado se representan los resultados obtenidos tratándose estadísticamente por varios métodos para así obtener la mayor información posible del sedimento.

7.2. ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO

El análisis sedimentológico, mediante granulometrías y calcimetrías, y petrográfico de las diferentes muestras obtenidas en la campaña, nos ha permitido diferenciar diversos tipos de ambientes sedimentarios relacionados con la dinámica litoral y profundidad de la zona de estudio.

7.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

En un primer lugar se toma una cantidad de muestra representativa, mediante un porcentaje óptimo de cada una de los diferentes tamaños de partículas que están presentes en las muestras.

Según los tamaños de partículas existentes en las muestras se han tomado desde 100 gr. hasta 1.000 gr. de sedimento, recalculando todos los pesos retenidos en los tamices en porcentaje del cien por cien de la muestra.

Las muestras fueron previamente lavadas para eliminar las sales solubles que pudieran contener. A continuación se dejaron secar en un horno a una temperatura de entre 80 y 100 °C por un periodo no inferior a 24 horas.

Una vez secadas fueron cuidadosamente desmenuzadas sin llegar a romper los granos, mezclando bien cada muestra.

Una vez disgregada, se cuartea la muestra en dos mitades iguales. Una de ellas se guarda en bolsas y rotula para futuros análisis o comprobación de los mismos. La otra mitad de la muestra se prepara para el tamizado.

Una vez cuarteada y separada la muestra, se pesa la muestra seca y se procede al lavado con el tamiz 63 μ ; después se vuelve a secar y se pesa la muestra indicándonos el porcentaje en finos.

<i>Apertura de Tamiz (mm)</i>	<i>Apertura de Tamiz (mm)</i>
<i>256</i>	<i>1</i>
<i>128</i>	<i>0.71</i>
<i>90</i>	<i>0.5</i>
<i>63</i>	<i>0.355</i>
<i>31.5</i>	<i>0.25</i>
<i>16</i>	<i>0.18</i>
<i>12.5</i>	<i>0.125</i>
<i>8</i>	<i>0.08</i>
<i>4</i>	<i>0.063</i>
<i>2</i>	<i><0.063</i>
<i>1.4</i>	

Tabla 2. Serie de tamices ASTM.



Figura 53. Columna de tamices ASTM.

Tras esta operación se realiza el cribado mecánico de las muestras mediante una columna de tamices con luz de malla sucesivamente más pequeña, durando este proceso 20 minutos como mínimo. La columna de tamices utilizada en este proceso consta de 21 tamices *A.S.T.M.* como se puede ver en la tabla e imagen siguientes:

Se toman los pesos retenidos en cada uno de los tamices de la columna representados en las plantillas que se adjuntan en los anejos del informe.

Los análisis de los resultados se realizaron a través del programa GRADISTAT (S. Blott, 1999). Con este programa se obtienen una serie de datos estadísticos y diagramas que se exponen a continuación:

- Datos estadísticos: *determinación de percentiles* D_{10} , D_{50} y D_{90} , *moda*, *media*, *desviación estandar (selección)*, *asimetría* y *curtosis*.
- Diagrama triangular, gráfico de distribución de tamaños de grano y curva granulométrica junto con un histograma.

La escala granulométrica más usada en la actualidad es la de Udden, modificada por Wentworth (1922) y por el Comité Lane (1947) y llamada UDDEN-WENTWORTH (Fig. 1). Esta toma el milímetro como punto de partida y establece subdivisiones utilizando la razón 2 ó 1/2 (la primera en sentido creciente y la segunda en sentido decreciente), así los límites de clases en esta escala son:

..., 256 mm, 128 mm, 64 mm, 32 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 1/2 mm, 1/4 mm, 1/8 mm, 1/16, etc.

Cuando se trabaja con sedimentos bien seleccionados se hace necesario introducir un mayor número de grados en cada intervalo, por lo tanto se subdivide cada clase en 2 ó 4 subclases. Al hacerlo aparecen números irracionales pues la subdivisión debe ser geométrica y no aritmética (raíz cuadrada o cuarta del producto de los extremos).

Para evitar usar números irracionales, Krumbein ideó la ESCALA PHI (ϕ). Esta se basa en que los límites de los intervalos de clase de la escala Udden-Wentworth son potencias de 2, y por lo tanto se pueden expresar como logaritmos enteros en base 2. Al dividir cada intervalo en otros 2 ó 4, los nuevos límites se expresan en la escala phi como números decimales. Para evitar trabajar con números negativos al tratar las partículas más finas (menores de 1 mm), se toma el logaritmo negativo en base 2: $\text{PHI} = -\log_2 \text{diámetro en mm}$.

Tamaño de grano		Terminología descriptiva		
Valor phi (ϕ)	mm	Folk (1954)	Udden (1914) y Wenworth(1922)	GRADISTAT
-8	256			
-7	128		Cantos	Boulders
-6	64			
-5	32			
-4	16	GRAVA	Gravas	Gravel
-3	8			
-2	4			
-1	2		Gránulos	
0	1		Arena muy gruesa	Very coarse sand
1	0,5		Arena gruesa	Coarse sand
2	0,25	ARENA	Arena media	Medium sand
3	0,125		Arena fina	Fine sand
4	0,063		Arena muy fina	Very fine sand
5	0,031			Very coarse silt
6	0,016			Coarse silt
7	0,008	FANGO	Limo	Medium silt
8	0,004			Fine silt
9	0,002		Arcilla	Very fine silt Clay

Figura 54. Clasificación textural de los sedimentos de GRADISTAT a partir de Folk y Udden & Wenworth.

7.2.1.1 PARÁMETRO ESTADÍSTICOS.

En el análisis estadístico simple existen una serie de parámetros que permiten comparar diversos análisis entre sí. Las medidas estadísticas pueden ser gráficas, se obtienen directamente de las gráficas, o analíticas, calculadas a partir de las frecuencias y del valor medio de cada intervalo granulométrico.

Estas medidas se utilizan como complemento de las representaciones gráficas, ya que al no dibujarse la curva no se consigue la sensibilidad suficiente y no se detectan bimodalidades, errores experimentales o mezcla de poblaciones. La ventaja del método de los momentos es que usa toda la distribución de frecuencia y no unos pocos valores. Las fórmulas empleadas figuran a continuación.

Media	Desviación Estándar	Asimetría	Kurtosis
$x_{\phi\phi} = \frac{\sum f m_{\phi}}{100}$	$\sigma_{\phi\phi} = \sqrt{\frac{\sum f (m_{\phi} - x_{\phi})^2}{100}}$	$Sk_{\phi\phi} = \frac{\sum f (m_{\phi} - x_{\phi})^3}{100 \sigma_{\phi}^3}$	$K_{\phi\phi} = \frac{\sum f (m_{\phi} - x_{\phi})^4}{100 \sigma_{\phi}^4}$

Figura 55. Método logarítmico de los Momentos.

Media	Desviación Estándar
$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$	$\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6 \cdot 6}$
Asimetría	Kurtosis
$Sk_1 = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$	$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2 \cdot 44 (\phi_{75} - \phi_{25})}$

Figura 56. Método gráfico logarítmico de Folk y Ward (1957).

Las medidas estadísticas se pueden agrupar en:

- Tendencia Central o Promedios:** Son valores simples que reflejan el tamaño de grano del sedimento e indican la mayor frecuencia de población alrededor de o en un intervalo de clase.

- Medidas Analíticas:

- a) 1er Momento. Es la Media Aritmética y equivale al centro de gravedad de la curva.
- Medidas Gráficas:
- b) Mediana. Es el diámetro correspondiente al 50% de la distribución de las partículas, con lo cual, la mitad de los granos (por peso) son más gruesos y la otra mitad más finos que este valor. Se lee directamente de la curva acumulativa, encontrando la intersección del percentil 50 con la curva acumulativa ($\Phi 50$).
- c) Moda. Es el diámetro de los granos que se encuentran en mayor cantidad. Puede haber una o más modas dando lugar a distribuciones unimodales o polimodales, respectivamente. En este último caso, la más abundante se llama moda principal y la/las otra/s moda/s secundaria/s
- d) Media. Es el parámetro que más se aproxima al promedio granulométrico de una distribución dada.
2. **Selección:** La *selección* (desviación estandar) refleja el tipo de agente de transporte mediante el grado de fluidez o viscosidad. Una alta selección indica pequeñas diferencias en el tamaño de las partículas, mientras que una alta selección muestra muy diferentes tamaños en las partículas de la muestra.
3. **Asimetría:** Nos da información de si la distribución es simétrica o asimétrica con respecto a la moda y la mediana. Asimétrica positiva indica que la distribución de los sedimentos cae al lado de los fino y asimétrica negativa indica que la distribución cae al lado de los gruesos. Analíticamente se obtiene a partir de la fórmula del 3er momento.
4. **Curtosis (agudeza):** Es una medida comparativa entre la selección en el centro de la distribución y los extremos. Leptocurtica indica que hay una mejor selección en el centro que en los extremos, Platicurtica lo contrario y mesocurtica un paso intermedio.

Además de presentar los valores numéricos para cada uno de los parámetros estadísticos resulta muy conveniente utilizar una nomenclatura para describir al sedimento. Existen varias propuestas de nomenclatura para los valores de selección, asimetría y agudeza (Trask, 1932; FoIk y Ward, 1957; Friedman, 1962). En esta guía se recomienda utilizar la presentada por McManus (1988):

Selección (σ_i)		Asimetría (S_{k_i})		Kurtosis (K_G)	
Muy bien seleccionada	<0.35	Asimetría muy fina	+0.3 a +1.0	Muy platicúrtica	<0.67
Bien seleccionada	0.35 - 0.50	Asimetría fina	+0.1 a +0.3	Platicúrtica	0.67 - 0.90
Moderadamente bien seleccionada	0.50 - 0.70	Simétrica	-0.1 a +0.1	Mesocúrtica	0.90 - 1.11
Moderadamente seleccionada	0.70 - 1.00	Asimetría gruesa	-0.3 a -0.1	Leptocúrtica	1.11 - 1.50
Pobremente seleccionada	1.00 - 2.00	Asimetría muy gruesa	-1.0 a -0.3	Muy leptocúrtica	1.50 - 3.00
Muy pobremente seleccionada	2.00 - 4.00			Extremadamente leptocúrtica	>3.00
Extremadamente pobre seleccionada	>4.00				

Figura 57. Nomenclatura descriptiva según McManus.

En los anejos de este informe se incluyen las granulometrías de todas las muestras tomadas con la draga Shipeck. Estas plantillas basadas en el programa GRADISTAT constan de dos hojas.

En la primera de ellas se representa la curva granulométrica así como unas características de la muestra según datos obtenidos de la curva. También esta hoja se puede consultar una imagen de la muestra así como un histograma de la cantidad de muestra retenida según las diferentes clases.

En una segunda hoja se plasma los datos estadísticos, una gráfica de la distribución del tamaño de grano y un diagrama triangular de Folk en el que relaciona los tamaños de grava con arena y fango. Se ha elegido este diagrama triangular debido a la gran cantidad de rodolitos tamaño grava que aparecen en las muestras tomadas.

7.2.2. CONTENIDO EN CARBONATOS.

Para el análisis de las calcimetrías se ha empleado el método del "calcímetro de Bernard", según norma UNE 103-200-93.

Su fundamento se apoya en la descomposición de los carbonatos por la acción del ácido clorhídrico, con desprendimiento de anhídrido carbónico gaseoso, según la reacción expresada a continuación:



Conociendo la cantidad de CO_2 desprendida mediante la medida de su volumen, presión y temperatura, puede calcularse la cantidad de carbonatos que había en la muestra ensayada.

Se han realizado análisis de calcimetrías para todas las muestras obtenidas en la campaña a excepción de las muestras denominadas como coralígeno y las que solo se ha recuperado algas (laminaria), realizándose así 82 ensayos.

Los resultados de estas calcimetrías pueden consultarse en la *tabla resumen* de la toma de muestras de sedimento por medio de la cuchara Shipeck adjunta en los anejos de este informe.

7.2.3. ANÁLISIS MINERALÓGICO.

Los análisis mineralógicos tienen como objetivo la caracterización de la fracción mineral y bioclástica de las muestras obtenidas.

Para estos análisis han sido utilizados varios equipos con el fin de determinar con mayor precisión las características de las partículas de las muestras:

- Lupa de mano TRIPLET 10X.
- Lupa de mano TRIPLET 30X.
- Microscopio óptico PEAK 60X con iluminación directa, lentes acromáticas en material mineral, óptica tratada y rueda de microenfoque.

Con estos análisis mineralógicos se puede diferenciar los componentes de las muestras, cuarzo, feldespato, fragmentos de roca, metales pesados, bioclastos y otros componentes, con el fin de determinar la tipología de las partículas, que constituyen ese sedimento, así como la génesis y área fuente del mismo. Tras la identificación de las diferentes tipologías de grano se lleva a cabo un recuento de los granos de cada una de ellas, para poder obtener un tanto por ciento de cada tipología con respecto a la muestra total.

Posteriormente se lleva a cabo un análisis del grado de redondez, la selección y la esfericidad del grano, dándonos una idea del tipo y grado de transporte que ha sufrido, con el fin de caracterizar el sedimento. Se lleva a cabo observando al microscopio óptico la muestra y comparándolas con patrones ya definidos, los cuales se presentan a continuación.

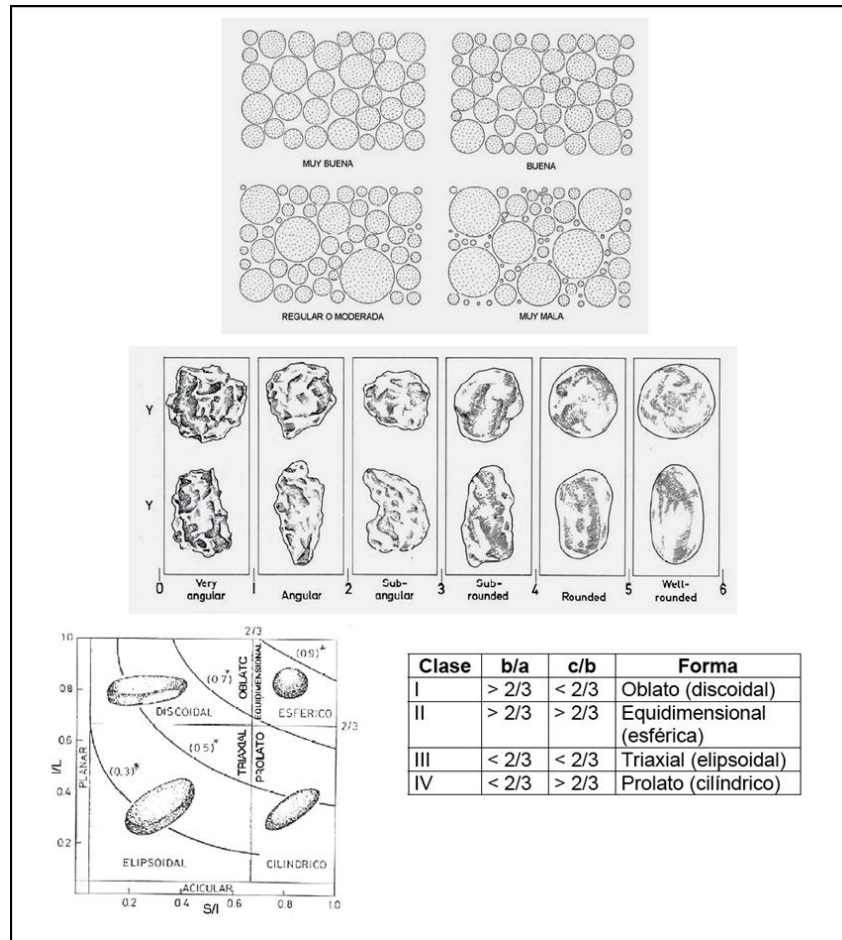


Figura 58. Índice de redondez y esferidad de Folk y escala de redondez y esferidad de Zingg (1935).

A continuación se representa una imagen de un ejemplo del análisis de una muestra con el microscopio óptico.



Figura 59. Microscopio óptico.

Se han realizado dieciséis (16) análisis mineralógicos de las muestras representativas de los diferentes tipos de sedimento y hábitats.

En la figura siguiente, se muestra un ejemplo de varias imágenes tomadas con el microscopio óptico de una de las muestras de la campaña.



Figura 60. Imágenes de microscopio óptico de una de las muestras.

En los anejos de este informe se incorporan unas plantillas de análisis mineralógicos con los resultados obtenidos.

7.3. CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA.

El resultado de los análisis granulométricos de cada una de las muestras, de forma general, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. Resultados del análisis granulométrico. las nomenclaturas corresponden a: GR: gravas; Gr: gravilla; AMG: arena muy gruesa; AG: arena gruesa; AM: arena medi; AF: arena fina.

