

## Atlas del Litoral Pacífico Colombiano: Aplicativo Basado en Tecnología SIG

Alexander Mogollón Díaz<sup>1</sup>  
Carlos Enrique Tejada Vélez<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Grupo de Investigación en Manejo Integral de Zonas Costeras,  
Centro Control Contaminación del Pacífico - CCCP  
Vía El Morro, Capitanía de Puerto, San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia.  
Tel : +57 (2) - 727 26 37, Fax: +57 (2) - 727 11 80, A.A. 187.  
e-mail: cccp.webmaster@dimarnet.mil.co  
e-mail: alxmog@yahoo.com.ar<sup>1</sup>

e-mail: ctejada@dimar.mil.co<sup>2</sup>

**Mogollón, A. y C. Tejada. 2005.** Atlas del Litoral Pacífico Colombiano: Aplicativo Basado en Tecnología SIG. Boletín Científico CCCP, (12): 63-77.

*Recibido en diciembre de 2004; aceptado en diciembre de 2005*

### RESUMEN

La carencia de software especializado para la manipulación de información espacial dentro de las capitanías de puerto y la posibilidad de suministrar la información cartográfica y alfanumérica generada por el Centro Control Contaminación del Pacífico, CCCP, necesaria para promover el desarrollo de tareas propias de un sistema de administración de tierras, sobre la jurisdicción de la Dirección General Marítima General, DIMAR, en el litoral Pacífico colombiano constituyen el alcance del Atlas del Litoral Pacífico Colombiano. Los modelos en los que se cimentó el diseño de dicho atlas se proyectaron para el desarrollo de una aplicación informática con la funcionalidad de un sistema de información geográfica de escritorio (SIG Desktop), que permite la automatización de tareas tales como: i) Extracción de información física, jurídica y económica de las construcciones existentes en el dominio de la DIMAR, ii) Generación de reportes estadísticos de ocupación, iii) Cálculo dimensional de las entidades espaciales (área y/o perímetro), para la cuantificación de áreas totales y parciales, iv) Generación de mapas con simbología y escala personalizada en formato digital o análogo, y v) Generación de análisis espacial, de interés para las labores oficiales de la DIMAR, sobre la cartografía detallada o las imágenes satelitales incorporadas en la aplicación. Con esta perspectiva, en la primera versión del Atlas del Litoral Pacífico Colombiano se involucraron, aproximadamente, entre datos alfanuméricos y cartográficos, el 57 % del total de los 1 300 km que conforman el Pacífico colombiano; dentro de una interfaz de usuario desarrollada con componentes programación compatibles con el hardware disponible en las capitanías de puerto (Visual Basic 6.0, Macromedia Flash y Caris Carta), para facilitar la distribución en CD Rom, en ejecutables de fácil instalación, sustituibles, a corto plazo, por un desarrollo distribuido que harán de este aplicativo SIG un elemento más de un sistema interoperable con visión institucional.

**PALABRAS CLAVE:** Sistemas de Información Geográfica, acción, interoperabilidad, bienes de uso público, DIMAR.

### ABSTRACT

The lack of software of Information Geographical Systems GIS in the port captaincies and the possibility of giving the cartographic and alphanumeric information generated in the Center Control Contamination of the Pacific CCCP, useful for the development of tasks characteristic of a lands system administration of inside the jurisdiction of DIMAR on the Coast Colombian Pacific is the reach that pursues the Atlas of the Coast Colombian Pacific. Logical and physical models in those that are based the design are centered in the development of a computer application with funcionabilidad of a geographical information system of desk (GIS Desktop) that allows to the dependences of DIMAR that don't possess specialized software the realization of tasks like: i) The extraction of physical, artificial and economic information of the existent constructions in the domain of the DIMAR, ii) The generation of statistical reports of occupation, iii) The calculation of dimensions (area, perimeter) that allow the identification of total and partial areas, iv) The generation of maps with layout and you climbs personalized in digital or similar format and v) The generation of specialized space analysis on the detailed cartography or on the satellite images incorporate that allow to identify the existent problems of legality. In this sense the first version of the Atlas of the Coast Colombian Pacific, picks up approximately among alphanumeric and cartographic data 57% of the total of the 1300 kilometers that conform the Coast Pacific, inside user's interface, developed with compatible programming components with the available hardware in the port captaincies (Visual Basic 6.0, Macromedia Flash and Caris Letter), facilitating the distribution of the application in CD ROM, in executable of easy installation that short term they will be replaceable for an of distributed development that will make of this tool an element but of a system interoperable with institutional vision.

**KEY WORDS:** Geographic Information System, GIS, integration, interoperability, goods of public use, DIMAR.

## INTRODUCCIÓN

Es reconocida, a nivel mundial, la importancia de las costas por su valor único como punto de encuentro mar-aire-tierra, por la variedad de usos, riqueza y frágil equilibrio de los ecosistemas presentes en ellas. Es así como se ha difundido la necesidad de darle un manejo integrado a las zonas costeras que entienda la complejidad de las mismas y la necesidad de abordar sus problemas desde múltiples disciplinas.

Tal reconocimiento ha alcanzado los marcos legales, por ello en Colombia se da el título de bienes de uso público a las playas, los terrenos de bajamar y a las aguas marítimas (Decreto ley 2324/84). Lo que trae como consecuencia el considerarlos inalienables (por fuera del comercio), imprescriptibles (no pueden pasar al dominio privado) e inembargables (no sujetos de embargos); siendo necesario para su uso contar con una concesión otorgada por la autoridad marítima nacional. Asimismo, la ley colombiana establece que existe una franja de 50 m de ancho medidos a partir de la línea de más alta marea, que debe ser especialmente protegida y para ello le asigna la responsabilidad a la DIMAR de otorgar permisos de construcción; asegurando el equilibrio costero y la protección de los ecosistemas, evitando perjuicios a terceros.

En Colombia, diversas normas contribuyen, de una u otra forma, al reconocimiento de la importancia y particularidad de las zonas costeras. Un claro ejemplo de esto lo representa la Ley 357/97, que establece el cuidado especial desde el punto de vista ambiental a regular la construcción sobre humedales, reconociendo la importancia ecológica de sectores específicos de nuestras costas; o la Ley 1 de 1991, que define las competencias del Ministerio del Transporte en el desarrollo de actividades portuarias.

Este marco normativo se vincula a las características especiales del litoral Pacífico colombiano, tales como: i) La variación del nivel del mar como consecuencia de la marea, de los factores meteorológicos y del oleaje predominante, los cuales alcanzan rangos de variación de hasta 5 m, ii) Los importantes valores de precipitación y de cobertura de nubes que explican la inexistencia de cartografía de referencia de muchos sectores del litoral, iii) La profusa cantidad de ríos de corta trayectoria, pero

importante caudal, que dificultan los trabajos de campo. Unido esto a las particularidades de los habitantes de la zona, que se caracterizan por sus preferencias por las construcciones de tipo palafítico; por su escaso desarrollo socio económico y cultural, que conllevan al poco entendimiento de los procesos de legalidad y tecnificación, debido a la insuficiencia de recursos, a nivel local, que permitan emprender obras de saneamiento básico como alcantarillados y el aumento en la cobertura de los servicios públicos (CCCP, 2002). Esto hace que el país no genere la necesidad de contar con información básica que facilite la administración de esta región, dificultando, de esta forma, la elaboración de proyectos que faciliten su mejora.

