

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

**PROMOTOR**

EXCMO AYUNTAMIENTO DEL RINCÓN DE LA VICTORIA

**CONSULTOR REDACTOR**

PENÉLOPE GÓMEZ JIMÉNEZ  
Dra. ICCP

**FECHA**

NOVIEMBRE 2019



## Índice

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES LEGALES .....                              | 1  |
| 1.1. Objeto del presente documento .....                                  | 1  |
| 1.2. Extensión geográfica.....                                            | 1  |
| 1.3. Necesidad de realización del estudio básico de dinámica litoral..... | 3  |
| 1.4. Contenido del estudio .....                                          | 4  |
| 1.5. Ubicación del dominio público marítimo-terrestre .....               | 4  |
| 1.6. Historia general de temporales en la zona de estudio .....           | 6  |
| 1.7. Eventos recientes en la zona de estudio.....                         | 7  |
| 1.8. Modelos empleados en la ejecución del estudio.....                   | 10 |
| 2. SISTEMA DE GEORREFERENCIACIÓN .....                                    | 10 |
| 3. RED HIDROGRÁFICA.....                                                  | 10 |
| 4. EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA.....                                    | 11 |
| 4.1. Introducción.....                                                    | 11 |
| 4.2. Cala del Moral .....                                                 | 12 |
| 4.3. Rincón de la Victoria .....                                          | 17 |
| 4.4. Torre de Benagalbón .....                                            | 21 |
| 5. BATIMETRÍA .....                                                       | 25 |
| 5.1. Introducción: ecocartografías.....                                   | 25 |
| 5.2. Datos batimétricos .....                                             | 26 |
| 6. CLIMA MARÍTIMO.....                                                    | 29 |
| 6.1. Datos de oleaje .....                                                | 29 |
| 6.1.1. Procedencia.....                                                   | 29 |
| 6.1.2. Preproceso de datos .....                                          | 29 |
| 6.1.3. Tablas de frecuencias .....                                        | 34 |
| 6.1.4. Regímenes de oleaje.....                                           | 35 |
| 6.2. Datos de nivel del mar .....                                         | 41 |

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

---

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.3. Datos de viento .....                                                  | 46 |
| 6.4. Profundidad de cierre del perfil transversal.....                      | 47 |
| 7. GEOLOGÍA Y MORFOLOGÍA DE FONDOS.....                                     | 49 |
| 7.1. Muestras de sedimentos .....                                           | 50 |
| 8. AFECCIÓN A LA BIOSFERA SUBMARINA.....                                    | 51 |
| 9. CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....                               | 53 |
| 9.1. Orientación de la costa y límites de oleaje.....                       | 53 |
| 9.2. Oleaje equivalente .....                                               | 53 |
| 9.3. Estimación determinista del potencial de transporte de sedimentos..... | 55 |
| 9.3.1. Datos de partida .....                                               | 55 |
| 9.3.2. Modelización.....                                                    | 56 |
| 10. DINÁMICAS RESULTANTES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....          | 63 |
| 10.1. Introducción .....                                                    | 63 |
| 10.2. Vulnerabilidad costera.....                                           | 66 |
| 10.3. Aplicación a la playa del Rincón de la Victoria.....                  | 67 |
| 10.3.1. Resultados obtenidos en régimen medio .....                         | 69 |
| 10.3.2. Resultados obtenidos en régimen extremal .....                      | 71 |
| 11. ACTUACIONES PROPUESTAS .....                                            | 73 |
| 11.1. Introducción .....                                                    | 73 |
| 11.2. Actuaciones consideradas .....                                        | 74 |
| 11.3. Modelización matemática.....                                          | 77 |
| 11.3.1. Simulación 1.....                                                   | 78 |
| 11.3.2. Simulación 2.....                                                   | 78 |
| 11.3.3. Simulación 3.....                                                   | 79 |
| 11.3.4. Simulación 3b.....                                                  | 79 |
| 11.3.5. Simulación 4.....                                                   | 80 |
| 11.3.6. Simulación 5.....                                                   | 80 |
| 11.3.7. Recomendaciones generales .....                                     | 80 |

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

---

|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 11.4. Análisis de alternativas .....                                                                  | 81  |
| 11.4.1. Introducción .....                                                                            | 81  |
| 11.4.2. Criterio de dinámica litoral .....                                                            | 81  |
| 11.4.3. Criterio económico.....                                                                       | 83  |
| 11.4.4. Criterio ambiental .....                                                                      | 84  |
| 11.4.5. Criterio estructural .....                                                                    | 85  |
| 11.5. Matriz multicriterio .....                                                                      | 86  |
| 11.6. COMPATIBILIDAD CON LAS ESTRATEGIAS MARINAS.....                                                 | 86  |
| 12. RECURSOS DISPONIBLES DE ÁRIDOS Y CANTERAS. ....                                                   | 89  |
| 13. PREVISIÓN DE DRAGADOS O TRASVASES DE ARENAS. ....                                                 | 90  |
| 14. PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS. ....                                            | 90  |
| 15. MINIMIZACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LAS OBRAS. POSIBLES MEDIDAS CORRECTORAS Y<br>COMPENSATORIAS..... | 91  |
| 15.1. Arrecife artificial propuesto frente al Cantal .....                                            | 91  |
| 16. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                                              | 91  |
| 17. REFERENCIAS.....                                                                                  | 95  |
| ANEJO 1 FICHAS DE PLAYAS .....                                                                        | 98  |
| ANEJO 2 RESPUESTAS A LA EROSIÓN .....                                                                 | 103 |
| A2.1 Introducción .....                                                                               | 104 |
| A2.2 Muros .....                                                                                      | 104 |
| A2.3 Espigones .....                                                                                  | 105 |
| A2.4 Diques.....                                                                                      | 105 |
| A2.5 Alimentación artificial .....                                                                    | 106 |
| ANEJO 3 ESPIGONES .....                                                                               | 107 |
| A3.1 Espigones .....                                                                                  | 108 |
| A3.1.1 Introducción .....                                                                             | 108 |
| A3.1.2 Efectos de los espigones en la costa .....                                                     | 108 |
| A3.1.3 Características de los espigones.....                                                          | 109 |



ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

---

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| A3.1.4 Tipos de espigones.....                              | 110 |
| A3.1.4.1 Espigones de madera.....                           | 110 |
| A3.1.4.2 Espigones de acero.....                            | 111 |
| A3.1.4.3 Espigones de elementos de hormigón. ....           | 111 |
| A3.1.4.4 Espigones de escollera o geosacos .....            | 112 |
| A3.2 Consideraciones de diseño de campos de espigones ..... | 112 |
| A3.3 Permeabilidad del espigón.....                         | 113 |
| A3.4 Espaciamiento entre espigones.....                     | 114 |
| ANEJO 4 DIQUES EXENTOS.....                                 | 116 |
| A4.1 Introducción .....                                     | 117 |
| A4.2 Diques individuales .....                              | 117 |
| A4.3 Parámetros característicos .....                       | 118 |
| A4.4 Diques costeros y de playa .....                       | 119 |
| A4.5 Impactos de los diques .....                           | 121 |
| A4.5.1 Impactos hidrodinámicos .....                        | 121 |
| A4.5.2 Impacto morfológico .....                            | 121 |
| A4.5.3 Otros impactos.....                                  | 122 |
| ANEJO 5 MUESTRAS DE SEDIMENTOS.....                         | 123 |
| ANEJO 6 FICHA ZEPa ES0000504.....                           | 129 |
| ANEJO 7 PRESUPUESTOS .....                                  | 135 |
| ANEJO 8 DOCUMENTACIÓN GRÁFICA.....                          | 142 |

#### INDICE DE FIGURAS

|                                                                                              |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <i>figura 1 Ubicación en la costa mediterránea de Andalucía .....</i>                        | <i>1</i> |
| <i>figura 2 Ubicación en la costa de Málaga.....</i>                                         | <i>2</i> |
| <i>figura 3 Extensión del estudio y playas afectadas .....</i>                               | <i>2</i> |
| <i>figura 4 Codificación de alturas en metros, de las edificaciones de la figura 5 .....</i> | <i>3</i> |
| <i>figura 5 Perspectiva de la zona de trabajo.....</i>                                       | <i>3</i> |
| <i>figura 6 Líneas que definen el DPMT en la Cala del Moral.....</i>                         | <i>5</i> |

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

---

|                                                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>figura 7 Líneas que definen el DPMT en el Rincón de la Victoria .....</i>            | <i>5</i>  |
| <i>figura 8 Líneas que definen el DPMT en la Torre de Benagalbón .....</i>              | <i>6</i>  |
| <i>figura 9 Serie temporal de máximos mensuales de altura de ola significativa.....</i> | <i>6</i>  |
| <i>figura 10 Serie temporal de medias y máximos mensuales de periodos de pico .....</i> | <i>7</i>  |
| <i>figura 11 Serie temporal de medias y máximos mensuales de periodos medios.....</i>   | <i>7</i>  |
| <i>figura 12 Serie temporal de altura de ola significativa desde enero de 2018.....</i> | <i>8</i>  |
| <i>figura 13 Serie temporal de dirección media de procedencia .....</i>                 | <i>9</i>  |
| <i>figura 14 Serie temporal de periodos de pico .....</i>                               | <i>9</i>  |
| <i>figura 15 Serie temporal de periodos medios .....</i>                                | <i>9</i>  |
| <i>figura 16 Red hidrográfica principal.....</i>                                        | <i>11</i> |
| <i>figura 17 Redes hidrográficas primaria y secundaria .....</i>                        | <i>11</i> |
| <i>figura 18 Cala del Moral, 1957.....</i>                                              | <i>12</i> |
| <i>figura 19 Cala del Moral, 2004.....</i>                                              | <i>13</i> |
| <i>figura 20 Cala del Moral, 2006.....</i>                                              | <i>13</i> |
| <i>figura 21 Cala del Moral, 2008.....</i>                                              | <i>14</i> |
| <i>figura 22 Cala del Moral, 2010.....</i>                                              | <i>14</i> |
| <i>figura 23 Cala del Moral, 2010.....</i>                                              | <i>15</i> |
| <i>figura 24 Cala del Moral, 2016.....</i>                                              | <i>15</i> |
| <i>figura 25 La Cala del Moral. Líneas de orilla .....</i>                              | <i>16</i> |
| <i>figura 26 Evolución reciente en la Cala del Moral.....</i>                           | <i>16</i> |
| <i>figura 27 Rincón de la Victoria, 1957 .....</i>                                      | <i>17</i> |
| <i>figura 28 Rincón de la Victoria, 2004 .....</i>                                      | <i>17</i> |
| <i>figura 29 Rincón de la Victoria, 2006 .....</i>                                      | <i>18</i> |
| <i>figura 30 Rincón de la Victoria, 2008 .....</i>                                      | <i>18</i> |
| <i>figura 31 Rincón de la Victoria, 2010 .....</i>                                      | <i>19</i> |
| <i>figura 32 Rincón de la Victoria, 2013 .....</i>                                      | <i>19</i> |
| <i>figura 33 Rincón de la Victoria, 2016 .....</i>                                      | <i>20</i> |
| <i>figura 34 Rincón de la Victoria, líneas de orilla .....</i>                          | <i>20</i> |
| <i>figura 35 Evolución reciente de el Rincón de la Victoria .....</i>                   | <i>21</i> |
| <i>figura 36 Torre de Benagalbón y Los Rubios, 1957 .....</i>                           | <i>21</i> |
| <i>figura 37 Torre de Benagalbón y Los Rubios,2004 .....</i>                            | <i>22</i> |
| <i>figura 38 Torre de Benagalbón y Los Rubios,2006 .....</i>                            | <i>22</i> |
| <i>figura 39 Torre de Benagalbón y Los Rubios,2008 .....</i>                            | <i>23</i> |
| <i>figura 40 Torre de Benagalbón y Los Rubios,2010 .....</i>                            | <i>23</i> |
| <i>figura 41 Torre de Benagalbón y Los Rubios,2013 .....</i>                            | <i>24</i> |
| <i>figura 42 Torre de Benagalbón y Los Rubios, 2016 .....</i>                           | <i>24</i> |

