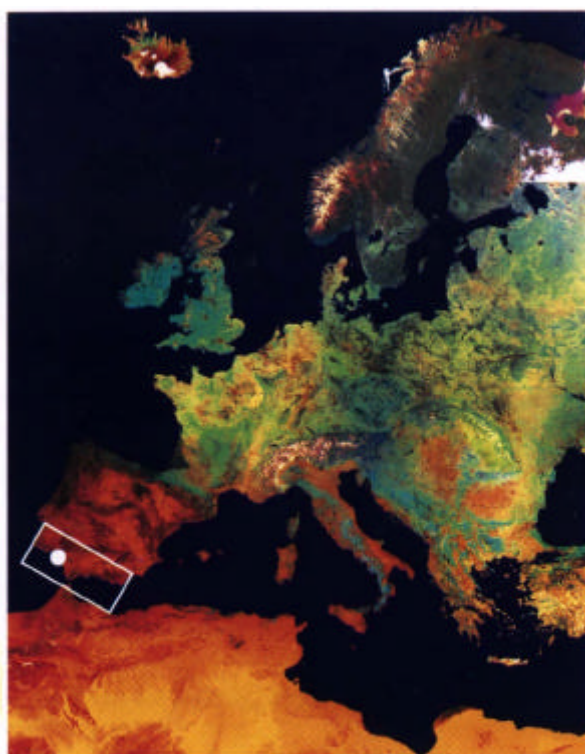


EL CONTROL DE CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS RECIENTES EN LAS ZONAS COSTERAS.

El marcado dinamismo que caracteriza a los espacios costeros como medios de transición, encuentra quizás su máxima expresión en las playas. Estas formaciones bajas y arenosas, que ponen en relación la zona continental con el medio marino, modifican constantemente su morfología adaptándola a las condiciones hidrodinámicas y de energía con que se ven afectadas. Este dinamismo puede plasmarse en una veloz modificación de la línea de costa y de las formaciones arenosas intramareales, con cambios que, en situaciones favorables para ello --derivas potentes con direcciones claramente dominantes, aportes sedimentarios adecuados.--, pueden representar magnitudes de orden hectométrico o kilométrico en pocos años. Por ello, la información territorial encuentra, a veces, importantes dificultades para recoger adecuadamente esta acelerada evolución, ya que, en la mayoría de las ocasiones, se trata de documentos incluidos en proyectos más generales, con períodos de actualización dilatada (mapas topográficos, por ejemplo), o bien de documentos ligados a demandas muy aplicadas que condicionan el tipo de parámetros recogidos (cartas náuticas).



*Situación de las zonas analizadas
Imagen NOAA. © Remote Sensing Division Rae
Farnborough 1985.*

En estas situaciones, la información generada por los satélites de recursos naturales de la llamada tercera generación (HRV-SPOT y TM-LANDSAT) constituye un eficaz instrumento para el control y la actualización de las rápidas modificaciones en la línea de costa, actuando como fuente complementaria de la información convencional, y a la vez, ofreciendo datos de significativo interés para la adecuada gestión de algunos recursos directamente afectados por aquellas (playas, acuicultura...). La posibilidad de extraer de forma precisa la línea de costa instantánea, aprovechando la casi completa absorción de la radiación infrarroja por el agua, su inmediata cartografía automática y el control periódico de su evolución, así como la fácil caracterización morfológica de los bajos intramareales que esta tecnología ofrece, se ha concretado, en Andalucía, en algunas experiencias sobre determinadas zonas de la costa atlántica, un sector litoral que, por presentar uno de los más elevados índices de dinamismo en nuestro país, es especialmente sensible a estas problemáticas. En ellas se intenta recoger la magnitud de estos cambios sobre la línea de costa, cambios que, en unas ocasiones están ligados, casi exclusivamente, al efecto de la potente dinámica natural (flecha del Rompido) y en otros, a la interacción de aquella con las importantes obras de infraestructura costera realizadas por el hombre (desembocadura del Guadiana y Bahía de Cádiz).

(9) - UN EJEMPLO DE EVOLUCIÓN NATURAL DE LÍNEA DE COSTA: LA FLECHA DEL ROMPIDO.