Los anteriores factores han llevado a que muchos poblados se ubiquen sobre zonas de bienes de uso público o en zonas de alto riesgo, sin posibilidades reales de desarrollo; ya que al no ostentar titularidad de la tierra que ocupan, se reducen los factores de arraigo, se dificulta la inversión y se acrecenta la ilegalidad y la precariedad de las construcciones.

Ante este panorama y con la responsabilidad legal de efectuar la administración y control de los litorales, la DIMAR asignó al CCCP en el año 1996 la labor de caracterizar el litoral Pacífico. Desde entonces, se ha recopilado información básica que hoy permite conocer este territorio.

Dicha información fue almacenada en un software especializado y, posteriormente, remitida a las capitanías de puerto para su concepto y evaluación, poniendo al descubierto que la ventaja que posee el CCCP, al disponer de la información en un SIG, se pierde en las capitanías por no contar con un software adecuado de consulta. Esta problemática dio inicio a la conceptualización del Atlas del Litoral Pacífico Colombiano, como una herramienta que permita el uso de la información y su relación con el componente cartográfico disponible en el CCCP; iniciando la interoperabilidad de la información generada por los centros de investigación con las otras dependencias de la DIMAR.

## ÁREA DE ESTUDIO

En la primera fase del Atlas del Litoral Pacífico Colombiano se trabajó sobre el 57 % del litoral comprendido entre cabo Manglares (1.43° N,

78.83°O) y punta Ardita (7.40° N, 77.87° O), costa con orientación predominantemente SN. El litoral restante será involucrado en la segunda fase del proyecto (Figura 1).

Cabe aclarar que, aunque parece que falta un elevado porcentaje del territorio, los principales centros poblados ya están incorporados; es decir que, desde el punto de vista poblacional se tiene disponible el 75 % del total del litoral Pacífico colombiano.



**Figura 1.** La franja negra representa la zona donde se realizaron los mapas publicados en el Atlas de Litoral Pacífico Colombiano; la extensión correspondiente a los parques nacionales naturales se representa con la franja verde, mientras que la franja roja representa el área no levantada por problemas de orden público.

### METODOLOGÍA

La realización del prototipo del SIG, denominado Atlas del Litoral Pacífico Colombiano, se realizó mediante la siguiente metodología:

#### Obtención de la información cartográfica y alfanumérica

La información cartográfica fue estructurada digitalmente en su totalidad, siguiendo el modelo de objetos del CCCP e intentando cumplir con el estándar de exactitud posicional de 0.5 mm a la escala de publicación (Anson, 1988).

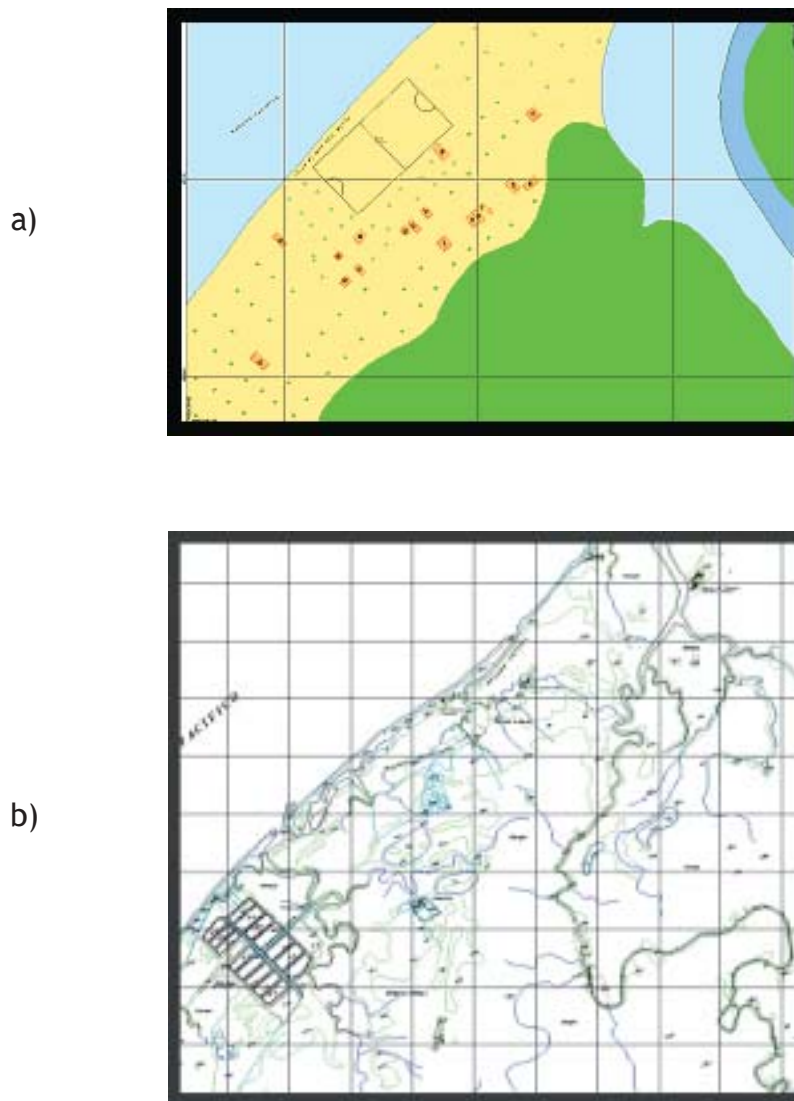
Al interior de este atlas se involucraron dos tipos de cartografía: i) Mapas de detalle

comprendidos entre las escalas 1: 1 000 a 1: 3000, los cuales se utilizaron para enlazar la información contenida en la base de datos censos y ii) Mapas de referencia escala 1: 25 000, utilizados como elementos de orientación y ubicación espacial para el usuario que utilice el aplicativo (Marx, 1990).

Para la realización de la cartografía de detalle, se recurrió al método topográfico de doble radiación, que en algunas poblaciones costeras se implementó con sistemas de medición electrónica de distancias (estación total) y en otras con el instrumento convencional (Teodolito); obteniendo los ángulos y las distancias necesarios para la realización de los cálculos geométrico-matemáticos,

propios de la topografía, útiles para el diseño preliminar de mapas. Posteriormente, apoyados en las herramientas CAD, disponibles en el CCCP, fueron obtenidos los mapas digitales finales (Figura 2a).