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

---

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>figura 43 Torre de Benagalbón y Los Rubios, líneas de orilla</i> .....                                                           | 25 |
| <i>figura 44 Evolución reciente de la Torre de Benagalbón y Los Rubios</i> .....                                                    | 25 |
| <i>figura 45 Datos batimétricos</i> .....                                                                                           | 27 |
| <i>figura 46 Datos preprocesados</i> .....                                                                                          | 27 |
| <i>figura 47 Datos topobatimétricos para la confección del MDE</i> .....                                                            | 28 |
| <i>figura 48 Modelo digital de elevaciones a emplear en el cálculo del potencial de transporte de<br/>sedimentos</i> .....          | 28 |
| <i>figura 49 MDE sobre la ortofoto de la zona</i> .....                                                                             | 28 |
| <i>figura 50 Batimetría del modelo global y punto de datos</i> .....                                                                | 29 |
| <i>figura 51 Detalle de ubicación del punto de datos</i> .....                                                                      | 30 |
| <i>figura 52 Ubicación de los nodos fuente de datos</i> .....                                                                       | 30 |
| <i>figura 53 Rosa de oleaje en el nodo IOWAGA</i> .....                                                                             | 31 |
| <i>figura 54 Rosa de oleaje en el nodo SIMAR2033080</i> .....                                                                       | 31 |
| <i>figura 55 Serie temporal de altura de ola significativa</i> .....                                                                | 32 |
| <i>figura 56 Serie temporal de periodo medio</i> .....                                                                              | 32 |
| <i>figura 57 Gráfica polar de altura de ola significativa</i> .....                                                                 | 33 |
| <i>figura 58 Histograma de altura de ola significativa</i> .....                                                                    | 33 |
| <i>figura 59 Histograma de periodo medio</i> .....                                                                                  | 34 |
| <i>figura 60 Histograma de direcciones</i> .....                                                                                    | 34 |
| <i>figura 61 Efectos del parámetro de forma en la función de densidad. Modificado de (ReliaSoft<br/>Corporation, 2015)</i> .....    | 36 |
| <i>figura 62 Efecto del parámetro de forma en la función de distribución. Modificado de (ReliaSoft<br/>Corporation, 2015)</i> ..... | 37 |
| <i>figura 63 Efecto del parámetro de escala. Modificado de (ReliaSoft Corporation, 2015)</i> .....                                  | 37 |
| <i>figura 64 Efectos del parámetro de centrado o localización. Modificado de (ReliaSoft Corporation,<br/>2015)</i> .....            | 38 |
| <i>figura 65 Régimen medio de oleaje</i> .....                                                                                      | 39 |
| <i>figura 66 Régimen extremal de oleaje</i> .....                                                                                   | 40 |
| <i>figura 67 Esquema del dátum del mareógrafo de Málaga. Fuente: (REDMAR, 2019)</i> .....                                           | 43 |
| <i>figura 68 Referencias del nivel del mar en el mareógrafo de Málaga. Fuente: (REDMAR, 2019)</i> .....                             | 44 |
| <i>figura 69 Histograma de nivel total en mareógrafo de Málaga. Fuente: (REDMAR, 2019)</i> .....                                    | 44 |
| <i>figura 70 Histograma de residuo meteorológico en mareógrafo de Málaga. Fuente: (REDMAR, 2019)</i> .....                          | 45 |
| <i>figura 71 Probabilidad de presentación de niveles totales del mar</i> .....                                                      | 46 |
| <i>figura 72 Rosa de viento global 1990-2019</i> .....                                                                              | 47 |
| <i>figura 73 Propagación de la ola <math>H_{s,0.137}</math></i> .....                                                               | 48 |
| <i>figura 74 <math>H_{s,0.137}</math> a lo largo de la costa</i> .....                                                              | 48 |



ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

---

|                                                                                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>figura 75 Zona activa del tramo de costa .....</i>                                                                                               | <i>49</i> |
| <i>figura 76 Geología de la zona de estudio. Fuente: IGME .....</i>                                                                                 | <i>50</i> |
| <i>figura 77 Morfología de fondos .....</i>                                                                                                         | <i>50</i> |
| <i>figura 78 Ubicación de los puntos de toma de sedimentos.....</i>                                                                                 | <i>51</i> |
| <i>figura 79 LIC (verde) y ZEPA (rojo) próximos.....</i>                                                                                            | <i>52</i> |
| <i>figura 80 Unidades de paisaje.....</i>                                                                                                           | <i>52</i> |
| <i>figura 81 Unidad de paisaje en que se encuentra la zona de interés.....</i>                                                                      | <i>53</i> |
| <i>figura 82 Orientación de la costa y límites de oleaje .....</i>                                                                                  | <i>53</i> |
| <i>figura 83 Espectro direccional de energía del oleaje único equivalente .....</i>                                                                 | <i>54</i> |
| <i>figura 84 Espectro de energía (izquierda) y spreading direccional (derecha) del oleaje único equivalente .....</i>                               | <i>54</i> |
| <i>figura 85 Modelo digital de elevaciones .....</i>                                                                                                | <i>55</i> |
| <i>figura 86 Espectros direccionales de energía.....</i>                                                                                            | <i>55</i> |
| <i>figura 87 Espectros de energía en la dirección principal.....</i>                                                                                | <i>55</i> |
| <i>figura 88 Spreadings direccionales de la energía.....</i>                                                                                        | <i>56</i> |
| <i>figura 89 Altura de ola significativa (levante).....</i>                                                                                         | <i>56</i> |
| <i>figura 90 Altura de ola significativa (poniente) .....</i>                                                                                       | <i>56</i> |
| <i>figura 91 Potencial de transporte de sedimentos (levante) .....</i>                                                                              | <i>56</i> |
| <i>figura 92 Potencial de transporte de sedimentos (poniente).....</i>                                                                              | <i>57</i> |
| <i>figura 93 Potencial de transporte de sedimentos (levante, Cala del Moral).....</i>                                                               | <i>57</i> |
| <i>figura 94 Potencial de transporte de sedimentos (levante, Rincón de la Victoria) .....</i>                                                       | <i>57</i> |
| <i>figura 95 Potencial de transporte de sedimentos (levante, Torre de Benagalbón).....</i>                                                          | <i>58</i> |
| <i>figura 96 Potencial de transporte de sedimentos (poniente, Cala del Moral) .....</i>                                                             | <i>58</i> |
| <i>figura 97 Potencial de transporte de sedimentos (poniente, Rincón de la Victoria).....</i>                                                       | <i>58</i> |
| <i>figura 98 Potencial de transporte de sedimentos (levante, Torre de Benagalbón).....</i>                                                          | <i>59</i> |
| <i>figura 99 Localización de perfiles para el cálculo del potencial de transporte longitudinal de sedimentos .....</i>                              | <i>59</i> |
| <i>figura 100 Perfiles de potencial de transporte longitudinal de sedimentos (oleaje de levante) .....</i>                                          | <i>59</i> |
| <i>figura 101 Perfiles de potencial de transporte longitudinal de sedimentos (oleaje de poniente).....</i>                                          | <i>60</i> |
| <i>figura 102 Potencial de transporte de sedimentos hacia poniente.....</i>                                                                         | <i>61</i> |
| <i>figura 103 Potencial de transporte de sedimentos hacia levante.....</i>                                                                          | <i>61</i> |
| <i>figura 104 Potencial de transporte neto de sedimentos a lo largo del tramo de costa (positivo, hacia poniente, negativo, hacia levante).....</i> | <i>62</i> |
| <i>figura 105 Potencial de transporte bruto de sedimentos a lo largo del tramo de costa.....</i>                                                    | <i>62</i> |
| <i>figura 106 Tendencias evolutivas sobre la base del potencial de transporte longitudinal de sedimentos .....</i>                                  | <i>63</i> |