Esta espectacular formación litoral se ubica en el tramo central de una extensa costa baja y arenosa que se extiende desde el Cabo de Santa María (Portugal) hasta la desembocadura del río Guadalquivir. Su morfología baja y rectilínea actual no es más que el resultado del proceso de regularización de la costa más recortada que fijó la transgresión flandriense, un proceso al que la flecha del Rompido ha contribuido eficazmente durante los últimos años. La imagen en falso color recoge con precisión la extraordinaria magnitud de esta formación litoral con más de 15 Kms. de longitud, identificándose los sucesivos "ganchos" que marcan sus etapas de crecimiento hacia el Este y que provocan el progresivo desplazamiento en este sentido de la desembocadura del Río Piedras, hasta adoptar en la actualidad una extraña configuración morfológica de estuario en ángulo recto (Figura 9.1.). Esta peculiaridad morfológica se justifica por el importante volumen sedimentario suministrado por la deriva litoral oeste-este, que moviliza los sedimentos aportados por el Guadiana, la plataforma continental y los tramos regresivos de la costa onubense, hasta ser depositados, en parte, en el extremo distal de esta formación litoral. Este proceso ha ido creando, paralelamente, superficies protegidas al abrigo de la flecha donde se depositan sedimentos más finos hasta constituir lo que hoy son las marismas del Río Piedras, en gran parte sometidas a un intenso y reciente proceso de reconversión hacia la acuicultura.



Figura 9.1.: Imagen multitemporal de satélite SPOT, de fechas 4 de febrero de 1987 y 1 de enero de 1989. Falso color obtenido mediante inserción de un canal pancromático en los canales multiespectrales (1,2 y 3). El Rompido y su entorno.

El examen de la evolución geomorfológica de este tramo (Figura 9.2.) se ha realizado mediante la superposición de la línea de costa instantánea extraída de una imagen TM (1-2-85) y la correspondiente a 1956 (Figura 9.2.), extraída de la carta náutica del mismo año, con la ayuda del tratamiento geométrico previo que permite unificarlas en escala y proyección. En la figura 9.3., se aprecia un crecimiento en la flecha del orden de un kilómetro, lo que significa una progresión media de 30 mts/año, constituyendo un elevadísimo índice en términos de cinemática litoral en condiciones naturales y no "inducidas" como otras experiencias que se expondrán más adelante. Del mismo modo, en las playas contiguas al extremo de la flecha, también se observa la presencia de alteraciones importantes en la línea de costa (sector El Portil-La Bota). En este sentido, la extensa playa existente frente al Portil en 1957 se ha desplazado hacia el sector de la Bota, acompañando solidariamente al desplazamiento del extremo de la flecha, ya que su presencia está ligada al efecto protector que ejercen las formaciones intramareales asociadas a la boca del estuario (delta de reflujo), las cuales facilitan esta progradación "momentánea" de la playa. La marcada zona cóncava situada al este de esta protuberancia en la costa de Huelva (al este de la Bota), se explica por la finalización del efecto protector de las formaciones arenosas y la recuperación de la carga sólida de la deriva a costa de este tramo litoral, "hoy" también claramente regresivo.



Figura 9.2.: Principales modificaciones de la línea de costa en el sector Terrón-La Bota (Huelva), entre 1956 y 1985.



Figura 9.3.: Superposición de la línea de costa de 1956 (negro) sobre la costa actual obtenida por clasificación de una imagen Landsat-TM.

(10) - OBRAS DE INGENIERÍA Y ALTERACIONES DE LÍNEAS DE COSTA: LA DESEMBOCADURA DEL RÍO GUADIANA.

El Guadiana constituía, hasta fechas muy recientes, una de las principales fuentes de sedimentos en la costa onubense. Estos, más los desplazados desde el sector portugués por la potente deriva hacia levante, conformaban en su desembocadura un complejo sistema morfodinámico controlado por el oleaje, las mareas y el caudal fluvial, de tal forma que las áreas próximas a la misma se caracterizan por la presencia de numerosas formaciones arenosas intra e inframareales --una especie de delta submarino que queda perfectamente reflejado en la batimetría de la zona--, sometidas a procesos dinámicos de significativa importancia (Figura 10.1). Históricamente, mientras una parte de estos sedimentos continuaban su desplazamiento hacia levante, una vez superaban la desembocadura, otros eran retenidos en la formación de sucesivas flechas y contraflechas litorales que hacían progresar la desembocadura hacia el sur, al mismo tiempo que extensas y protegidas superficies quedaban aisladas en su interior para convertirse en magníficas formaciones marismeñas en proceso de colmatación, tal y como se observa en la imagen en falso color de la zona (Figura 10.2).

La construcción y consolidación de importantes obras de infraestructura costera (espigones y diques) para facilitar el comprometido acceso a los importantes puertos pesqueros de la zona durante los años 70 (Villa Real de San Antonio y Ayamonte en el Guadiana e Isla Cristina en el Río Carreras), supuso una considerable alteración en el tránsito longitudinal de sedimentos y en el funcionamiento natural de las formaciones arenosas intramareales. La adaptación de las formaciones arenosas y playas a las nuevas condiciones hidrodinámicas creadas propició importantes cambios en la configuración de la línea de costa, unos cambios que las imágenes seleccionadas en esta ocasión nos permiten visualizar, cartografiar y cuantificar.