Paralelamente, se diseñaron los mapas de referencia (Figura 2b) y se generó el mapa digital definitivo en la proyección Transversa de Mercator (origen Bogotá zona Oeste-Oeste).



**Figura 2.** Ejemplo de la cartografía base de la caracterización del litoral Pacífico generada en el CCCP. a) Esquema de la cartografía detalla escala 1:1000 b) Ejemplo de la cartografía de referencia a escala 1: 25 000.

Como elemento complementario a la elaboración digital de la cartografía, se aplicó un indicador de exactitud posicional a los mapas digitales, con el propósito de obtener el nivel de exactitud alcanzado durante el proceso cartográfico, cuyo resultado se anexó

en los metadatos de la cartografía publicada en el atlas, como información esencial, para orientar al usuario sobre las limitaciones, en cuanto al uso de la cartografía en un ambiente diferente al enfoque propio de la aplicación (Shunji, 1999).

Por otro lado, el proceso de obtención de la información alfanumérica se inició con la realización de un primer formulario, útil para la realización del Censo de Áreas de Bajamar (1996); el cual recogió las variables de tipo económico, social, jurídico y ambiental, con el propósito de

caracterizar el litoral Pacífico. Este formulario se ajustó en el año 2001, de acuerdo con un criterio multidisciplinario que intervino en su evaluación, el cual determinó el formulario oficial para la recolección de información con cinco partes fundamentales descritas a continuación (Figura 3):

The image shows a screenshot of a web-based data collection form titled 'CENSOS INFORMACION PREDIOS'. The form is organized into five distinct sections, each with a specific heading:

- DATOS GENERALES:** Includes fields for 'Predio No.', 'Fecha (día/mes/año)' (set to 26/11/2007), 'Código Predio' (112010001), 'Departamento' (Cesar), 'Municipio' (Puerto Viejo), 'Dirección', 'Capitanía' (Cabo Lopera), 'Sector', and 'Teléfono'.
- INFORMACION DEL AREA Y DEL SUELO:** Includes 'Unidad Geomorfológica' (Asociada al concepto playa), 'Geomorfología' (Playa), 'Material del suelo' (Arena), 'Uso dado al área' (Vivienda), and 'Tipo de vegetación' (Vegetación de playa).
- INFORMACION DEL PREDIO:** Includes 'Uso Construcción' (Vivienda), 'Tipo de construcción' (Casa), and 'Material de construcción' with checkboxes for 'Madera', 'Cemento', 'Ladrillo', 'Baque', and 'Beto'.
- ESTADO LEGAL:** Includes 'Tipo de propiedad', 'Permiso construcción (DIMAR)', 'Tipo de documento', and 'Estado documento'.
- INFORMACION AMBIENTAL:** Includes 'Formas ambiental' and several checkboxes for waste and water treatment, such as 'Desecho al estero', 'Desecho al mar', 'Se queman', 'Se entierran', 'Cero recolector', 'Al basurero', 'Desecho al agua', 'Para séptico', 'Desecho al mar', 'Alcantarillado', 'Al calle', 'Luz eléctrica', 'Planta', and 'Acueducto'.

**Figura 3.** Plantilla final de las variables utilizadas en el censo de las poblaciones costeras usado en la implementación del Atlas del Litoral Pacífico Colombiano.

- **Datos generales:** Involucró las variables de localización como: departamento, municipio, dirección, capitanía, sector y número telefónico de la construcción censada.
- **Información del área de estudio:** Involucró las variables que identifican el entorno del área donde se encuentra la construcción censada, tomando como parámetro las siguientes variables: geomorfología, material del suelo y vegetación predominante para detectar posibles conflictos de uso.
- **Información de las construcciones:** Involucró las variables de mayor interés en el proceso de caracterización como: el uso actual, el destino económico y el material de construcción.
- **Estado legal:** Parte del formulario específicamente relacionado con la misión de la

DIMAR como administradora y controladora de los bienes de uso público. Utilizó las variables: tipo de propiedad, permiso DIMAR y tipo de documento que posee el propietario.

- **Información ambiental:** Sección diseñada para tener la globalidad de los principales problemas ambientales presentes en las poblaciones costeras. Involucró las variables de tratamiento de basuras, tratamiento de aguas y calidad de los servicios públicos.

Oficializadas las variables, se trabajó en la recolección de la información. Los funcionarios de la DIMAR, directamente en campo, entrevistaron a los pobladores, recopilando la información solicitada. Posteriormente, se transcribieron los datos en formato digital, utilizando una interfaz soportada en el sistema manejador de base de datos disponible en el CCCP, que permite la

creación de un identificador autonumérico (de igual estructura y contenido al identificador topológico de la cobertura espacial de las construcciones) y habilita el enlace con sentencias SQL y tecnología ODBC, entre la cartografía de detalle y la información alfanumérica.

### Selección del área piloto

El proyecto se desarrolló por etapas, garantizando la calidad y adaptabilidad de las necesidades que dieron origen a su creación. En la primera etapa se realizaron los prototipos en cuanto a organización, almacenamiento e interfaz; tomando un área piloto representativa, seleccionada con base en la evaluación de los siguientes criterios:

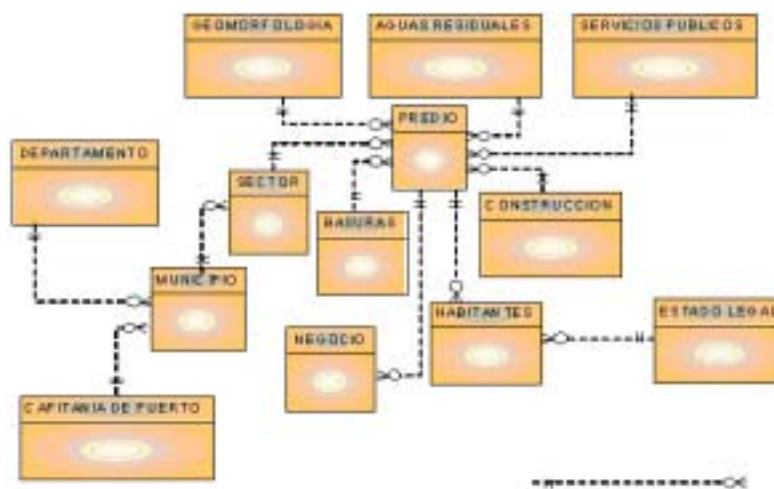
- Extensión superficialia.
- Mapas con exactitud posicional evaluada.
- Metadatos completamente digitados.
- Información alfanumérica depurada.
- Facilidad en el desarrollo de la aplicación SIG.

Una vez finalizada la evaluación, se optó por la extensión superficialia de la jurisdicción de la Capitanía de Puerto de Tumaco, por ser el espacio geográfico más consolidado en cartografía y, además, por poseer imágenes de satélite de alta resolución (Ikonos), que ponen de manifiesto las ventajas de la integración de la información vectorial y los sensores remotos.

