



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Desarrollo de herramientas para la Gestión integral del litoral.

Autor: Jose Luis Almazan Garate

Institución: Universidad Politécnica de Madrid
E-mail: almazan@ono.com

Otros autores: María del Carmen Palomino Monzón (Universidad Politécnica de Madrid); Hilda Araceli Márquez Caba (Universidad Politécnica de Madrid)



RESUMEN:

España se caracteriza por su gran longitud de costas y por la importancia que estas tienen en su economía, y en como la gestión de ellas puede influir decisivamente en el medio ambiente y en la sostenibilidad de los ecosistemas de la franja costera y de la plataforma litoral. La franja litoral es una zona frágil que requiere de estrategias para evaluar, planificar, gestionar y administrar adecuadamente los recursos con los que cuenta para lograr el desarrollo sostenible de la misma, lo que requiere de la integración de información de diversas áreas del conocimiento. Para ello está en curso de realización el proyecto 'Desarrollo de nuevas tecnologías de Modelización física del entorno costero y herramientas para su uso en la Gestión Integral del Litoral en España'. Los objetivos que se plantean en el proyecto son: a) Desarrollar y optimizar un sistema integrado para la realización de batimetrías sucesivas de alta precisión, b) Integrar los resultados medidos a lo largo del tiempo en un tramo costero con modelos informáticos de dinámica litoral y evolución de playas, c) Diseñar el sistema de información geográfica, que sirva de apoyo a la toma de decisiones para la gestión integral de la costa, d) Determinar los criterios para la identificación y cuantificación de las alternativas de actuaciones en la costa y f) Desarrollo de indicadores de sostenibilidad, que comprendan aspectos socioeconómicos, geográficos y ambientales. El proyecto se presenta dividido en dos fases, la primera enfocada a la descripción de la aplicación de las técnicas de posicionamiento por satélite y métodos informáticos para la obtención de batimetrías de precisión así como su aplicación a modelos de evolución de playas y la incorporación de esta información en un GIS, y la segunda fase, se establecen los criterios para la identificación y cuantificación de indicadores de las posibles actuaciones consideradas en el tramo litoral de la correspondiente unidad fisiográfica objeto de análisis que sirva de base para la toma de decisiones del gestor del espacio litoral. Los indicadores de sostenibilidad, en desarrollo, comprenden aspectos socioeconómicos, geográficos y ambientales, que permiten la evaluación integral de las actuaciones sobre el litoral.



1. INTRODUCCIÓN.

España es uno de los países que goza de gran atractivo turístico gracias a sus costas. Cuenta con un aproximado de 7,880 kilómetros donde interactúan más de 24 millones de habitantes y a la que se le agrega unos 50 millones de turistas que cada año disfrutan del litoral español.

Debido a esta situación y a otras de tipo ambiental, se han generado una serie de problemas que amenazan el equilibrio del litoral; principalmente el problema de la erosión. La Unión Europea llevó a cabo el estudio de la erosión en las costas, por un periodo de tres años. Entre las causas que se consideraron en el estudio, se encuentra la construcción de infraestructuras que detienen o modifican el depósito de sedimentos que llegan al mar a través de ríos y torrentes, o la extracción masiva de arena en algunas zonas para la construcción.

Además de agregar la actividad antropogénica, la erosión costera también se vería afectada por el aumento del nivel del mar y de las tormentas e inundaciones, que el informe relaciona con el calentamiento de la atmósfera.

En cuanto a España, se afirma que existe una degradación significativa que afecta al 11,5 % del litoral, con un grado "elevado" de erosión en playas de Andalucía, Cataluña, la comunidad valenciana, las Islas Baleares y Cantabria, mientras que el fenómeno sería "moderado" en Galicia, Asturias, País Vasco y Murcia.

Para frenar este problema, el Ministerio de Medio Ambiente contempla una serie de medidas, como la expropiación de áreas críticas implicadas en procesos erosivos para permitir su libre evolución, la creación de estructuras de defensa de costas, el desmantelamiento de barreras artificiales que impiden el transporte de sedimentos, la regeneración de playas o el mantenimiento de un ancho libre frente litoral.

Las instituciones se enfrentan a una situación muy delicada y la búsqueda de soluciones que satisfagan tanto a las propias necesidades humanas como a la conservación del medio ambiente, la hace una tarea complicada. Entre las posibles formas de actuar, el Ministerio apuntaba en un informe al "turismo sostenible", que implicaría la planificación a largo plazo de una industria turística e inmobiliaria que no busque el beneficio inmediato a costa de la explotación desmedida de los recursos naturales.

Para llevar a cabo una correcta toma de decisiones, es necesario contar con una perspectiva amplia del problema, para ello se deben de aplicar todos los recursos de tecnología con los que se disponga.

En este marco de referencia, se presenta el proyecto de investigación "Desarrollo de nuevas tecnologías de Modelización física del entorno costero y herramientas para su uso en la Gestión Integral del Litoral en España" (BIA2006-15555). En este proyecto, se integran las herramientas tecnológicas como lo son los Sistemas de Información geográfica. Sistemas cuya versatilidad los convierten en la opción espacial de mayor relevancia en la integración de información de diferentes fuentes.