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

---

|                                                                                                                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>figura 107 Mapa cartográfico del Índice de vulnerabilidad costera de la zona en estudio. Fuente: (Méndez Jiménez, 2011).....</i>                                          | <i>67</i>  |
| <i>figura 108 Perfil de playa .....</i>                                                                                                                                      | <i>68</i>  |
| <i>figura 109 Perfil transversal.....</i>                                                                                                                                    | <i>68</i>  |
| <i>figura 110 Sbeach durante el cálculo .....</i>                                                                                                                            | <i>69</i>  |
| <i>figura 111 Resultados en situación actual .....</i>                                                                                                                       | <i>70</i>  |
| <i>figura 112 Resultados con <math>\Delta\eta = 0.50</math> m .....</i>                                                                                                      | <i>70</i>  |
| <i>figura 113 Comparación de resultados .....</i>                                                                                                                            | <i>71</i>  |
| <i>figura 114 Resultados en situación actual .....</i>                                                                                                                       | <i>72</i>  |
| <i>figura 115 Resultados con <math>\Delta\eta = 0.50</math> m .....</i>                                                                                                      | <i>72</i>  |
| <i>figura 116 ALT-01. Obras costeras .....</i>                                                                                                                               | <i>78</i>  |
| <i>figura 117 ALT-01. Evolución costera.....</i>                                                                                                                             | <i>79</i>  |
| <i>figura 118 ALT-02. Obras costeras .....</i>                                                                                                                               | <i>79</i>  |
| <i>figura 119 ALT-02. Evolución costera.....</i>                                                                                                                             | <i>79</i>  |
| <i>figura 120 ALT-03. Obras costeras .....</i>                                                                                                                               | <i>79</i>  |
| <i>figura 121 ALT-03. Evolución costera.....</i>                                                                                                                             | <i>79</i>  |
| <i>figura 122 ALT-04. Obras costeras .....</i>                                                                                                                               | <i>80</i>  |
| <i>figura 123 ALT-04. Evolución costera.....</i>                                                                                                                             | <i>80</i>  |
| <i>figura 124 Esquema de muro costero .....</i>                                                                                                                              | <i>104</i> |
| <i>figura 125 Esquema de espigón .....</i>                                                                                                                                   | <i>105</i> |
| <i>figura 126 Tipos de diques exentos. Fuente: (Mangor, Drønen, Kaergaard, &amp; Kristensen, 2017) .....</i>                                                                 | <i>117</i> |
| <i>figura 127 Definición de parámetros que caracterizan los dique separados y las formas de acumulación. Fuente (Mangor, Drønen, Kaergaard, &amp; Kristensen, 2017).....</i> | <i>118</i> |
| <i>figura 128 Dique costero formando un tómbolo. Fuente: (Mangor, Drønen, Kaergaard, &amp; Kristensen, 2017) .....</i>                                                       | <i>119</i> |
| <i>figura 129 Diques de playa. Fuente: (Mangor, Drønen, Kaergaard, &amp; Kristensen, 2017).....</i>                                                                          | <i>120</i> |
| <i>figura 130 Vista aérea de La Cala del Moral /1. Fuente: D.G. Sostenibilidad de la Costa y del Mar.....</i>                                                                | <i>143</i> |
| <i>figura 131 Vista aérea de La Cala del Moral /2. Fuente: D.G. Sostenibilidad de la Costa y del Mar.....</i>                                                                | <i>144</i> |
| <i>figura 132 Vista aérea de La Cala del Moral. Fuente: D.G. Sostenibilidad de la Costa y del Mar .....</i>                                                                  | <i>145</i> |
| <i>figura 133 Vista aérea de la playa del Rincón de la Victoria /1. Fuente: D.G. Sostenibilidad de la Costa y del Mar.....</i>                                               | <i>146</i> |
| <i>figura 134 Vista aérea de la playa del Rincón de la Victoria /2. Fuente: D.G. Sostenibilidad de la Costa y del Mar.....</i>                                               | <i>147</i> |
| <i>figura 135 Vista aérea de la playa del Rincón de la Victoria /3. Fuente: D.G. Sostenibilidad de la Costa y del Mar.....</i>                                               | <i>148</i> |

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

---

|                                                                                                                                |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>figura 136 Vista aérea de la playa del Rincón de la Victoria /4. Fuente: D.G. Sostenibilidad de la Costa y del Mar.....</i> | <i>149</i> |
| <i>figura 137 Vista aérea de la playa de La Torre de Benagalbón. Fuente: D.G. Sostenibilidad de la Costa y del Mar.....</i>    | <i>150</i> |
| <i>figura 138 Vista aérea de la playa de Los Rubios. Fuente: D.G. Sostenibilidad de la Costa y del Mar..</i>                   | <i>151</i> |

## INDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>tabla 1 Sistemas de proyección utilizados.....</i>                                                                                            | <i>10</i> |
| <i>tabla 2 Ubicación del nodo fuente de datos.....</i>                                                                                           | <i>29</i> |
| <i>tabla 3 Frecuencias relativas <math>H_s</math> vs. <math>T_p</math>.....</i>                                                                  | <i>35</i> |
| <i>tabla 4 Frecuencias relativas <math>Dir</math> vs. <math>H_s</math>.....</i>                                                                  | <i>35</i> |
| <i>tabla 5 Probabilidades de no excedencia.....</i>                                                                                              | <i>40</i> |
| <i>tabla 6 Ajuste del régimen extremal.....</i>                                                                                                  | <i>41</i> |
| <i>tabla 7 Componentes armónicas de la onda de marea astronómica en el puerto de Málaga. Fuente: (REDMAR, 2019).....</i>                         | <i>44</i> |
| <i>tabla 8 Frecuencias porcentuales unitarias de presentación de niveles. Fuente: (REDMAR, 2019).....</i>                                        | <i>45</i> |
| <i>tabla 9 Frecuencias porcentuales acumuladas de presentación de niveles. Fuente: (REDMAR, 2019) ..</i>                                         | <i>46</i> |
| <i>tabla 10 Valores de retorno del nivel total, obtenidos a partir de los datos anuales consignados en la tabla 9.....</i>                       | <i>46</i> |
| <i>tabla 11 Datos granulométricos.....</i>                                                                                                       | <i>51</i> |
| <i>tabla 12 ZEPA afectando a las playas del Rincón de la Victoria.....</i>                                                                       | <i>52</i> |
| <i>tabla 13 Orientación de la costa y límites de oleaje.....</i>                                                                                 | <i>53</i> |
| <i>tabla 14 Estimación de oleajes equivalentes .....</i>                                                                                         | <i>54</i> |
| <i>tabla 15 Estimación de oleaje único equivalente .....</i>                                                                                     | <i>54</i> |
| <i>tabla 16 Potencial de transporte de sedimentos longitudinal medio anual .....</i>                                                             | <i>60</i> |
| <i>tabla 17 Calentamiento de la superficie y aumento del nivel del mar medios proyectados al final del siglo XXI. Fuente: (IPCC, 2007) .....</i> | <i>65</i> |
| <i>tabla 18 Resultados.....</i>                                                                                                                  | <i>71</i> |
| <i>tabla 19 Resultados.....</i>                                                                                                                  | <i>72</i> |
| <i>tabla 20 Canteras en la zona.....</i>                                                                                                         | <i>90</i> |

## 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES LEGALES

### 1.1. Objeto del presente documento

El objeto del presente estudio consiste en obtener el conocimiento necesario sobre la dinámica litoral reinante en la zona, con objeto de proporcionar los datos necesarios para proponer soluciones al problema de regresión de la costa que ha afectado a la playa.

Se hace referencia a la posibilidad de implantación de un arrecife artificial frente al Cantal, entre las playas de La Cala del Moral y el Rincón de la Victoria.

### 1.2. Extensión geográfica

El estudio se extiende a las playas del término municipal del Rincón de la Victoria, citadas de Oeste a Este (figura 3):

- Cala del Moral
- Rincón de la Victoria
- Torre de Benagalbón
- Los Rubios

La figura 1 indica la posición de la zona de interés en la costa mediterránea andaluza y la figura 2 muestra su ubicación en la costa septentrional de Málaga.