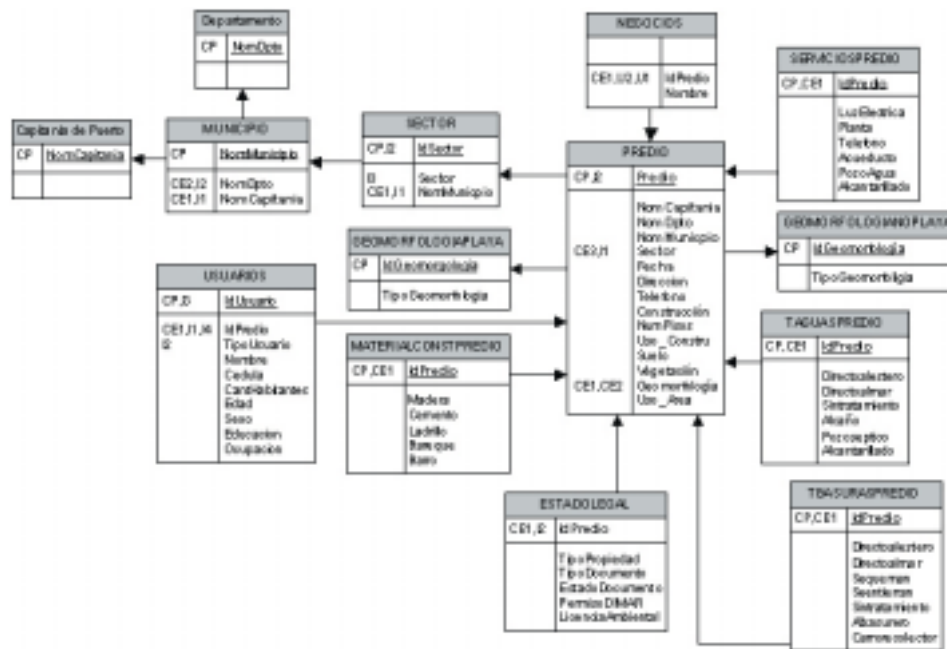
### Organización y estructuración de la información alfanumérica y cartográfica

Con el propósito de organizar la información alfanumérica y cartográfica, se marcaron las pautas de organización en los planos del sistema, a partir de una técnica de ingeniería probada y bien aceptada en este tipo de proyectos denominada Lenguaje Unificado de Modelamiento UML, que consiste en una representación gráfica basada en grafos conexos de nodos y arcos (Ullman, 1989) que guardan correspondencia con el lenguaje de implementación Visual Basic 6.0, en el cual se desarrolló la herramienta SIG.

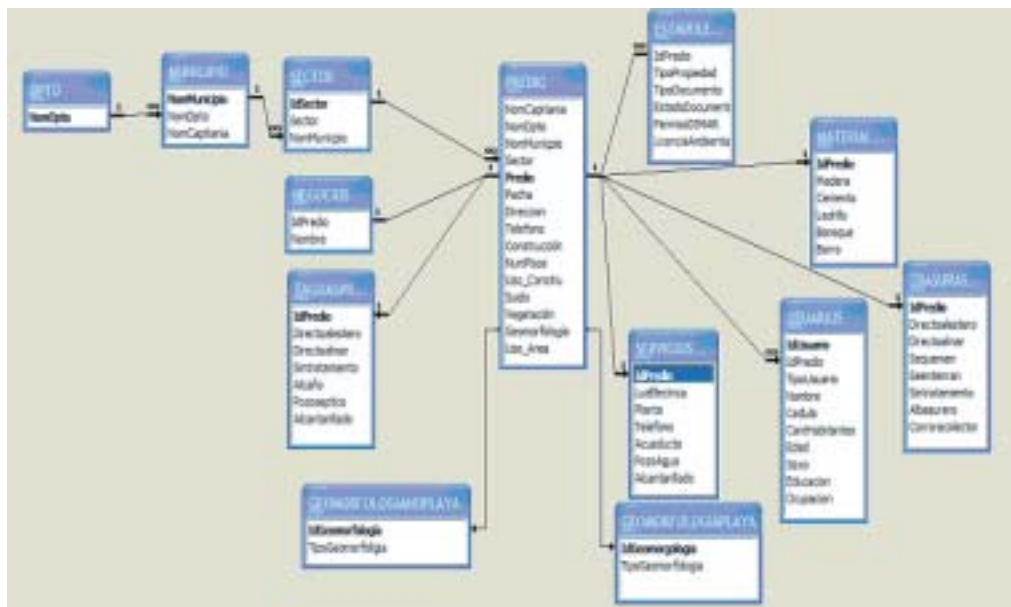
Las abstracciones tienen una profunda influencia en la manera de acometer una aplicación SIG. Por esta razón existen diferentes modelos válidos para una misma aplicación (Harringo, 1987). En este sentido, el modelado de la base de datos geográfica se inició desde una abstracción conceptual (Figura 4) y, a partir de ésta, se originó una conceptualización específica en función del manejador de bases de datos disponibles en el CCCP (Figura 5), que permite aplicar la ingeniería directa capaz de generar el esquema del repositorio de datos, con las condiciones plasmadas en el modelo lógico-físico (Figura 6). De esta manera se aseguró el cumplimiento de las consultas de interés para la DIMAR, a través de instrucciones SQL, implementadas en formularios de fácil manejo para obtener los resultados (Figura 7).



**Figura 4.** Los cuadrados representan las entidades del mundo real identificadas para el cumplimiento del objetivo de la aplicación SIG. En este primer plano de abstracción de la aplicación se infiere que la entidad principal es el predio, soportando diferentes tipos de relaciones con las otras entidades. El grafo es conocido como modelo conceptual y es la primera abstracción diseñada en UML (VISIO 2005, notación ORM de Microsoft) para la organización de la información de manera normalizada.



**Figura 5.** Por cada entidad del modelo conceptual se ubicaron los atributos que cumplen las tres primeras reglas de normalización de base de datos identificando, asimismo, las llaves primarias y foráneas que permitieran relacionar cada una de las entidades del modelo conceptual convertidas en tablas, asegurando la integridad relacional de la información. El grafo conocido como modelo lógico se realizó utilizando la notación IDEF1X de Visio 2005 como base para el desarrollo de ingeniería directa.



**Figura 6.** A partir del modelo lógico y la generación de una descripción física de las tuplas, se implementó el esquema de base de datos (ingeniería directa). La disponibilidad del manejador de base de datos del CCCP obligó a utilizar las características del motor Microsoft jet 4.0 útil para Access 2000. Como se aprecia la tabla predio fue la clase principal, a partir de ella y con un adecuado uso del lenguaje SQL se convirtieron los datos en información; por lo tanto se tuvo que revisar su relación con la cartografía disponible, asegurando la espacialización de la información.