MUESTRAS	CLASE	% GRAVAS	% ARENAS	% FANGO	GRUPO TEXTURAL	TIPO DE MUESTRA	D50	% CO3Ca
ALB-1	Coralígeno	—	—	—	—	—	—	100
ALB-2	Coralígeno	—	—	—	—	—	—	100
ALB-3	AG	11.2	88	0.8	Arena Gravosa	Bimodal	0.599	95.48
ALB-3BIS	AM	13.3	86.6	0.1	Arena Gravosa	Trimodal	0.357	85.26
ALB-4	AMG	32	67.7	0.3	Grava Arenosa	Bimodal	1.48	97.23
ALB-5	Coralígeno	—	—	—	—	—	—	100
ALB-6	AG	11.2	86.4	2.5	Arena Gravosa	Bimodal	0.582	75.54
ALB-7	GR	95.2	4.7	0.1	Grava	Unimodal	38.48	98.63
ALB-8	AMG	23.2	74.4	2.4	Arena Gravosa	Bimodal	1.164	95.63
ALB-9	AG	13.6	83.3	3.1	Arena Gravosa	Bimodal	0.644	91.25
ALB-10	AMG	21.6	78.3	0.1	Arena Gravosa	Unimodal	1.288	91.34

MUESTRAS	CLASE	% GRAVAS	% ARENAS	% FANGO	GRUPO TEXTURAL	TIPO DE MUESTRA	D50	% CO3Ca
ALB-11	AG	10.7	86.9	2.4	Arena Gravosa	Trimodal	0.631	96.32
ALB-12	GR	95.5	4.3	0.1	Grava	Bimodal	19.28	99.12
ALB-13	Laminaria	—	—	—	—	—	—	—
ALB-14	AG	14.9	85	0.1	Arena Gravosa	Unimodal	0.886	91.25
ALB-15	AG	10.8	87	2.3	Arena Gravosa	Bimodal	0.594	88.26
ALB-16	AG	26.6	71.9	1.5	Arena Gravosa	Bimodal	0.783	90.36
ALB-17	AMG	31.9	66.4	1.7	Grava Arenosa	Unimodal	1.51	94.06
ALB-18	AG	11.1	88.7	0.1	Arena Gravosa	Unimodal	0.709	100
ALB-19	Coralígeno	—	—	—	—	—	—	100
ALB-20	AG	22.3	75.2	2.5	Arena Gravosa	Unimodal	0.847	92.68
ALB-21	Coralígeno	—	—	—	—	—	—	100
ALB-22	AG	17.4	80.1	2.5	Arena Gravosa	Bimodal	0.834	96.32
ALB-23	AG	13	85.7	1.3	Arena Gravosa	Bimodal	0.689	91.03
ALB-24	Coralígeno	—	—	—	—	—	—	100
ALB-25	GR	50.4	47.5	2.2	Grava Arenosa	Unimodal	2.013	88.08
ALB-26	AG	16.3	80.4	3.3	Arena Gravosa	Unimodal	0.905	85.21
ALB-27	Coralígeno	—	—	—	—	—	—	100
ALB-28	AMG	35.1	62.5	2.4	Grava Arenosa	Trimodal	1.095	99.11
ALB-29	AG	16.6	80.8	2.6	Arena Gravosa	Unimodal	0.828	92.16
ALB-30	AM	7.6	90.6	1.8	Arena Gravosa	Bimodal	0.431	79.68
ALB-31	GR	99.5	0.5	0	Grava	Unimodal	44.4	85.67
ALB-32	AG	13.7	85.2	1.1	Arena Gravosa	Unimodal	0.824	88.22
ALB-33	Coralígeno	—	—	—	—	—	—	100
ALB-34	AG	6.6	91	2.4	Arena Gravosa	Unimodal	0.646	91.26
ALB-35	AG	10.4	87.6	2	Arena Gravosa	Unimodal	0.7	94.92
ALB-36	Coralígeno	—	—	—	—	—	—	100
ALB-37	AM	5.7	92.3	2	Arena Gravosa	Bimodal	0.424	72.54
ALB-38	AMG	48.4	49.9	1.8	Grava Arenosa	Unimodal	1.96	89.42
ALB-39	AG	18.9	78.9	2.2	Arena Gravosa	Polimodal	0.844	87.53
ALB-40	GR	94.7	5.3	0.1	Grava	Unimodal	29.55	90.69
ALB-41	GR	80.7	19.1	0.2	Grava	Polimodal	18.34	92.08
ALB-42	AM	2.9	95	2.1	Arena Ligeramente Gravosa	Unimodal	0.394	86.13
ALB-43	Costra	—	—	—	—	—	—	—
ALB-44	GR	59.1	40.6	0.2	Grava Arenosa	Trimodal	3.075	89.74
ALB-45	AG	8.7	88.8	2.5	Arena Gravosa	Bimodal	0.626	83.29
ALB-46	AG	32.7	67	0.4	Grava Arenosa	Trimodal	0.976	88.17
ALB-47	GR	72.2	27.3	0.5	Grava Arenosa	Trimodal	6.759	93.55
ALB-48	Laminaria	—	—	—	—	—	—	—
ALB-49	AMG	24.2	72.8	3	Arena Gravosa	Bimodal	1.149	96.85
ALB-50	GR	82.6	17.3	0.1	Grava	Bimodal	7.056	98.87

MUESTRAS	CLASE	% GRAVAS	% ARENAS	% FANGO	GRUPO TEXTURAL	TIPO DE MUESTRA	D50	% CO3Ca
ALB-51	GR	96.7	3.1	0.1	Grava	Unimodal	40.17	99.12
ALB-52	AM	3.8	95.5	0.7	Arena Ligeramente Gravosa	Bimodal	0.386	83.62
ALB-53	AM	9.6	89	0.7	Arena Gravosa	Bimodal	1.973	87.69
ALB-54	GR	81	18.9	0.1	Grava	Unimodal	4.629	97.34
ALB-55	GR	96.5	3.4	0.1	Grava	Unimodal	23.41	99.69
ALB-56	AG	2.4	97.3	0.3	Arena Ligeramente Gravosa	Unimodal	0.511	87.83
ALB-57	Coralígeno	—	—	—	—	—	—	100
ALB-58	Coralígeno	—	—	—	—	—	—	100
ALB-59	GR	71.5	28.2	0.3	Grava Arenosa	Bimodal	49.07	97.38
ALB-60	AG	7.9	91.9	0.2	Arena Gravosa	Bimodal	0.784	77.04
ALB-61	GR	82.8	17	0.1	Grava	Bimodal	11.505	88.48
ALB-62	GR	81.7	18.3	0.1	Grava	Trimodal	17.69	83.59
ALB-63	Coralígeno	—	—	—	—	—	—	100
ALB-64	AM	3.4	93.6	3	Arena Ligeramente Gravosa	Bimodal	0.334	83.06
ALB-65	AMG	7.5	92.5	0	Arena Gravosa	Unimodal	1.011	98.12
ALB-66	AM	1.6	97.1	1.4	Arena Ligeramente Gravosa	Unimodal	0.411	77.79
ALB-67	Coralígeno	—	—	—	—	—	—	100
ALB-68	AMG	12.2	85.9	2	Arena Gravosa	Bimodal	1.082	84.07
ALB-69	AMG	22.1	77.8	0.1	Arena Gravosa	Bimodal	1.161	88.58
ALB-70	Coralígeno	—	—	—	—	—	—	100
ALB-71	AG	15.9	84	0.1	Arena Gravosa	Unimodal	0.388	53.69
ALB-72	GR	69.1	30.8	0	Grava Arenosa	Bimodal	3,575	88.41
ALB-73	GR	98.6	1.4	0	Grava	Unimodal	20.09	91.25
ALB-74	AMG	37	61.6	1.4	Grava Arenosa	Bimodal	1,604	79.68
ALB-75	AM	2.4	94.8	2.7	Arena Ligeramente Gravosa	Trimodal	0.321	71.25
ALB-76	AG	3.5	94.9	1.7	Arena Ligeramente Gravosa	Unimodal	0.571	84.72
ALB-77	GR	56.8	43.2	0	Grava Arenosa	Unimodal	2,286	89.82
ALB-78	GR	67.5	30.1	2.4	Grava Arenosa	Unimodal	33.12	81.56
ALB-79	Coralígeno							100
ALB-80	AG	14	84.1	1.9	Arena Gravosa	Trimodal	0.508	95.64
ALB-81	AM	6	92.2	1.8	Arena Gravosa	Bimodal	0.43	77.73
ALB-82	Coralígeno							100
ALB-83	AMG	35.7	64.2	0	Grava Arenosa	Trimodal	1,149	89.69
ALB-84	GR	69.9	29.8	0.3	Grava Arenosa	Bimodal	33.91	100
ALB-85	AG	9.8	89.5	0.7	Arena Gravosa	Trimodal	0.515	92.46
ALB-86	AG	6.5	90.8	2.7	Arena Gravosa	Trimodal	0.636	96.38
ALB-87	Coralígeno							100
ALB-87BIS	GR	88.1	11.8	0.1	Grava	Bimodal	16.14	100
ALB-88	GR	61.5	38.5	0.1	Grava Arenosa	Trimodal	3,163	99.42
ALB-89	GR	86.2	13.8	0.1	Grava	Bimodal	20.73	95.68
ALB-90	AM	14.6	83.7	1.7	Arena Gravosa	Trimodal	0.477	80.66

MUESTRAS	CLASE	% GRAVAS	% ARENAS	% FANGO	GRUPO TEXTURAL	TIPO DE MUESTRA	D50	% CO3Ca
ALB-91	AMG	46.2	51.7	2	Grava Arenosa	Unimodal	1,903	87.68
ALB-92	GR	52.6	44.1	3.4	Grava Arenosa	Polimodal	2,535	96.43
ALB-93	AM	2.1	94.5	3.4	Arena Ligeramente Gravosa	Bimodal	0.324	82.21
ALB-94	AG	6.7	92.9	0.4	Arena Gravosa	Bimodal	0.981	84.74
ALB-95	Coralígeno							100
ALB-96	GR	99.5	0.5	0	Grava	Unimodal	20.39	90.26
ALB-97	Coralígeno							100
ALB-98	AF	1.9	94.9	3.2	Arena Ligeramente Gravosa	Unimodal	0.25	64.48
ALB-99	Coralígeno							100
ALB-100	AG	8.8	90.9	0.3	Arena Gravosa	Bimodal	0.671	84.73
ALB-101	Coralígeno							100
ALB-102	Coralígeno							100
ALB-103	GR	60.8	38.5	0.6	Grava Arenosa	Polimodal	17.92	82.89
ALB-104	AG	8.9	89	2.1	Arena Gravosa	Bimodal	0.743	79.64
ALB-105	AG	2	94.4	3.6	Arena Ligeramente Gravosa	Unimodal	0.53	80.26

Los datos resultantes de los análisis fueron integrados en una base de datos para su posterior interpretación general.

La clase media de las muestras analizadas se clasifica como gravas (6,51). La composición media de las muestras está formada por un 35,07% de gravas, 63,67% de arenas y 1,25% de fango.

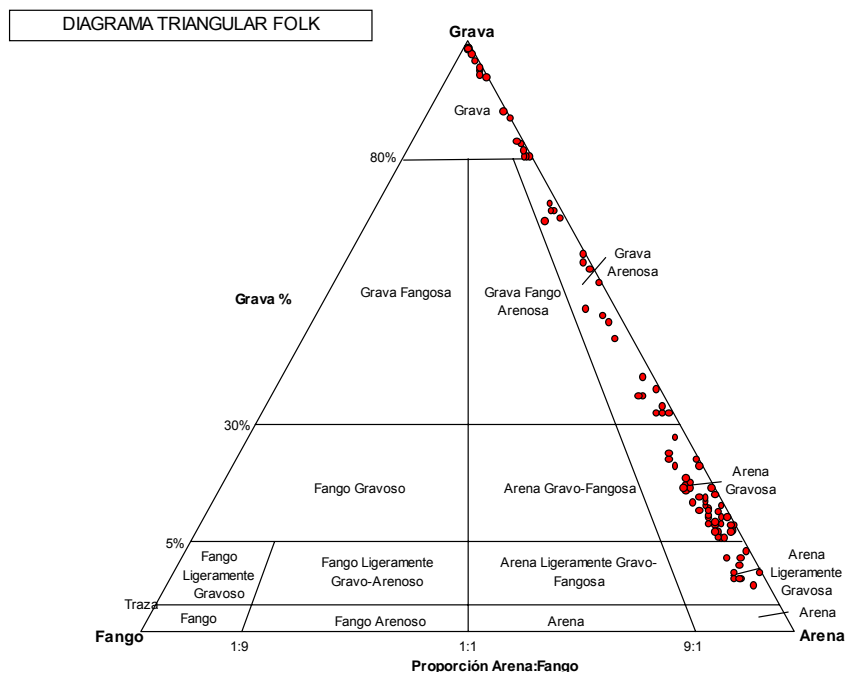


Figura 61. Diagrama de Folk representando el contenido en grava, arena y fango de todas las muestras.

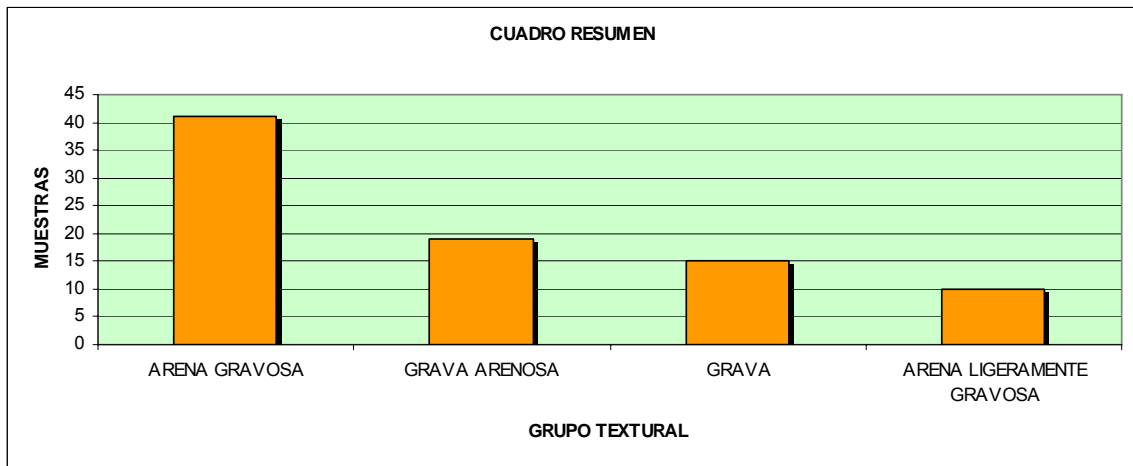


Figura 62. Cuadro resumen de los diferentes grupos texturales de las muestras.

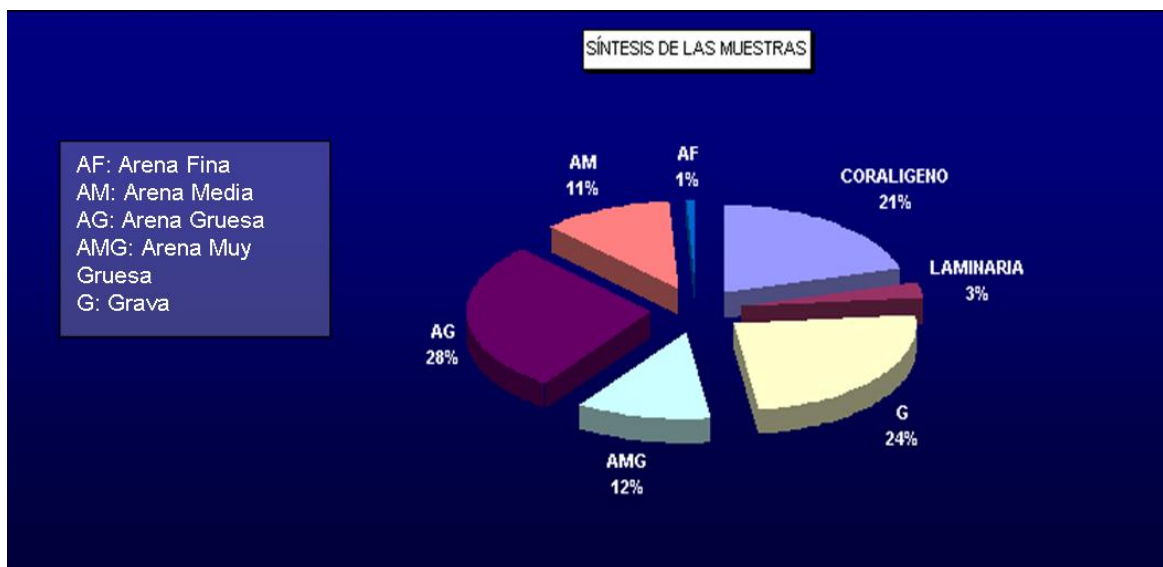


Figura 63. Síntesis de la distribución sedimentológica de las muestras.