*Figura 10.1.: Carta náutica de la desembocadura del río Guadiana.
Instituto Hidrográfico de la Marina, 1985.*

El color naranja se corresponde con todas las tierras emergidas en la fecha del 15-10-85 (Figuras 10.3 y 10.4), día en que el satélite LANDSAT registró la imagen, y representa, por lo tanto, una acertada actualización, para esa fecha, de la línea de costa próxima a la desembocadura del Guadiana. Sobre esta imagen, obtenida a través de la simple segmentación de la banda TM-5 (infrarrojo próximo), se han superpuesto, tras el necesario tratamiento informático para adecuarlos a las características geométricas y escala de aquella, diferentes documentos cartográficos correspondientes a fechas anteriores a la realización de las citadas obras de infraestructura. Las modificaciones morfológicas más evidentes inducidas por aquellas pueden observarse entonces con facilidad, presentando peculiaridades propias según se analicen las zonas a poniente o a levante de los diques.



Figura 10.2.: Imagen de satélite Landsat-TM de fecha agosto de 1987. Falso color (3,5,4). Desembocadura del río Guadiana y su entorno.

En los espacios situados a poniente, el efecto de "tapón" a la corriente sólida litoral ha sido total en el Guadiana y parcial en el Río Carreras (las infraestructuras sólo llegan aquí a la batimetría -7 mts.), aunque en ambos casos ha propiciado la rápida acumulación de sedimentos y la lógica y constante progradación de las playas apoyadas en las infraestructuras. A levante, la situación ha sido un poco más compleja, ya que los diques ejercen ahora un importante efecto "protector" sobre las formaciones arenosas (antiguos deltas submarinos), respecto al oleaje del suroeste, dominante en la zona. Este efecto ha modificado el sistema morfodinámico natural en las formaciones arenosas,

que ahora se ven dominadas por el oleaje de levante, el cual las "empuja" hacia la costa (sector frente a Isla Cristina) o bien las modifica significativamente respecto a su morfología anterior (sector del Guadiana). En cualquier caso al adoptar nuevas posiciones influyen --a través de su repercusión en la refracción del oleaje-- sobre las direcciones de las derivas locales, modificando los ángulos de aproximación del oleaje, e induciendo importantes cambios morfológicos. El efecto actual sobre la línea de costa --ya que es un proceso aun inconcluso-- se observa con nitidez en la imagen (Figura 10.3), donde se puede identificar con precisión la nueva "isla" formada frente a Isla Cristina y la importante remodelación en las playas de Isla Canela. Aquí, las nuevas derivas locales han propiciado la erosión de los tramos intermedios del frente exterior de la Isla y la progradación en el sector central y en los extremos distantes.



Figura 10.3.: Superposición de la línea de costa extraída del mapa militar de España de 1956 (en rojo) sobre la línea de costa actual.



Figura 10.4.: Superposición de la línea de costa extraída de una carta náutica correspondiente a 1985 (en rojo), sobre la línea de costa instantánea extraída de una imagen de satélite Landsat-TM de la misma fecha.

(11) - MODIFICACIONES DE LÍNEAS DE COSTA EN LA BAHÍA DE CÁDIZ.

La playa de Valdelagrana, se ubica en el interior de la Bahía de Cádiz, si bien en su sector más exterior y expuesto al oleaje atlántico, y se caracteriza por presentar la peculiar forma de "concha" de las bahías (Figura 11.1.). Esta playa abriga, también, una singular zona marismeña (los Torruños) drenada por el Caño de San Pedro y asentada, en parte, sobre antiguos cordones litorales, cuyos "ganchos" más distales se identifican con facilidad en la imagen en falso color correspondiente al 19 de Abril de 1984-5 (Figura 11.2). Esta también recoge los diferentes estadios de evolución de la marisma, con diferentes niveles altimétricos y una vegetación perfectamente adaptada a las variables condiciones restrictivas que impone la progresiva influencia mareal, desde los pisos más inferiores con predominio de espartinas, a los superiores y sólo excepcionalmente inundados, ocupados fundamentalmente por el "Arthrocnemum macrostachyum". Sobre la imagen se reconocen la amplia y extensa playa actual y el cordón de dunas embrionarias que marca su límite superior. Recorriendo estas dos unidades hacia el sur, se observa cómo ambas se ven interrumpidas por la desembocadura de pequeños caños de marisma, hasta llegar al extremo más distal, caracterizado por la presencia de una flecha litoral cuya evolución ha sido bastante significativa en los últimos años, en gran parte debido a la influencia que sobre su dinámica ha ejercido la construcción de un gran relleno sobre la marisma (la Cabezuela), el cual, disminuyendo la sección de la desembocadura, ha reforzado las corrientes de marea.