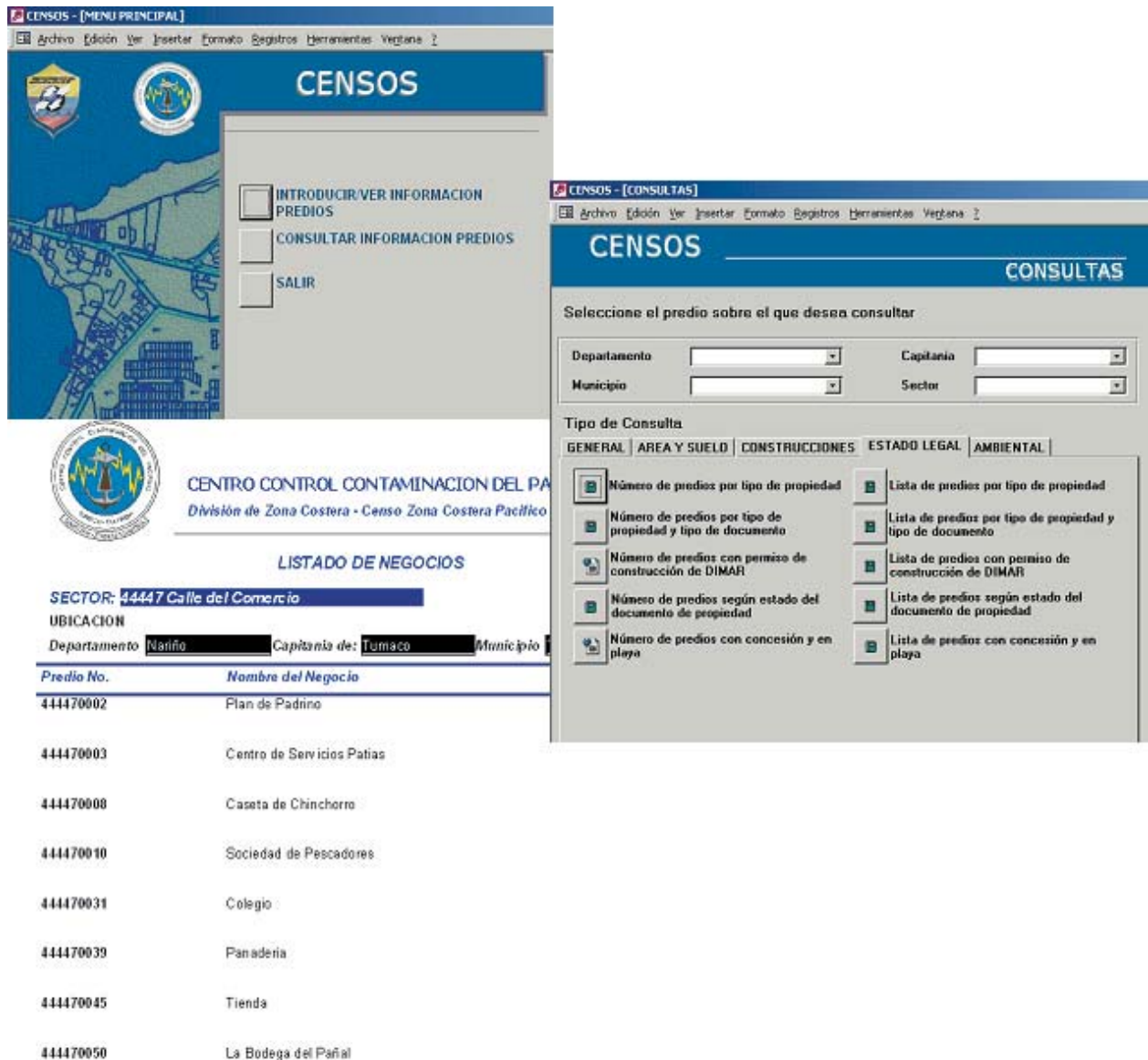


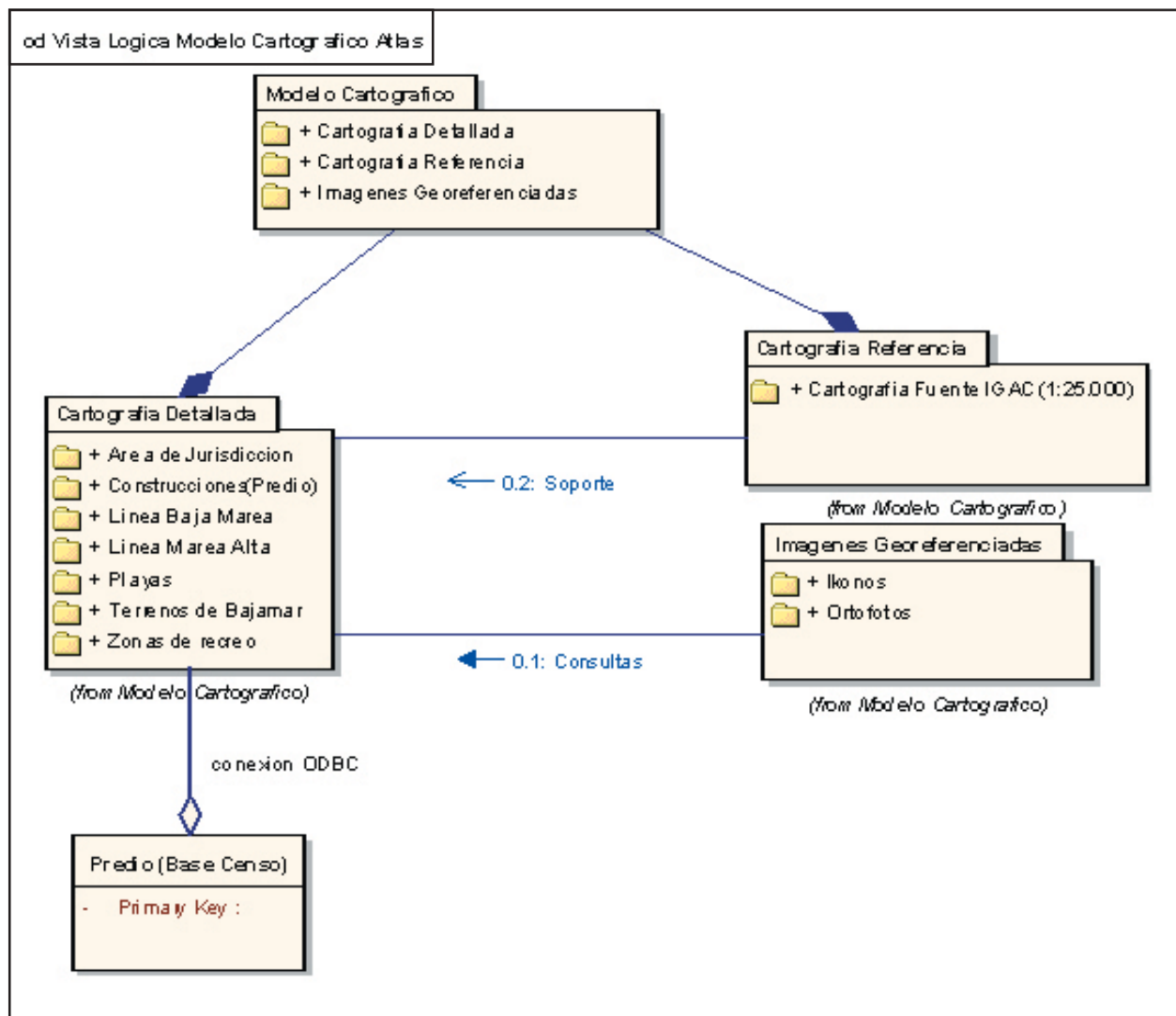
Figura 7. Interfaz de consulta de la base de datos CENSOS. Las consultas predeterminadas se ejecutan con los botones de color verde, generando los reportes que resumen los resultados buscados.