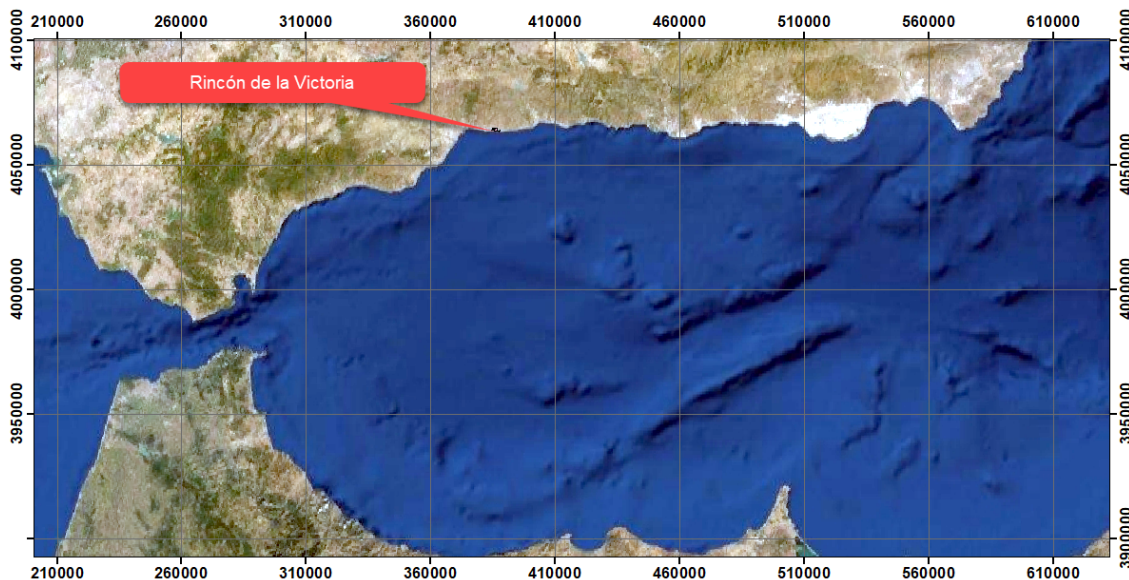


figura 1 Ubicación en la costa mediterránea de Andalucía

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

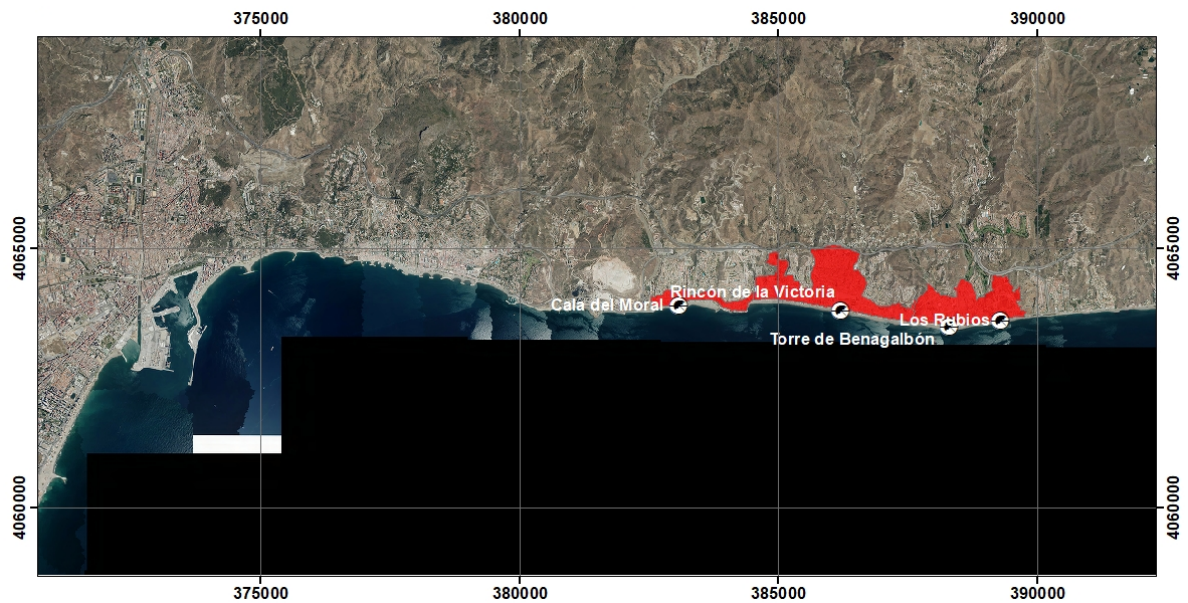


figura 2 Ubicación en la costa de Málaga

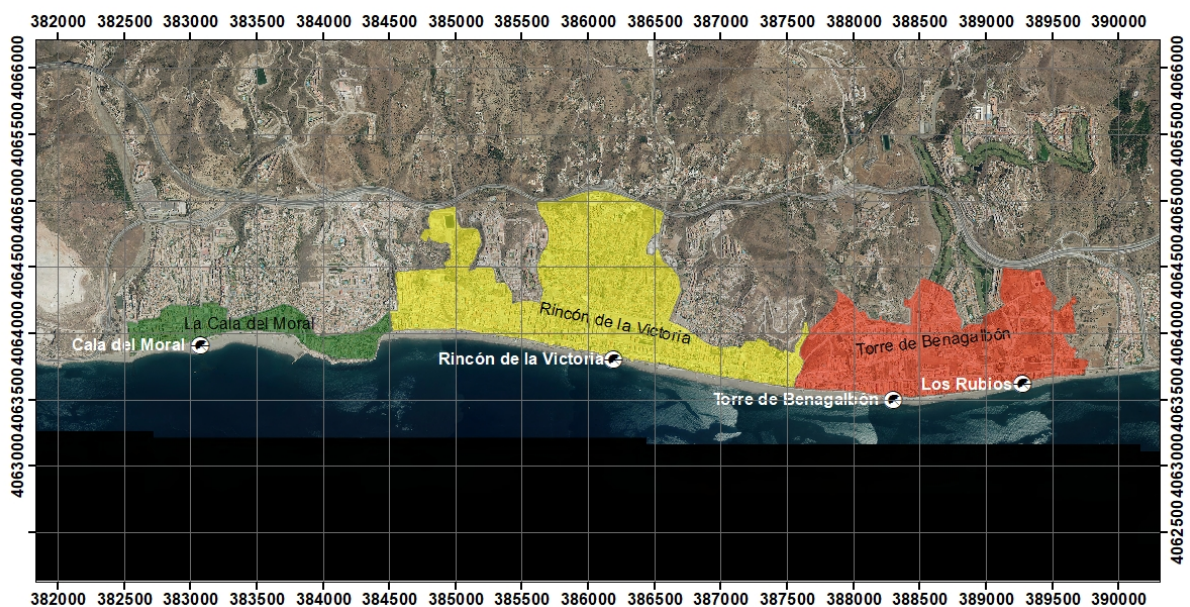


figura 3 Extensión del estudio y playas afectadas

La figura 5 muestra la perspectiva de la zona de interés, en la que las alturas de los edificios se han tomado del Catastro y se codifican en colores según indica la figura 4, suponiendo que cada planta tiene una altura total de 3.0 m.



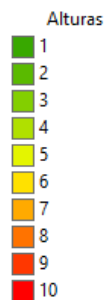


figura 4 Codificación de alturas en metros, de las edificaciones de la figura 5

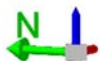


figura 5 Perspectiva de la zona de trabajo

### 1.3. Necesidad de realización del estudio básico de dinámica litoral

El presente documento constituye el estudio básico de dinámica litoral que prescribe en su artículo 91 el Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas<sup>1</sup>:

*Artículo 91. Contenido del proyecto*

....

*Cuando el proyecto contenga la previsión de actuaciones en el mar o en la zona marítimo-terrestre, deberá comprender un estudio básico de la dinámica litoral referido a la unidad fisiográfica costera correspondiente y de los efectos de las actuaciones previstas, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 93 de este reglamento (artículo 44.3 de la Ley 22/1988, de 28 de julio).*

---

<sup>1</sup> En lo sucesivo "Reglamento de Costas"

.....

#### 1.4. Contenido del estudio

El contenido del estudio básico de dinámica litoral prescrito viene determinado por el artículo 93 del Reglamento de Costas:

*Artículo 93. Contenido del estudio básico de dinámica litoral.*

*El estudio básico de dinámica litoral a que se refiere el artículo 91.3 de este reglamento se acompañará como anejo a la Memoria, y comprenderá los siguientes aspectos:*

- a) Estudio de la capacidad de transporte litoral.*
- b) Balance sedimentario y evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible.*
- c) Clima marítimo, incluyendo estadísticas de oleaje y temporales direccionales y escolares.*
- d) Dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático.*
- e) Batimetría hasta zonas del fondo que no resulten modificadas, y forma de equilibrio, en planta y perfil, del tramo de costas afectado.*
- f) Naturaleza geológica de los fondos.*
- g) Condiciones de la biosfera submarina y efectos sobre la misma de las actuaciones previstas en la forma que señala el artículo 88 e) de este reglamento.*
- h) Recursos disponibles de áridos y canteras y su idoneidad, previsión de dragados o trasvases de arenas.*
- i) Plan de seguimiento de las actuaciones previstas.*
- j) Propuesta para la minimización, en su caso, de la incidencia de las obras y posibles medidas correctoras y compensatorias.*

Las secciones siguientes recogen el contenido prescrito, si bien se ha alterado el orden, adaptándolo a una cronología natural, y se han añadido secciones adicionales, de forma que la lectura del documento resulte más sencilla y aprovechable.

#### 1.5. Ubicación del dominio público marítimo-terrestre

La ubicación de las líneas definitorias del DPMT se ha trazado a partir de los datos suministrados por la DG de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, y se muestran en la figura 6 y siguientes, por núcleos de población.

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)



figura 6 Líneas que definen el DPMT en la Cala del Moral

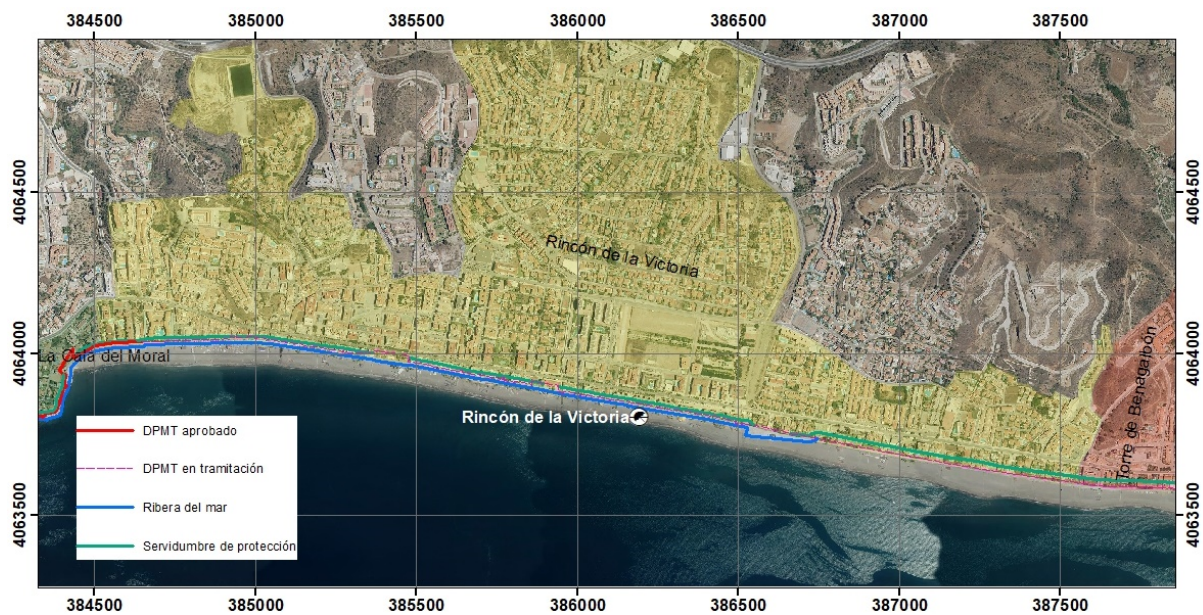


figura 7 Líneas que definen el DPMT en el Rincón de la Victoria



# ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

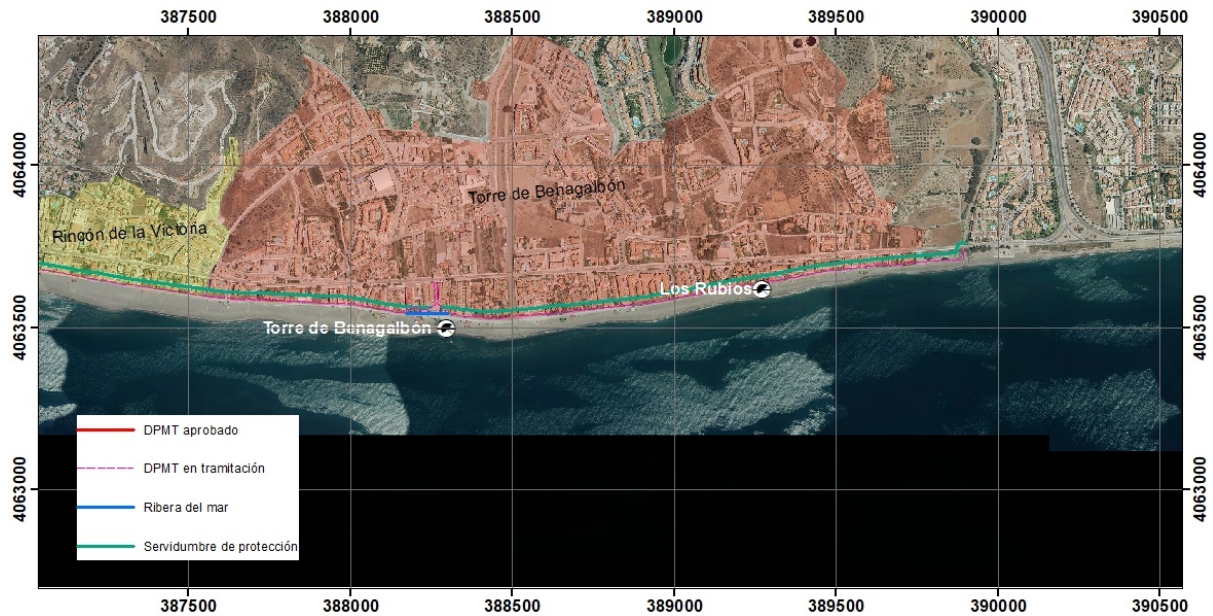


figura 8 Líneas que definen el DPMT en la Torre de Benagalbón

Sin perjuicio de lo anterior, este deslinde se está revisando actualmente y es susceptible de variar en el ámbito de actuación, si bien a efectos del presente estudio no afecta esta modificación.