En complemento al desarrollo de esta herramienta, en la segunda etapa del proyecto que está en desarrollo, se están estableciendo los criterios que permitirán segmentar la



unidad fisiográfica en unidades evaluables, para facilitar la incorporación de la información recopilada y uso de la misma. Se establecerán los criterios para la identificación y cuantificación de indicadores de las posibles actuaciones consideradas en el tramo litoral de la correspondiente unidad fisiográfica objeto de análisis que sirva de base para la toma de decisiones del gestor del espacio litoral. Los indicadores de sostenibilidad, comprenderán aspectos socioeconómicos, geográficos y ambientales. En conjunto, ambas herramientas permitirán evaluar las actuaciones sobre el litoral y sus efectos en el paisaje, así mismo permitirán al gestor llevar a cabo la toma adecuada de una forma integrada.

En este trabajo, se ha utilizado tanto información obtenida ad hoc para el mismo como información existente en otras instituciones, fundamentalmente la Jefatura de Costas de Cádiz de la Dirección General de Costas del Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino; así como información obtenida por el equipo redactor de este trabajo para la institución mencionada. Parte de la información que presentamos es con la autorización dada por el entonces Jefe de la Demarcación de Costas Andalucía Atlántico, D. Federico Fernández Ruiz-Henestrosa, a quien queremos expresar nuestro agradecimiento junto a los Dr. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, D. Gregorio Gómez Pina y D. Andrés Ortega Cuenillas, quienes también fueron Jefes del servicio de Costas de Cádiz.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Cádiz es la capital de la provincia de Cádiz (Andalucía, España), núcleo urbano del área metropolitana de la Bahía de Cádiz y nudo de comunicaciones de la Bahía. Conformando junto a los municipios de San Fernando, Puerto Real, El Puerto de Santa María, Chiclana de la Frontera, Rota y Jerez de la Frontera la Mancomunidad de Municipios de la Bahía de Cádiz, tercer núcleo poblacional de Andalucía y uno de los más activos económica e industrialmente, en Andalucía, España. Posee una superficie de 7.435,85 Km².

La provincia limita al norte con las provincias de Sevilla y Huelva, al este con la provincia de Málaga, al suroeste con el Océano Atlántico, al sureste con el Mar Mediterráneo, y al sur con el Estrecho de Gibraltar y la colonia británica de Gibraltar.

La unidad fisiográfica objeto de análisis está integrada por los municipios de Chipiona y Rota. Entre ambos municipios hacen una extensión superficial de 117.2 Km² y la población total es de 45753 habitantes.

En la primera fase de la investigación, se realizó el estudio de las playas que se describen a continuación:

2.1 PLAYA DE REGLA

Tipo de playa: Urbana

Tipo de Arena: Fina

Ocupación: Alta

Morfología: Arena

Oleaje: Moderado

Longitud: 1700 metros

Se halla enmarcada entre las Playas Cruz del Mar-Las Canteras y Camarón con una longitud de 1.700 metros. Esta playa cuenta con diversos puntos de servicios de socorrismo y salvamento. Es por su proximidad a la zona urbana una playa muy concurrida y posiblemente la más emblemática de Chipiona.



Figura 1. Vista de la playa de Regla

2.2 PLAYA DE LA BALLENA

Tipo de playa: Urbana
Morfología: Arena
Ocupación: Alta
Longitud: 4500 metros

Tipo de Arena: Fina dorada
Oleaje: Suave
Ancho: 35 metros

Es una estrecha franja de arena fina y dorada, afectada por la construcción de una gran urbanización, que llevará el mismo nombre que la playa. De esta forma, su aspecto actualmente salvaje pronto pasará a estar urbanizado. La playa contará con todo tipo de equipamientos: centros comerciales, paseo marítimo, parking, parques infantiles, y carril bici; además de un campo de golf a pie de playa que ya está en funcionamiento. Actualmente se accede a la playa a través de unos pasos de madera y dunas



Figura 2. Vista de la playa La Ballena

2.3 PLAYA DE LA COSTILLA

Tipo de playa: Urbana
Morfología: Arena
Ocupación: Alta
Longitud: 2200 metros

Tipo de Arena: Fina dorada
Oleaje: Suave
Ancho: 40 metros

La Costilla está considerada como una de las mejores playas de España. Su proximidad al casco histórico, permite alternar los baños de sol y mar con las visitas a los monumentos cercanos. El paseo marítimo que se eleva unos tres metros sobre el nivel del mar. La medida más visible del plan de regeneración es el espigón localizado en el extremo este.