El modelo cartográfico implementado estableció, en función de la escala de trabajo, que los mapas escala 1: 25 000 corresponden a información de referencia no relacionada con la información almacenada en la base de datos. Por lo tanto, la cartografía de detalle es la base de la espacialización de la información, a partir de la capa temática de construcciones, topológicamente estructurada como un área para utilizar el identificador de cada polígono como el enlace principal (con cardinalidad uno a uno de carácter obligatorio) simultáneamente con el identificador

alfanumérico de la tabla Predios de la Base de Datos Censos a partir de tecnología ODBC (Corbertt, 1979).

Igualmente, el modelo cartográfico tiene inmersa la utilización de imágenes de satélite como elemento de soporte y visualización de las consultas realizadas a la aplicación SIG; asegurando la presentación de las capas de mayor interés en la cartografía de detalle como, por ejemplo: los bienes de uso público, las líneas de más alta y baja marea, entre otras (Figura 8).





**Figura 8.** Modelo cartográfico utilizado para la realización del Atlas del Litoral Pacífico Colombiano, implementado en la herramienta CASE VISIO 2005. De él se infiere que la cartografía de referencia servirá de contenedor para la cartografía detallada, la cual estará relacionada con la tabla Predios de la Base de Datos Censos, a partir de una conexión ODBC. Las imágenes serán un soporte visual de las consultas.

### Metadatos

Como elemento complementario a los mapas, se crearon plantillas digitales de inserción de información (Figura 9), con la finalidad de introducir, principalmente, el resultado de la evaluación cartográfica adelantada en el CCCP, así como la historia del proceso de captura, digitalización,

estructuración y elaboración de los productos cartográficos finales. Todo lo anterior en el marco de los lineamientos de calidad exigidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 4611, como un aporte a la globalización de la infraestructura de los datos espaciales (Federal Geographic Data Committee 1993).

IDENTIFICACION	CALIDAD	CALIDAD1	REPRESENTACION	ENTIDADES	PROCESAMIENTO	DISTRIBUCION
<b>ARMADA NACIONAL</b> <b>DIRECCION GENERAL MARITIMA</b> <b>CENTRO CONTROL CONTAMINACION DEL PACIFICO</b> <b>SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG)</b>						
Nombre o número del mapa		Cuerval				
Año de publicación de la cartografía		2003				
Título de la cartografía						
Mapa Población Cuerval-Departamento de Nariño						
Edición cartografía		Serie		Forma de presentación		
1				1 Impresa		
Lugar de publicación						
Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP) - Tumaco, Nariño, Colombia						
<b>DESCRIPCIÓN</b>						
Mapa base digital de la población Cuerval, elaborado con el SIG CARIS. Contiene información de línea de costa, línea de más alta y baja marea y elementos topográficos como construcciones y áreas con vegetación. Proyectado en Transversa de Mercator, elipsoide Internacional, origen cartográfico Oeste, origen de coordenadas planas 1000000 metros Norte y 1000000 metros Este.						
<b>PROPOSITO</b>						
Mapa producido dentro del Proyecto. Caracterización y Evaluación del Litoral Pacífico Colombiano en el Departamento de Nariño con el objeto de disponer de cartografía costera.						
Registro: 1 de 1						

Figura 9. Aplicación de metadatos, donde se publicó la exactitud posicional de los mapas, para que el usuario defina el uso correcto de la cartografía.

#### Diseño de la interfaz de usuario

Para describir el proceso llevado a cabo en la realización de la interfaz de usuario, es importante aclarar que ésta conlleva dos fases complementarias y paralelas, denominadas 'fase de diseño' y 'fase de desarrollo'.

La fase de diseño se condicionó a mantener visibles los logotipos de la DIMAR y del CCCP como entidades responsables de la información publicada (Figura 10) y a asegurar un flujo de diagramación basado en eventos, garantizando una presentación interactiva y con acceso escalar a los módulos de cartografía, metadatos, base de datos y documentos descriptivos desde cualquier instante de ejecución del aplicativo SIG. Bajo

estas condiciones y apoyados en las técnicas de diseño gráfico, realizadas con Flash de Macromedia, se obtuvieron dos resultados:

- i) La representación virtual del área de estudio, fraccionada en extensiones superficieras que simbolizan el área de jurisdicción de cada capitania, con el propósito de aumentar la flexibilidad de consulta.
- ii) El esquema de organización del IGAC para el suministro de la cartografía a escala 1: 25 000 adoptada en esta aplicación, esencialmente, para facilitar el acceso del usuario por áreas de interés.



Figura 10. Interfaz de usuario del prototipo del SIG, la unidad de trabajo es la jurisdicción de cada capitania.

La fase de desarrollo involucra la programación requerida que permite al usuario acceder a los módulos de la aplicación para obtener una respuesta en función a la información almacenada. Para ello se implementaron clases Visual Basic que interactúan sobre las APIS del lenguaje nativo de Caris Carta, gracias a la tecnología COM de Windows. De esta manera se automatizaron dentro de un ambiente SIG tareas como:

- i) El enlace cartografía-bases de datos.
- ii) La selección de capas de información por mapa.
- iii) El cambio de los elementos cartográficos (escala, simbología y convenciones).
- iv) La posibilidad de realizar medición de ángulos y distancias sobre la cartografía.
- v) La generación de archivos de impresión en formato estandarizado (Figura 11).
- vi) La consulta de los metadatos.
- vii) La realización de informes alfanuméricos con representación espacial. Procedimientos, en su totalidad, acompañados de una ayuda en línea que facilita a los diferentes usuarios manipular la herramienta, de acuerdo con sus necesidades, como suplemento a los manuales técnicos y de usuario que documentan la aplicación (Figura 12).



Figura 11. Organización, visualización y generación de archivos de impresión de la cartografía publicada en el Atlas del Litoral Pacífico Colombiano.