## 1.6. Historia general de temporales en la zona de estudio

Con el fin de obtener un conocimiento inicial de las condiciones del oleaje en la zona de interés, se muestran a continuación las series temporales generales de eventos de oleaje en la zona de estudio, obtenidos en el nodo SIMAR empleado como una de las fuentes de datos utilizadas.

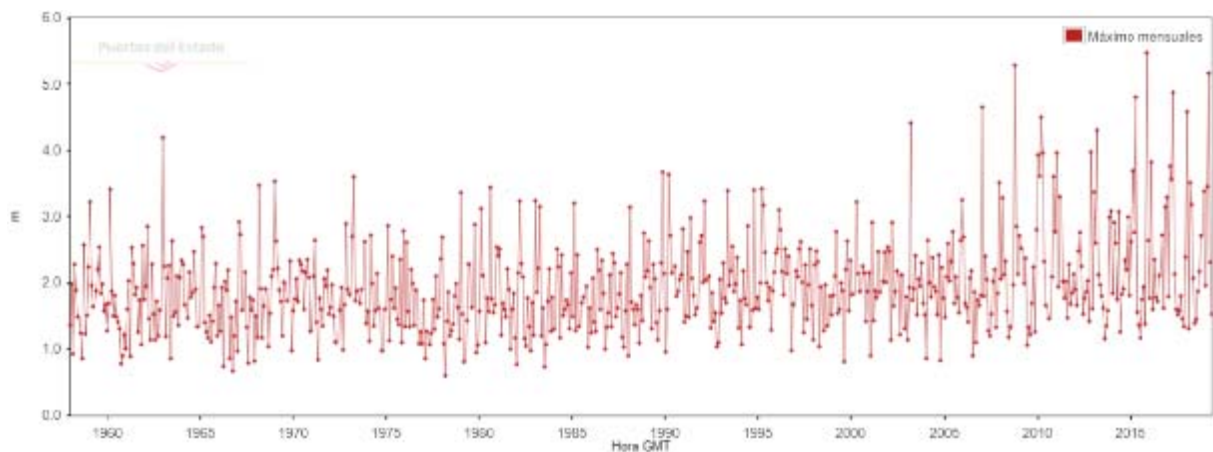


figura 9 Serie temporal de máximos mensuales de altura de ola significativa

# ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

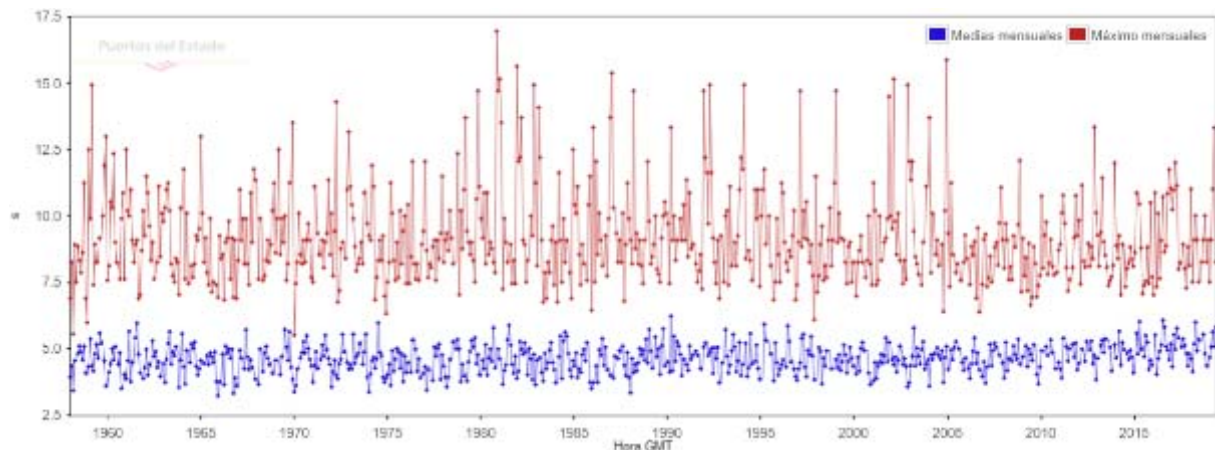


figura 10 Serie temporal de medias y máximos mensuales de periodos de pico

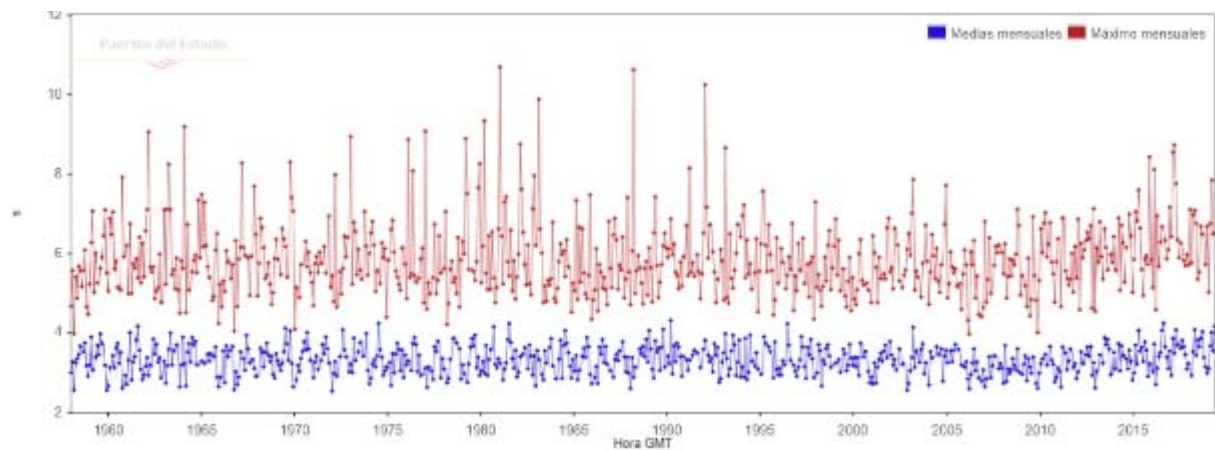


figura 11 Serie temporal de medias y máximos mensuales de periodos medios

## 1.7. Eventos recientes en la zona de estudio

La DG de Sostenibilidad de la Costa y del Mar ha emitido un informe (MITECO, 2019) sobre los temporales recientes en la costa de Málaga, una parte del cual se reproduce a continuación.

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: | <p>La provincia de Málaga ha tenido durante el invierno de 2018 dos temporales extraordinarios uno en el mes de enero de Levante y otro de Poniente a final de febrero inicio de marzo, acompañado este último por fuertes precipitaciones.</p> <p>Los daños originados por el viento y la interacción del oleaje sobre las playas, acompañada con pleamares extraordinarias, ha provocado fuertes escalones en las playas de Cala del Moral, Rincón y Los Rubios con afección al camino litoral de Benagalbón.</p> <p>Erosión provocada por la escorrentía de las fuertes lluvias ha provocado daños por aparición de cárcavas y surcos perpendiculares a la playa. Se han producido acumulación de escombros y otros materiales gruesos en las</p> |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | <i>desembocaduras y aparición de números restos antrópicos, basuras y restos vegetales en las playas arrastrados por el temporal.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| VALORACIÓN CUALITATIVA: | Grave                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| ACTUACIÓN PROPUESTA:    | <p><i>Compensación de los escalones y rellenos de los cauces y surcos producidos por la lluvia con una aportación de 5.000 m<sup>3</sup> de arena a la playa procedente zonas de acumulación.</i></p> <p><i>Como actuación final en la playa del Rincón y Los Rubios del Término Municipal de Rincón de la Victoria se realizará una limpieza, carga y transporte de restos procedentes de arrastres en las desembocaduras de los diversos ríos y arroyos que allí confluyen, así como otros materiales antrópicos, basuras, cañas, etc.</i></p> <p><i>Compensación de los escalones y rellenos de los cauces y surcos producidos por la lluvia con de arena de la playa procedente zonas de acumulación.</i></p> <p><i>Se realizará una limpieza, carga y transporte de restos procedentes de arrastres en las desembocaduras de los diversos ríos y arroyos que allí confluyen, así como otros materiales antrópicos, basuras, cañas, etc. de las playas de la Cala, Rincón y Los Rubios.</i></p> <p><i>Trabajo de Coordinación y seguridad y salud, vigilancia y control.</i></p> |

La serie temporal de  $H_s$  se muestra en la figura 12; en ella se observa que ha ocurrido un temporal aún mayor ( $H_s = 5.16$  m) el 27 de marzo de 2019. Las figuras sucesivas muestran los restantes parámetros definitorios del estado del mar.

Comparando con la gráfica de la figura 9 se deduce que los últimos temporales podrían considerarse como extraordinarios.