Con los datos obtenidos de las muestras se ha realizado un mapa de distribución general de los tipos sedimentarios de toda la zona de estudio según la escala de Wentworth.

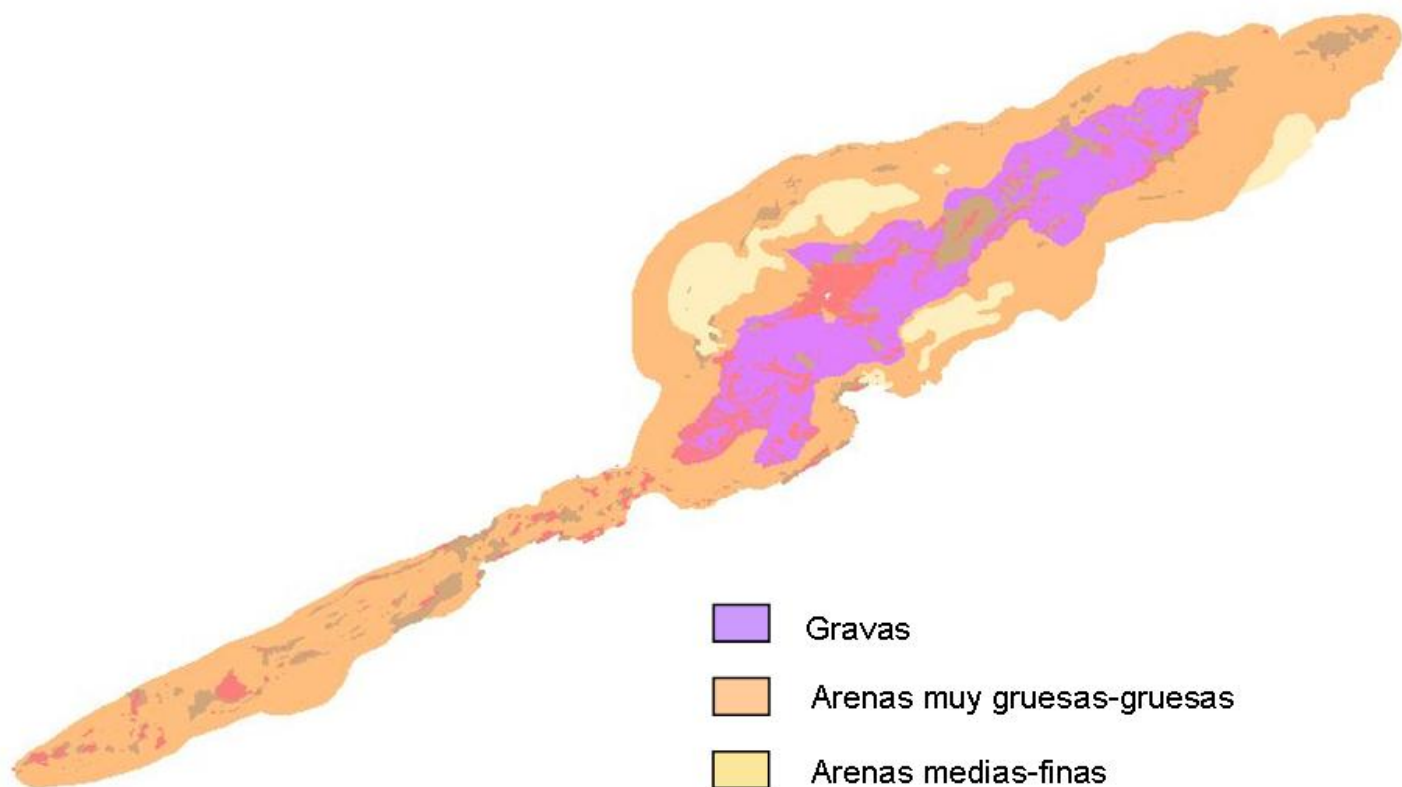


Figura 64. Distribución de tipos sedimentarios según la escala de Wentworth de la zona de estudio.

8. INSPECCIÓN MEDIANTE VÍDEO REMOLCADO.

Este apartado se debe considerar como un apoyo visual a la caracterización morfológica en el área LIC de Alborán.

La zona de actuación es la misma descrita en la introducción en el ámbito del estudio.

Para la realización de la filmación se ha utilizado el mismo barco que para el sonar de barrido lateral y el muestreo.

Las trayectorias de filmación han sido registradas por Hypack proporcionando todos los puntos de control necesarios.

El video va situado en el interior de una caja estanca en superficie y la cámara colocada en la estructura que facilita la inmersión y la navegación.

Los transectos serán recorridos a una velocidad constante y se anotan los puntos de arranque y final de cada transecto. El sistema dispone en todo momento de un display de visualización a bordo.



Figura 65. Cámara de vídeo utilizada para la inspección subacuática.

Para la confirmación de los fondos se ha utilizado la cartografía del levantamiento previo del Sonar de Barrido Lateral del fondo marino, aparte del plano batimétrico facilitado por el Ministerio. En total se han definido 5 zonas que abarcan toda la

zona propuesta, entre profundidades con una mínima de 27 metros y una máxima de 80 metros.

La técnica de filmación permite bajar la cámara en un punto de control dejando derivar la embarcación el tiempo que se estima necesario. De esta forma se puede confirmar los fondos descritos en el sonar.

A continuación se muestra una imagen con la posición de los videos realizados.

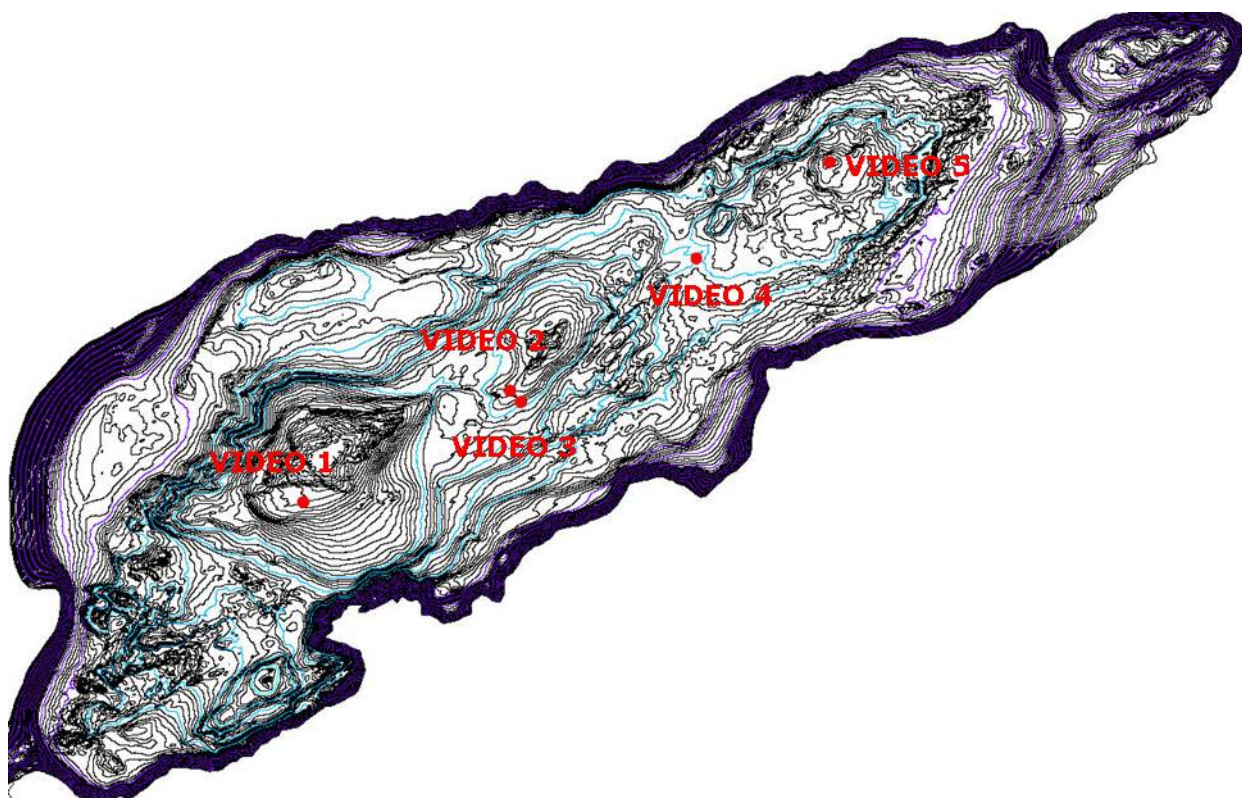


Figura 66. Localización de las inspecciones subacuáticas.

Teniendo todas las trayectorias con los puntos de control, se puede elegir cualquier punto georreferenciado para comparar la cartografía morfológica realizada.

En una revisión exhaustiva de los mismos se ha comprobado fondos de varias litologías, desde fondos arenosos, campos de *rodolitos*, *laminarias* aisladas en fondos arenosos, *encostramientos*,... los cuales han sido cartografiados y georeferenciados sobre la morfología obtenida con el sonar de barrido lateral, contrastando así las diferentes reflectividades con imágenes reales.

Nombre del video	Inicio X	Inicio Y	Final X	Final Y	Prof. (m).
Video 1	496304	3976221	496389	3976183	27
Video 2	501136	3978806	501219	3978790	53
Video 3	501383	3978556	501465	3978529	58
Video 4	505489	3981856	505574	3981906	80
Video 5	508514	3984058	508813	3984192	60

Tabla 4. Coordenadas de las filmaciones de vídeo.

Las siguientes imágenes muestran algunos de los ejemplos de los diferentes fondos obtenidos mediante la realización de los videos

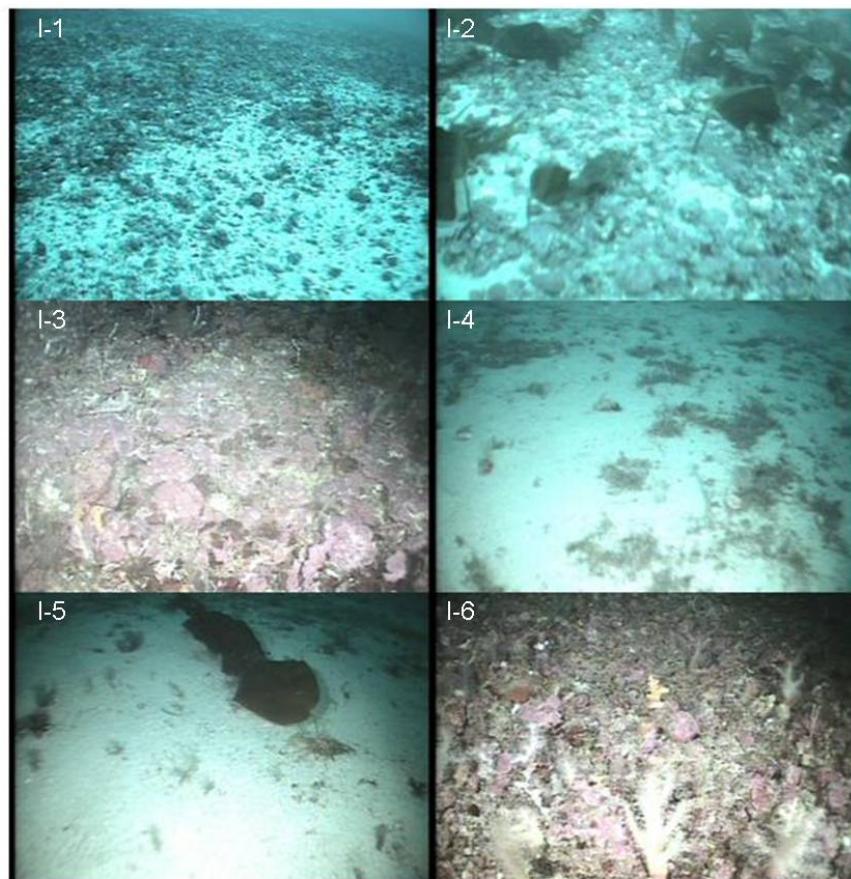


Figura 67. Imágenes de la cámara submarina. (I-1: fondos de arena y rodolitos; I-2: fondos de rodolitos y arena junto con laminaria; I-3: fondos con encostramientos; I-4: fondos arenosos con algún rodolito; I-5: fondos arenosos con laminarias aisladas; I-6: fondos de rodolitos).

9. GEOMORFOLOGÍA DEL SUSTRATO.

Una vez revisados los registros obtenidos por el sonar de barrido lateral, se procedió al análisis de la zona de estudio y a la realización de un mosaico digital en formato fotográfico del fondo marino a lo largo de la zona de estudio.

La construcción de los planos mosaico se realizó a partir de los datos digitales obtenidos en campo, el análisis sedimentológico de las muestras obtenidas y de las imágenes de las grabaciones de vídeo.

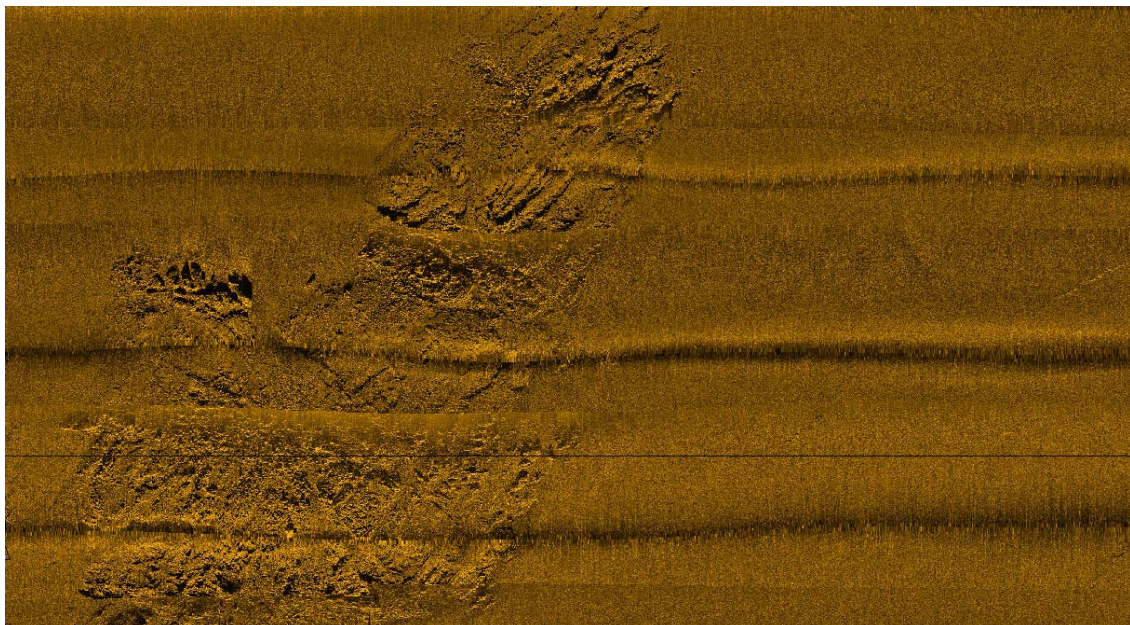


Figura 68. Fragmento del mosaico digital de Piedra Escuela.

La sedimentología del fondo marino es muy variable, estando caracterizada por arenas desde finas a muy gruesas, acumulaciones de bolos y gravas, gravas bioclásticas, así como por sustrato rocoso y encostramientos.

El *sedimento* más abundante en la zona de estudio está representado por arena en toda su faceta granulométrica, especialmente la arena gruesa a muy gruesa y en un segundo plano las gravas bioclásticas, constituidas en su mayor parte por **rodolitos**.

En cuanto a los *afloramientos rocosos* aparecen en toda la zona investigada en una proporción variable, desarrollándose con una mayor importancia en las plataformas

y en los bordes del talud, encontrando desde pequeños afloramientos hasta grandes extensiones de rocas masivas.