Figura 3 Vista de la playa La Costilla

2.4 PLAYA DE ROMPIDILLO

Tipo de playa: Urbana
Morfología: Arena
Ocupación: Alta
Longitud: 1500 metros

Tipo de Arena: Fina dorada
Oleaje: Suave
Ancho: 30 metros

Un saliente de tierra, denominado Pico de Barro, delimita esta playa. Su situación más resguardada hace que sean de aguas tranquilas. Han sido sometidas a un plan de regeneración que aún no ha finalizado. La playa del Rompidillo cuenta con un hermoso paseo marítimo que la recorre en toda su longitud para desembocar en el Puerto Deportivo de la Villa.



Figura 4 Vista de la playa Rompidillo



3. METODOLOGÍA

Cada una de las playas fue levantada dos veces en un año para calcular de modo directo, a través de la comparación de las superficies sumergidas obtenidas, las zonas en planta donde se producen aterramientos y erosiones, así como la cubicación de estos volúmenes entre los perfiles de verano y los perfiles de invierno que adoptan estas playas, como consecuencia de alternancias estacionales de temporales y calmas.

Adicionalmente, se realizaron comparativas con, al menos, un año de intervalo y correspondientes a la misma época del año para evaluar la evolución de las playas a largo plazo. Las batimetrías utilizadas proceden todas de anteriores estudios de la demarcación de Costas de Andalucía-Atlántico en Cádiz.

Entre las diversas actividades que se realizaron se pueden citar las siguientes:

1. Recopilación de información: Recopilación de cartografía terrestre existente en el Servicio Geográfico del Ejército y el Instituto Geográfico Nacional. Recopilación de datos sobre vértices geodésicos de la Red Geodésica Nacional en la zona de estudio. Recopilación de cartas náuticas de la zona en el Instituto Hidrográfico de la Marina. Recopilación de datos de oleaje existentes en la Base de Datos del Departamento de Clima Marítimo del Ente Público Puertos del Estado, y en el Centro de Estudios de Puertos y Costas del Centro de Estudios y Experimentación de Obras públicas.
2. Elección de las ubicaciones de las estaciones de referencia en las Playas de Regla, Costa Ballena, La Costilla y El Rompidillo, así como el enlace de estas con vértices geodésicos de la Red Geodésica Nacional y el vértice de la red Regente de La Ballena.
3. Calibración y pruebas en las zonas de medida del equipo DGPS, calibración y pruebas de la Ecosonda digital.
4. Ejecución de las campañas topobatimétricas en verano e invierno.
5. Integración de la información.
6. Diseño y trazado de la información en el software seleccionado.
7. Diseño de la Base de datos.
8. Generación de productos.

4. DISEÑO DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

Con la información mencionada anteriormente, se procedió a desglosarla de tal manera que fuera posible incluirla en un sistema de información geográfica. Para ello fue necesario llevar a cabo la validación y transformación de datos de tal manera que fueran accesibles para el software. De las actividades que se llevaron a cabo se encuentran las siguientes:

1. **Despliegue del plano base que incorpore las cuatro playas:** Se obtuvo el plano base y se procedió a su conversión de AutoCad a formato compatible con ArcView. Las bases que referenciaron para tener la ubicación espacial de los objetos de estudio también fueron incluidas.