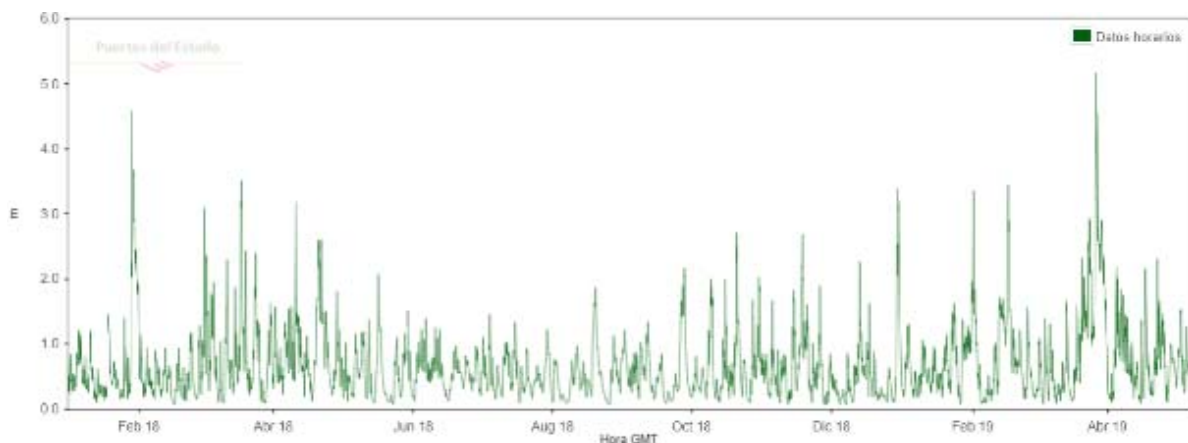


figura 12 Serie temporal de altura de ola significativa desde enero de 2018

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

---

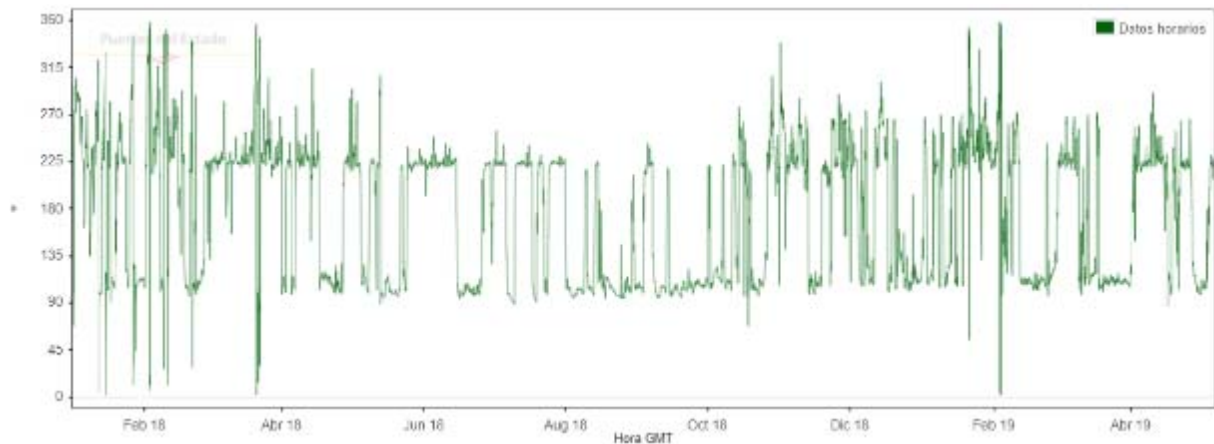


figura 13 Serie temporal de dirección media de procedencia

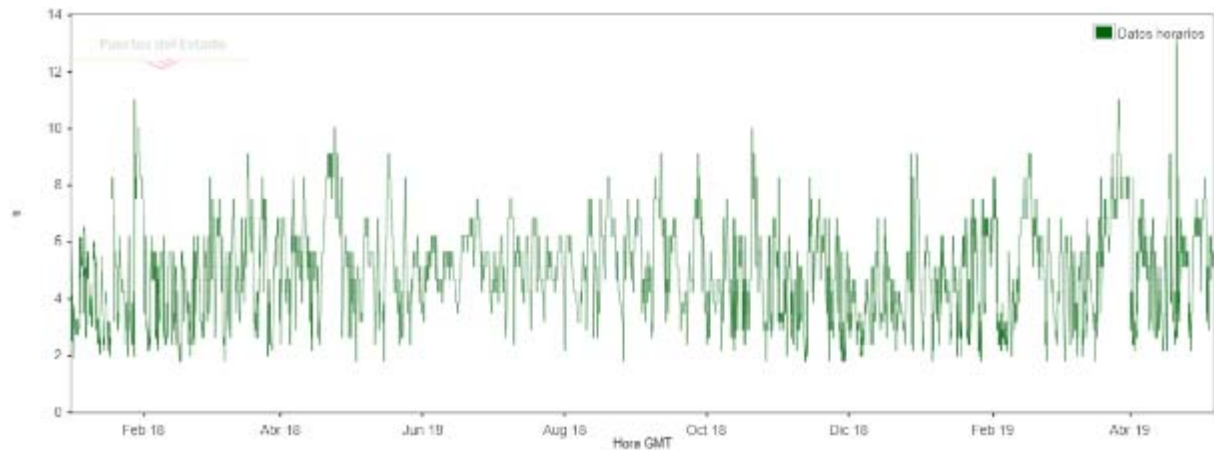


figura 14 Serie temporal de periodos de pico

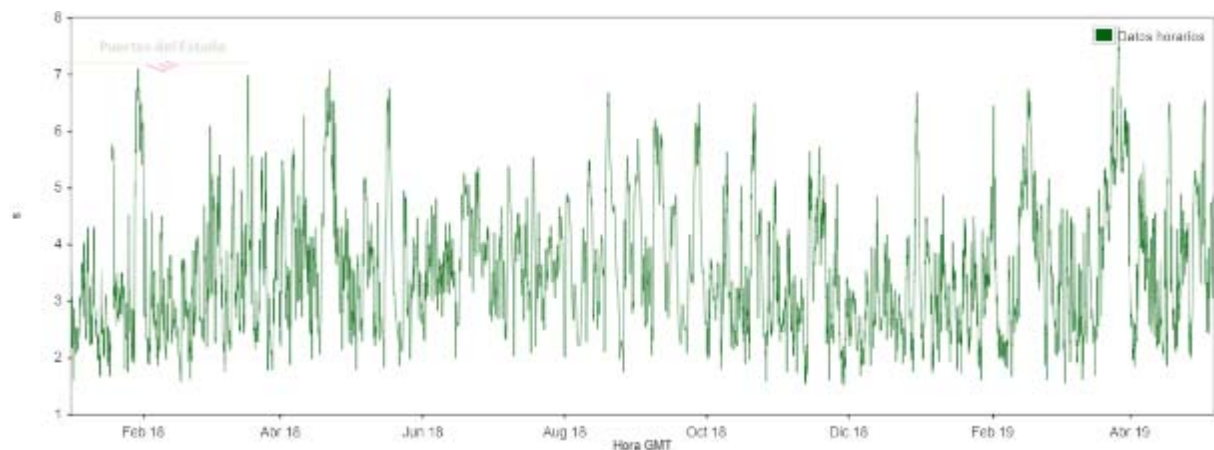


figura 15 Serie temporal de periodos medios

Se han descrito movimientos en el extremo de poniente de la playa del Rincón de la Victoria (zona de El Cantal). Los retrocesos, sin embargo, se compensan con avances producidos en épocas de temporales de levante, debido al efecto de barrera ejercido por dicho promontorio, por lo que no se han propuesto actuaciones en esa zona.

### 1.8. Modelos empleados en la ejecución del estudio

Se han empleado los modelos siguientes:

- Sistema de modelado costero CMS. El sistema de modelado costero es un conjunto integrado de modelos numéricos para simular el flujo, oleaje, transporte de sedimentos y cambio morfológico en las áreas costeras. El sistema está diseñado para aplicaciones prácticas en el funcionamiento de inlets y el movimiento de sedimentos en las entradas costeras y playas adyacentes para mejorar el uso de los fondos de operación y mantenimiento del *US Army Corps of Engineers* (USACE). CMS está pensado como una herramienta de investigación e ingeniería, y aprovecha la interfaz del sistema de modelado de aguas superficiales (SMS) para la generación de la red y la configuración del modelo, así como el trazado y el posprocesamiento.
- SBEACH: Modelo numérico de simulación para predecir la erosión de playas, bermas y dunas debido al oleaje y los cambios de nivel de agua. Tiene potencial para muchas aplicaciones en el entorno costero y se ha utilizado para determinar el destino de las alternativas de relleno de playa propuestas en condiciones de tormenta y para comparar el rendimiento de diferentes diseños de corte transversal de relleno de playa. Más información de este modelo se puede encontrar en (Larson & Kraus, 1989).

## 2. SISTEMA DE GEORREFERENCIACIÓN

Se han empleado los siguientes sistemas de proyección:

|                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Coordinate System: GCS WGS 1984<br>Datum: WGS 1984<br>Units: Degree | Sistema de coordenadas: ETRS 1989 UTM Zone 30N<br>Proyección: Transverse Mercator<br>Datum: ETRS 1989<br>False Easting: 500,000.0000<br>False Northing: 0.0000<br>Central Meridian: -3.0000<br>Scale Factor: 0.9996<br>Latitude Of Origin: 0.0000<br>Unidades: Meter |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

tabla 1 Sistemas de proyección utilizados

## 3. RED HIDROGRÁFICA

Los cauces principales vertientes en la zona de interés son los siguientes, de poniente a levante (figura 16):

- Río Totalán, que constituye el extremo occidental del tramo
- Río de Granadilla, vertiendo en la playa del Rincón de la Victoria
- Río de Benagalbón, que podría considerarse el límite entre la playa de la Torre de Benagalbón y Los Rubios, y el Arroyo de Santillán, límite oriental del tramo.



# ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

Además de estos cauces existen otros secundarios, varios de ellos de nombre desconocido, vertiendo en el tramo de costa en estudio. Se muestran en la figura 17.