A continuación se muestra una imagen del plano morfológico general, el cual se puede consultar con mayor detalle en los anejos del presente informe

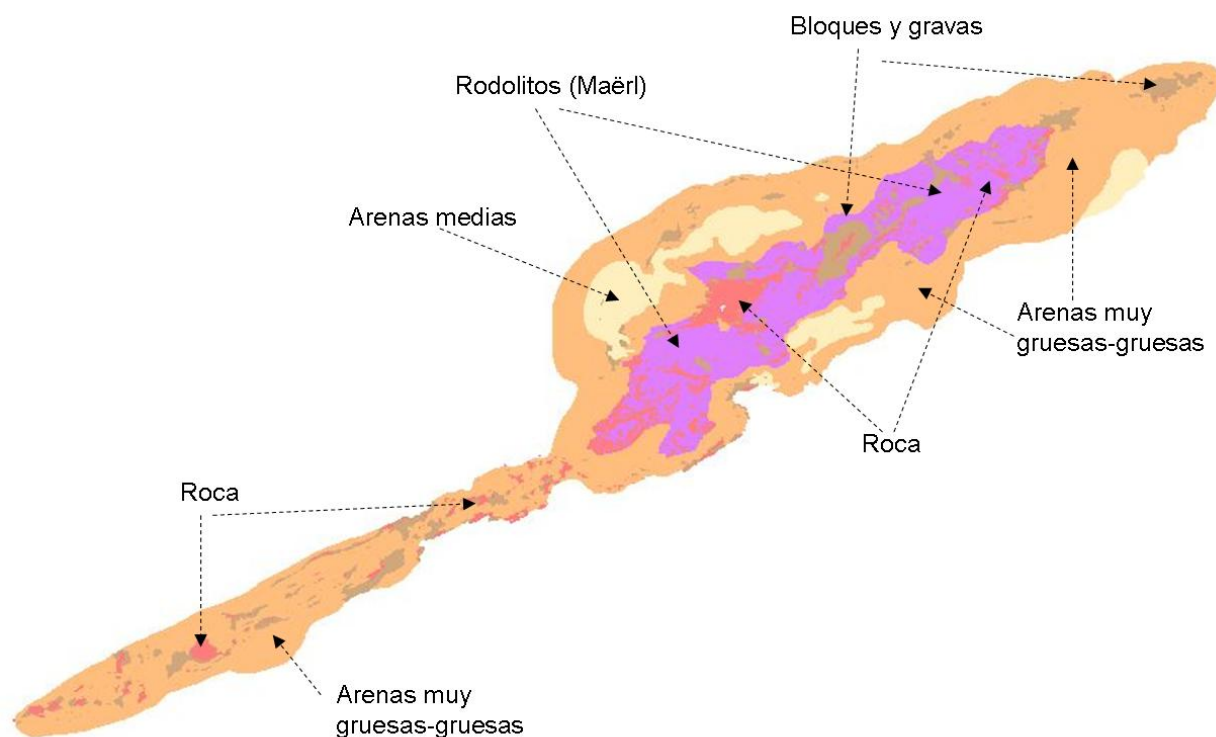


Figura 69. Plano morfológico general.

A continuación, se procede a la descripción detallada de la variedad de materiales que se han detectado en el análisis de los sonogramas.

9.1. SUSTRATO ROCOSO.

El sustrato rocoso aparece distribuido prácticamente por toda la zona de estudio, desde afloramientos de gran envergadura a pequeños afloramientos rocosos de escasa entidad. Principalmente están formados por los materiales volcánicos y sedimentarios, los cuales se diferencian por generar registros de alta reflectividad, con abundantes "sombras acústicas" debidas al relieve marcado de los afloramientos.

Se han diferenciado hasta tres tipologías de afloramientos rocosos según sus características morfológicas detectadas en los registros del sonar de barrido lateral.

En primer lugar se han diferenciados afloramientos de *rocas masivas* de gran envergadura, con superficies rugosas y escalones topográficos.

Como grandes representantes de estos tipos de afloramientos hay que destacar el afloramiento rocoso de la isla de Alborán, afloramiento rocoso de Piedra Escuela y de un carácter más subliminal, el afloramiento que se encuentra aproximadamente en el centro de la plataforma externa de la parte suroccidental.

El afloramiento de la Isla de Alborán tiene una forma trapezoidal con unas dimensiones de 2500 m. en X y 2000 m. en Y.

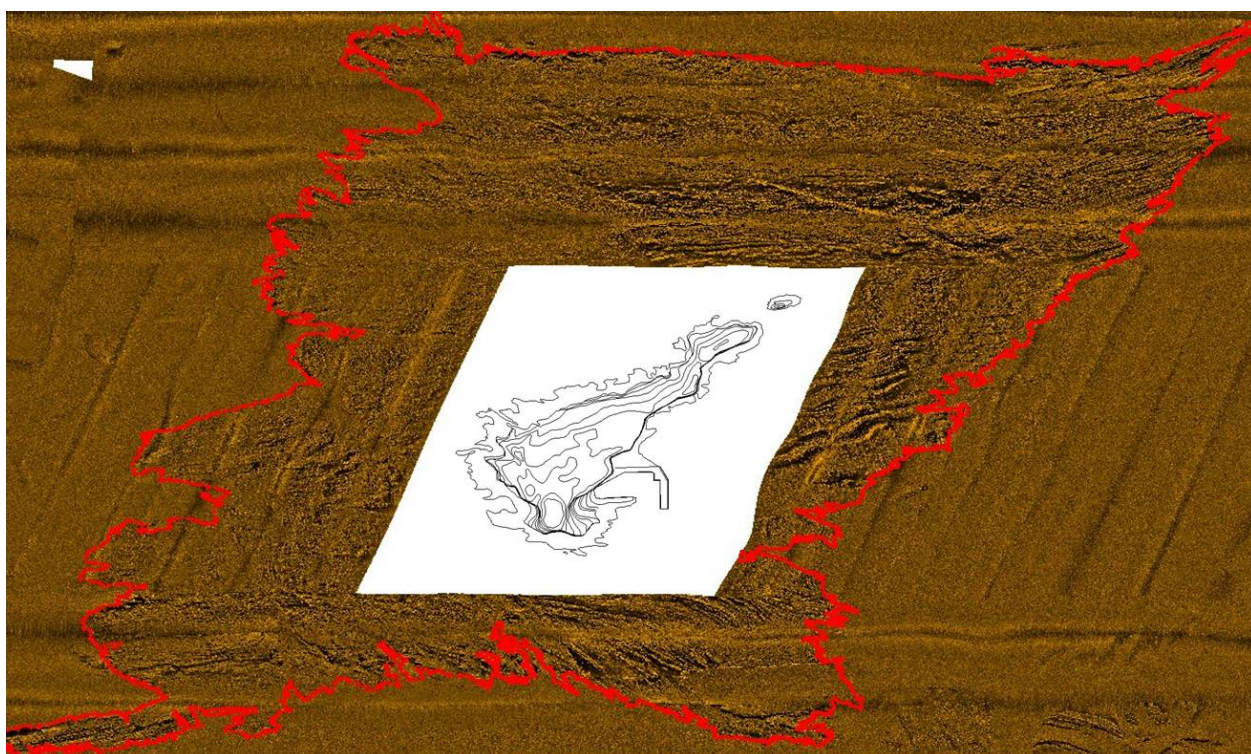


Figura 70. Afloramiento rocoso en las inmediaciones de la Isla de Alborán.

Como puede verse en la imagen anterior se observa muy bien las sombras acústicas debidas a la altura de los afloramientos rocosos, observándose así las orientaciones de las rocas y sus fracturas. Este afloramiento rocoso está constituido, en su mayoría, por rocas volcánicas originadas por un antiguo cono volcánico desmantelado durante su última erupción.

Otro de los grandes afloramientos rocosos es el de Piedra Escuela, caracterizado por presentar una ligera orientación NO-SE, aunque se ha clasificado como rocas masivas por las características de sus afloramientos, podría también entrar en el grupo de afloramientos con orientación. Al igual que el anterior se pueden observar

sus afloramientos irregulares a partir de numerosas sombras acústicas. Sus dimensiones son de 530 m. en X por 1950 m. en Y en su anchura mayor.

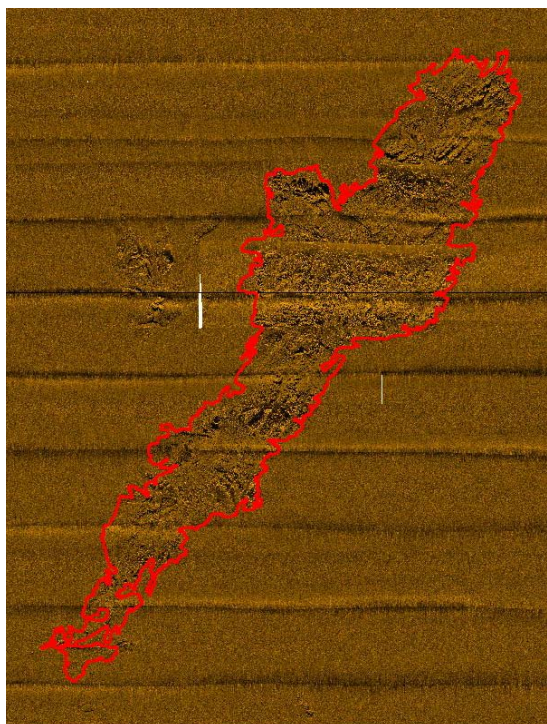


Figura 71. Afloramiento rocoso de Piedra Escuela.

Existen más afloramientos masivos a lo largo de la zona de estudio, siendo los dos anteriores los más destacados.

Con respecto a la zona suroccidental cabe destacar un afloramiento de mayor tamaño situado aproximadamente en el centro de la plataforma externa. Presenta una forma ovoidal con unas dimensiones de 1100 por 1400 m.



Figura 72. Afloramiento rocoso de la zona suroccidental.

Alrededor de estos afloramientos es común la aparición de arenas con componentes terrígenos como puede comprobarse en las muestras cercanas a la Isla de Alborán y Piedra Escuela, generados por el desmantelamiento por erosión de estas grandes masas rocosas.

Se han detectado afloramientos que presentan *una orientación* bien definida y asociadas a líneas estructurales. Los afloramientos suelen ser alargados en la dirección de las alineaciones. Se ha notado una alineación de estos afloramientos en una dirección principal NO-SE, que coincide con la dirección general de fracturación de la zona de estudio, por lo que pueden tener una influencia estructural en su génesis. No hay que olvidar la formación de rocas sedimentarias a favor de relieves ya estructurados previamente, como es el caso de la formación de terrazas sedimentarias en bordes de talud por ejemplo, a diferentes alturas (debidas a movimientos eutásticos) y su posterior litificación.

A parte de la dirección principal de orientación de estos afloramientos existen otras como E-O y OSO-ENE comunes principalmente en la zona nororiental. En la parte Suroccidental el dominio de estas direcciones es claramente NO-SE.

En la zona nororiental lo que más llama la atención son las alineaciones de roca que bordean prácticamente toda la plataforma. Estos afloramientos se instalan en el borde del talud desde la parte de unión de la zona suroccidental con nororiental hasta el Cañón El Castor. Estos afloramientos sufren varias interrupciones en su continuidad a lo largo de toda la plataforma.

Las zonas donde se aprecian más notablemente son en las zonas apicales norte (limitando al sur del cañón El Castor) y sur de la plataforma nororiental, siendo en estas zonas donde adquieren una mayor continuidad estos afloramientos y se aprecia muy bien el giro de la plataforma con afloramientos paralelos a las curvas de nivel bordeando la plataforma.

Es muy común que zonas de afloramientos aislados próximas entre si formen en conjunto grandes afloramientos de rocas con arenas/gravas, y que sean fases terminales de grandes afloramientos masivos, alterados y cubiertos por sedimentos.

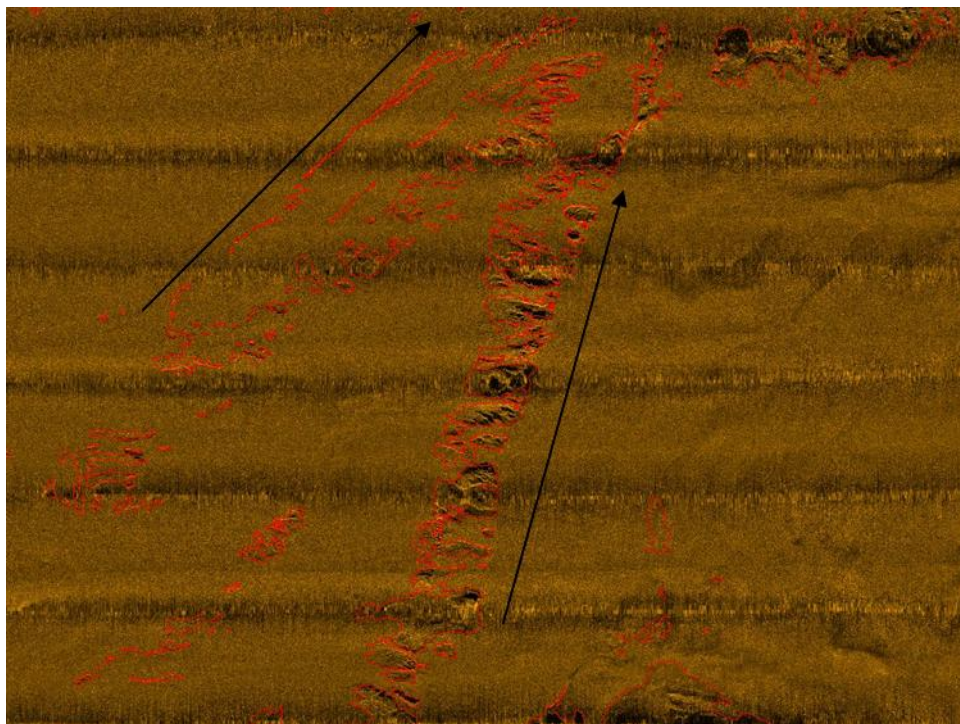


Figura 73. Sonograma de alineaciones de afloramientos rocosos NNE-SSO y NE-SO.

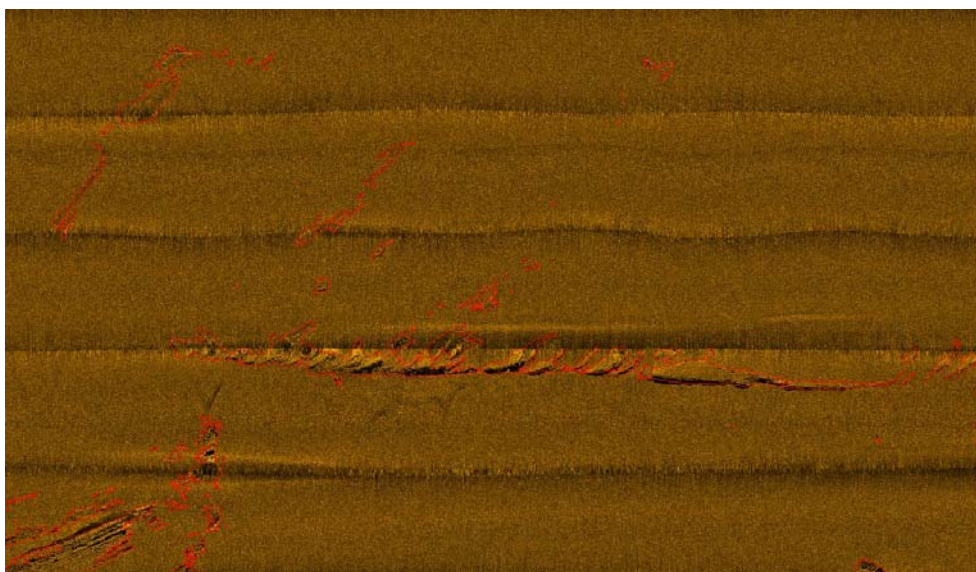


Figura 74. Sonograma de alineaciones de afloramientos rocosos E-W.

Como última tipología encontramos unos afloramientos de *escasa entidad o menores*, normalmente de pequeño tamaño, ligados a las dos tipologías anteriores en sus fases más terminales.

Estos se pueden observar en todo el plano, desde la parte alta de la plataforma como en los taludes, con muy diversas morfologías

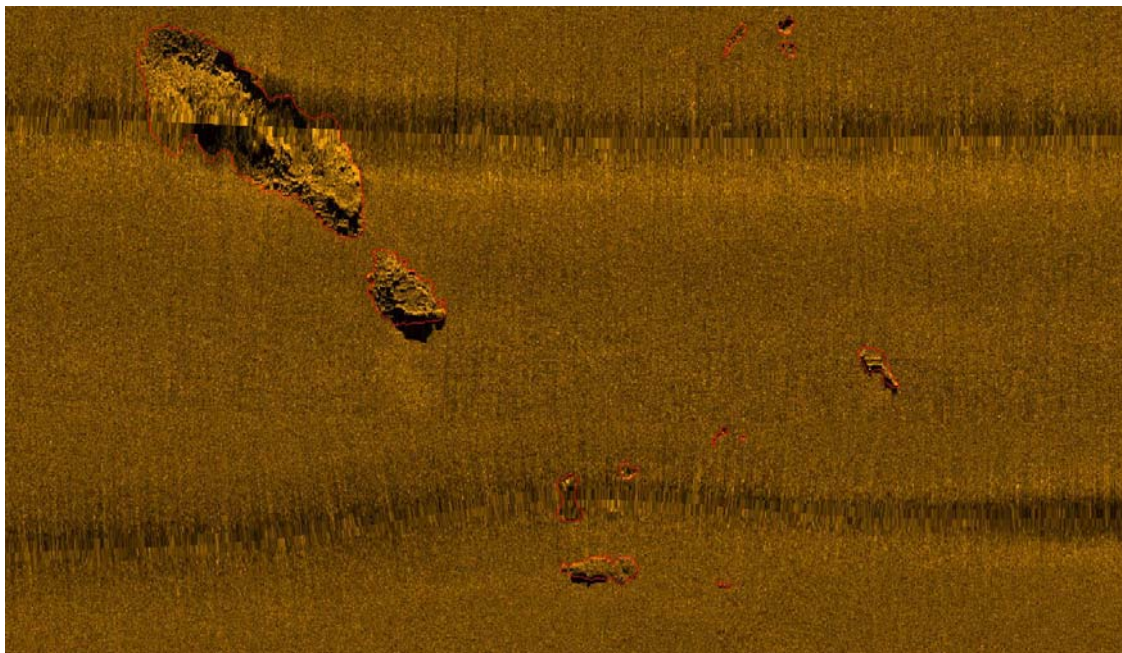


Figura 75. Sonograma de afloramientos rocosos de escasa entidad.