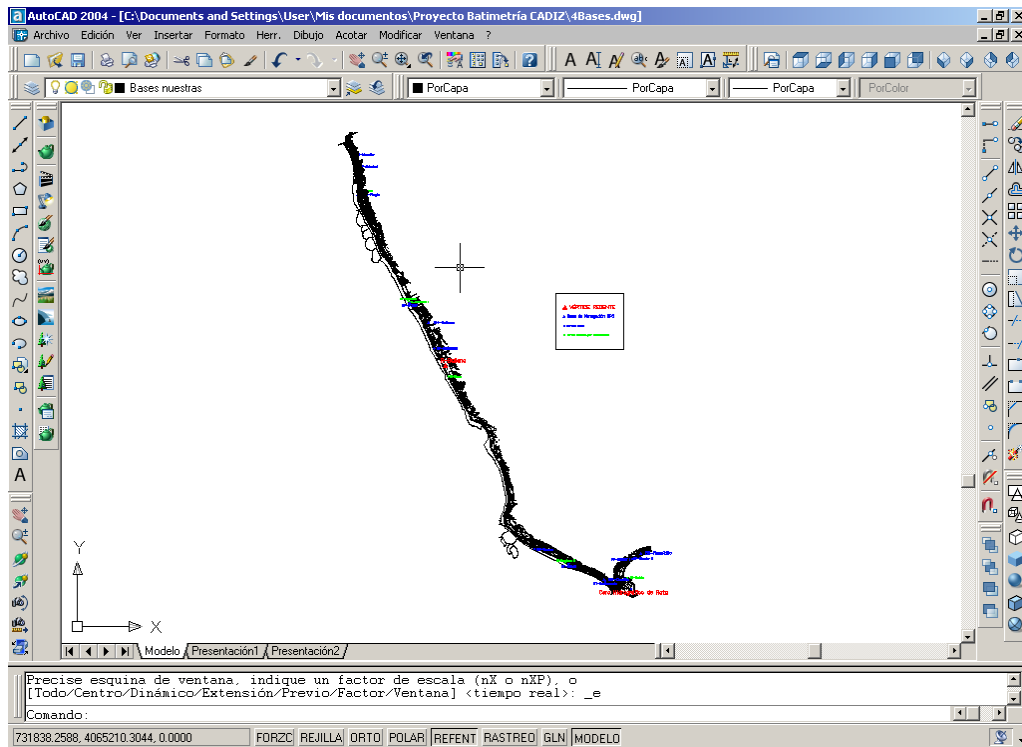


Figura 5 Plano de AutoCad

2. **Captura e integración de los puntos georeferenciados de los 140 puntos de muestreo:** Así mismo se agregó la información correspondiente al número del perfil en el cual fue tomada la muestra, la ubicación espacial, la profundidad, D50 y la fecha en la cual fueron tomados los datos. Lo anterior queda resumido en la siguiente tabla de información.

Playa	Descripción	Perfil	4	2	0	-1	-2	-3	-5
REGLA	espigón monolito	2	0.32	0.36	0.72	roca	roca	roca	Sin profundidad
		8	0.27	0.21	0.82	0.29	0.1	0.37	roca
		13	0.32	0.25	0.25	0.14	0.18	roca	roca
		16	0.17	0.17	0.18	0.17	roca	roca	roca
N-S	palmeras convento	8	0.27	0.17	0.18	roca	roca	roca	roca
		18	0.27	0.17	0.18	roca	roca	roca	roca
BALLENA	Trophy Hotel	8	0.2	0.21	roca	roca	0.42	0.17	roca
		16	0.35	0.22	0.24	0.28	0.16	0.15	0.16
		22	0.32	0.22	0.28	0.4	0.15	0.16	0.09
		30	0.36	0.51	0.32	0.34	roca	0.14	roca
N-S	Escuela de vela rambla	36	0.19	0.36	0.28	0.22	roca	0.32	0.31
		36	0.19	0.36	0.28	0.22	roca	0.32	0.31
COSTILLA	espigón BN	2	0.18	0.34	0.29	0.56	roca	roca	roca
		6	0.32	0.33	0.54	0.36	0.45	roca	roca
		12	0.22	0.32	0.31	0.37	0.31	roca	roca
		16	0.23	0.51	0.33	0.2	roca	roca	roca
S-N	Base Fondemar Limite urbano	16	0.23	0.51	0.33	0.2	roca	roca	roca
		24	0.3	0.27	0.9	0.23	roca	roca	roca
ROMPIDILLO	espigón acceso nuevo	2	0.25	0.1	0.25	0.38	0.3	0.25	roca
		4	0.32	0.16	0.13	0.28	roca	roca	roca
		6	escollera	0.23	0.17	0.29	roca	roca	roca
		9	0.27	0.76	roca	0.12	0.18	roca	roca
SO-NE	playa chorrillo	9	0.27	0.76	roca	0.12	0.18	roca	roca
		12	0.25	0.3	0.22	0.13	0.18	0.15	roca

Tabla 1. Tabla de muestreo de las playas

- 3. Conversión de datos de las sondas que se tomaron en las campañas batimétricas de verano en invierno:** La información que se tiene para el desarrollo del trabajo, se encuentra en diversos formatos, ninguno de ellos compatibles con el software ArcView. Para llevar a cabo esta conversión, fue necesario transformar la información y dejar la referencia espacial de cada punto que estaba georeferenciado. Cada uno de los puntos que forman la línea de sonda está plenamente ubicado en el plano con la información (x,y,z).
- 4. Incorporación de las líneas de las batimetrías con sus respectiva etiquetas:** La información que se obtuvo en formato de AutoCad, fue convertida a formato legible por ArcView para ello fue necesario procesar los datos integran cada uno de los puntos de las batimetrías.