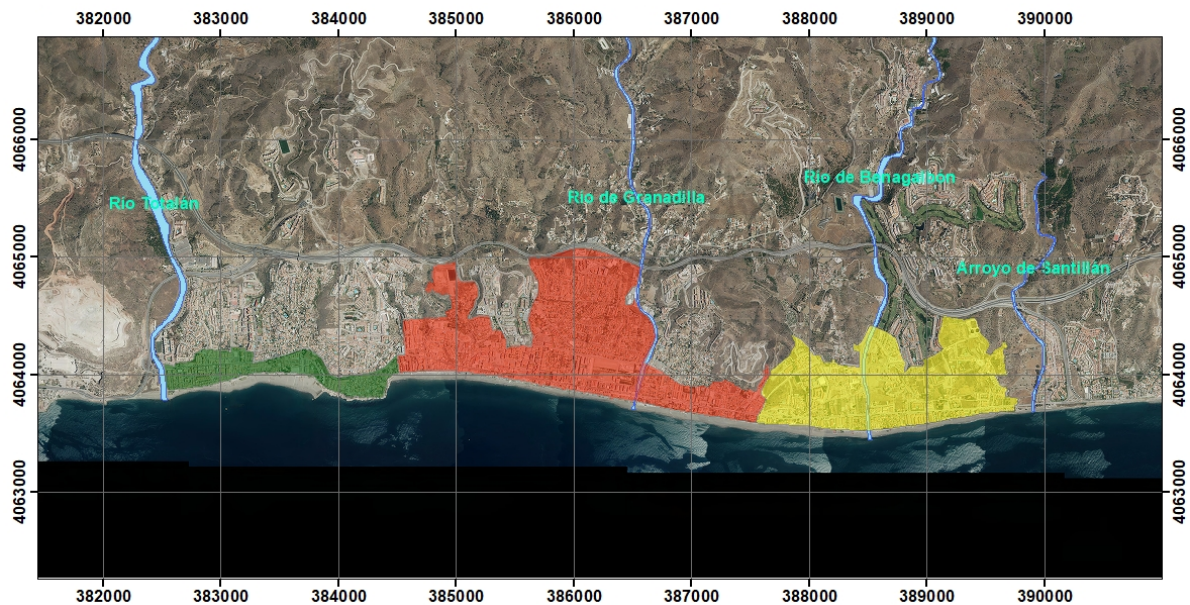


figura 16 Red hidrográfica principal

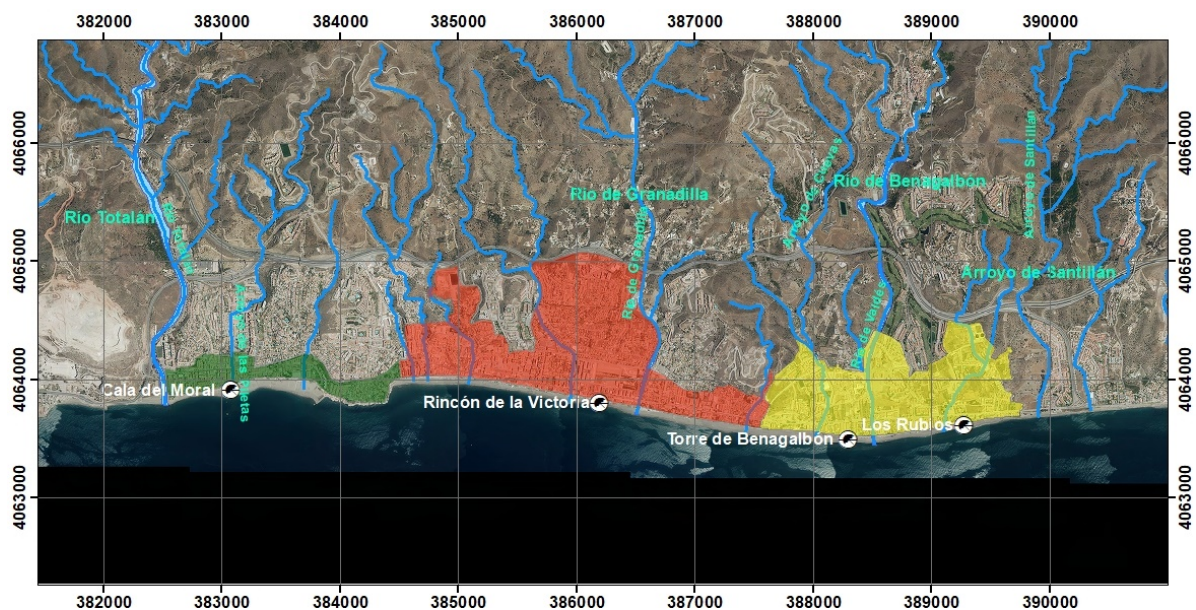


figura 17 Redes hidrográficas primaria y secundaria

## 4. EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

### 4.1. Introducción

Se ha obtenido la evolución del tramo de costa mediante fotografías históricas. Las fechas son lo más homogéneas posible, tratando de no mezclar fotografías obtenidas en épocas diferentes, con objeto de que los



cambios estacionales del perfil transversal de la playa no interfieran en el análisis de la evolución. La procedencia es del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea del IGN.

Se divide el tramo de costa en estudio en tres zonas, con objeto de facilitar su observación. Al final de cada grupo de fotografías se muestra la comparativa de líneas de orilla. Ha de tomarse en consideración que se desconoce el estado de marea astronómica, meteorológica y la sobreelevación producida por el oleaje, por lo que los datos aquí consignados son únicamente cualitativos.

No se dispone de datos de actuaciones sobre la unidad fisiográfica, por lo que se desconoce si la evolución mostrada es 100 % natural.

#### 4.2. Cala del Moral

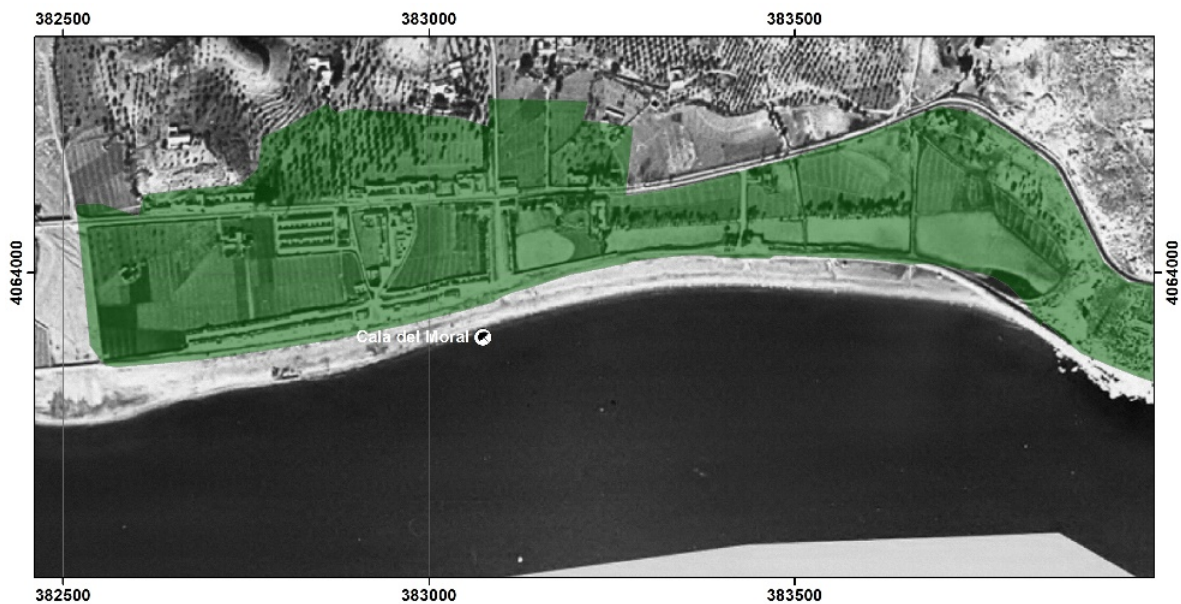


figura 18 Cala del Moral, 1957

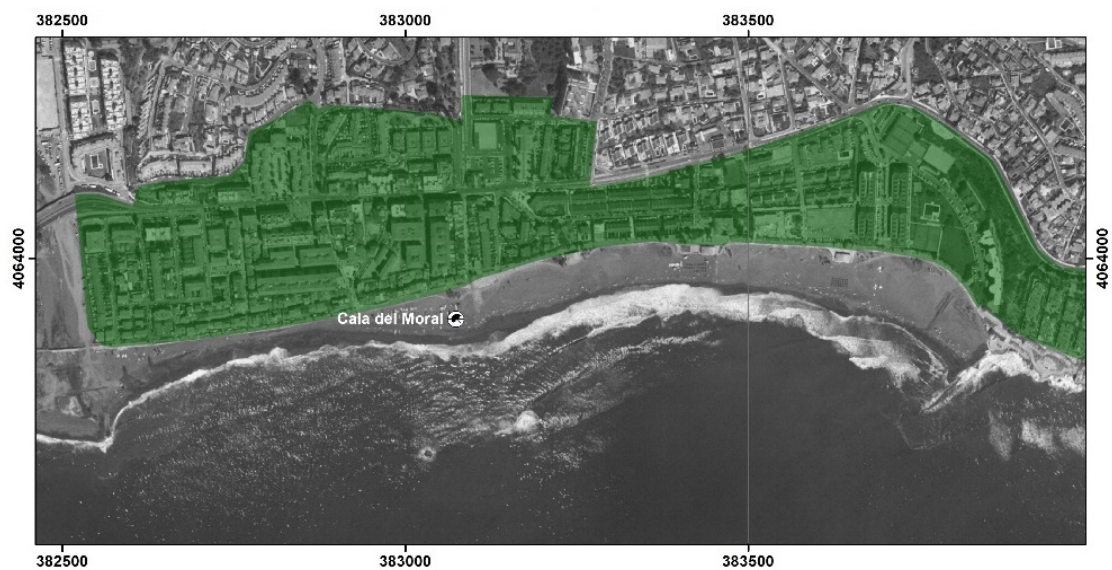


figura 19 Cala del Moral, 2004



figura 20 Cala del Moral, 2006



ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

---



figura 21 Cala del Moral, 2008



figura 22 Cala del Moral, 2010



ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

---



figura 23 Cala del Moral, 2010



figura 24 Cala del Moral, 2016



ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)