Como característica general los afloramientos rocoso predominan en las zonas de plataformas y bordes de talud.

En las zonas de talud y cañones submarinos son menos comunes estos afloramientos y se aprecia que presenta un estado más alterados y relacionados con procesos de desprendimientos.

9.2. BLOQUES, GRAVAS Y ARENAS.

Estas morfologías sedimentarias están constituidas como su nombre indica por bloques rocosos, gravas y arenas.

Se asocian a afloramientos rocoso, bien rodeándolos como forma de materiales de disgregación del sustrato rocoso, o bien como relictos de afloramientos rocosos erosionados y cubiertos de sedimento (arenas y gravas) con algún pequeño afloramiento rocoso que persiste a ser erosionado/disgregado.

Este conjunto de materiales lo encontramos a lo largo de toda la zona de estudio, principalmente en zonas de plataforma, y casi siempre asociados a afloramientos rocosos.

Las gravas y arenas debido a su génesis pueden contener desde resto bioclásticos a terrígenos en diferentes porcentajes. Los bloques van desde pequeños afloramiento alteración disgregación que presenten.

Los sonogramas característicos son de alta a media/alta reflectividad, muy irregulares con muchas variaciones, debido a que pueden tener más o menos proporción de rocas. Cuanto mayor proporción de rocas y bloques serán de mayor reflectividad y cuanto mayor proporción de gravas y arenas serán de menor reflectividad.

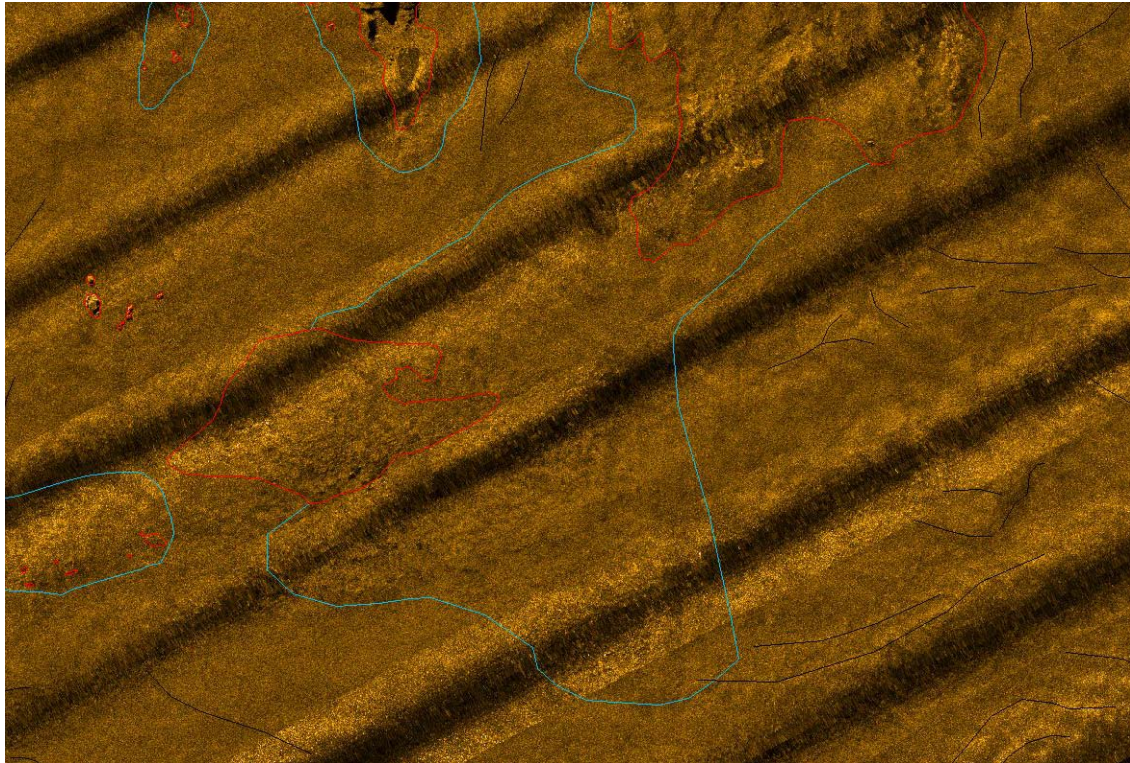


Figura 76. Sonograma mostrando afloramientos de roca rodeados de material constituido por bloques, gravas y arenas.

9.3. GRAVAS.

Este tipo de material está constituido en su totalidad por gravas bioclásticas denominadas *Maërl*.

Estos materiales por su granulometría pertenecen al tamaño grava, aunque se caracterizan por la presencia de rodolitos en gran proporción, considerándose así como gravas bioclásticas

El ambiente de sedimentación es de alta energía, por eso es común encontrarnos este material en zonas relativamente más someras que el resto (aproximadamente hasta los 80 m. de profundidad), y entre afloramientos rocosos.

La formación de los rodolitos implica crecimiento de un alga roja que va envolviendo con sucesivas capas calcáreas cualquier resto clástico, y un movimiento de este rodolito sobre el fondo marino.

Como se ha visto en las muestras obtenidas y en los videos, estos rodolitos pueden alcanzar tamaños centimétricos.

La zona donde aparecen se centra exclusivamente en la parte central de la plataforma de la zona nororiental, como puede verse en los planos morfológicos de los anejos.

Según los datos obtenidos mediante todos los medios utilizados en esta campaña, se observa una acumulación de rodolitos sobre el fondo marino, que a veces alcanza un porcentaje cercano al 100%. Bajo esta capa superficial de rodolitos de espesor variable (dependiendo de principalmente del tiempo de acumulación y las corrientes) aparecen arenas de diferentes tamaños.

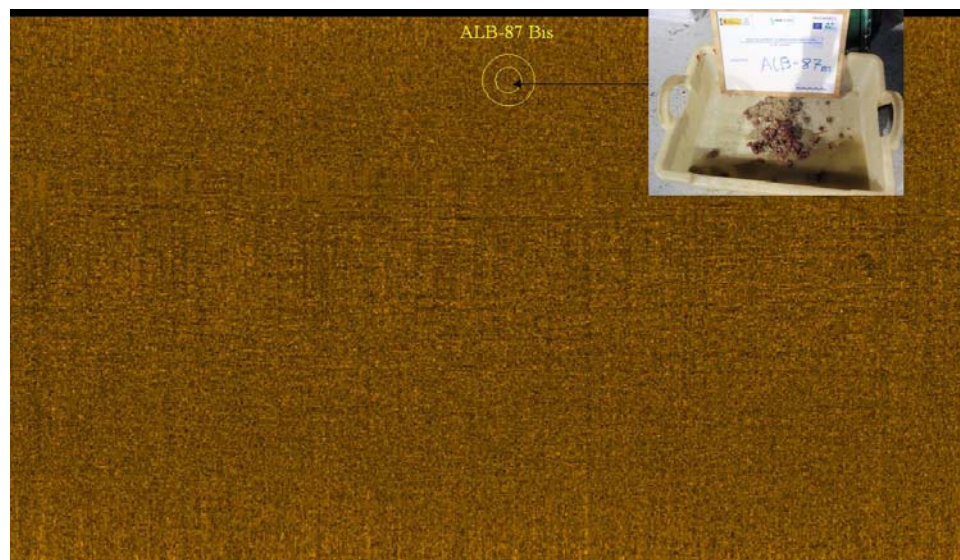


Figura 77. Sonograma de gravas bioclásticas con marcas de arrastre y muestra obtenida en campaña.

La reflectividad de estos materiales es media-alta ya que la granulometría es de tamaño grava por la presencia de los rodolitos.

9.4. ENCOSTRAMIENTOS.

Los encostramientos nos marcan en los sonogramas reflectividades altas. La presencia de estos encostramientos se ha detectado por medio de los diferentes equipos utilizados en la campaña, cuchara shipeck, filmaciones de video y el sonar de barrido lateral.

Estos encostramientos se generan sobre cualquier tipo de sustrato, desde arenas a rocas, tapizándolos y generando superficies de sustrato duro, por medio de la fijación de algas coralígenas.

Este tipo de encostramientos carbonatados están asociados a la zona con presencia de *Maërl*.

9.5. ARENAS MUY GRUESAS A GRUESAS.

Es el material más representado en toda la zona de estudio, encontrándose en todos los diferentes encuadres fisiográficos.

Se ubican desde las zonas más someras hasta las más profundas, es decir, desde la plataforma hasta el talud, incluso en los cañones submarinos.

En la zona nororiental limitan principalmente con las gravas bioclásticas, en la plataforma y taludes, quedando pequeños afloramientos dispersos entre afloramientos rocosos y las gravas bioclásticas.

En la zona suroccidental constituyen todos los afloramientos de tamaño arena.

Están constituidas principalmente por fracción arenosa bioclástica y tamaño grava procedente de rodolitos.

Sobre estos sedimentos se dan la mayoría de las crestas sedimentarias presentes en plano de geomorfología de este informe. Estas crestas son debidas a los movimientos de estas arenas por corrientes submarinas quedando las alineaciones perpendiculares a la dirección del flujo, y también por movimientos de gravedad a favor de la pendiente.

Las debidas a corrientes submarinas tienen una morfología más alargadas y algo sinuosas, denominándose "*sand waves*".

Este último proceso es el más habitual al acercarnos al talud donde las crestas son paralelas a las curvas de nivel y cambios de pendiente, girando a la vez que lo hacen las curvas de nivel, siempre avanzando hacia la dirección de mayor pendiente. Estas crestas sedimentarias tienen una morfología diferente a las crestas producidas por corrientes submarinas, siendo más pequeñas y con formas de media luna, con una alta sinuosidad.

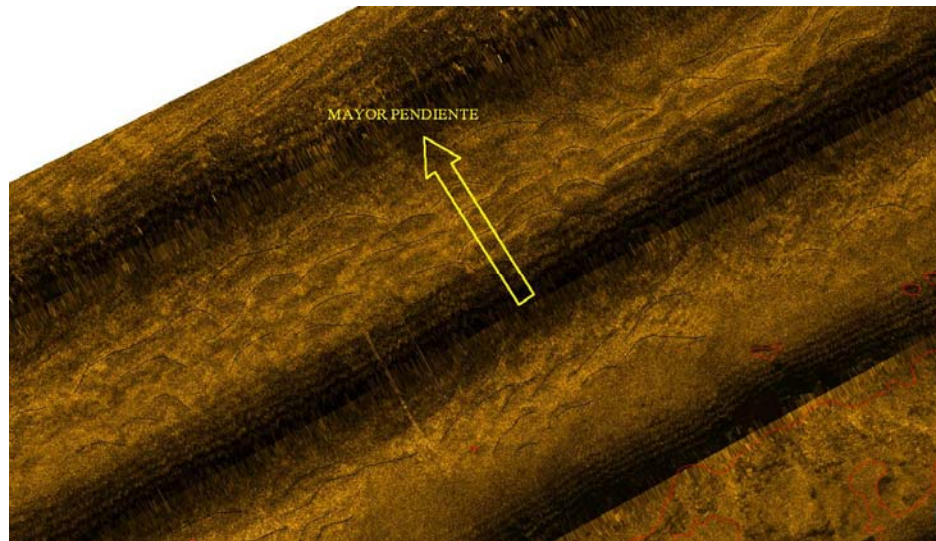


Figura 78. Sonograma de arenas gruesas a muy gruesas. Se ha marcado con una flecha la dirección de máxima pendiente donde avanzan las crestas sedimentarias marcadas con trazo negro.

Los sonogramas de estos materiales van desde reflectividades medias a medias altas, dependiendo de la proporción de gruesos que contengan.

9.6. ARENAS MEDIAS Y FINAS.

Estos materiales solo los encontramos en varios afloramientos en la zona nororiental. Un gran afloramiento al NO de la Isla de Alborán en una zona de relajación de la pendiente, otro al SE de la Isla, otro pequeño al NE del Cañón Al Boraní y otro al sur del Cañón Castor.

Las reflectividades en estos materiales es media a media - alta debido al tamaño de grano que constituyen estos materiales.

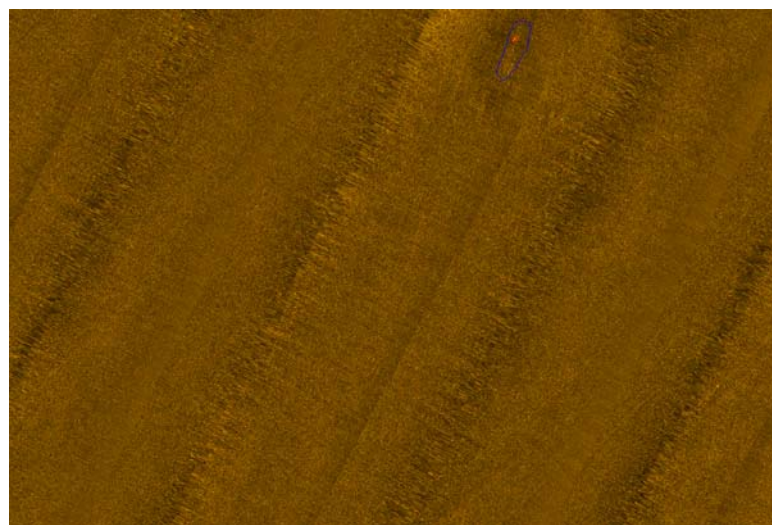


Figura 79. Sonograma de arenas medias.

En estos materiales no se desarrollan estructuras sedimentarias tan marcadas como en las arenas gruesas y muy gruesas debido a que la energía de sedimentación en estas arenas es menor y no se generan crestas sedimentarias tipo "sand waves".

La combinación de las diferentes corrientes en los sedimentos del fondo, crea morfologías en el material, estas formas de corriente, tienen una nomenclatura determinada:

Nombre	Altura	Longitud de onda	Distancia
Ripples	Menos de 100 mm	En función del tamaño de grano y la velocidad.	Pueden ser continuas o formando complejos.
Mega-ripples	Entre 0,4 y 1,5 metros.	Entre 0,6 y 30 metros	De decenas a cientos de metros.
Sandwaves	Entre 1,5 y 25 metros	Entre 30 y 500 metros, aunque alcanzan el kilómetro	De cientos de metros a decenas de Kilómetros.
Sandbanks	Entre 5 y 50 metros	-	-

Tabla 5. Clasificación de estructuras deposicionales.

La clasificación mostrada en la tabla anterior depende de la energía inducida al fondo. En la figura siguiente se muestra un diagrama en el que se representa como afecta a la estabilidad del sedimento la relación existente entre el tamaño de grano y la velocidad de la corriente. (Royal Geographical Society, 2004).

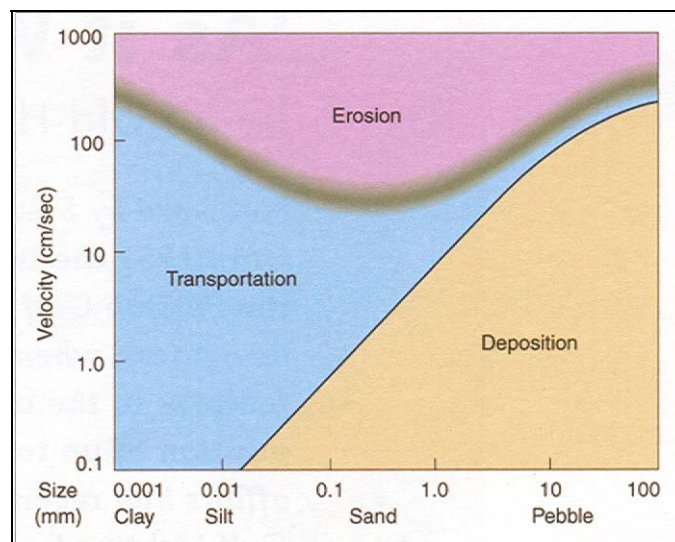


Figura 80. Relación entre tamaño de grano y velocidad de corriente.