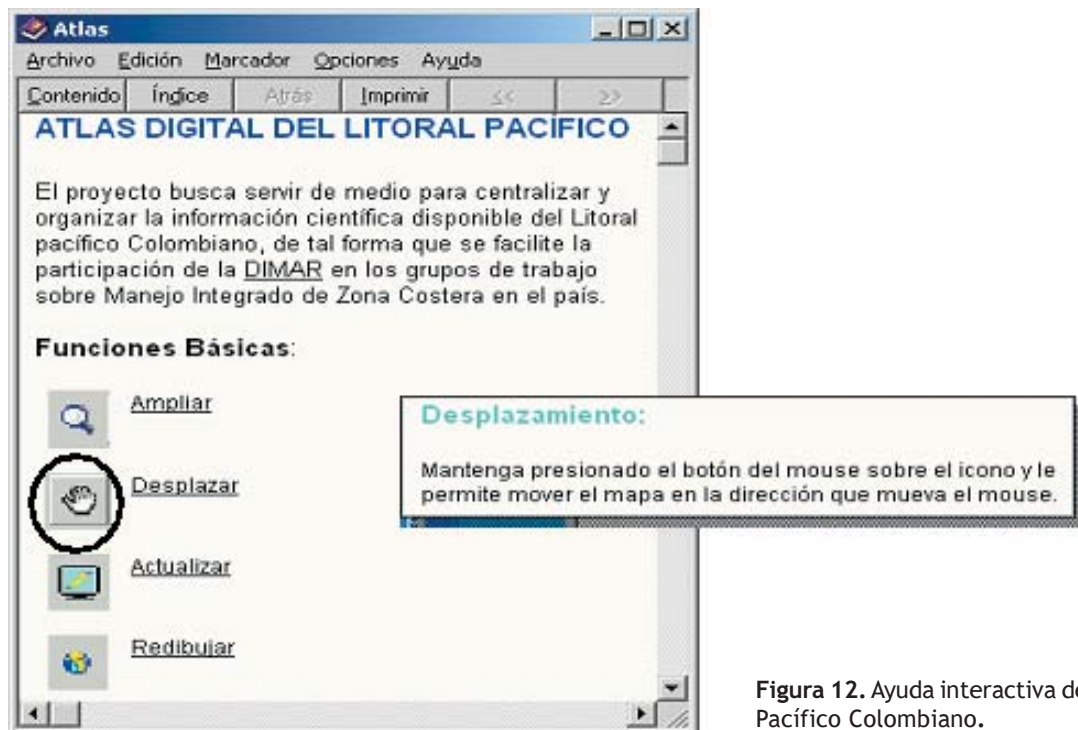


Figura 12. Ayuda interactiva del Atlas del Litoral Pacífico Colombiano.

### Evaluación de la aplicación SIG e implementación en la totalidad del territorio

El primer trabajo se evaluó para asegurar el cumplimiento del objetivo que dio origen a su creación. Para ello se distribuyó la aplicación SIG entre el personal autorizado por la DIMAR con el fin de ser utilizada, en primera instancia, por usuarios potenciales (capitanías de puerto de Tumaco, Buenaventura, Bahía Solano y Guapi) de quienes el CCCP recibió críticas constructivas al producto, fundamentadas en la manipulación y uso de la herramienta. De esta manera se aseguró la funcionabilidad del SIG, para luego proceder a su implementación en la totalidad del litoral Pacífico.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado final del presente trabajo fue la integración de la cartografía de 68 poblaciones costeras con la base de datos Censos, que registró, aproximadamente, 23 570 datos sobre usos del suelo, cobertura vegetal, ubicación de la línea de más alta y baja marea, geoformas, procesos de erosión, sedimentación y datos poblacionales en un aplicativo SIG distribuido en CD ROM para ser utilizado, inicialmente, en las cuatro capitanías de puerto del litoral Pacífico colombiano o en cualquier otra dependencia de la DIMAR. Con ello se respondió a los interrogantes suscitados en la jurisdicción de cada capitanía, tales como: ¿Cuántas construcciones existen en la jurisdicción? y ¿Cuántas de ellas están ubicadas en áreas de bajamar y en playa? -(Tabla I).

**Tabla I.** Información publicada en el Atlas del Litoral Pacífico Colombiano.

Resultados Integrados en el Atlas del Litoral Pacífico Colombiano		
Producto	Escala	Total
Poblaciones cartografiadas	1:1 000 a 1: 3 000	68 mapas
Mapas de referencia	1: 25 000	142 mapas
Monografías con fotos	No aplica	68 monografías acompañadas de 104 fotos
Registro censados	No aplica	23 570 registros almacenados en una base de datos denominada CENSOS

Al combinar las respuestas con la información jurídica, es factible cuantificar cuántas de las construcciones tienen el permiso respectivo expedido por la DIMAR (concesión, autorización de

obra o permiso de construcción) e identificar así, principalmente, las invasiones (Figura 13), lo cual facilita la tarea de administración y control de los bienes de uso público.