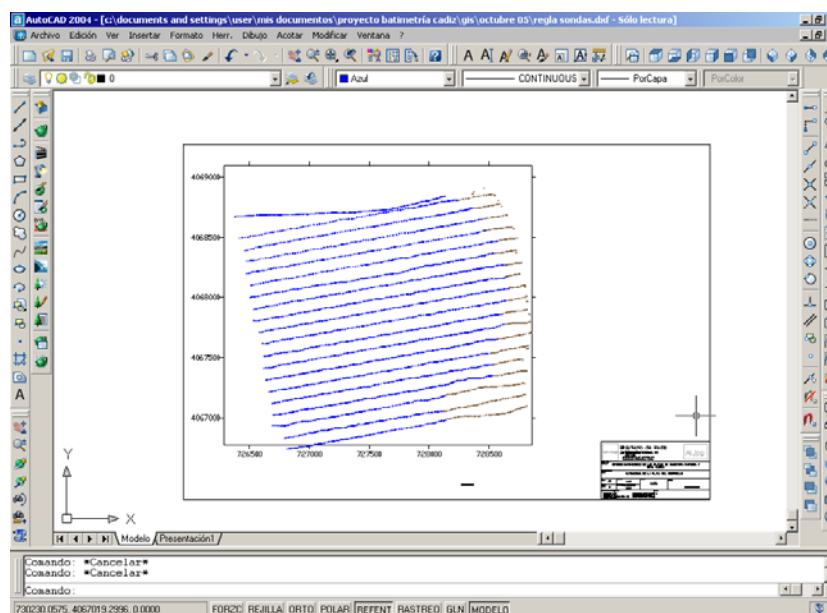


Figura 6 Batimetría en AutoCad

5. **Trazado de las diferencias entra las batimetrías de las campañas de verano e invierno.**
6. **Trazado de los perfiles para cada una de las cuatro playas:** Cada uno de los perfiles fueron trazados, así mismo la asociación de cada perfil en ArcView a su imagen agregada en otra vista.

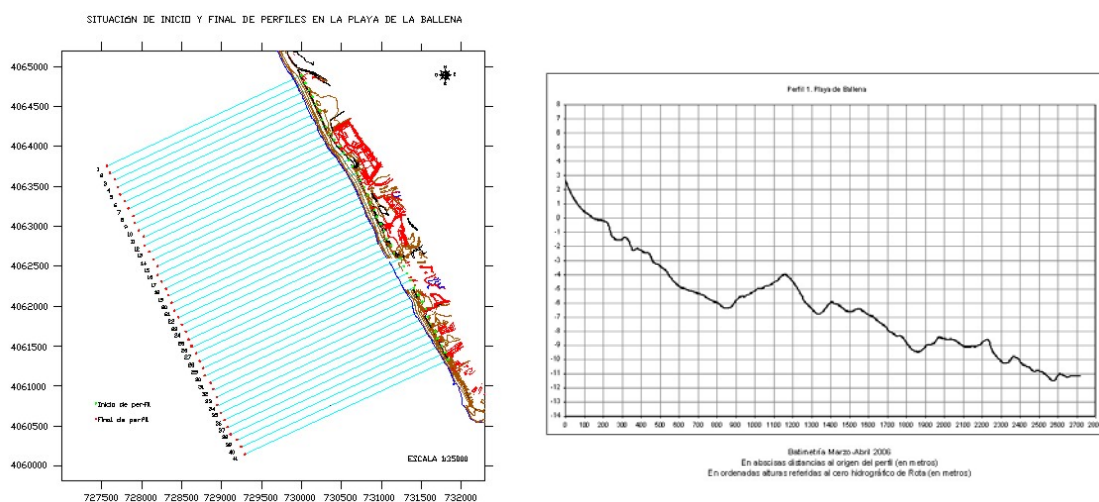


Figura 7 Trazado del perfil en AutoCad y la imagen del perfil

7. **Incorporación de los modelos tridimensionales para cada una de las playas levantadas:** Cada uno de los modelos tridimensionales que se obtuvieron, fueron agregados a una nueva vista, al interpretar los modelos, es importante recalcar que estos se han generado a partir de perfiles distanciados cada 100 metros entre si, es decir, la densidad de sondas en la dirección longitudinal de los perfiles es mucho mayor que en el transversal. Esto quiere decir que una sucesión de “picos” en sentido transversal u oblicuo a la dirección de los perfiles puede representar una formación continua.
8. **Integración de la comparativa de batimetrías:** Son bien conocidas las variaciones estacionales que experimentan las playas, principalmente tras el paso de los temporales que se dan en el invierno. Los perfiles de las playas adoptan formas características, reconocibles en las batimetrías, experimentando una fuerte erosión en la zona emergida, material que se reacomoda tras el punto de rotura. Estas zonas no están tan bien definidas en lugares con fuertes mareas, como es el caso de la costa estudiada con carreras de marea en torno a los tres metros y medio. Es preciso mencionar que si existe transporte sólido litoral a lo largo de la costa, no se recuperan los perfiles de verano, siendo la erosión irreversible. Así mismo es pertinente conocer el alcance de este fenómeno, por lo cual es necesario hacer un estudio más profundo de las corrientes existentes y su transporte de sólidos, de manera potencial y real.

5. RESULTADOS.

En esta primera fase del proyecto, el sistema de información geográfica Cádiz es una herramienta que permite visualizar la información incorporada de manera más fácil, permitiendo el diseño e impresión de los productos que dependerán de las necesidades del usuario. Cada uno de los elementos que se agregan al SIG se encuentra debidamente georeferenciados; entre ellos se encuentran las muestras de sedimentos que se tomaron en las dos campañas topobatimétricas, la tabla de información contiene el número de perfil en el cual fue tomada la muestra, la ubicación geográfica, la profundidad y la fecha en que fue tomada la muestra.