Para observar esta evolución se han superpuesto, igualmente, las líneas de costa instantáneas de dos imágenes TM (Figura 11.3.), sobre la correspondiente a una imagen RBV, tras el conocido proceso de digitalización y corrección geométrica. Entre las fechas del 13-6-82 y el 19-4-84, la playa progresa sensiblemente, mientras la cara externa de la flecha meridional retrocede. Por el contrario, entre el 19-4-84 y el 1-2-85, es el conjunto de la playa el que retrocede debido a la incidencia del oleaje invernal, aunque esta evolución es mucho más espectacular en la cara externa de la flecha que, además, ha progresado sobre el Caño de San Pedro, con lo que se estrecha aun más su desembocadura y se refuerzan las corrientes de marea. La configuración de las pequeñas desembocaduras de los cañuelos que seccionan la playa nos revelan un cambio reciente en la deriva litoral, ya que algunas de ellas (la más septentrional, por ejemplo) están ahora controladas por una deriva hacia el norte, cuando en las imágenes anteriores revelaban la incidencia de una deriva en dirección sur. Igualmente, la imagen constata un sensible ensanchamiento de las demás bocas, en particular la más meridional que se extiende hacia el noreste.

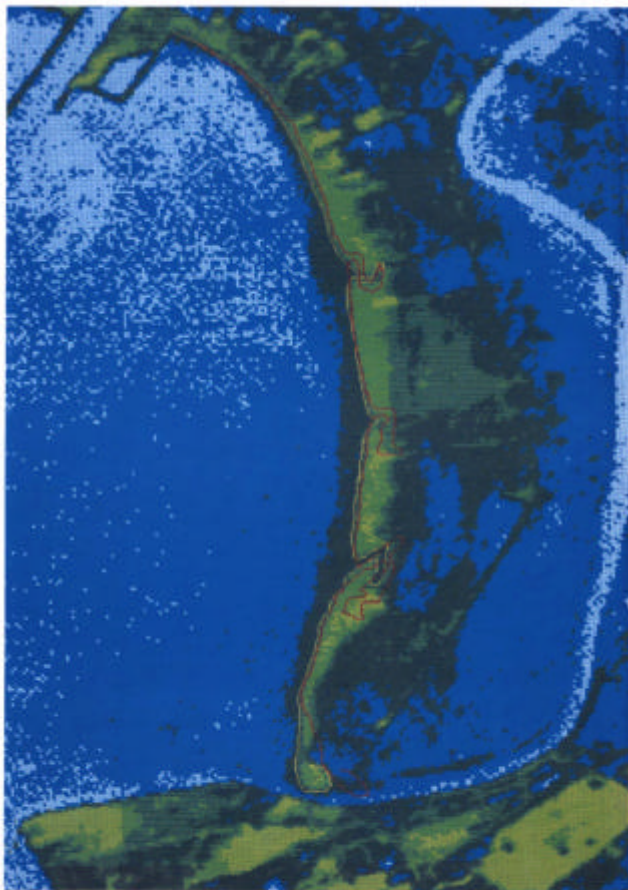


Figura 11.3.: Evolución de las líneas de playa de Valdelagrana y Levante entre 1982 rojo y amarillo 1985.

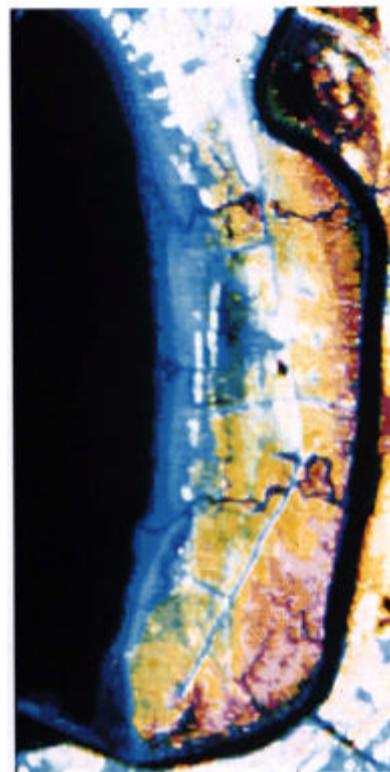


Figura 11.2.: Imagen de satélite Landsat-TM de fecha 19 de abril de 1984.

Falso color obtenido mediante neocanales (TM3 + TM4), (TM2 + TM4), (TM3 TM5/TM3+TM5).