9.7. OBJETOS.

Además de las diferentes morfologías anteriormente descritas se han detectado otras mediante los registro del sonar de barrido lateral.

Entre ellos destacamos tres cabos con algún objeto asociado detectados en la parte norte de la zona de estudio.

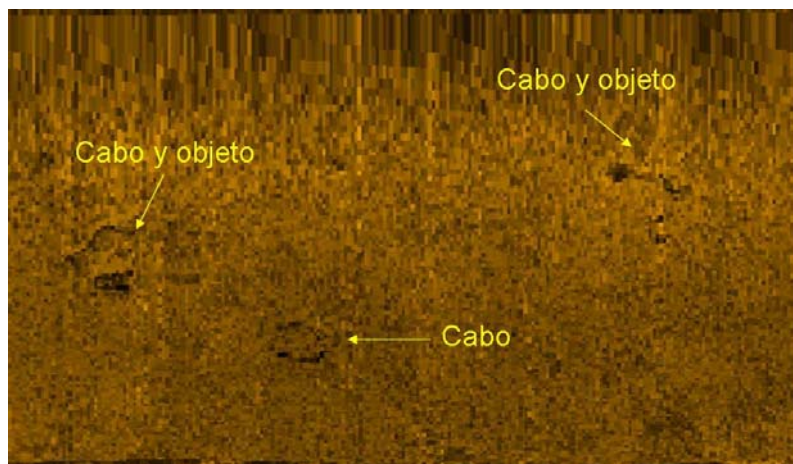


Figura 81. Sonograma de tres cabos y objetos.

Las coordenadas de estos tres cabos son las siguientes nombradas de oeste a este: 516351/3987036; 516381/3987028; 516429/3987048.

En la plataforma externa de la zona suroccidental se ha detectado un objeto de forma cúbica de 0,80 m. de lado con un cabo asociado, con coordenadas 469131/3960638

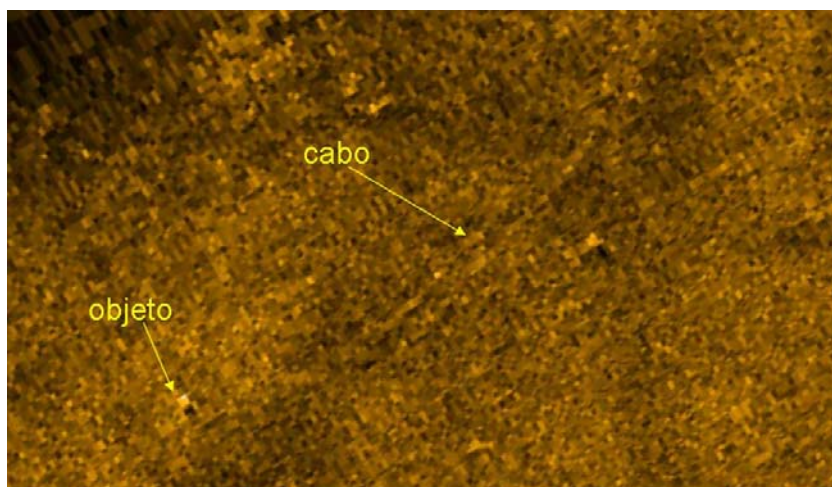


Figura 82. Sonograma de cabo y objeto.

Durante el transcurso del trabajo sufrimos varios enganches con el sonar de barrido lateral, uno de ellos en la parte sur de la plataforma externa. Cercano a este punto se detectó un cabo el cual flotaba en el agua

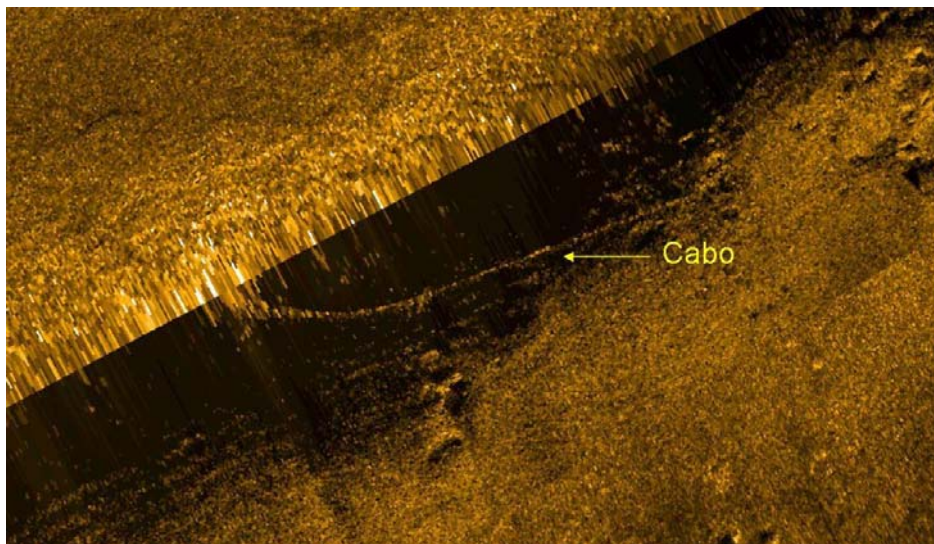


Figura 83. Sonograma de cabo flotando.

Otras de las morfologías detectadas con el sonar de barrido lateral, han sido las numerosas marcas de arrastre que quedan marcadas en el sedimento tras el lance de las artes de pesca de arrastre. Todas ellas se pueden consultar en el plano de geomorfológico de los anejos de este informe.

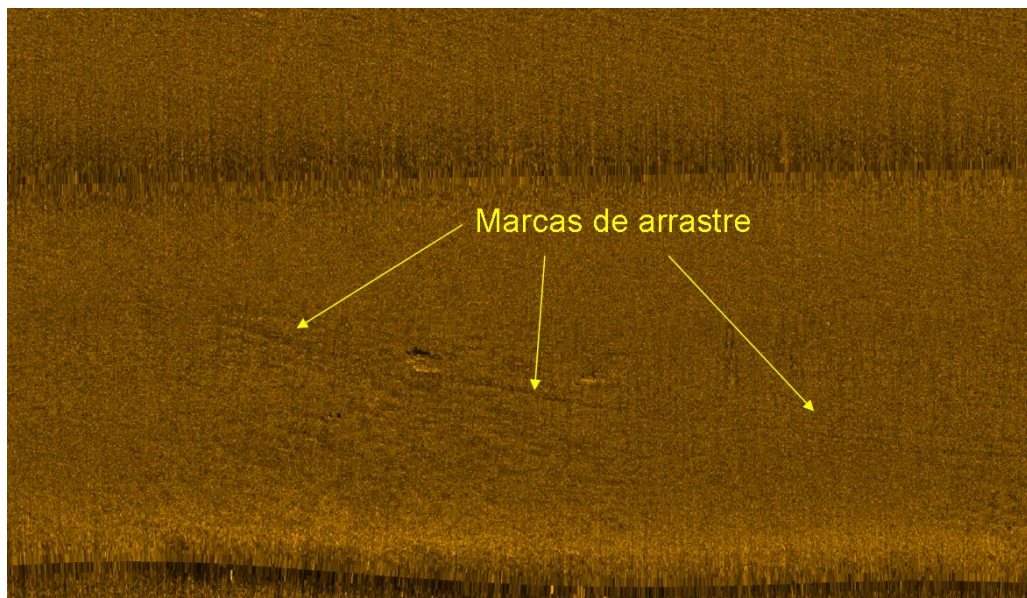


Figura 84. Sonograma de marcas de arrastre a 2 km al sur de la Isla de Alborán.

9.8. LAMINARIA.

En la zona de estudio se han identificado tres áreas con presencia de *Laminarias* (Algas pardas o feófitas).

- Alrededores de la Isla de Alborán.
- Zona de Piedra Escuela.
- Zona borde nororiental.

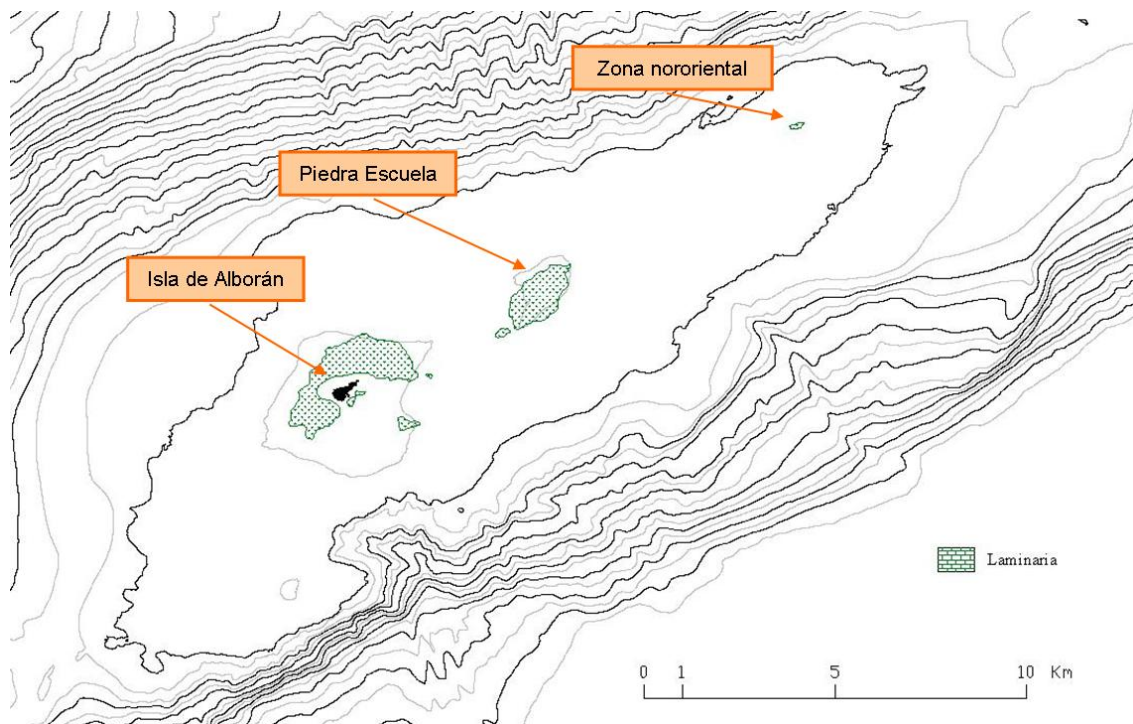


Figura 85. Localización de las zonas con presencia de laminaria.

En la zona de la Isla de Alborán y Piedra Escuela la presencia de *Laminaria* está asociada, principalmente, a los afloramientos rocosos de forma tupida mientras, en la zona nororiental, se presenta de forma dispersa y asociada a encostramientos o a las gravas y/o arenas gruesas bioclásticas. La presencia de estas algas pardas se puede ver en las filmaciones de vídeo realizadas.

10. ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES GEOHÁBITATS.

El área de la plataforma del Mar de Alborán es un área de alta productividad primaria y de una biodiversidad importante para la pesca de fondo. Estos hábitats son de gran valor por su biodiversidad intrínseca y como lugares de reproducción de peces de importancia comercial. Sin embargo las tasas de crecimiento lento, la facilidad de alteración, y se extiende por toda la vida que estas comunidades extremadamente susceptibles a la destrucción de las perturbaciones antropogénicas, como la pesca de arrastre, que han demostrado su impacto en las comunidades bentónicas mediante la alteración de la estructura y la eliminación de la fauna bentónica.

Para delimitar los diferentes geohábitats existentes en la plataforma y cabecera del talud, y sobre todo, las zonas de sustrato duro, se utilizó como herramienta el sonar de barrido lateral el cual es una herramienta útil para aumentar la eficiencia y el éxito de posteriores exploraciones ROV para documentar fotográficamente la presencia y el estado de las diferentes comunidades.

Se ha realizado un mosaico digital con una resolución de píxel de 0.2 metros de toda la plataforma continental hasta la isobata -200 metros. Por medio de las imágenes del sonar de barrido lateral, los vídeos y las muestras sedimentarias se ha intentado describir los diferentes geohábitats desde el punto de vista geológico.

Para la descripción de los diferentes geohábitats en rasgos generales, se ha utilizado la clasificación de Greene et al. 1999.

El análisis de pendientes se determinó mediante la determinación de el valor de la pendiente máxima entre una celda individual de una gris cuadrada con sus contiguos. El análisis de la pendiente se completó en el software Fledermaus y Hypack creando un conjunto de datos raster nuevos, que incluye el valor de la pendiente para cada celda en el DEM. La pendiente podría ser un buen predictor de la abundancia de peces de roca debido a las zonas pendientes con valores altos se asocian a menudo con alto relieve.

Para el presente estudio se ha dividido el área de investigación en función de los distintos dominios morfológicos descritos anteriormente aunque en este apartado se denominarán áreas.

Pendiente	Categoría
0 - 1°	Plano
1 - 30°	Con pendiente
30 - 60°	Con fuerte pendiente
60 - 90°	Vertical
> 90°	Saliente

Tabla 6. Clasificación de la pendiente del fondo marino en base a la clasificación de hábitats marinos bentónicos de aguas profundidad (Greene et al., 1999).

10.1. ÁREA NORORIENTAL.

Esta zona se extiende a lo largo de toda la plataforma nororiental y talud, hasta la cota batimétrica - 200 metros.

10.1.1. ANÁLISIS DE PENDIENTES.

Los resultados del análisis de la pendiente muestra que la practica totalidad de la plataforma nororiental corresponde a la categoría "Con Pendiente" (68,7%) cuando el grado de la pendiente oscila entre el 1 ° a 30 °. Las áreas con una pendiente de menos de 1 ° constituyen el 31,2% de la zona, mientras que las clases "con fuerte pendiente" sólo conforman una parte muy pequeña de la zona (0,1%). No se encontraron valores de las pendientes que competen a la "Vertical" de categoría.

Clase Pendiente	Area (m ²)	Area (km ²)	%
0 - 1°	69500305	69.500305	31.27
1° - 30°	152622363	152.622363	68.67
30° - 60°	120220	0.12022	0.05
60° - 90°	0	0	
> 90°	0	0	

Tabla 7. Tabla resumen del análisis de pendientes.

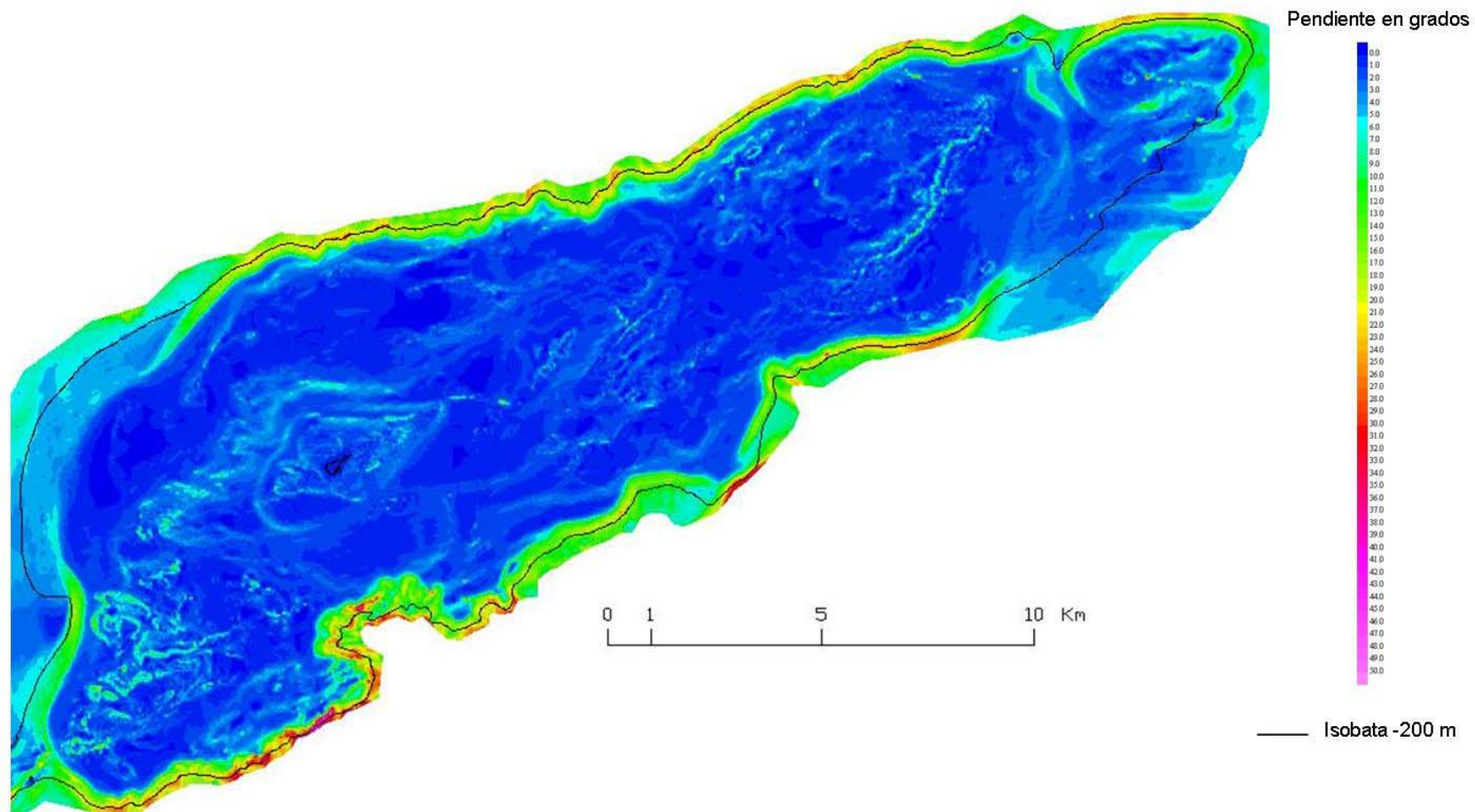


Figura 86. Plano de análisis de pendientes de la zona nororiental.