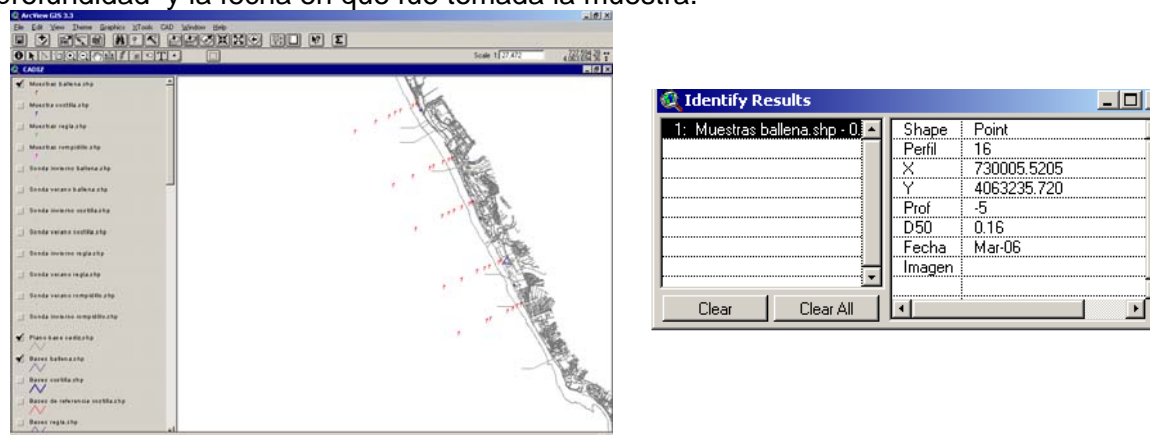


Figura 8 Puntos de muestreo y tabla de datos

Otros de los elementos anexados al sistema son las batimetrías de verano e invierno, las cuales pueden ser superpuestas para obtener la diferencia que representa una estación con respecto a la otra.

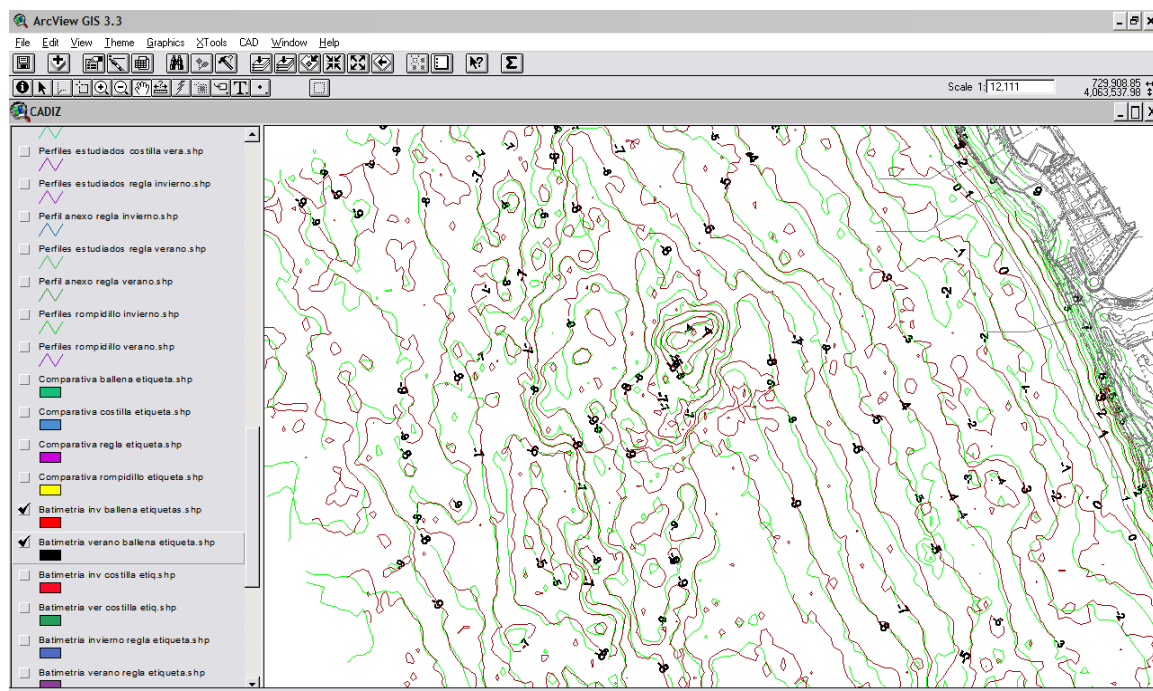


Figura 9 Batimetrías de verano e invierno

Además se trazaron los perfiles para cada playa, los cuales están georeferenciados y asociados a la imagen que representa el perfil.