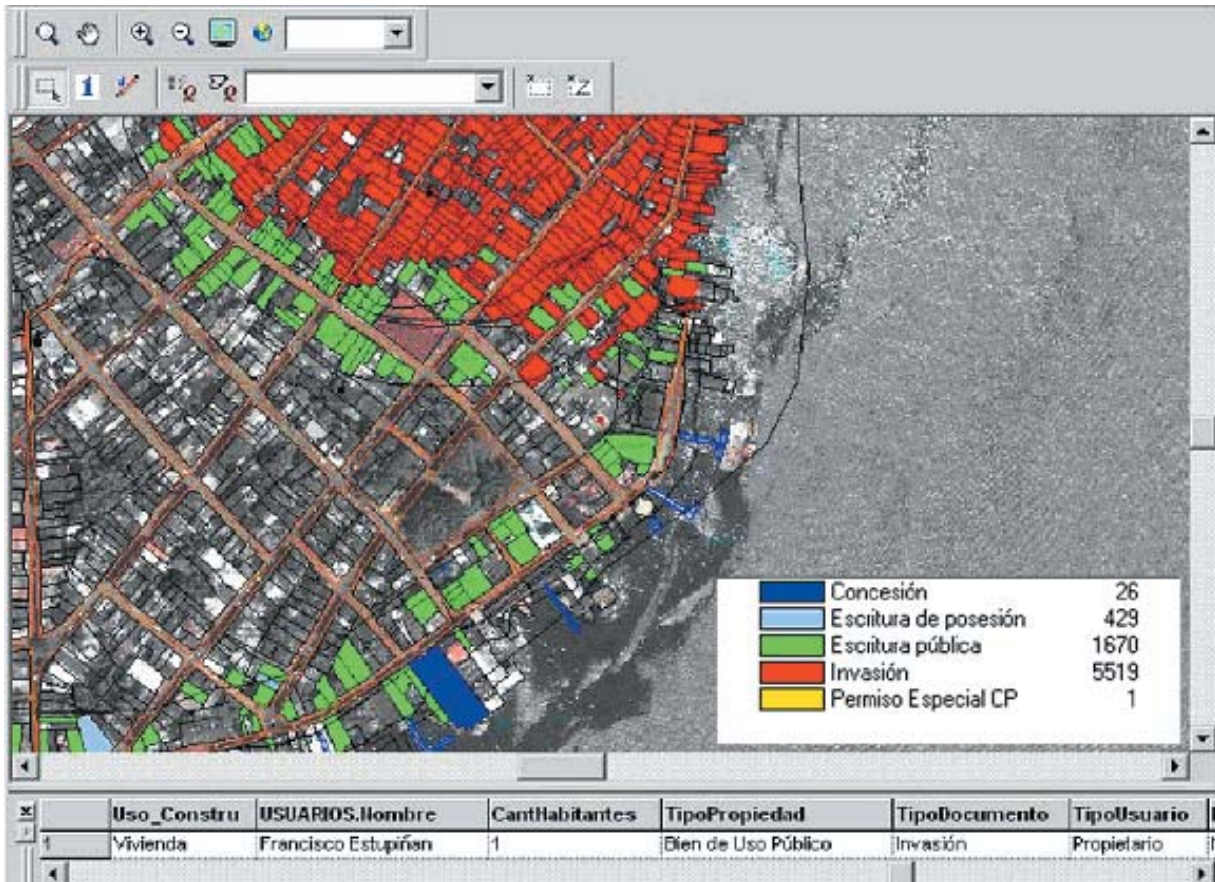


Figura 13. Especialización de las consultas de interés para la DIMAR sobre la cartografía e imágenes de satélite.

Los resultados alcanzados fueron comparables con aplicaciones SIG en el ámbito de administración de costas internacional, como el Mapa Costero Digital del Coastal and Marine Resource Centre de Irlanda o el Atlas del Litoral Peninsular Español, realizado por la Universidad de Cantabria. A un nivel más regional, la herramienta podría, igualmente, compararse con el SIG costero del Instituto del Mar en Perú, IMARPE.

El avance tecnológico de las comunicaciones es el que determina la vigencia de los resultados en este tipo de aplicaciones, por lo cual se crea la necesidad de explorar nuevas posibilidades para acceder al Atlas del Litoral Pacífico Colombiano, siendo el internet una de las mejores alternativas. La utilización de esta tecnología permitiría crear mecanismos de actualización dinámicos y aumentar la accesibilidad a la información publicada a nivel

interno y externo; de manera tal que entidades como las administraciones locales de los municipios costeros, la Dirección para la Prevención y Atención de Desastres y el Departamento Nacional de Planeación, puedan utilizar la información publicada para impulsar programas de desarrollo locales, municipales y departamentales que permitan mejorar la calidad de vida de los pobladores.

En este sentido, es importante aclarar que la cartografía de referencia publicada refleja en sus metadatos la exactitud posicional alcanzada en el proceso cartográfico adelantado por el CCCP, aceptable para los propósitos de caracterización propuestos por la DIMAR. La utilización de estos mapas en otros proyectos de ingeniería tendrá que basarse en el análisis minucioso del informe de calidad anexo en los metadatos y su uso será responsabilidad del usuario.

Consciente de la importancia de los beneficios a obtener en la materialización de estas ideas, el nivel central de la DIMAR trabaja sobre el diseño e implementación de un sistema institucional que, a corto plazo, hará que la información contenida en esta aplicación quede inmersa en un sistema único, extendiendo el beneficio obtenido hasta el momento a la totalidad de las costas colombianas.

### CONCLUSIONES

El desarrollo de aplicaciones informáticas a medida, para las funciones de la DIMAR con funcionalidad SIG, pueden reducir la adquisición de software comercial para las labores cotidianas que adelantan las capitanías de puerto.

La utilización del Atlas del Litoral Pacífico Colombiano facilita la realización del análisis espacial que permite la administración y control de los bienes de uso público al interior de la jurisdicción de la DIMAR. De esta manera se alcanza una solución parcial para agilizar las labores oficiales de la DIMAR, mientras se consolida el sistema institucional en el cual trabaja el nivel central en la actualidad.

Por otro lado, las políticas del Plan Nacional de Desarrollo en Colombia afirman que en el conocimiento está la base del desarrollo. Bajo este enfoque se puede concluir que el Atlas del Litoral Pacífico Colombiano es la base para la solución a los problemas de administración y control de los bienes de uso público costero bajo la responsabilidad de la DIMAR; pero, a su vez, éste engloba un estudio sinóptico del panorama de una de las regiones menos valoradas en el país.

Aunque no es el objetivo fundamental que origina la realización de este tipo de herramientas, es indiscutible que las aplicaciones SIG deben ser consideradas multipropósito en países con economía emergente, como Colombia.

Se reconoce el valor añadido de esta herramienta en la funcionalidad para contribuir al desarrollo sostenible de la región en la que se centra el estudio.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores se permiten aclarar que la información presentada sobre el litoral fue recopilada

por un importante número de profesionales y tecnológicos entre los años de 1995 y 2003. Asimismo, que para el desarrollo de la herramienta presentada fue necesario el concurso de un equipo multidisciplinario de profesionales, desde ingenieros de Sistemas como Fredy Rodríguez; especialistas SIG como Fernando Afanador Franco; especialistas en Calidad como Hugo Alberto Camacho Galindo; Oceanógrafos como los capitanes Eduardo Montagut, Luis Jesús Otero Díaz; y un número importante de tecnólogos como los suboficiales Jorge Batista, Nairo Montenegro, José Sarmiento, Barraza, Paternina, Charles Antonio Muñoz Velásquez y el delineante arquitectónico Harry Quiñónez, entre otros funcionarios de las capitanías de puerto del Pacífico colombiano, sin su aporte este estudio no sería una realidad. Para todos ellos un especial agradecimiento, pues este también es su trabajo.

### LITERATURA CITADA

**Anson, R. 1988.** Basic Cartography for students and Technicians Elsevier Applied science publisher, Vol. 2, New York.

**CCCP. 20002.** Compilación Oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana. San Andrés de Tumaco: CCCP, Serie Publicaciones Especiales Vol. 1, 109 pp.

**Corberth, J. 1979.** Topological Principles in Cartography. Technical Paper 48, pp. 52-78.

**Federal Geographic Data Committee. 1993.** Draft Content Standards for Spatial metadata, VA: U.S. Geological Survey, Reston.

**Harringo, S. 1987.** Computer Graphics. Aprogramming approach. Computer Science Series. Mac Graw-Hill, Book Co, pp. 446 -520, Singapore.

**Shunji, M. 1999.** Revista Journal. Asociación Japonesa de Agrimensura, GIS. Vol. 1:28-56, Selper, Tokio.

**Ullman, J. 1989.** Principles of database and Knowledge Based Systems, MD: Computer Science Press, pp. 36-94, Rockville.

**Marx, R. 1990.** The Census Bareu's TIGER Pp. 17 - 113 System Cartography an GIS, U.S.