10.1.2. ANÁLISIS DEL SUSTRATO.

Para el análisis de los diferentes geohábitats existentes en la zona de estudio, se ha tomado como base los límites establecidos por los sonogramas del sonar de barrido lateral.

El resultado, tomando como base los sonogramas digitales del SBL y el análisis de las muestras sedimentológicas tomadas, produce una serie de zonas a las cuales se las atribuye un tipo de hábitat característico tal como: megahábitat tipo, tipo de sustrato, unidad geológica, etc.

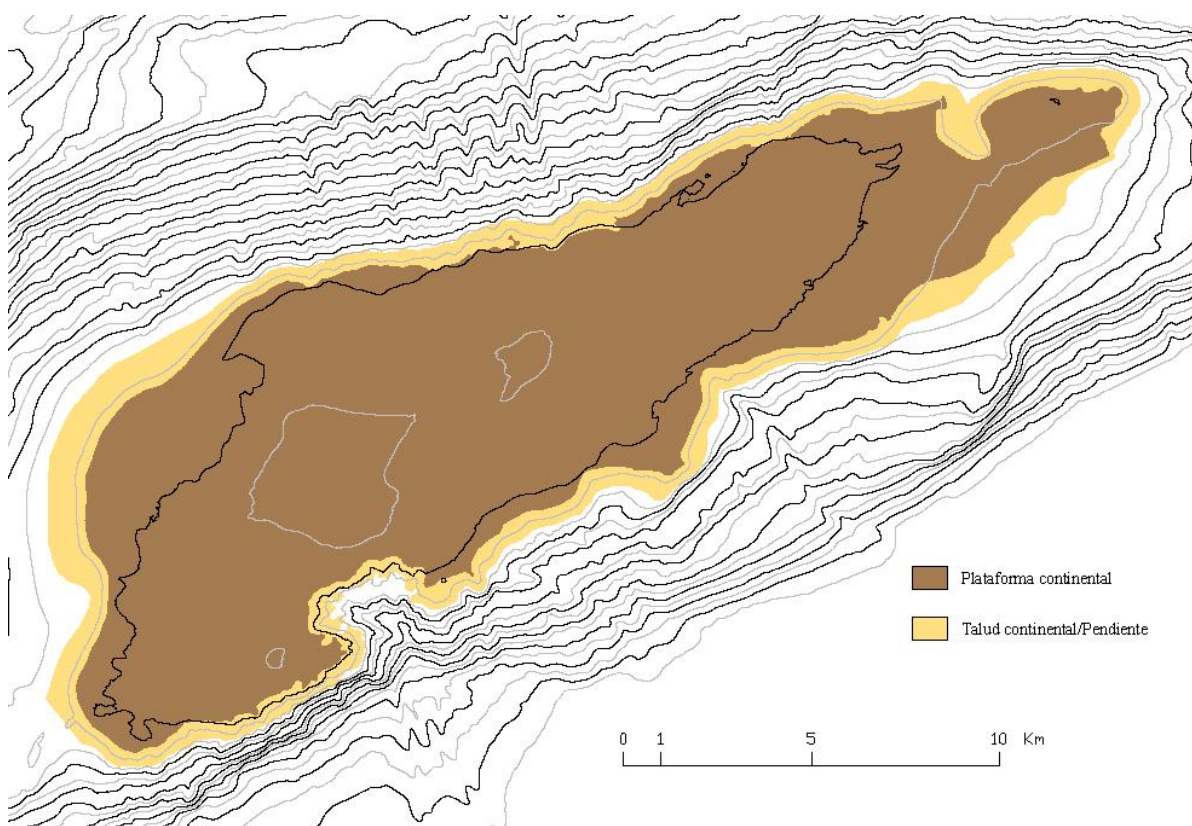


Figura 87. Plano de hábitat generalizado de la zona nororiental.

La caracterización de los megahábitat de la zona nororiental fue definidos mediante dos tipos. El área de la plataforma hasta el borde del talud ha sido definida en el grupo "S" (plataforma continental) con un área total de 186,5 km². el área correspondiente al talud, a partir del borde del mismo, se ha definido en el grupo "F" (ladera, talud continental) con un área de 41,8 km².

Tipo Megahábitat	Total Área (km ²)	Porcentaje (%)
F (Talud continental, ladera)	186.6	81.7
S (plataforma continental)	41.8	18.3

Tabla 8. Tipo de Megahábitat en función de la clasificación de Greene et al, 1999).

Por lo general, en esta zona de estudio, el sustrato blando está alrededor de toda la plataforma prolongándose por el talud. El sustrato mixto aparece en el centro de la plataforma a modo de elongación. Este tipo de sustrato está constituido, principalmente, por gravas biogénicas, las cuales presentan de determinadas localizaciones, cementaciones carbonatadas, bloque de rocas caídos y descompuestos y cantos rodados. El sustrato duro es discontinuo teniendo una presencia significativa en el entorno de la Isla de Alborán y en Piedra Escuela.

Los diferentes tipos de sustratos de la zona nororiental del entorno de la Isla de Alborán, se les puede atribuir los siguientes códigos: "h" sustrato duro, "m" sustrato mixto, y "s" para sustratos blandos. El sustrato blando representa tiene la mayor extensión (60,8%) seguido del sustrato mixto (34,1%) y el sustrato duro (5,1%).

Tipo Sustrato	Total Área (km ²)	Porcentaje (%)
Duro (h)	11.7	5.1
Mixto (m)	77.9	34.1
Sedimento blando (s)	138.8	60.8

Tabla 9. Resultados de la clasificación de los sustratos.

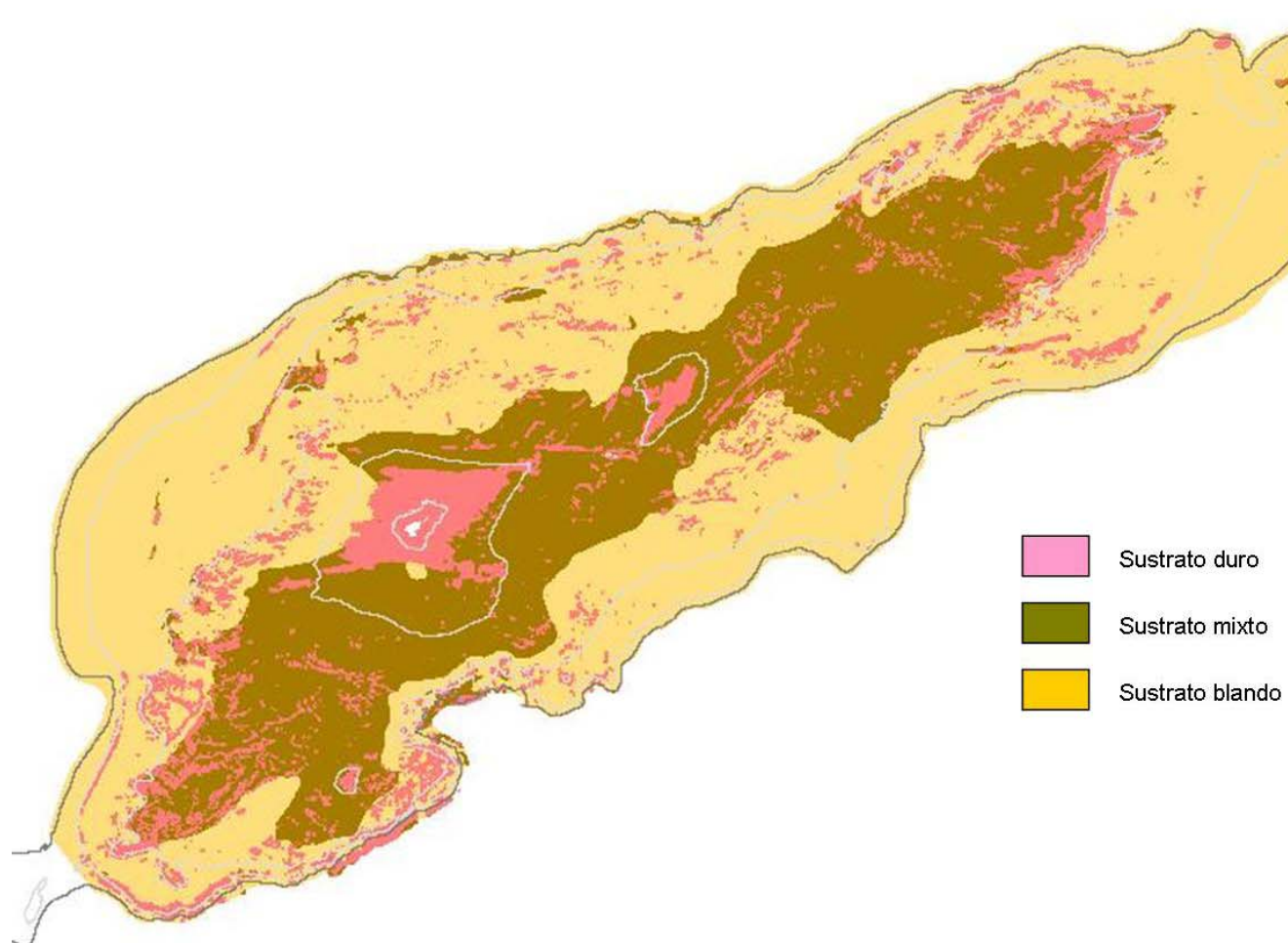


Figura 88. Clasificación de los sustratos usando la MLC para los sonogramas del SBL.

10.2. ÁREA SUROCCIDENTAL.

Esta zona se extiende al suroeste de la plataforma continental de Alborán

10.2.1. ANÁLISIS DE PENDIENTES.

Los resultados del análisis de la pendiente, sobre un área aproximada de 56,1 km², muestra que casi la totalidad de la zona suroccidental corresponde a la categoría "Con Pendiente" (89,7%) cuando el grado de la pendiente oscila entre el 1 ° a 30 °. Las áreas con una pendiente de menos de 1 ° constituyen el 10,3% de la zona, mientras que de las clases "con fuerte pendiente" y "vertical" no se encontraron valores de estas categorías.

Clase Pendiente	Area (m ²)	Area (km ²)	%
0 - 1°	5788213.6	5.8	10.3
1° - 30°	50308026.9	50.3	89.7
30° - 60°	0	0	
60° - 90°	0	0	
> 90°	0	0	

Tabla 10. Tabla resumen del análisis de pendientes.

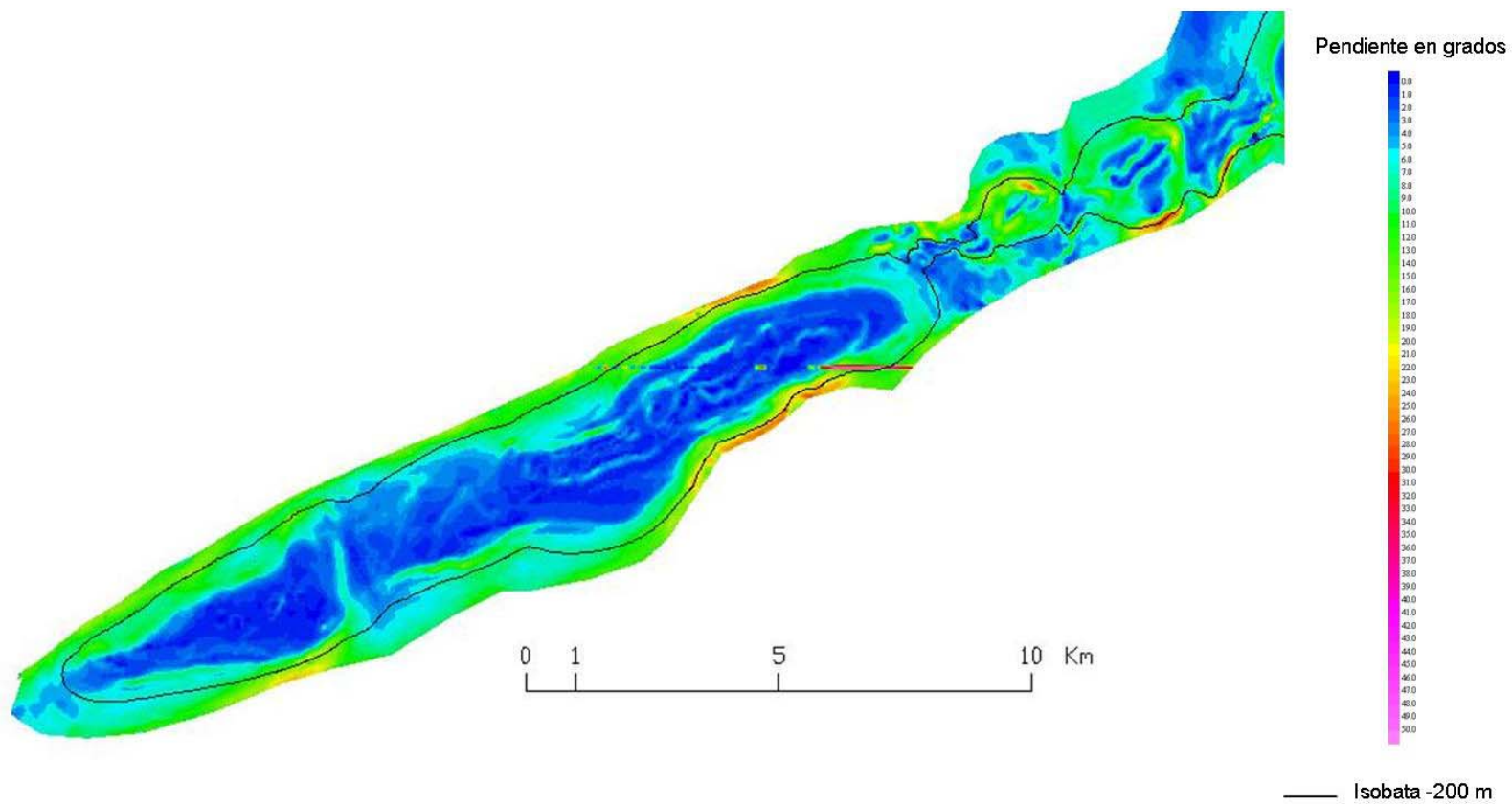


Figura 89. Plano del análisis de pendientes de la zona suroccidental.

10.2.2. ANÁLISIS DEL SUSTRATO.

Para el análisis de los megahábitat y los hábitat se ha empleado la misma metodología descrita en el apartado anterior.