figura 25 La Cala del Moral. Líneas de orilla

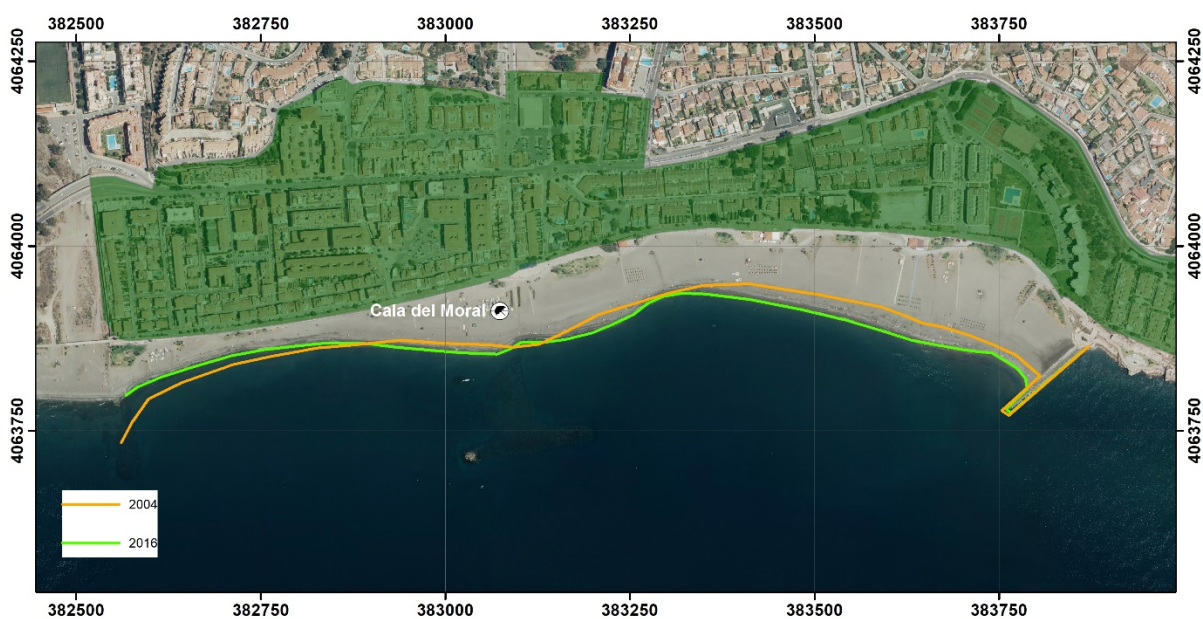


figura 26 Evolución reciente en la Cala del Moral

#### 4.3. Rincón de la Victoria

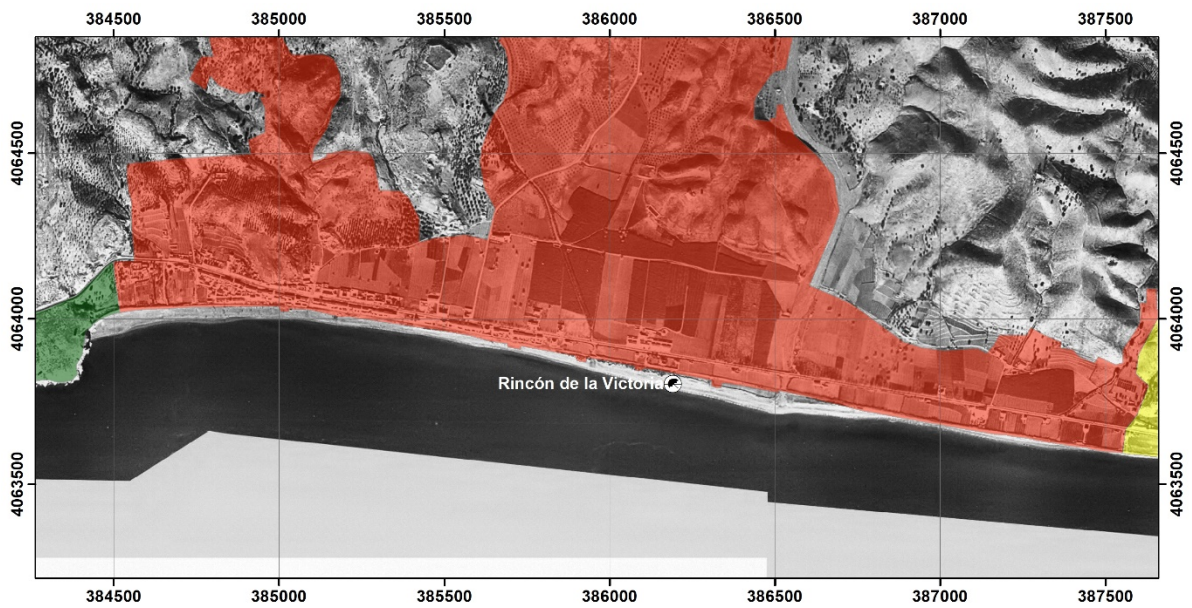


figura 27 Rincón de la Victoria, 1957

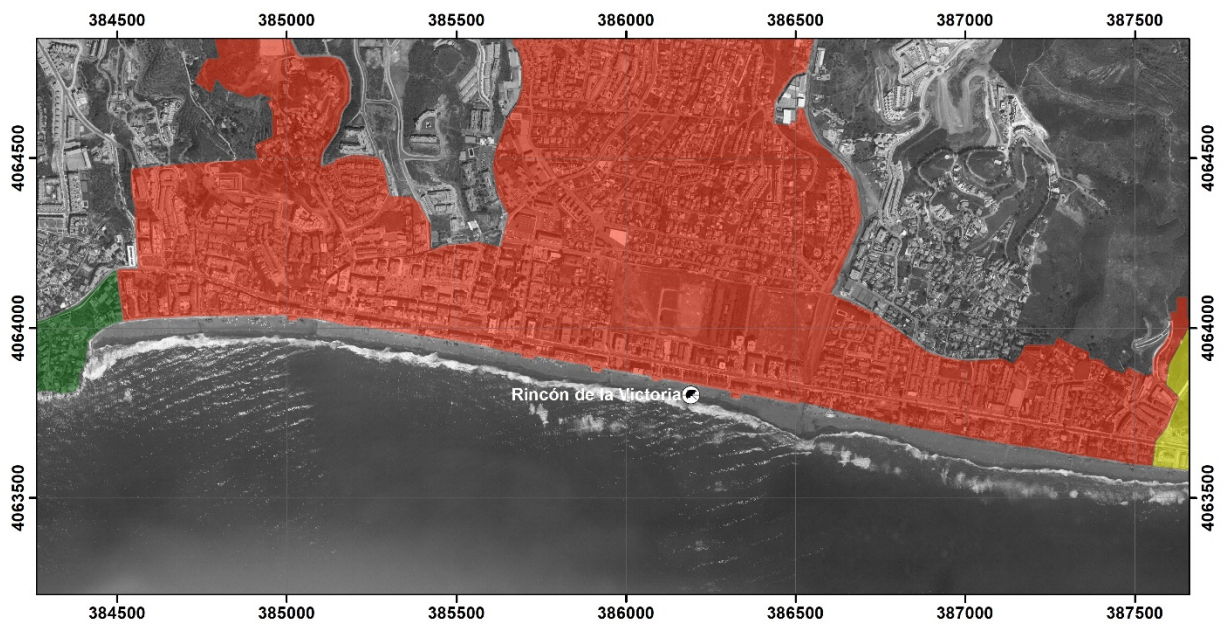


figura 28 Rincón de la Victoria, 2004



ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE  
ACTUACIÓN PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA EN LA COSTA  
DEL RINCÓN DE LA VICTORIA (MÁLAGA)

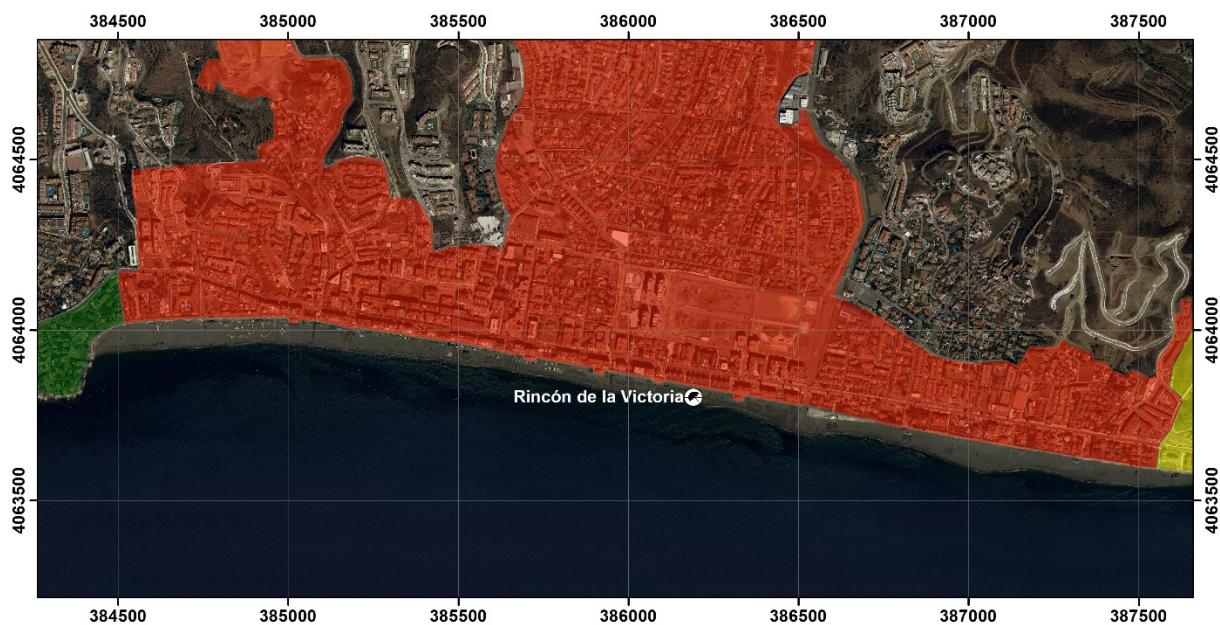


figura 29 Rincón de la Victoria, 2006

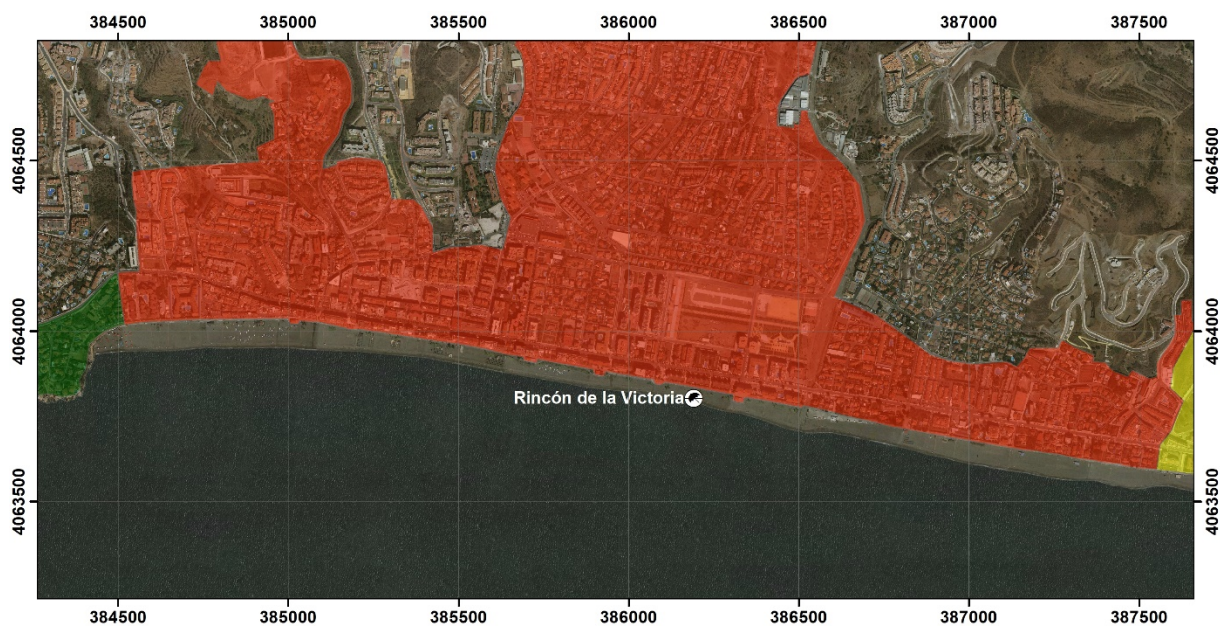


figura 30 Rincón de la Victoria, 2008