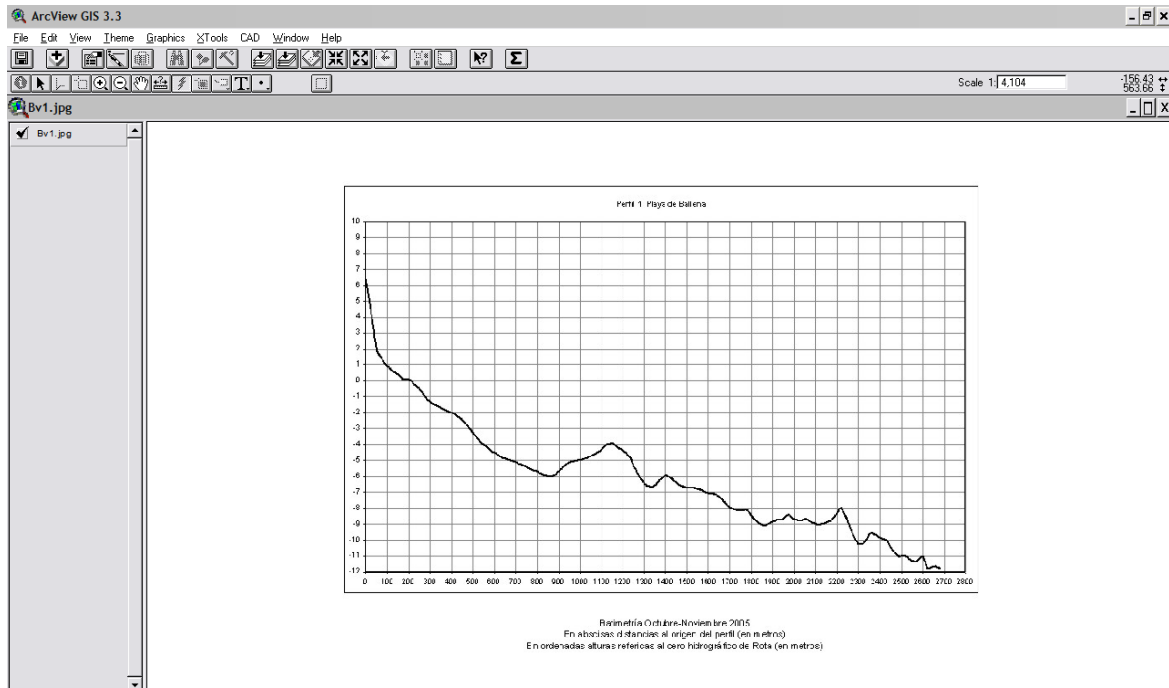


Figura 10 Perfiles.

Así mismo se pueden obtener productos que dependerán de las necesidades de información del usuario del sistema, en este caso se muestran dos productos, como lo son la disposición de capas de información seleccionadas por el usuario y el reporte impreso de datos que previamente se seleccionaron.

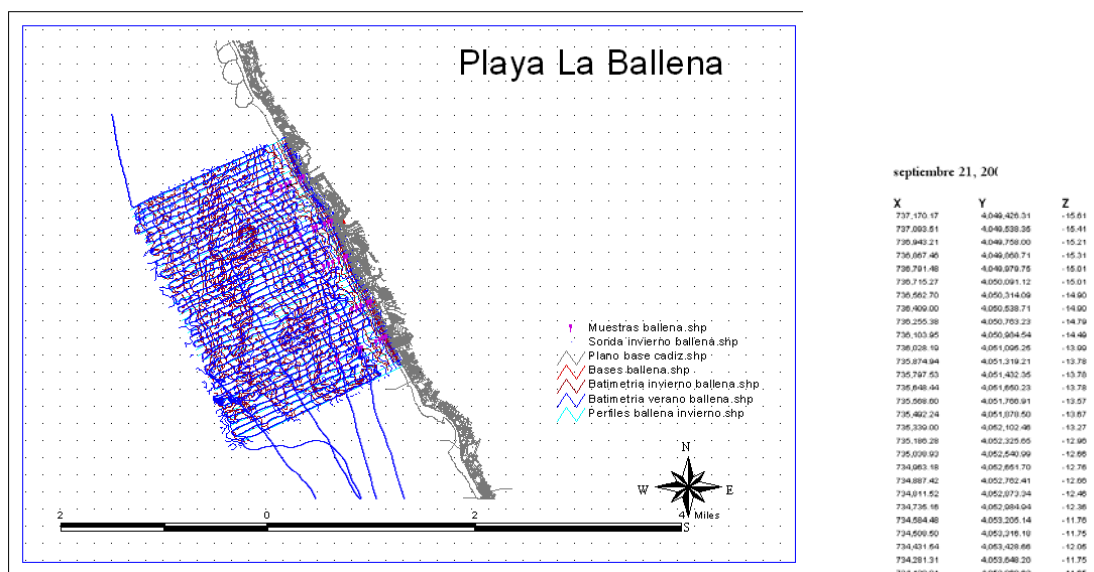


Figura 11 Disposición de capas y reporte impreso



6. DESARROLLO DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD.

Dada la fragilidad de los ecosistemas presentes en la franja litoral, la importancia que se deriva de su naturaleza pública, justifica los diversos intentos proveer de instrumentos y orientaciones para la gestión integral en las zonas costeras realizados desde la Unión Europea.