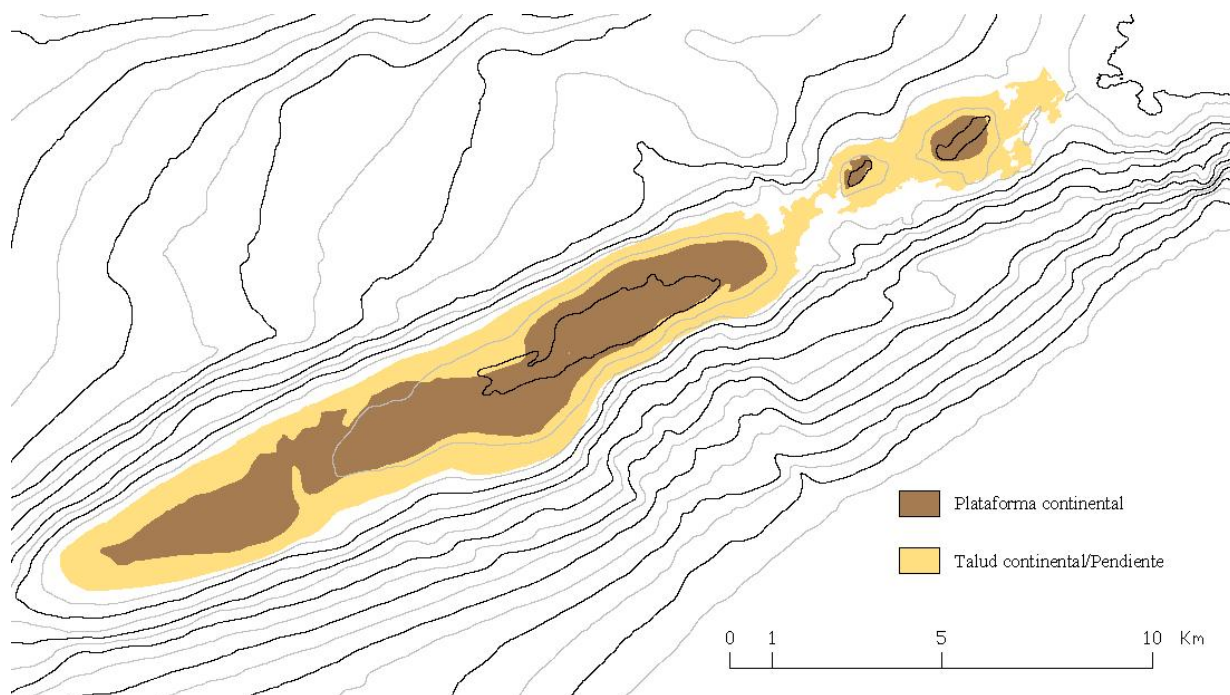


Figura 90. Plano de hábitat generalizado de la zona suroccidental.

La caracterización de los megahábitat de la zona suroccidental fue definidos mediante dos tipos. El área de la plataforma hasta el borde del talud ha sido definida en el grupo "S" (plataforma continental) con un área total de 26,5 km²., el área correspondiente al talud, a partir del borde del mismo, se ha definido en el grupo "F" (ladera, talud continental) con un área de 29,6 km².

Tipo Megahábitat	Total Área (km ²)	Porcentaje (%)
F (Talud continental, ladera)	29.66	52.8
S (plataforma continental)	26.5	47.2

Tabla 11. Tipo de Megahábitat en función de la clasificación de Greene et al, 1999).

Por lo general, en esta zona de estudio, el sustrato blando está englobando casi toda la zona del talud de la zona suroccidental bordeando las tres midroplataformas existentes en esta zona. El sustrato mixto aparece como zonas de transición entre el sustrato blando y el duro. Este tipo de sustrato está constituido, principalmente,

por arenas gruesas con un alto contenido en bioclastos. El sustrato duro está presente en las zonas de plataforma discontinuas así como afloramientos dispersos.

Los diferentes tipos de sustratos de la zona nororiental del entorno de la Isla de Alborán, se les puede atribuir los siguientes códigos: "h" sustrato duro, "m" sustrato mixto, y "s" para sustratos blandos. El sustrato blando representa tiene la mayor extensión (65,6%) seguido del sustrato mixto (7,8%) y el sustrato duro (20,5%).

Tipo Sustrato	Total Área (km²)	Porcentaje (%)
Duro (h)	11.5	20.5
Mixto (m)	7.8	13.9
Sedimento blando (s)	36.8	65.6

Tabla 12. Resultados de la clasificación de los sustratos del área suroccidental.

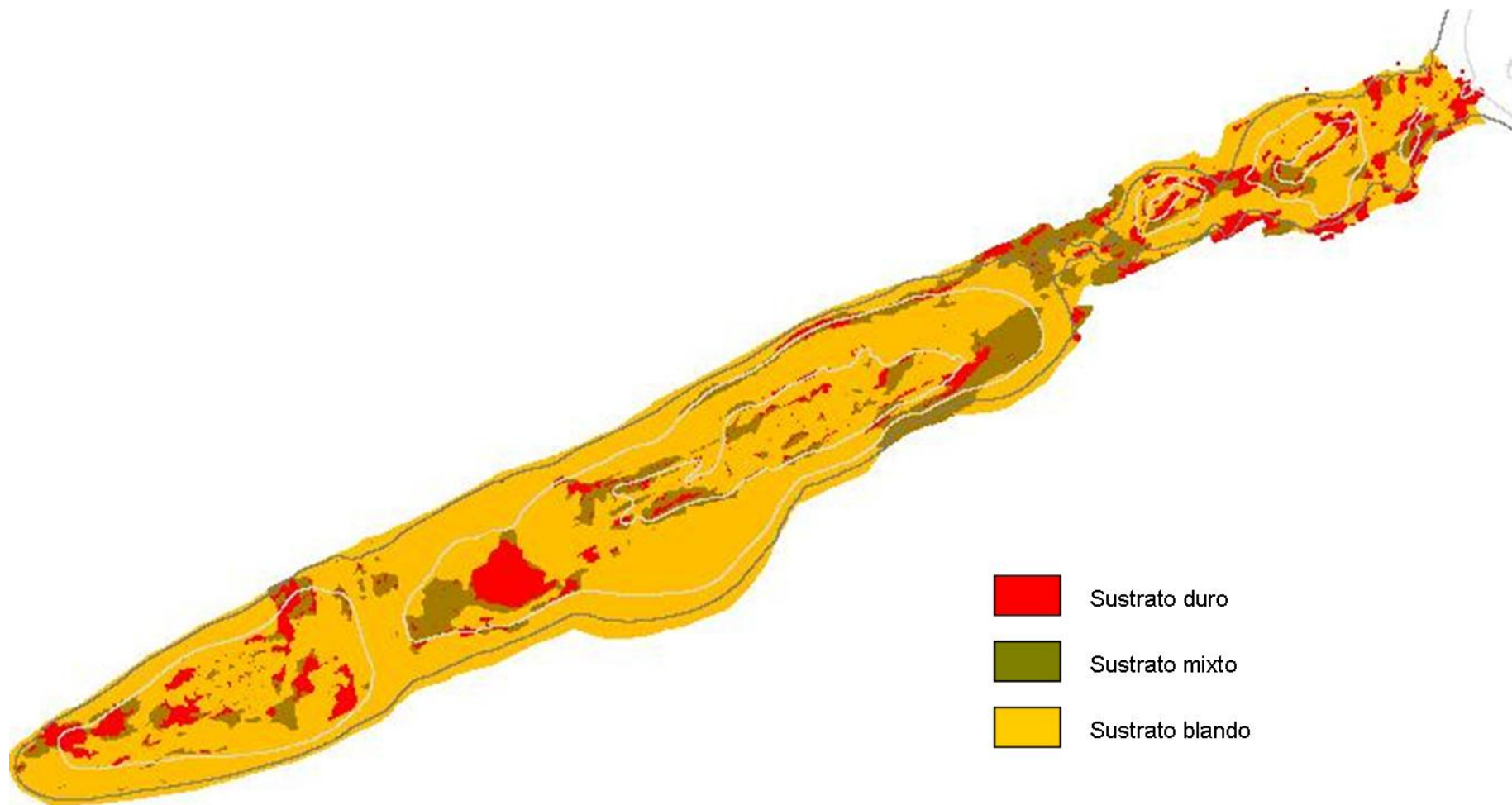


Figura 91. Clasificación de los sustratos usando la MLC para SBL.

11. OTRAS INFORMACIONES.

El mar de Alborán ha sido un paso obligado del comercio protohistórico y antiguo entre el Atlántico y el Mediterráneo. En un principio, el flujo comercial fue desde el Mediterráneo (fenicios, cartaginenses, griegos y romanos) hacia la zona de la bahía de Cádiz, donde se fundaron las primeras colonias fenicias de la Península; en las costas del norte de África los asentamientos tienen la misma importancia o incluso más que los poblados de la costa del sur español para la misma época y se pueden encontrar ánforas de la misma tipología en yacimientos de Cádiz, norte de África, Alicante e Ibiza.

La isla de Alborán siempre se ha utilizado como refugio ante temporales imprevistos, posiblemente existan vestigios submarinos en la zona, al consultar los vídeos cedidos por Oceana y las sonografías del sonar de barrido lateral realizado por nuestra empresa, se pueden identificar algunos objetos que simplemente reseñamos para que no se pierda esta información.

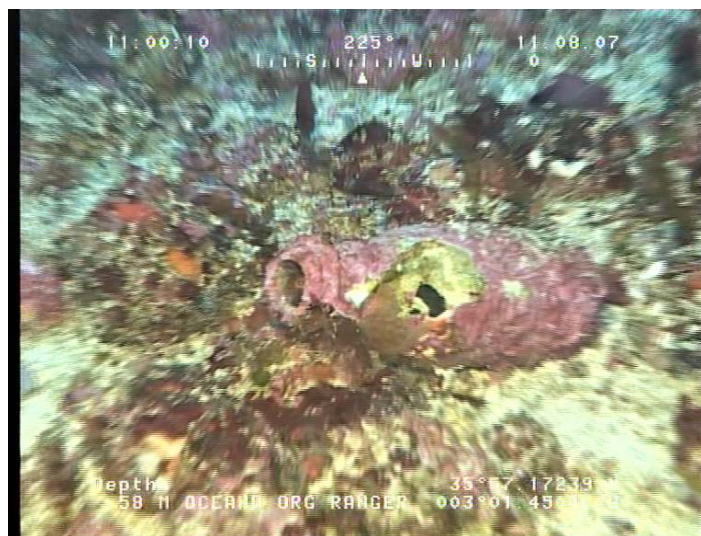


Figura 92. Posible localización de un ánfora.

La imagen superior nos muestra una posible ánfora cubierta con coralígeno. En las imágenes inferiores también se observa un objeto circular cubierto con coralígeno.

La situación de estos hallazgos es al norte de la isla de Alborán. En la imagen adjunta se ha identificado con una cruz.

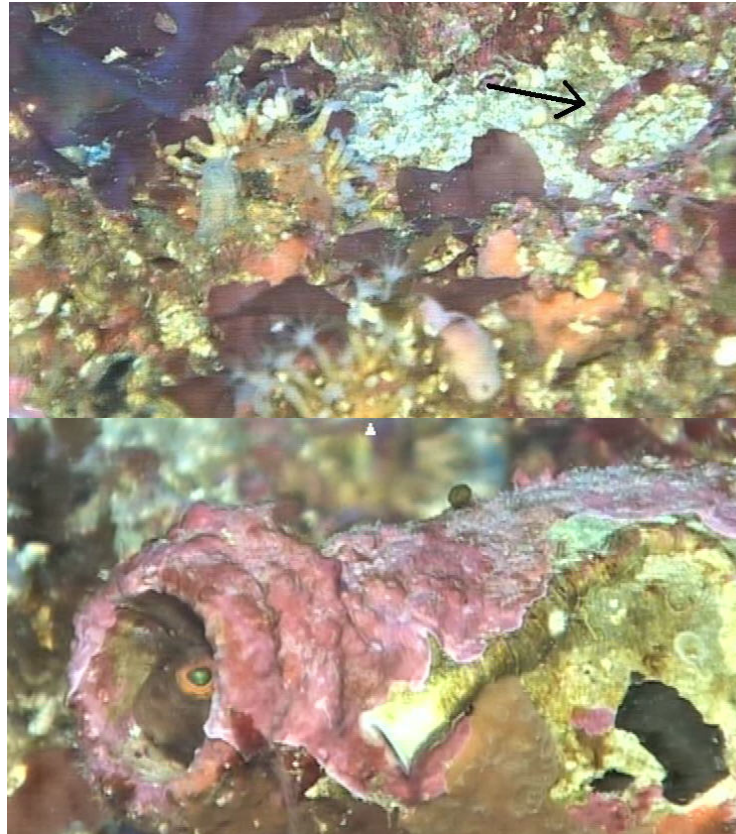


Figura 93. Imágenes de detalle.

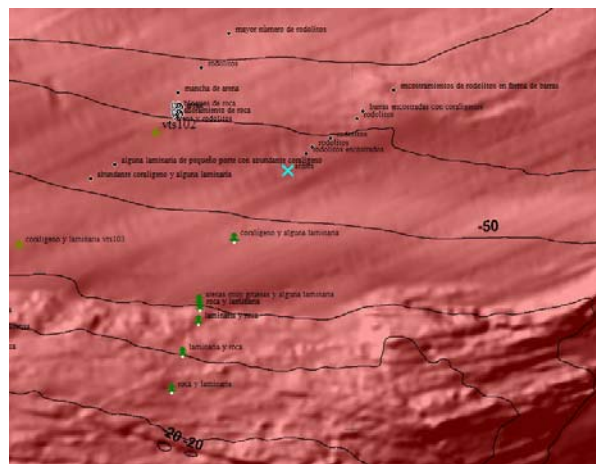


Figura 94. Localización del hallazgo.

12. CONCLUSIONES.

Las imágenes de sonar de barrido lateral adquiridas durante la campaña de Alborán 2010 han proporcionado información valiosa para ampliar los conocimientos de la distribución del fondo marino en la plataforma continental circundante a la Isla de Alborán. Otro de los objetivos fundamentales de la adquisición de imágenes de sonar era proporcionar datos de apoyo para la realización de exploraciones posteriores de vídeo con la esperanza de identificar, con una mayor precisión, los diferentes hábitats existentes así como el estudio de la posible ampliación de la Reserva Marina. Como tal, el trabajo de investigación presente en este documento se llevó a cabo en profundidades desde 10 hasta 200 metros. Además, las áreas dentro del área de investigación donde el talud es más escarpado (zona oriental), se encuentran en los cañones más verticales, donde es muy difícil mantener la calidad de los registros de sonar tanto por el movimiento del SBL debido a las fuertes corrientes, como por las turbulencias y sedimentos en suspensión existentes. Para las profundidades mayores de 120 metros, se tuvo que emplear un tipo de USBL (posicionamiento en tiempo real del SBL) de más potencia debido a la pérdida de señal, así como una mayor inclinación del depresor y un cable más pesado reflejándose en una mejora de las imágenes mediante la creación de aumento de las fuerzas hidrodinámicas y una mayor presión a la baja en el SBL, además de reducir la cantidad de cable de arrastre que en última instancia es una mayor seguridad en la posición general del sonar. Para una mejor calidad de las imágenes, se optó por realizar líneas con una separación de 200 metros así como emplear la frecuencia de 500 kHz para el mosaico digital. Esta escala entre líneas así como los complementos asociados al sonar, nos permite tener el pez cerca de 40 metros sobre el fondo mientras que en la zona de los cañones la altitud del sonar fue superior y variable para evitar dañar el sonar por el contacto con el fondo marino.

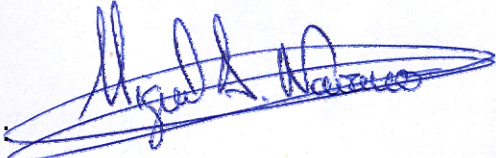
Con la información obtenida mediante el sonar de barrido lateral se han podido identificar los diferentes sustratos del fondo marino con una gran precisión y nitidez.

Toda esta información servirá de base para posteriores trabajos más exhaustivos de la distribución y localización de sustratos bentónicos con campañas de ROV y la

posibilidad de realizar campañas de muestreo de sedimentos más detalladas en base a la cartografía morfológica realizada.

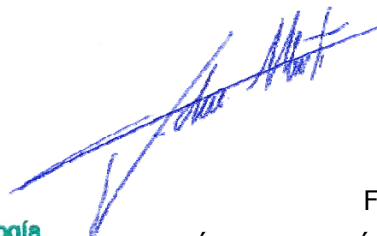
Este informe consta de 110 hojas numeradas de la 1 a la 110 respectivamente.

Toledo, Mayo de 2011



Fdo:

MIGUEL ÁNGEL NAVARRO ARANDA
Lcdo. C.C.Geológicas
Geofísica Marina y Posicionamiento

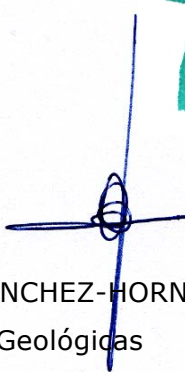


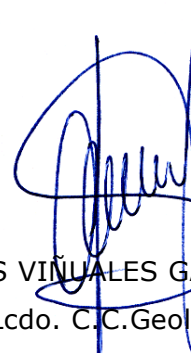
Fdo:

 **GEHYM** Geotecnia, Hidrogeología
y Medio Ambiente, S.L.
c/ Barrancas, 14 - 45112 Burguillos (Toledo)
Telf.- 925 39 32 82 - Fax: 925 39 33 82
C.I.F.: B - 45 400173

FELICIANO MARTÍNEZ GONZÁLEZ
Lcdo. C.C.Geológicas
Geofísica Marina y Posicionamiento

Fdo:


TOMÁS SÁNCHEZ-HORNEROS PANIAGUA
Lcdo. C.C.Geológicas
specialista en Oceanografía y Geofísica



Fdo:

LUIS VIÑUALES GÁLVEZ
Lcdo. C.C.Geológicas
Geología Marina