El interés y la necesidad de un desarrollo sostenible y las actuales preocupaciones frente a las amenazas que pesan sobre el ambiente y el mal manejo de los recursos naturales, han llevado a que los planificadores, tomadores de decisión y demás organismos, re-examinen los medios de los que se dispone para evaluar y vigilar la evolución y tendencias del ambiente, del uso de los recursos naturales y los procesos de desarrollo (Winograd et al., 1995; EU, 1996; Backhaus et al., 2002).

De acuerdo a lo anterior, el proceso de la toma de decisiones y el análisis y seguimiento de las políticas y estrategias de desarrollo utiliza frecuentemente datos, estadísticas indicadores económicos y sociales a nivel regional y nacional (UNEP, 1993; UNDP, 1994). Sin embargo, la parte ecológica, la información equivalente no se encuentra disponible para los usuarios o en muchas ocasiones no existe, lo que impide que la toma de decisiones en materia ambiental se efectúe sin tomar en cuenta los componentes y características de los procesos reales. Es así que resulta necesario disponer de los indicadores que pueden llegar a convertirse en una herramienta importante para comunicar y hacer accesible información científica y técnica para diferentes grupos de usuarios (Lindsey, et al., 1977).

Para evaluar correctamente las actuaciones que se propongan y comprobar las consecuencias de dichas actuaciones, es necesario disponer de un sistema de medida y evaluación que sea coherente a las características de la zona. Por ello, es necesario disponer de una serie de indicadores, que constituyen una herramienta de control y evaluación de la mejora ambiental y la calidad de vida, adaptados a las necesidades específicas de cada región y modelo socioeconómico de desarrollo.

El manejo integral de la zona costera, ha sido reconocido como un sub- campo de la planeación ambiental. Incorpora varios sectores y cobra relevancia regional dado que ha crecido el reconocimiento de la importancia del anejo costero para la seguridad alimenticia, disminución de la pobreza, la conservación de la biodiversidad, la reducción de riesgo de los peligros naturales y el desarrollo económico (Lowry, 2002). En consecuencia, todas aquellas actuaciones que se lleven a cabo en la zona costera, deberán de cumplimentar las tres realidades: económica, social y medioambiental.

Dada la complejidad de la información que pudiera desplegarse de lo anterior, es necesario contar con herramientas que simplifiquen la toma de decisiones.

Es en este sentido, el desarrollo de indicadores de sostenibilidad permitirán la ponderación de los criterios que integren las tres esferas de acción (económica, social y medioambiental), los cuales serán integrados al sistema de Sistema de Información Geográfico que permita la actualización y consulta de información de los indicadores de manera cualitativa y cuantitativamente.



Desde el punto de vista metodológico, se está la realización de un diagnóstico que permita la fragmentación de la unidad fisiográfica, de tal manera que se evalúe el estado actual de cada segmento, estableciendo cada una de las características que tienen en común y las diferencias e interrelaciones entre ellas. Este análisis establecerá las pautas posibles a seguir de las actuaciones que se desarrollarían en cada segmento de la franja litoral considerada en cada caso.

Así mismo se desarrollarán los criterios para el establecimiento, en su caso de indicadores, cuya finalidad será establecer los criterios que valorarán las posibles actuaciones en los segmentos considerados, dependiendo de las particularidades de estos últimos. Para ellos la investigación propuesta pretende realizar una definición básica y personalizada de los indicadores y concretarlos en un “case study” que se desarrollarán para la zona de estudio seleccionada. Estos indicadores responderán a las tres esferas de acción: económica, social y medioambiental.



7. CONCLUSIÓN

Los sistemas de información geográfica son herramientas de gran utilidad cuando se requiere del manejo de grandes cantidades de información espacial además de la manipulación de datos cartográficos.

La Gestión Integral del Litoral y el cumplimiento de la normativa del agua, exigen el tratamiento simultáneo de una masa de información, buena parte de ella georeferenciada; que hace que los sistemas de información geográfica constituyan una adecuada herramienta para su manejo ya que toda la información o el conjunto de datos es transformada a datos cartográficos o alfanuméricos.

Con la integración de los indicadores de sostenibilidad al Sistema de Información Geográfica, se pretende dotar a las autoridades competentes de la posibilidad de emplear una herramienta de utilidad, para evaluar las actuaciones que se pretendan llevar a cabo o para el análisis de propuestas de restauración, así como para analizar y justificar al conjunto de “stake holders” del ámbito litoral las decisiones, o no, adoptadas.

8. BIBLIOGRAFÍA.

1. Almazán, J., (2006), “El Régimen jurídico de los Puertos del Estado. Agenda de Legislación” Edit. E.T.S. Ing. Caminos, C. y P.
2. Almazán, J., (2002), “Posicionamiento y navegación de precisión en 2D y 3D: batimetrías de alta precisión”. Edit. E.T.S. Ing. Caminos, C. y P.
3. Bosque, J. (2006), “Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos”, Edit. Ra-Ma.
4. Gavala Laborde, J. (1992). “Geología de la Costa y Bahía de Cádiz”. Diputación de Cádiz.